

TESIS

ISOSEISMAL, KERENTANAN, DAN RASIO KERUSAKAN BANGUNAN RUMAH TINGGAL : STUDI KASUS GEMPABUMI

PIDIE JAYA 7 DESEMBER 2016



Disusun oleh

CHOIRUNISA WINDIASTUTI, ST

NIM : 15914043

**MANAJEMEN REKAYASA KEGEMPAAN
PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

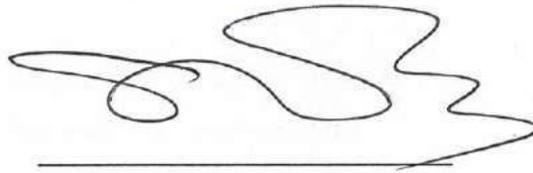
TESIS

ISOSEISMAL, KERENTANAN, DAN RASIO KERUSAKAN BANGUNAN RUMAH TINGGAL (STUDI KASUS GEMPABUMI PIDIE JAYA 7 DESEMBER 2016)

Disusun oleh
CHOIRUNISA WINDIASTUTI
NIM : 15.914.043
Diperiksa dan disetujui oleh :

Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D

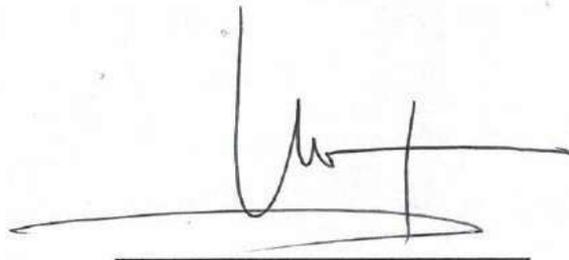
Dosen Pembimbing I



Tanggal :

Dr. Ir. Lalu Makrup, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal :

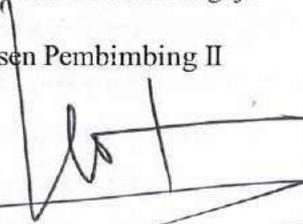
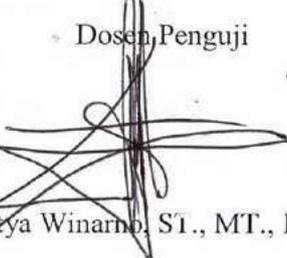
HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

ISOSEISMAL, KERENTANAN, DAN RASIO KERUSAKAN BANGUNAN RUMAH TINGGAL (STUDI KASUS GEMPABUMI PIDIE JAYA 7 DESEMBER 2016)

Disusun oleh
CHOIRUNISA WINDIASTUTI
NIM : 15.914.043

Telah diuji di depan Dewan Penguji pada tanggal 20 Juli 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima.

Dosen Pembimbing I	Susunan Dewan Penguji Dosen Pembimbing II	Dosen Penguji
		
Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D	Dr. Ir. Lalu Makrup, MT	Setya Winarno, ST., MT., Ph.D

Yogyakarta, 2020

Universitas Islam Indonesia

Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil

Ketua Program




Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggilainnya
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri,tanpabantuanpihaklainkecualiarahanDosenPembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengandisebutkannamapengarangdandicantumkanandalamdaftar pustaka.
4. Program (*software*) komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjaditanggungjawab saya, bukantanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengansesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangandanketidakterbenarandalampernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta,

2020



CHOIRUNISA WINDIASTUTI

NIM : 15914043

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tesis ini penulis persembahkan untuk :

1. Allah SWT Yang telah memberi rahmat dan pertolongan-NYA sehingga tesis ini dapat kelar.
2. Departemen Pendidikan Nasional (Depdiknas) yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk memperoleh ilmu yang lebih luas.
3. Pemerintah Kota Yogyakarta yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melanjutkan studi kembali.
4. Magister Teknik Sipil Rekayasa Kegempaan Universitas Islam Indonesia tempat penulis belajar dan menemukan dosen-dosen dan teman-teman yang menyenangkan untuk berdiskusi.
5. Ayah dan ibu tercinta atas segala impiannya yang memotivasi penulis untuk mewujudkannya dengan segala keterbatasan yang ada.
6. Kakak, Adik, Sahabat – sahabat saya dan semua orang yang telah memberikan dukungan dan bantuan untuk terselesaikannya tesis ini.
7. Teman-teman dan adik angkatan Magister Rekayasa Kegempaan Universitas Islam Indonesia.
8. Masyarakat Pidie Jaya dan sekitarnya yang terdampak gempa bumi 7 Desember 2016.

Yogyakarta, Juli 2020



Penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul ” Isoleismal, Kerentanan, dan Rasio Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal (Studi Kasus Gempabumi Pidie Jaya, 7 Desember 2016).” Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar magister teknik pada Fakultas Teknik Universitas IslamIndonesia.

Tesis ini membahas tentang intensitas gempabumi (isoleismal) Pidie Jaya, 7 Desember 2016 dan hubungannya dengan parameter gempabumi yang lain,yaitu jarak dan percepatan.Tesis ini juga membahas masalah kerentanan dan rasio kerusakan yang merupakan fungsi dari intensitas gempabumi. Penulis berharap semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk memperkaya studi kegempaan di Indonesia. Penulis juga berharap agar saran-saran yang ditulis dalam penelitian ini dapat ditindaklanjuti oleh pemerintah maupun para peneliti selanjutnya.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya tesis ini tidak lepas dari bantuan semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan, terutama kepada:

1. Ketua Program, Bapak dan Ibu Dosen, dan seluruh karyawan program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas IslamIndonesia.
2. Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I dan Dr. Ir. Lalu Makrup, MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memotivasi, mengarahkan, dan membantu mencarikan berbagai referensi sehingga tesis ini dapat selesai dan tersusun dengan baik.
3. Setya Winarno, ST., MT., Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran-saran yang sangat berguna untuk mempermudah jalannya penelitian dan penulisan penelitian ini.
4. Papa, Mama, Kakak, Kakak Ipar, Adik, Sahabat – sahabat saya dan semua orang yang telah memberikan dukungan dan bantuan untuk terselesaikannya tesis ini.

5. Bappeda Propinsi Pidie Jaya, Badan Statistik Pidie Jaya dan lembaga-lembaga pemerintah yang tidak bisa disebut satu persatu yang telah memberi kemudahan dalam mendapatkan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini.
6. Bapak-bapak perangkat desa dan tokoh-tokoh masyarakat yang telah bersedia untuk menjadi responden dalam penelitian ini.
7. Bapak-bapak yang telah bersedia merelakan rumahnya untuk dijadikan sebagai objek penelitian ini.
8. Teman-teman Magister Rekayasa Kegempaan Angkatan VIII tahun 2016 yang telah menjadi teman diskusi yang baik dan selalu memotivasi penulis.
9. Untuk Rinaldiansyah dan teman-temannya yang telah bersedia membantu pada waktu survei di lapangan dan segala pengertiannya atas kesibukan penulis selama meneliti.
10. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tesis ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam tesis ini masih terdapat keterbatasan-keterbatasan, untuk itu saran dan pengembangan penelitian ini lebih lanjut sangat diharapkan demi perbaikan dimasa yang akan datang. Akhirnya penulis berharap semoga thesis ini dapat memberikan manfaat untuk kemajuan ilmu kegempaan di Indonesia.

Yogyakarta, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Definisi Operasional.....	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Hasil-Hasil Penelitian Sebelumnya.....	8
2.2. Keaslian Penelitian	17
BAB III. LANDASAN TEORI	18
3.1. Gempabumi	18
3.2. Gempa Tektonik	20
3.3. Pusat Gempa, Jarak Episenter, dan Kedalaman Gempa	21
3.4. Sesar / Patahan.....	23
3.5. Kondisi Geologi.....	23
3.5.1. Kondisi Geologi Pidie Jaya	26

3.6. Ukuran Gempabumi	27
3.6.1. Magnitude dan Energi Gempabumi.....	28
3.6.2. Intensitas Gempa	29
3.6.2.1. Modified Mercally Intensity	29
3.7. Sejarah Gempa Pidie Jaya.....	35
3.8. Efek Kondisi Tanah Setempat	36
3.8.1. Kondisi Fisik Tanah	37
3.8.2. Efek Basin Endapan	38
3.8.3. Efek Topografi	39
3.9. Isoleismal	41
3.10. Arcview dan Pembuatan Kontur	42
3.11. Hubungan Antara Intensitas, Jarak, dan Magnitude Gempabumi	43
3.12. Atenuasi.....	45
3.12.1. Atenuasi Intensitas MMI, Magnitude, dan Jarak	47
3.12.2. Atenuasi Percepatan Tanah dan Intensitas MMI	51
3.13. Curve Fitting.....	54
3.14. Kerentanan.....	54
3.14.1. Ukuran Kerentanan Secara Kualitatif	55
3.14.2. Ukuran Kerentanan Secara Kuantitatif	56
3.15. Penilaian Kerusakan Bangunan	57
3.16. Damage Ratio Bangunan Berdasarkan Intensitas Gempabumi	58
3.17. Hubungan Antara Ratio Kerusakan dan Tingkat Kerusakan.....	60
3.18. Biaya Konstruksi Bangunan	61
BAB IV. METODE PENELITIAN.....	62
4.1. Lokasi Penelitian	63
4.2. Alat Penelitian	63
4.3. Pengumpulan Data.....	64
4.3.1. Data Primer	64
4.3.1.1. Kueisioner / Angket.....	64

4.3.1.2. Wawancara	66
4.3.1.3. Observasi	66
4.3.2. Data Sekunder	67
4.4. Metode Analisis	68
4.5. Bagan Alir Penelitian	70
BAB V. METODE PENELITIAN	71
5.1. Intensitas Maksimum Secara Teoritis	71
5.2. Skala Intensitas Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016.....	74
5.3. Isoleismal Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016.....	81
5.4. Fungsi Atenuasi Intensitas Terhadap Jarak	96
5.5. Kerentanan Bangunan Rumah Tinggal	104
5.6. Rata - Rata Rasio Kerusakan (Mean Damage Ratio)	115
5.7. Hubungan Central Damage Ratio (CDR) dan Intensitas	126
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	131
6.1. Kesimpulan.....	131
6.2. Saran.....	132
DAFTAR PUSTAKA	134
LAMPIRAN.....	L - 1

DAFTAR TABEL

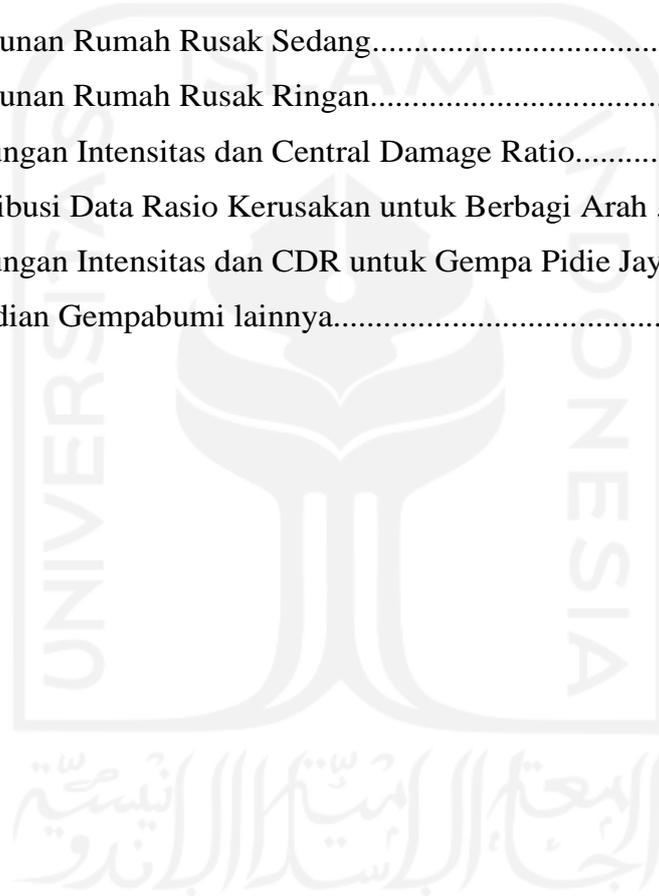
	Halaman
Tabel 2.1. Tabel Intensitas Gempa Pidie Jaya di Berbagai Kota.....	8
Tabel 3.1. Berbagai Jenis Magnitude Gempabumi.....	28
Tabel 3.2. Hubungan antara Besarnya Magnitude dan Intensitas Gempabumi.....	44
Tabel 3.3. Beberapa Usulan Persamaan Atenuasi Percepatan dan Intensitas.....	51
Tabel 3.4. Intensitas dan Performance Bangunan.....	54
Tabel 3.5. Klasifikasi Kerusakan Bangunan untuk Gempa Lijiang 1996.....	57
Tabel 3.6. Derajat Kerusakan Bangunan untuk Gempa hawke's Bay 1931.....	58
Tabel 3.7. Hubungan Persentase Kerusakan dengan MMI Isoleismal.....	59
Tabel 3.8. Hubungan antara Tingkat Kerusakan Persentase Kerusakan dan Nilai Ekonomi Kerugian Akibat Gempa.....	60
Tabel 4.1. Jumlah Responden untuk Kuisieoner Isoleismal.....	64
Tabel 4.2. Jumlah Sampel untuk Damage Ratio.....	66
Tabel 5.1. Intensitas Maksimum (I_0) dan Magnitude Gempa.....	73
Tabel 5.2. Penentuan Intensitas Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016.....	78
Tabel 5.3. Contoh Intensitas gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016.....	79
Tabel 5.4. Klasifikasi Lereng, Kelas Lereng, dan Luas Wilayah.....	94
Tabel 5.5. Hubungan Intensitas MMI dan Jarak Episenter.....	96
Tabel 5.6. Perhitungan Luas Daerah Berdasarkan Intensitas.....	106
Tabel 5.7. Perhitungan Jumlah Rumah Tinggal pada Intensitas Tertentu.....	107
Tabel 5.8. Rekapitulasi Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Berdasarkan Intensitas Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016.....	108
Tabel 5.9. Rekapitulasi Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Berdasarkan Intensitas Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016.....	108
Tabel 5.10. Kriteria Kerusakan.....	115
Tabel 5.11. Rata - rata Rasio Kerusakan Rumah untuk Kategori Rumah Roboh.....	121
Tabel 5.12. Rata - rata Rasio Kerusakan Rumah untuk Kategori Rusak Berat.....	121
Tabel 5.13. Rata - rata Rasio Kerusakan Rumah untuk Kategori Rusak Sedang.....	122
Tabel 5.14. Rata - rata Rasio Kerusakan Rumah untuk Kategori Rusak Ringan.....	122
Tabel 5.15. Perbandingan Hasil Perhitungan Rasio Kerusakan (DR) dengan Beberapa standar.....	123
Tabel 5.16. Perhitungan Damage Ratio.....	125

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Intensitas Gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016.....	9
Gambar 2.2. Isoleismal Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006.....	9
Gambar 2.3. Hubungan Intensitas Gempabumi dari Berbagai Kejadian Gempa.....	11
Gambar 2.4. Berbagai Model Isoleismal untuk Gempabumi Buyin Zahra, 1962.....	13
Gambar 2.5. Grafik Hubungan antara Intensitas Persentase Total Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal untuk Gempa Izmit 1999.....	14
Gambar 2.6. Kerentanan Bangunan Rumah Tinggal dalam rata-rata Rasio Kerusakan (Dowrick).....	15
Gambar 2.7. Kerentanan Bangunan Rumah Tinggal dalam Hubungan antara Persentase Kerusakan Rumah Tinggal dan MMI Isoleismal.....	15
Gambar 2.8. Kerentanan Bangunan Rumah Tinggal dalam Hubungan antara Persentase Kerusakan Rumah Tinggal dan MMI Isoleismal.....	16
Gambar 2.9. Kurva Kerentanan pada Berbagai Tipe Bangunan di Costa Rica.....	17
Gambar 3.1. Proses Terjadinya Gempabumi Tektonik Pulau Sumatera.....	21
Gambar 3.2. Pergerakan Lempeng Tektonik.....	21
Gambar 3.3. Jarak Episenter dan Jarak Hiposenter.....	22
Gambar 3.4. Fokus, Jarak Episenter, Jarak Hiposenter, dan Kedalaman Gempa	22
Gambar 3.5. Model Patahan / Sesar (Widodo,2007).....	23
Gambar 3.6. Peta Geologi Kabupaten Pidie Jaya.....	27
Gambar 3.7. Peta Lokasi Pusat Gempa (BNPB, 2017).....	36
Gambar 3.8. Hubungan antara Soil Site, Ground Motion, dan Structural Damaged.....	37
Gambar 3.9. Rambatan Gelombang di Simple dan Complex Soil.....	39
Gambar 3.10. Geographical Amplification & Structural Damaged.....	39
Gambar 3.11. Distribusi Spectral Acceleration and Velocity.....	40
Gambar 3.12. Isoleismal Gempa Kozani - Grevena 13 Mei 1995	41
Gambar 3.13. Atenuasi Intensitas Gempa Relatif terhadap Intensitas Gempa di Episenter.....	43
Gambar 3.14. Seismallines, Data Kedalaman dan Geometri Sumber Gempa.....	47

Gambar 3.15. Atenuasi Intensitas Gempa untuk Beberapa Jenis Source Mechanics...	48
Gambar 3.16. Contoh Atenuasi Gempa di Yogyakarta, 27 September 1937.	49
Gambar 3.17. Contoh Atenuasi Gempa di Bengkulu, 15 Desember 1979.....	49
Gambar 3.18. Contoh Atenuasi Gempa di Sukabumi, 10 Februari 1982.....	49
Gambar 3.19. Perbandingan Beberapa Atenuasi Percepatan dan Intensitas .	51
Gambar 4.1. Bagan Alir Peneliti.....	69
Gambar 5.1. Contoh Respon Orang Terhadap Gempa Pidie Jaya.....	74
Gambar 5.2. Contoh Respon Objek Terhadap Gempa Pidie Jaya.....	75
Gambar 5.3. Contoh Respon Lingkungan Terhadap Gempa Pidie Jaya.....	76
Gambar 5.4. Contoh Kerusakan Bangunan Terhadap Gempa Pidie Jaya.....	77
Gambar 5.5. Peta Distribusi Spasial Lokasi Sampel Penelitian.....	82
Gambar 5.6. Peta Sebaran Intensitas Gempabumi Pidie Jaya.....	83
Gambar 5.7. Peta Sebaran Titik Intensitas Gempabumi Pidie Jaya.....	84
Gambar 5.8. Peta Isoleismal Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016.....	85
Gambar 5.9. Peta Isoleismal Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016.....	86
Gambar 5.10. Peta Kontur Isoleismal Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016..	87
Gambar 5.11. Peta Sebaran Intensitas Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 Berdasarkan Arah.....	88
Gambar 5.12. Peta Kontur Isoleismal Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016	89
Gambar 5.13. Desa Kuta Pangwa yang Terkena Dampak Gempa.....	90
Gambar 5.13. Topografi Kuta Pangwa dan Sekitarnya.....	91
Gambar 5.14. Peta Isoleismal Gempa Pidie Jaya yang di Publish USGS.....	92
Gambar 5.15. Isoleismal Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006.....	93
Gambar 5.16. Hubungan Intensitas dan Jarak untuk Gempa Pidie Jaya.....	97
Gambar 5.17. Hubungan Intensitas dan Jarak untuk Gempa Arah Timur... ..	97
Gambar 5.18. Hubungan Intensitas dan Jarak untuk Gempa Arah Tenggara... ..	98
Gambar 5.19. Hubungan Intensitas dan Jarak untuk Gempa Arah Selatan... ..	98
Gambar 5.20. Hubungan Intensitas dan Jarak untuk Gempa Arah Barat Daya... ..	99
Gambar 5.20. Hubungan Intensitas dan Jarak untuk Gempa Arah Barat Laut... ..	99
Gambar 5.21. Hubungan Intensitas dan Jarak untuk Gempa Arah Barat... ..	100
Gambar 5.22. Persebaran Sampel Intensitas untuk Gempa Yogyakarta dan Gempa Pidie Jaya.....	101
Gambar 5.23. Atenuasi untuk Beberapa Kejadian Gempa di Indonesia....	102
Gambar 5.24. Persentase Kerusakan Rumah Tinggal Berdasarkan Intensitas... ..	109

Gambar 5.25. Vulnerability Curves.....	109
Gambar 5.26. Hubungan Intensitas dan Persentase total Kerusakan pada Kasus Gempa Pidie Jaya, Gempa Yogyakarta, dan Gempa Iz	110
Gambar 5.27. Kondisi Rumah Penduduk yang Tidak Mengalami Kerusakan.....	111
Gambar 5.28. Bangunan Rumah Tinggal Bantuan Pemerintah.....	113
Gambar 5.29. Struktur Bangunan Rumah dalam Tahap Konstruksi.....	113
Gambar 5.30. Bangunan Rumah Roboh.....	116
Gambar 5.31. Sisa - sisa puing -puing Bangunan Rumah Roboh.....	117
Gambar 5.31. Bangunan Rumah Rusak Berat.....	118
Gambar 5.30. Bangunan Rumah Rusak Sedang.....	119
Gambar 5.31. Bangunan Rumah Rusak Ringan.....	120
Gambar 5.32. Hubungan Intensitas dan Central Damage Ratio.....	126
Gambar 5.33. Distribusi Data Rasio Kerusakan untuk Berbagi Arah	127
Gambar 5.34. Hubungan Intensitas dan CDR untuk Gempa Pidie Jaya dan Beberapa Kejadian Gempabumi lainnya.....	128



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** **Blangko Kuesioner**
- Lampiran 2** **Panduan Wawancara Terstruktur MMI**
- Lampiran 3** **Hasil Intensitas Gempabumi 7 Desember 2016 di Pidie Jaya dan Sekitarnya**
- Lampiran 4** **Perhitungan Jarak Lokasi Responden dari Pusat Gempabumi (Versi USGS) untuk Pembuatan Fungsi Atenuasi Global**
- Lampiran 5** **Perhitungan Persamaan Eksponensial dan Koefisien Korelasinya (r) untuk Hubungan antara Jarak dan Intensitas**
- Lampiran 6** **Perhitungan Persamaan Eksponensial dan Koefisien Korelasinya (r) untuk Hubungan antara Jarak dan Intensitas (perarah)**
- Lampiran 7** **Blangko survei Rasio Kerusakan Rumah**



INTISARI

Gempabumi Pidie Jaya Aceh 7 Desember 2016 merupakan kejadian gempabumi besar yang menarik untuk dipelajari. BMKG dan USGS telah melakukan kajian tentang intensitas gempabumi tersebut meskipun belum dibuat dalam bentuk *isoseismal*. *Isoseismal* penting untuk dibuat agar dapat memberikan gambaran besarnya *ground shaking* yang terjadi di beberapa daerah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat *isoseismal*, mengetahui *atenuasi* intensitas dan jarak, *atenuasi* intensitas dan percepatan, mengetahui kerentanan dan rasio kerusakan bangunan rumah tinggal akibat gempabumi tersebut.

Penelitian yang berkaitan dengan *isoseismal* dilakukan dengan membagikan kuesioner, wawancara, dan observasi di lapangan. Responden dipilih orang-orang tertentu yang mempunyai kemampuan untuk memberikan informasi yang akurat. Analisis data dilakukan dengan merata-rata hasil kuesioner dan wawancara. Data intensitas yang terkumpul selanjutnya dianalisis dengan *software* Arc-View GIS untuk menggambarkan kontur *isoseismalnya*. Untuk penelitian yang terkait dengan kerentanan, data rumah sebelum gempabumi dan rumah-rumah yang rusak akibat gempabumi diperoleh dengan mengumpulkan data dari berbagai instansi pemerintah. Data tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan daerah intensitas gempanya dan dibuat grafik hubungan antara intensitas dan persentase kerusakan total. Penelitian yang terkait dengan rasio kerusakan rumah dilakukan dengan mengobservasi sampel rumah yang rusak di lapangan untuk setiap tingkat kerusakan. Hasil perhitungan rasio kerusakan kemudian dirata-rata untuk masing-masing tingkat kerusakan yang diteliti.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *Isoseismal* untuk gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 tidak mendekati lingkaran, tetapi cenderung memanjang berbentuk elips mengikuti sesar Samalanga. Pola kontur *isoseismal* yang memanjang mengikuti sesar ini menunjukkan bahwa pergerakan sesar dan kondisi tanah setempat sangat berpengaruh terhadap besarnya intensitas yang terjadi. Peta *isoseismal* ditampilkan dalam beberapa gradasi warna yang menunjukkan perbedaan kawasan berdasarkan tingkat skala intensitas. Persamaan *atenuasi* global antara intensitas (I) dan jarak (R) untuk gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 mengikuti persamaan eksponensial $I_x = 6.242 e^{-0.0021}$, *Atenuasi* untuk arah Barat Daya adalah $I_x(a) = 6.827 e^{-0.0003}$, arah Barat Laut $I_x(b) = 7.087 e^{-0.00003}$, arah Barat $I_x(c) = 4.616 e^{-0.00001}$, arah Selatan $I_x(d) = 6.185 e^{-0.0004}$, arah Tenggara $I_x(e) = 5.978 e^{-0.0023}$ dan arah Timur $I_x(f) = 5.539 e^{-0.00103}$. Hubungan intensitas dan *central ratio* kerusakan (*central damage ratio*) untuk gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016. Rasio kerusakan tertinggi adalah 26.93% yang berada pada intensitas IX MMI. Melihat dari rasio kerusakan bangunan yang relative kecil hanya 1.83% menandakan kondisi rumah di Kabupaten Pidie Jaya dalam kategori baik karena kebanyakan rumah penduduk terbuat dari konstruksi kayu yang fleksibel dalam menyerap energy gempa. Kerusakan banyak terjadi pada rumah yang terbuat dari pasangan batu bata dengan perkuatan atau tanpa perkuatan yang konstuksinya lebih kaku serta spesifikasi bangunan rumah belum memenuhi standar bangunan tahan gempa. Untuk mengetahui *central damage ratio* dalam berbagai arah yaitu Arah Tenggara, Arah Barat Daya, dan Arah Timur Laut.

Kata kunci : intensitas, *isoseismal*, *ground shaking*, kerentanan, rasio kerusakan

ABSTRACT

The Pidie Jaya Aceh Earthquake December 7, 2016 was a major earthquake incident which is interesting to study. BMKG and USGS have conducted studies on the intensity of the earthquake, although it has not been made in an isoseismal form. Isoseismal is important to make in order to provide a large picture of ground shaking that occurs in several areas. The purpose of this research is to make isoseismal, know the intensity and distance attenuation, intensity and acceleration attenuation, determine the vulnerability and the ratio of damage to residential buildings due to the earthquake.

The research regarding *isoseismal* was carried out by distributing the questionnaires, interviews, and observation in the field. The respondent was chosen by certain people who had the capacity to give accurate information. The analysis of the data was done evenly-level results of the questionnaire and the interview. The intensity data that was gathered then was analysed with Arc-View GIS to depict the *isoseismal* contour. For the research that was related to the vulnerability, the pre- earthquake house and damaged houses resulting from the earthquake data was received by gathering the data from various government agencies. This data was afterwards grouped based on the area of the intensity of the earthquake and was made a relations graph between the intensity and the percentage of total damage. The research that was related to the ratio of house damage was carried out by observing the house sample that was damaged in the field for each level of damage. Results of the calculation of the damage ratio afterwards was made evenly-level for each one the level of damage that was researched.

The results of this study indicate that the Isoseismal for the Pidie Jaya earthquake 7 December 2016 did not approach a circle, but tended to be elongated in an elliptical shape following the Samalanga fault. The isoseismal contour pattern that extends following this fault shows that the movement of the fault and local soil conditions greatly influence the magnitude of the intensity that occurs. Isoseismal maps are displayed in several color gradations that show the difference in areas based on the level of the intensity scale. The global attenuation equation between intensity (I) and distance (R) for the Pidie Jaya earthquake 7 December 2016 follows the exponential equation $I_x = 6.242 e^{(-0.0021)}$, the attenuation for the Southwest direction is $I_x (a) = 6.827e^{(-0.0003)}$, West direction $I_x (b) = 7.087e^{(-0.00003)}$, West direction $I_x (c) = 4.616e^{(-0.00001)}$, South direction $I_x (d) = 6.185e^{(-0.0004)}$, Southeast direction $I_x (e) = 5.978e^{(-0.0023)}$ and east direction $I_x (f) = 5.539e^{(-0.00103)}$. The relationship between the intensity and the central damage ratio for the Pidie Jaya earthquake 7 December 2016. The highest damage ratio was 26.93% which was at the IX MMI intensity. Judging from the relatively small ratio of damage to buildings, only 1.83% indicates that the condition of houses in Pidie Jaya Regency is in a good category because most of the residents' houses are made of wood construction which is flexible in absorbing earthquake energy. Much damage occurred in houses made of reinforced or unreinforced masonry, whose construction was more rigid and the building specifications did not meet earthquake-resistant building standards. To find out the central damage ratio in various directions, namely Southeast, Southwest and Northeast Directions.

Key words: intensity, isoseismal, ground shaking, vulnerability, damage ratio

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan daerah yang rawan terhadap bencana gempa bumi tektonik, hal ini disebabkan karena Indonesia terletak pada kerangka tektonik yang didominasi oleh interaksi dari empat lempeng utama yang berbeda jenis (kerak samudera dan kerak benua) yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Hindia-Australia, Lempeng Pasifik dan Lempeng Philipina. Akibat pertemuan antar lempeng tersebut maka terbentuk daerah penunjaman atau subduksi (*subduction zone*), yang mengakibatkan kepulauan Indonesia memiliki aktivitas seismik yang tinggi dan mempengaruhi tingkat seismisitas di antara wilayah-wilayah di Indonesia. (Dow dkk, 1985). Hampir setiap hari sebenarnya terjadi gempa tektonik di bumi ini, hanya saja karena kekuatannya yang kecil, sehingga sering tidak dirasakan oleh manusia. Mekanisme gempa tektonik dapat bermacam-macam dipengaruhi oleh gerakan-gerakan lempeng bumi. Gerakan-gerakan lempeng bumi ini dapat saling bertumbukan (*convergent*), saling menggeser (*shear*), saling tarik (*tension*), maupun kombinasi di antaranya. Lempeng-lempeng tektonik yang saling menumbuk, menggeser maupun saling tarik ini akan mengakibatkan terjadinya tegangan yang berarti terjadi akumulasi energi. Jika tegangan terus meningkat dan kekuatan batuan / lempeng bumi sudah terlampaui, maka terjadilah pecahnya batuan / lempeng bumi yang melepaskan energi yang disimpannya. Pelepasan energi ini menyebabkan terjadinya getaran. Getaran dari batuan / lempeng bumi yang pecah kemudian merambat ke segala arah hingga ke permukaan tanah.

Berdasarkan kondisi geologisnya Pulau Sumatera merupakan bagian dari Lempeng Eurasia yang bergerak sangat lambat dan berinteraksi dengan lempeng Indo-Australia. Pertemuan antara kedua lempeng tersebut membentuk palung yang dikenal dengan nama zona tumbukan atau sub-duksi. Akibat benturan antara kedua lempeng tersebut sejumlah patahan (sesar) di Pulau Sumatera yang terletak di antara zona subduksi, pantai Pulau Sumatera dan di darat Pulau Sumatera. Sesar Sumatera menyayat Pulau Sumatera mulai dari Aceh hingga Provinsi Lampung, kurang lebih sepanjang 1650 kilometer. Gerak mendatar sesar-sesar ini disebabkan oleh gerak miring subduksi (*oblique subduction*) Lempeng Hindia-Australia terhadap Lempeng

Eurasiadengan arah subduksi $10^{\circ}\text{N} \sim 7^{\circ}\text{S}$ (Sieh dan Natawidjaja, 2000). Pergerakan Sesar Sumatra tersebut bertanggung jawab terhadap kejadian gempa merusak di daratan Sumatra, contohnya gempa 17 Mei 1892 dengan pusat gempa sekitar Lembah Batang Gadis dan Batang Angkola, dan Gempa Kerinci 3 Juni 1903 (Wichmann, 1918). Sesar Sumatra tersegmentasi menjadi 19 segmen utama dengan panjang masing-masing segmen adalah $60 \sim 200$ kilometer (Sieh dan Natawidjaja, 2000). Sistem Sesar Sumatera juga merupakan salah satu system sesar geser aktif terbesar didunia dan juga merupakan struktur utama di Pulau Sumatera yang sangat mempengaruhi corak geologi pulau tersebut. Sesar ini melewati 2.286 desa, 258 kecamatan, 43 kabupaten kota, dan 7 Provinsi dengan total jumlah penduduk sekitar 3,8 juta jiwa yang sewaktu-waktu terancam jiwanya.(Potensi Desa, BPS 2011).

Provinsi Aceh merupakan salah satu wilayah yang rawan bencana gempabumi disebabkan pertemuan jalur subduksi antar lempeng India – Australia dan Eurasia sehingga pada daerah provinsi Aceh bagian baratdan AcehTengah secara garis besar tingkat kerusakan yang terjadi akibat gempabumi tergantung dari besarnya kekuatan gempa dan kualitas bangunan serta kondisi geologi dan geotektonik lokasi bangunan serta percepatan tanah daerah lokasi gempabumi yang terjadi.

Menurut USGS, Gempabumi yang terjadi pada hari rabu tanggal 7 Desember 2016 pukul 05:03:35 dengan kekuatan 6,5 Mw dengan titik pusatgempa bumi terletak pada koordinat $5^{\circ}25'$ LU dan $96^{\circ}24'$ BT dengan kedalaman gempabumi 15 km, gempabumi ini berpusat di darat dan kekuatan yang ditimbulkan tidak cukup kuat membangkitkan perubahan dasar laut yang dapat memicu terjadinya tsunami pada Kabupaten Pidie Jaya.Penyebab gempabumi berdasarkan posisi serta kedalaman yang terjadi atau letak pusat gempabumi ini disebabkan oleh aktivitas sesarlokal, yaitu sesar Samalanga – Sipopok. Hasil dari analisis mekanisme sumber gempabumi disebabkan oleh aktivitas sesar mendatar (*strike slip*).

Kejadian-kejadian gempabumi besar tersebut seharusnya menjadikan Indonesia sebagai negara yang maju dalam bidang ilmu kegempaan. Namun demikian, semua patut prihatin dengan minimnya rekaman gempabumi dan dokumentasi berkaitan dengan kegempaan-kegempaan tersebut. Kenyataan yang terjadi justru lebih banyak orang-orang asing yang melakukan penelitian tentang kegempaan yang terjadi di Indonesia dibandingkan bangsa Indonesia sendiri yang mengalami kejadian gempa tersebut. Baru sebagian kecil insinyur-insinyur Indonesia yang bergelut di bidang kegempaan dan itupun baru-baru saja setelah gempabumi Aceh yang menelan banyak

korban jiwa dan harta. Berangkat dari permasalahan itulah, maka sangat penting untuk memperkaya studi-studi tentang kegempaan.

Berkaitan dengan gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016, sangat penting bagi pemerintah dan institusi pendidikan untuk mempunyai dokumentasi dengan melakukan studi tentang gempa bumi yang telah terjadi tersebut. Meskipun laporan-laporan tentang gempa bumi yang terjadi sebagian sudah ada, namun penelitian-penelitian yang serupa masih perlu untuk dilakukan guna makin memperkaya wawasan tentang kegempaan.

Dalam kaitannya dengan studi tentang intensitas gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016, setelah kejadian gempa bumi, gambaran intensitas gempa bumi yang dipublikasikan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dan United States Geological Survey (USGS) memberikan informasi tentang besarnya intensitas yang terjadi meskipun laporan masih secara umum belum detail. Berdasarkan intensitas dari BNPB maupun USGS yang diperoleh dengan mengambil sampel di beberapa kota besar hanya memberikan gambaran tentang intensitas gempa dalam gradasi warna. Intensitas dalam gradasi warna tersebut masih sangat kasar terutama di daerah dekat dengan episenter karena hanya didasarkan atas intensitas di kota-kota terdekat saja. Dengan melihat hasil laporan besarnya intensitas yang diperoleh sebelumnya, maka hasil-hasil tersebut dapat saling dibandingkan dan dikaji lebih dalam serta dilengkapi hasil yang lebih baik.

Dampak dari gempa bumi yang melanda Pidie Jaya pada 7 Desember 2016 yang menelan banyak korban jiwa dan kerusakan bangunan sangat erat kaitannya dengan intensitas gempa yang melanda kawasan tersebut. Oleh karena itu, penelitian tentang pembuatan kontur intensitas gempa untuk gempa Pidie Jaya Aceh 7 Desember 2016 perlu untuk dilakukan dan dibuat dalam bentuk peta isoseismal yang lebih mudah untuk dibaca dan dimengerti. Meskipun skala intensitas gempa ini mempunyai kelemahan karena bersifat kualitatif tetapi mempunyai keunggulan juga karena konsepnya dapat dipakai untuk mendeskripsikan kekuatan gempa secara praktis dan cukup sederhana dalam menentukan derajat maupun distribusi kerusakan bangunan.

Alasan mengapa pembuatan peta isoseismal untuk gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 ini penting untuk dilakukan karena dapat memberikan gambaran tentang besarnya tingkat guncang gempa bumi pada suatu daerah yang dinyatakan dengan angka MMI tertentu. Besarnya intensitas MMI tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara intensitas gempa bumi (MMI) dengan

parameter-parameter gempa bumi lainnya. Bentuk persamaan matematik yang merepresentasikan hubungan antara parameter gempa bumi pada suatu tempat dengan semua variabel yang berkaitan dengannya biasanya dikenal dengan istilah atenuasi.

Atenuasi antara intensitas MMI dan jarak sangat berguna untuk mengetahui hubungan antara pengaruh intensitas gempa bumi terhadap jarak. Beberapa penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Soetardjo dkk (1985) pada beberapa kejadian gempa bumi di Indonesia telah menghasilkan persamaan atenuasi global antara intensitas dan jarak dalam bentuk persamaan umum $I_x = I_o \cdot e^{-b \cdot x}$. Berdasarkan pada penelitian Soetardjo dkk tersebut, maka pada kasus gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 menjadi menarik untuk diketahui persamaan atenuasi global yang akan dihasilkan dengan menghubungkan antara intensitas yang didapat di lapangan dengan perhitungan jarak dari pusat gempa bumi.

Perbedaan atenuasi intensitas dan jarak untuk atenuasi yang searah dan tegak lurus patahan juga menjadi menarik untuk dibahas dalam penelitian ini karena sebaran intensitas dan isoseismal yang terbentuk tidak selalu berbentuk mendekati lingkaran namun pada beberapa kejadian gempa bumi isoseismal yang terjadi ada yang berbentuk elips dan memanjang mengikuti pola patahan. Oleh karena itu pada kasus gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016, atenuasi yang searah dan tegak lurus patahan kemungkinan akan berbeda sangat mungkin untuk terjadi. Model atenuasi lain yang menarik untuk diketahui pada kasus gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 adalah atenuasi antara intensitas dan percepatan. Model-model persamaan atenuasi antara intensitas dan percepatan yang dilakukan oleh para peneliti terdahulu yang dirangkum oleh Hu dkk (1996), Kramer (1996), dan Widodo (2006) dapat dijadikan sebagai dasar sekaligus pembanding untuk atenuasi intensitas dan percepatan yang dihasilkan pada studi kasus ini. Studi-studi tentang atenuasi di atas akan sangat berguna untuk makin memperkaya studi tentang kegempaan di Indonesia dan dapat dijadikan sebagai dasar untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Hubungan antara MMI isoseismal dengan distribusi kerusakan bangunan juga penting untuk diketahui sebagai bahan studi ke depan berkaitan dengan besarnya persentase kerusakan bangunan dengan skala intensitas gempa. Beberapa penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Dowrick (2003) di New Zealand maupun Ozmen (2000) di Turki dapat dijadikan sebagai dasar untuk mengetahui hubungan antara besarnya intensitas gempa dan persentase kerusakan bangunan akibat gempa Pidie Jaya Desember 2016.

Besarnya persentase kerusakan bangunan dalam berbagai skala MMI tersebut sekaligus juga akan menunjukkan besarnya tingkat kerentanan (*vulnerability*) bangunan. Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Dowrick (2003) di New Zealand, bahkan MMI isoseismal dikaitkan dengan rasio kerusakan bangunan (*damage ratio*) yang merupakan nilai perbandingan antara nilai kerusakan dengan nilai bangunan sebelum rusak. Penelitian tentang rasio kerusakan bangunan (*damage ratio*) juga sangat erat kaitannya dengan tingkat kerusakan bangunan (*damage states*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, ternyata studi-studi tentang kegempaan di Indonesia masih minim. Beberapa kejadian gempa bumi bahkan tanpa *rekaman* dan dokumentasi yang baik, sehingga banyak peristiwa penting kejadian gempa bumi yang sebenarnya baik untuk dipelajari dan dikaji lebih jauh hilang begitu saja.

Kejadian gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 merupakan kejadian gempa bumi yang menarik untuk dipelajari dan dikaji lebih dalam. Mengingat banyaknya hal yang ingin diketahui dari gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan dengan batasan penelitian pada intensitas gempa (isoseismal), kerentanan, dan rasio kerusakan diantaranya :

1. Bagaimana persebaran intensitas gempa bumi yang ditunjukkan dengan peta kontur intensitas gempa skala MMI untuk gempa bumi yang melanda Pidie Jaya Aceh tanggal 7 Desember 2016?
2. Bagaimana hubungan antara atenuasi global I (intensitas gempa) dengan R (jarak) kontur isoseismal gempa bumi yang melanda Pidie Jaya Aceh tanggal 7 Desember 2016?
3. Bagaimana kerentanan bangunan rumah tinggal yang ditunjukkan dengan hubungan antara intensitas gempa bumi yang melanda Pidie Jaya Aceh tanggal 7 Desember 2016 dengan persentase kerusakan rumah?
4. Berapa rata-rata ratio kerusakan bangunan rumah tinggal yang mengalami roboh, rusak berat, rusak sedang dan rusak ringan dan Bagaimana hubungan antara central rasio kerusakan rumah tinggal (dalam persentase kerusakan) dengan berbagai skala intensitas pada kasus gempa bumi yang melanda Pidie Jaya Aceh tanggal 7 Desember 2016?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Membuat peta Isoseismal (peta kontur intensitas gempa skala MMI) untuk kasus gempabumi yang melanda Pidie Jaya Aceh tanggal 7 Desember 2016
2. Mengetahui persamaan atenuasi global I (intensitas gempa) dengan R (jarak) kontur isoseismal gempabumi yang melanda Pidie Jaya Aceh tanggal 7 Desember 2016
3. Mengetahui kerentanan bangunan rumah tinggal yang ditunjukkan dengan hubungan antara intensitas gempabumi yang melanda Pidie Jaya Aceh tanggal 7 Desember 2016 dengan persentase kerusakan rumah
4. Mengetahui rata-rata ratio kerusakan bangunan rumah tinggal yang mengalami roboh, rusak berat, rusak sedang dan rusak ringan dan hubungan antara central rasio kerusakan rumah tinggal (dalam persentase kerusakan) dengan berbagai skala intensitas pada kasus gempabumi yang melanda Pidie Jaya Aceh tanggal 7 Desember 2016

1.4 Batasan Penelitian

Berdasarkan isi dan pembahasan maka penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal, yaitu :

1. Penelitian ini bersifat assesment (penaksiran) dengan berbagai asumsi dan pendekatan pada aspek kerusakan rumah tinggal
2. Intensitas gempabumi yang berpusat di Kabupaten Pidie Jaya tanggal 7 Desember 2016 dengan Magnitude 5,9 SR
3. Lokasi penelitian isoseismal adalah Kabupaten Pidie Jaya yang berdampak paling besar
4. Data untuk pembuatan kontur Intensitas gempabumi pada peta merupakan data kompilasi yang didapat melalui data primer dan data sekunder
5. Peta Isoseismal dibuat dengan menggunakan software Arc View GIS
6. Peta Isoseismal dibuat berdasarkan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dengan koordinat Universal Transverse Mercator (UTM)
7. Pusat gempa dan magnitude memakai versi USGS
8. Jumlah Kepala Keluarga (KK) diasumsikan sebagai jumlah rumah karena data rumah sebelum gempabumi tidak tersedia. Data Kepala Keluarga diperoleh dari instansi pemerintah Kabupaten Pidie Jaya

9. Data jumlah kerusakan berdasarkan data yang diperoleh dari instansi pemerintah Kabupaten Pidie Jaya Provinsi Aceh
10. Rasio kerusakan bangunan rumah tinggal yang akan dihitung adalah bangunan rumah tinggal batu bata dengan perkuataan atau tanpa perkuataan
11. Rasio kerusakan bangunan rumah tinggal yang diestimasi nilai awal dan nilai kerusakannya dibatasi pada bagian pondasi, sloof, ringbalk, kolom, dinding, lantai, plafon, atap, kusen-kusen, pintu, dan jendela
12. Bagian rumah lainnya yang tidak dihitung seperti instalasi listrik, sanitasi, ornament-ornament dinding, detail relief kolom dan dinding serta isi rumah (meja, kursi, perabotan, dan lain-lain)
13. Harga satuan bahan dan upah yang dipakai mengikuti Standar Harga Barang dan Jasa Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya Tahun 2016

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pemerintah daerah dalam rangka pembangunan kawasan Kabupaten Pidie Jaya dimasa yang akan datang dan juga bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya yang berkaitan dengan ilmu kegempaan di bidang teknik sipil. Manfaat dalam bidang pembangunan diantaranya:

1. Mengetahui persebaran intensitas gempabumi yang digambarkan dengan peta isoseismal untuk gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 yang lalu, sehingga pelaksanaan dan pengawasan yang ketat dalam pembangunan pada daerah yang berada pada intensitas gempabumi besar
2. Dengan mengetahui tingkat kerentanan bangunan rumah tinggal di Kabupaten Pidie Jaya khususnya dan di Indonesia umumnya, maka pemerintah perlu menerapkan adanya peraturan yang lebih baik serta pengawasan yang ketat dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan bangunan umum maupun rumah tinggal. Lebih diperhatikan lagi pembangunan bangunan pada daerah yang memiliki tingkat kerentanan yang tinggi
3. Sebagai salahsatu dasar pertimbangan untuk penentuan kebijakan oleh pihak pemerintah maupun pihak swasta dalam upaya rehabilitasi maupun rekonstruksi pasca gempabumi
4. Sebagai bahan masukan bagi pengambil kebijakan agar melakukan usaha-usaha guna meminimalkan jumlah korban jiwa dan luka-luka dengan memberikan

perhatian kepada kelompok-kelompok masyarakat yang rentan terhadap bahaya gempa bumi.

Adapun manfaat dalam bidang ilmu kegempaan diantaranya;

1. Sebagai dokumentasi tentang sebaran intensitas gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016, sehingga diperoleh dokumentasi yang memadai untuk studi kegempaan
2. Sebagai pengembangan ilmu pengetahuan di bidang kegempaan sehingga memperoleh tambahan wawasan dari ilmu pengamatan langsung di lapangan dalam bentuk dokumentasi
3. Dapat dijadikan sebagai dasar bagi penelitian selanjutnya untuk kejadian gempabumi yang terjadi di Aceh dan sekitarnya di masa yang akan datang.

1.6 Definisi Operasional

Berikut merupakan penjelasan beberapa definisi atau istilah yang di pakai dalam penelitian ini :

1. Atenuasi Intensitas Gempa

Atenuasi yang berhubungan dengan tingkat kerusakan bangunan yang terjadi. Atenuasi intensitas gempa adalah hubungan antara intensitas gempa dengan jarak dan magnitudo. Dengan adanya atenuasi intensitas gempa maka secara umum dapat diketahui tingkat penyebaran efek gempa pada suatu wilayah. Atenuasi ini juga dapat dihubungkan dengan percepatan tanah akibat gempa.

2. Bangunan Rumah

Terdapat 2(dua) jenis bangunan tembokan yaitu bangunan tembokan tanpa perkuatan dan bangunan tembokan perkuatan.

- a. Ciri khas bangunan tembokan tanpa perkuatan adalah dindingnya terbuat dari bata atau batako dan tidak menggunakan kolom praktis, balok praktis, dan sloof.
- b. Ciri khas bangunan tembokan dengan perkuatan adalah dindingnya terbuat dari tembokan bata atau batako dan diperkuat dengan kolom praktis, balok praktis dan sloof. Perkuatan ini dapat dibuat dari kayu maupun beton bertulang.

3. Damage Ratio

Damage Ratio merupakan biaya perbaikan akibat kerusakan bangunan dibagi dengan biaya penggantian suatu bangunan. Biaya perbaikan itu dikeluarkan untuk

mengembalikan bangunan menjadi bangunan sebelum mengalami kerusakan atau sebelum terjadinya gempa bumi. Biaya penggantian digunakan untuk membangun menjadi bangunan baru dengan memiliki standart yang sama dengan bangunan sebelumnya. Seperti memiliki kesamaan luas bangunan, struktur bangunan, bahan material serta proses pelaksanaan bangunan .(Davey and Shephard, 1995)

4. Intensitas Gempa

Intensitas Gempa didefinisikan sebagai klasifikasi kekuatan guncangan gempa yang didasarkan atas efek yang terekam dilapangan. Klasifikasi tersebut dinyatakan dalam bilangan integer (bukan pecahan) yang secara tradisional dinyatakan dalam angka Romawi (I, II, III, IV dst).

5. Isoleismal

Isoleismal adalah garis yang menghubungkan daerah dengan intensitas gempa yang sama di daerah seputar gempa.

6. Kerentanan

Kerentanan adalah kondisi ketidaksiapan untuk menerima akibat dari suatu kejadian yang sifatnya merugikan. Kerentanan juga dapat diartikan sebagai keadaan atau kondisi yang dapat mengurangi kemampuan masyarakat untuk mempersiapkan diri untuk menghadapi bahaya atau ancaman bencana. Berbagai macam faktor kerentanan, kondisi fisik suatu kawasan dapat diwakili dengan kondisi bangunan suatu kawasan. Semakin baik kondisi bangunan suatu kawasan maka semakin rendah tingkat kerentanan fisik suatu kawasan sehingga dalam penelitian ini fokus pada kerentanan fisik bangunan suatu kawasan.

7. Sesar/patahan (Fault Rupture)

Sesar (fault) adalah patahan dipermukaan tanah atas blok massa tanah/batuan akibat adanya gaya yang saling berlawanan. Sesar (fault) terjadi jika tegangan geser yang terjadi akibat adanya massa tanah / batuan yang saling bergerak berlawanan sudah melampaui kapasitas geser tanah / batuan tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dikemukakan berbagai laporan dan hasil penelitian yang berkaitan untuk mendukung penelitian, yang dikutip dari berbagai macam referensi yaitu bentuk buku, jurnal maupun karya ilmiah lainnya berkaitan dengan intensitas gempabumi, kerentanan dan rasio kerusakan yang dilakukan didalam negeri dan di luar negeri, baik yang berkaitan dengan Gempa Pidie Jaya Aceh 7 Desember 2016 ataupun gempa lain seperti yang diuraikan sebagai berikut :

2.1 Hasil - Hasil Penelitian Sebelumnya

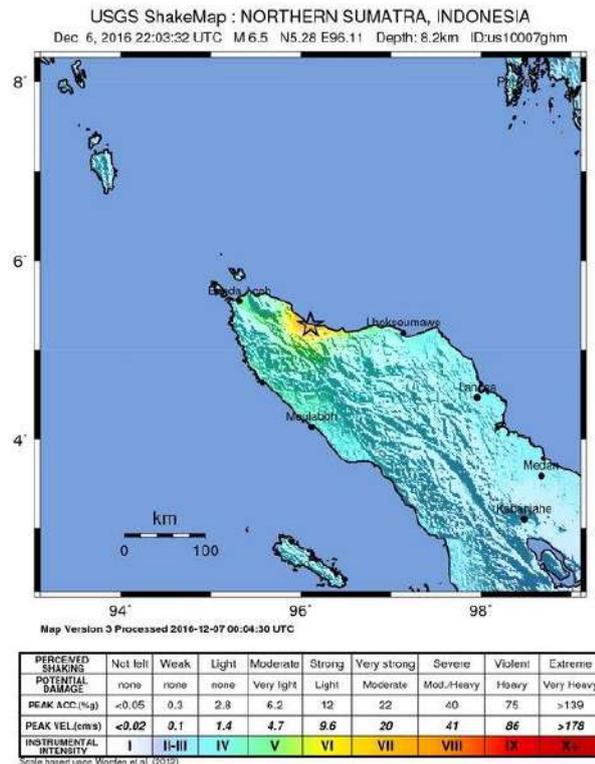
2.1.1 Isoleismal oleh United States Geological Survey (USGS,2016)

USGS (2016) melaporkan bahwa gempabumi tektonik yang terjadi pada tanggal 7 Desember 2016 pukul 05:03:35 (22.03.33 UTC) dengan kekuatan 6,5 Mw dengan titik pusat gempa bumi terletak pada koordinat 5°25' LU dan 96°24' BT dengan kedalaman gempabumi 15 km, gempabumi ini berpusat di darat dan kekuatan yang ditimbulkan tidak cukup kuat membangkitkan perubahan dasar laut yang dapat memicu terjadinya tsunami pada Kabupaten Pidie Jaya. Skala Intensitas gempabumi yang dilaporkan oleh USGS adalah minimum III MMI dan VIII maksimum.

Tabel.2.1 Intensitas Gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 di Berbagai Kota

Kota	Negara	Jarak Rata-rata (km)	Rata-rata Intensitas
Pidie Jaya	Indonesia	40	VIII
Sigli	Indonesia	18	VI
Bireun	Indonesia	26	V
Banda Aceh	Indonesia	251	V
Lhoksumawe	Indonesia	89	IV
Sabang	Indonesia	25	IV
Binjai	Indonesia	229	III
Medan	Indonesia	1751	III

Sumber : USGS, 2017



Gambar 2.1 Intensitas Gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016
 (Sumber : USGS, 2017)

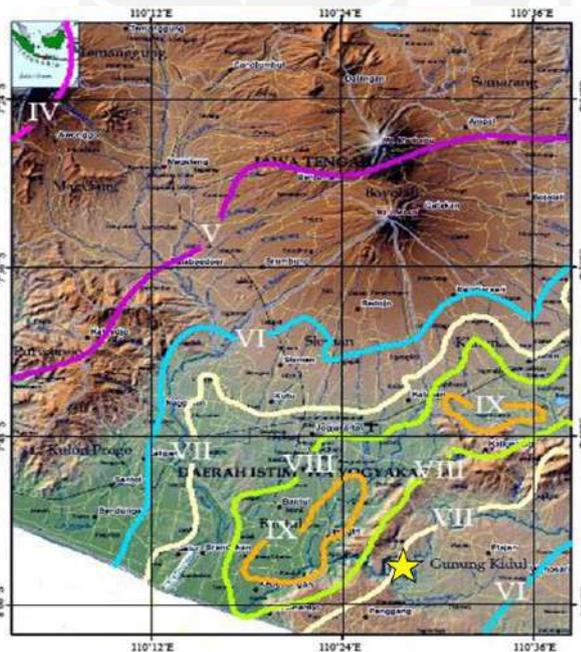
2.1.2 Penelitian Isoleismal, Kerentanan, dan Rasio Kerusakan Rumah Tinggal oleh Wijaya (2009) Akibat Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006

Penelitian ini membahas tentang persebaran intensitas gempabumi yang ditunjukkan dengan peta kontur intensitas gempa skala MMI, hubungan atenuasi global antara I (intensitas gempa) dengan R (jarak) kontur isoleismal, mengetahui perbedaan antara atenuasi yang searah (long axis) dan tegak lurus (short axis) patahan, hubungan antara percepatan tanah dengan intensitas MMI, kerentanan bangunan rumah tinggal yang ditunjukkan dengan hubungan antara intensitas gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006 dengan distribusi persentase kerusakan rumah, mean damage ratio bangunan rumah tinggal yang mengalami roboh, rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan; hubungan antara damage ratio bangunan rumah tinggal dan intensitas gempabumi.

Penelitian ini menghasilkan peta isoleismal akibat gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006. Data intensitas berupa respon orang, respon objek, kerusakan bangunan dan kerusakan lingkungan diperoleh melalui kuisioner, wawancara dan observasi di lapangan dengan total responden sebanyak 294 orang yang tersebar di Provinsi Jawa

Tengah dan D.I. Yogyakarta Ploting titik untuk mendapatkan garis-garis kontur isoseismal menggunakan software Arc-View GIS.

Hasil penelitian berupa isoseismal pada kasus gempabumi Yogyakarta 2006 memperlihatkan bahwa kontur intensitas IX MMI yang terbentuk terbagi menjadi dua kelompok garis isoseismal, yaitu yang berada di Kabupaten Bantul (meliputi sebagian Kecamatan Pundong, Bambanglipuro, Imogiri, Jetis, Pleret, Banguntapan), dan di Kabupaten Klaten (meliputi sebagian Kecamatan Prambanan, Gantiwarno, dan Wedi). Pola garis isoseismal untuk intensitas VI-VIII MMI tidak mendekati lingkaran, tetapi condong memanjang membentuk elips mengikuti sesar Opak. Pola kontur yang memanjang mengikuti sesar Opak ini menunjukkan bahwa pergerakan sesar dan kondisi tanah setempat sangat berpengaruh terhadap besarnya intensitas yang terjadi. Meskipun berdasarkan data USGS pusat gempa tidak terletak disekitar sesar opak tetapi disebelah timurnya, namun gempabumi utama (mainshock) tersebut kemungkinan besar memicu pergerakan sesar-sesar disekitarnya termasuk Sesar Opak di Bantul dan Sesar Jiwo di Klaten. Peta Isoseismal gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2

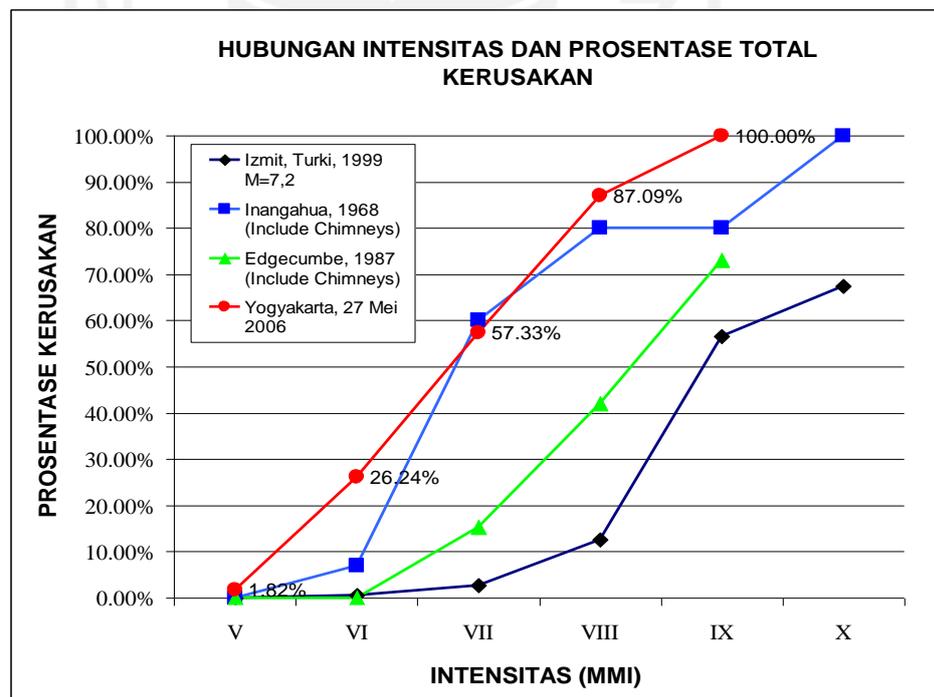


Gambar 2.2 Isoseismal Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006
(Wijaya,2009)

Pada penelitian yang berkaitan dengan kerentanan data rumah sebelum gempabumi dan rumah-rumah yang rusak akibat gempabumi diperoleh dengan mengumpulkan data dari berbagai instansi pemerintah, data tersebut kemudian

dikelompokkan berdasarkan daerah intensitas gempanya dan dibuat grafik hubungan antara intensitas dan persentase kerusakan total yang terlihat pada Gambar 2.3 penelitian yang terkait dengan rasio kerusakan rumah peneliti menggunakan survey langsung ke lapangan dengan lokasi yang ditentukan dimana tiap-tiap kategori kerusakan hanya diambil 10 sampel sehingga dapat dikatakan lokasi tersebut sangat terbatas. Data rumah yang diperoleh kemudian dirata-rata untuk masing-masing tingkat kerusakan (rumah roboh, rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan).

Pada hasil penelitian tentang kerentanan kerusakan rumah Wijaya (2009) menjelaskan kerusakan rumah semakin bertambah dengan semakin tingginya intensitas gempa. Kerentanan kerusakan bangunan rumah tertinggi terjadi pada intensitas IX MMI dengan tingkat kerusakan mencapai 84,49%. Jika dibandingkan dengan beberapa kejadian gempabumidi negara lain (New Zealand dan Turki) ternyata bangunan rumah di Yogyakarta dan sekitarnya pada intensitas yang sama mengalami persentase kerusakan yang tinggi. Hal ini menunjukkan bangunan rumah tinggal di Yogyakarta dan sekitarnya memiliki kualitas yang rendah sebelum gempa 27 Mei 2006.

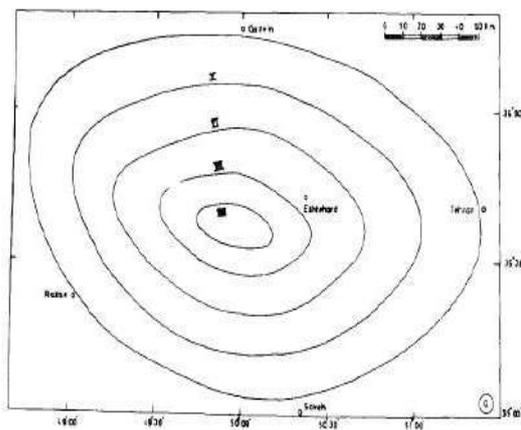


Gambar 2.3 Hubungan Intensitas dan persentase Total Kerusakan Pada Kasus Gempa Yogyakarta (Herka,2009), Gempa Izmit 1999(Ozmen 2000), Gempa Inangangua 1968 (Dowrick,2003), dan Gempa Edgecumbe 1987 (Dowrick,2003) (Sumber Wijaya,2009).

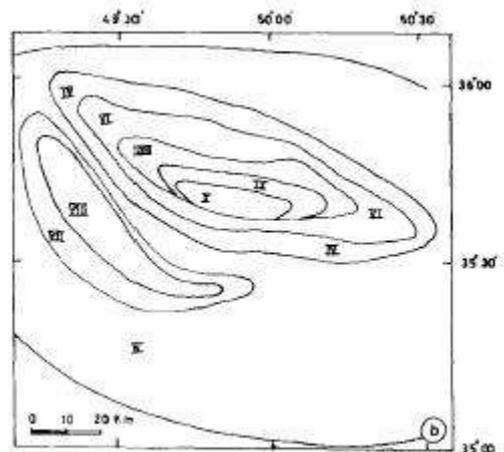
Hubungan antara intensitas dan rasio kerusakan untuk kasus gempa bumi 27 Mei 2006 menunjukkan hasil bahwa rasio kerusakan rumah semakin besar dengan semakin tingginya intensitas gempa. Rasio kerusakan (damage ratio) tertinggi pada intensitas maksimum IX MMI yang mencapai 61,33%. Setelah dibandingkan dengan standar bangunan yang dipakai di Costa Rica (Shah,1978) ternyata bangunan rumah di Yogyakarta dan sekitarnya sebelumnya terkena gempa 27 Mei 2006 hanya setara dengan bangunan tipe low quality (kualitas rendah) di Costa Rica.

2.1.3 Penelitian Isoleismal oleh Berberian (1977) Akibat Gempabumi Buyin Zahra 1 September 1962

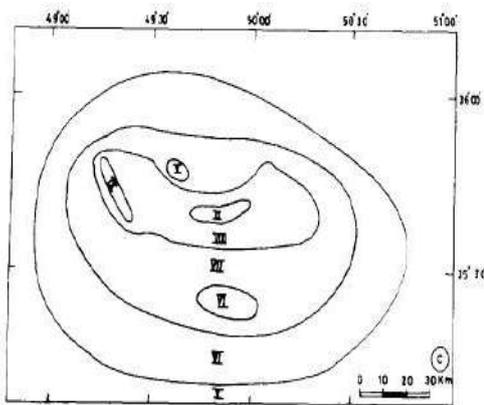
Berberian (1977) dalam papernya mengangkat permasalahan tentang peta-peta isoleismal yang pernah dibuat di Iran. Menurut Berberian data intensitas dalam peta isoleismal dapat lebih menggambarkan tingkat kerusakan yang terjadi akibat dari gempabumi. Dengan memperhatikan intensitas gempa pada peta isoleismal, dan menggunakan hubungan yang empiris, para engineer dapat menggunakan data tersebut untuk perencanaan bangunan. Satu hal yang menjadi problem bersama dalam penggunaan skala intensitas di Iran adalah hasil peta isoleismal dalam skala MMI yang berbeda-beda untuk gempa yang sama. Sebagai contoh adalah hasil peta isoleismal untuk gempa Buyin Zahra tanggal 1 September 1962 yang dilakukan oleh empat peneliti yang berbeda. (dalam wijaya,2009 dan Arie,2014).



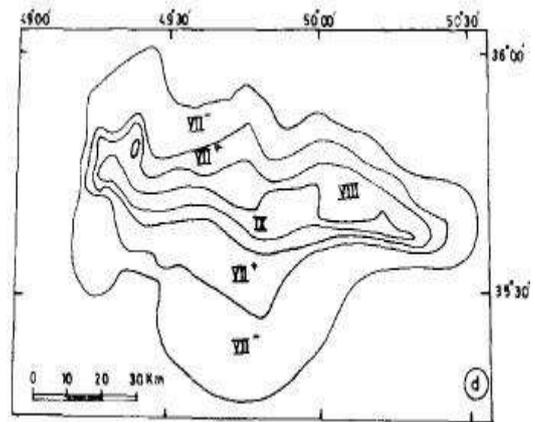
a. Mohajer dan Pierce 1963



b. Abdalian 1963



c. Omote 1965



d. Ambrasey 1963

Gambar 2.4. Berbagai Model Isoseismal Untuk Gempabumi Buyin Zahra, 1962

(Berberian, 1977)

2.1.4 Penelitian oleh Ozmen (2000) Hubungan Antara Intensitas dan Persentase Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Akibat Gempabumi Turki 17 Agustus 1999

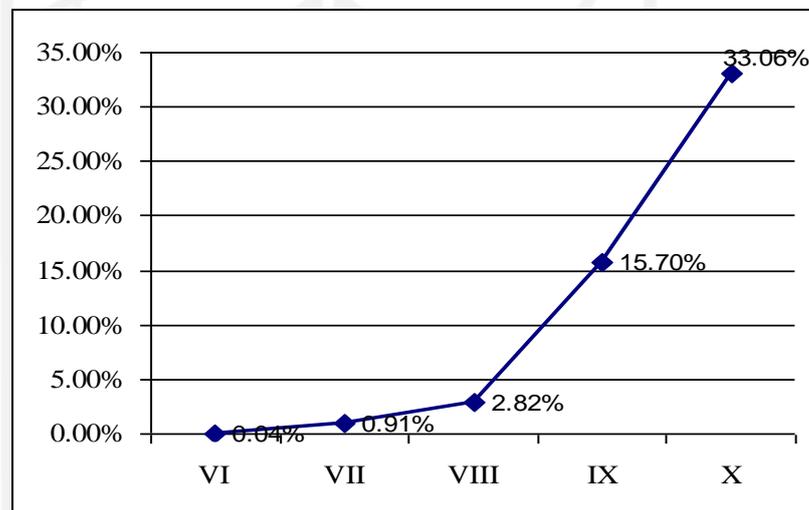
Ozmen (2000), melakukan penelitian berkaitan dengan gempa Izmit, Turki tanggal 17 Agustus 1999. Gempa berkekuatan Mw 7,4 dengan kedalaman 15 km tersebut telah menyebabkan 17.127 orang meninggal dunia, 43.953 orang luka-luka, 66.441 rumah roboh dan rusak berat, 67.242 rumah rusak sedang, dan 80.160 rumah rusak ringan. Berdasarkan pada data korban jiwa dan kerusakan rumah tersebut, Ozmen melakukan penelitian yang bertujuan untuk menemukan hubungan antara kerusakan yang terjadi dan korban jiwa akibat gempabumi tersebut dengan peta isoseismal. Pada penelitiannya peta isoseismal dengan dua metode yaitu didasarkan atas estimasi/pemikiran dan observasi/pengamatan. Estimasi untuk peta isoseismal di gambar berdasarkan rumus yang dikembangkan oleh Okada dan Sistem Informasi Geografi. Peta Isoseismal hasil observasi di Gambarkan berdasarkan pengamatan dilapangan, rekaman percepatan, dan preminary damage evaluation yang dibuat oleh Ministry of Public and Settlement (dalam wijaya,2009 dan Arie,2014)

Menurut Ozmen, estimasi dari peta isoseismal dapat dipakai untuk memprediksi kerusakan dan korban jiwa untuk menggambarkan fungsi kerentanan (vulnerability) setelah kejadian gempabumi. Untuk menyelesaikan penelitian ini, beberapa data pendukung dibutuhkan seperti foto udara yang dihasilkan melalui GIS, observasi langsung dilapangan, data populasi penduduk sebelum gempa, data rumah sebelum gempa dan beberapa laporan rekaman gempa dari beberapa instrumen alat

pererekam gempa yang dipasang tersebar di berbagai daerah serta data-data pendukung lainnya.

Hasil penelitian Ozmen (2000) menggambarkan peta isoseismal berdasarkan hasil perkiraan keluasan area untuk masing-masing skala intensitas, untuk skala intensitas VI melalui area seluas 72% dari total area untuk intensitas VI ke atas, intensitas VII seluas 16%, intensitas VIII seluas 9%, intensitas IX seluas 2% dan intensitas X seluas 1 %. Hasil akhir dari penelitian tersebut adalah hubungan antara persentase kerusakan bangunan yang mengalami rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan akibat gempa Izmit dengan skala intensitas gempa. Gambar 2.5 menunjukkan bahwa persentase kerusakan semakin bertambah dengan makin besarnya intensitas gempabumi.

Hubungan Antara Intensitas dan Persentase Total Kerusakan



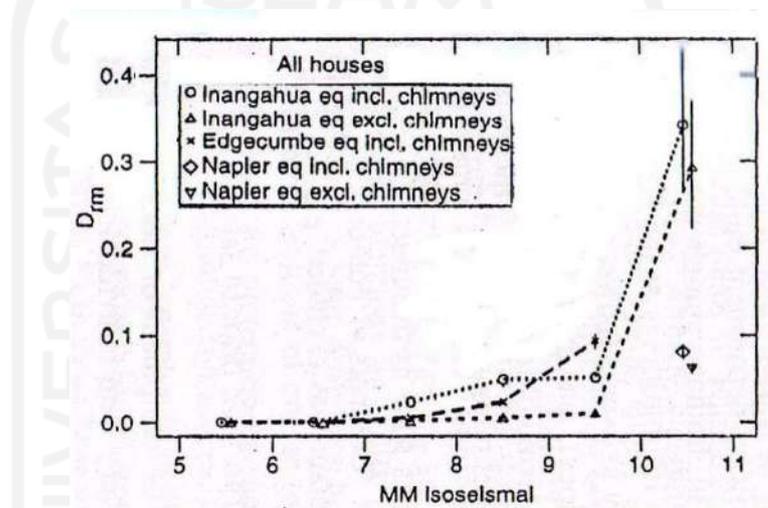
Gambar 2.5. Grafik Hubungan antara Intensitas dan Persentase Total Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal untuk Gempa Izmit 1999, Turki (Ozmen, 2000)

2.1.5 Penelitian oleh Downrick (2003) Hubungan Antara Rasio Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal dan Skala Intensitas MMI

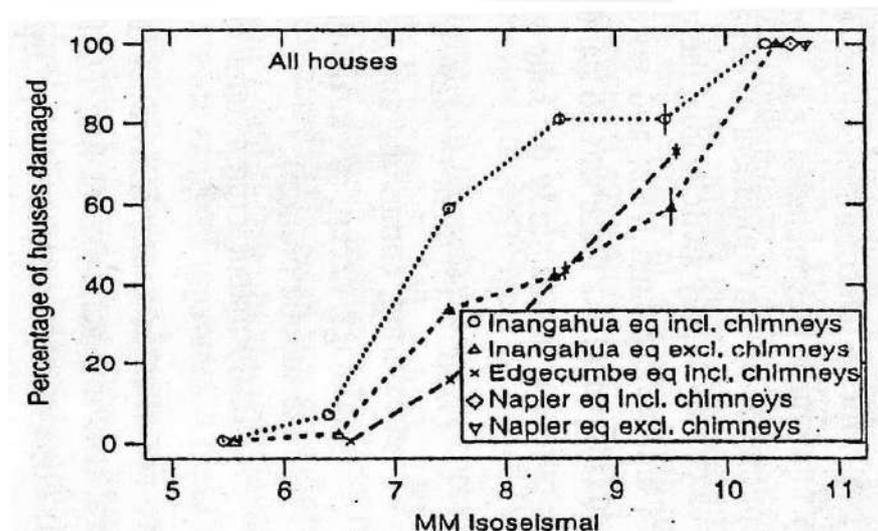
Downrick (2003) telah melakukan penelitian berkaitan dengan kerentanan (vulnerability) bangunan yang berbeda kelas dan kerentanan untuk isi rumah (household contents) akibat kejadian-kejadian gempabumi yang terjadi di New Zealand. Downrick dalam beberapa penelitiannya tentang kerentanan mempermudah penjelasannya dengan membuat hubungan antara rasio kerusakan (damage ratio) bangunan dan skala intensitas MMI. Rasio kerusakan yang diteliti oleh Downrick tidak hanya berkaitan dengan kerusakan fisik rumah saja tetapi juga berkaitan dengan isi

rumah. Beberapa dari hasil penelitian yang telah dilakukan Dowrick dapat dilihat pada Gambar 2.6 sampai dengan Gambar 2.9

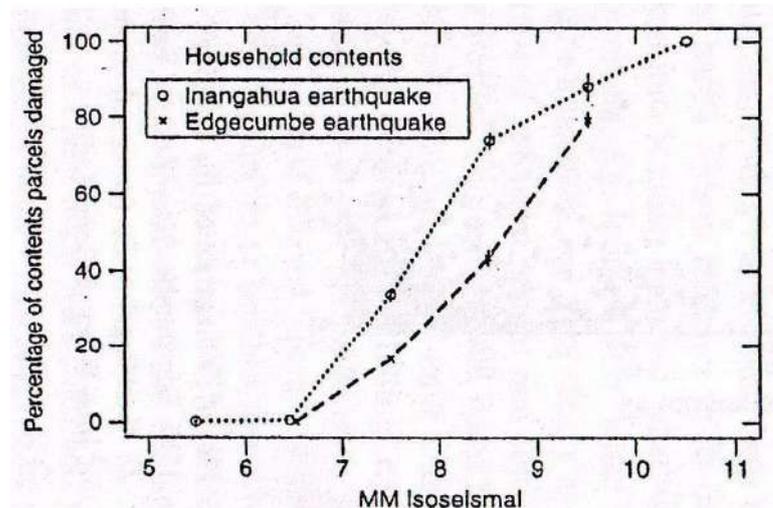
Hasil-hasil penelitian yang dilakukan oleh Dowrick menunjukkan bahwa makin besar intensitas gempa bumi yang terjadi maka persentase dan rasio kerusakan bangunan yang terjadi makin besar pula. Tipe bangunan yang dalam penelitiannya dibedakan antara bangunan yang memakai cerobong asap (including chimneys) dan tanpa cerobong asap (excluding chimneys) juga menunjukkan kerentanan yang berbeda. Bangunan dengan cerobong asap (including chimneys) ternyata lebih rentan daripada bangunan yang tanpa cerobong asap (excluding chimneys). (dalam wijaya,2009 dan Arie,2014)



Gambar 2.6 Kerentanan Bangunan Rumah Tinggal dalam Rata-rata Rasio Kerusakan (Mean Damage Ratio / D_{rm}) (Dowrick,2003)



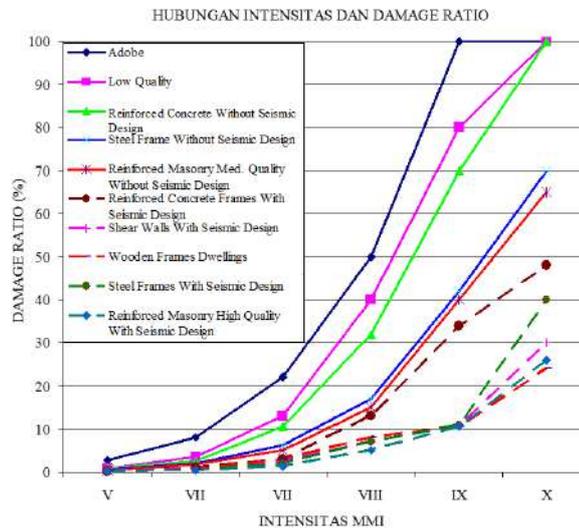
Gambar 2.7. Kerentanan Bangunan Rumah Tinggal dalam Hubungan Antara Persentase Kerusakan Rumah Tinggal dan MM Ioseisml (Dowrick, 2003)



Gambar 2.8. Kerentanan Isi Bangunan Rumah Tinggal (*Household Contents*) dalam Hubungan Antara Persentase Kerusakan Isi Rumah dan MM Isoseismal (Dowrick, 2003)

2.1.6 Penelitian oleh Suter dan Shah (1978) Kerentanan Bangunan Akibat Gempabumi Yang Terjadi di Costa Rica

Sauter dan Shah (1978) melakukan penelitian tentang kerentanan beberapa tipe bangunan di Costa Rica akibat beberapa kejadian gempabumi yang terjadi di negara tersebut. Kerentanan berbagai macam tipe bangunan tersebut telah dibuat dalam bentuk grafik standar hubungan antara intensitas dan damage ratio untuk berbagai tipe bangunan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.10 Hasil penelitian menunjukkan bahwa bangunan yang mengalami rasio kerusakan (Damage Ratio) paling besar adalah bangunan tipe adobe (bangunan yang dibangun dengan bahan tanah liat). hal ini sekaligus menunjukkan bahwa bangunan tersebut paling rentan terhadap gempabumi. Bangunan-bangunan lain seperti bangunan kayu dan beton bertulang yang di desain tahan gempabumi ternyata hanya mengalami rasio kerusakan yang kecil.



Gambar 2.9. Kurva Kerentanan Pada Berbagai Tipe Bangunan di Costa Rica (Sauter dan Shah, 1978)

2.1.7 Penelitian Isoleismal, Kerentanan, dan Rasio Kerusakan Rumah Tinggal oleh Muhammad Arrie Rafshanjani (2013) Akibat Gempabumi Aceh 7 Juli 2013

Telah melakukan Penelitian tentang persebaran intensitas gempabumi yang ditunjukkan dengan peta kontur intensitas gempa skala MMI, hubungan atenuasi global antara I (intensitas gempa) dengan R (jarak) kontur isoleismal, mengetahui perbedaan antara atenuasi yang searah (long axis) dan tegak lurus (short axis) patahan, hubungan antara percepatan tanah dengan intensitas MMI, kerentanan bangunan rumah tinggal yang ditunjukkan dengan hubungan antara intensitas gempabumi Aceh 7 Juli 2013 dengan distribusi persentase kerusakan rumah, mean damage ratio bangunan rumah tinggal yang mengalami roboh, rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan; hubungan antara damage ratio bangunan rumah tinggal dan intensitas gempabumi. Penelitian ini sama dengan penelitian Wijaya (2009) hanya saja berbeda lokasi dan bangunan yang diteliti.

Hasil penelitian berupa isoleismal pada kasus gempabumi Aceh 2 Juli 2013 cenderung berbentuk reguler (mendekati lingkaran) dikarenakan derajat kerusakan bangunan, reaksi orang, dan respon objek terdistribusi merata secara radial. Kerusakan bangunan tersebar berada di sekitar episenter dan intensitas gempa akan berkurang secara radial dengan semakin jauh. Peta isoleismal yang diperoleh menunjukkan bahwa wilayah dengan intensitas IX MMI berada disekitar episenter dengan tingkat kerusakan sangat parah. Intensitas IX MMI tersebar di 5 kecamatan dalam Kabupaten Aceh Tengah dan Kabupaten Bener Meriah. Untuk Intensitas VIII MMI tersebar dalam radius 20 km dari pusat gempa, Intensitas VII-VI MMI tersebar

merata menjauhi episenter gempa bumi dengan radius 20 - 40 km, intensitas semakin menjauhi episenter.

Pada penelitian yang berkaitan dengan kerentanan data rumah sebelum gempa bumi dan rumah-rumah yang rusak akibat gempa bumi diperoleh dengan mengumpulkan data dari berbagai instansi pemerintah, data tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan daerah intensitas gempanya dan dibuat grafik hubungan antara intensitas dan persentase kerusakan total penelitian yang terkait dengan rasio kerusakan rumah peneliti menggunakan survey langsung ke lapangan dengan lokasi yang ditentukan dimana tiap-tiap kategori kerusakan hanya diambil 10 sampel sehingga dapat dikatakan lokasi tersebut sangat terbatas. Data rumah yang diperoleh kemudian dirata-rata untuk masing-masing tingkat kerusakan (rumah roboh, rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan).

Pada hasil penelitian tentang kerentanan kerusakan rumah Wijaya (2009) menjelaskan kerusakan rumah semakin bertambah dengan semakin tingginya intensitas gempa. Kerentanan kerusakan bangunan rumah tertinggi terjadi pada intensitas IX MMI dengan tingkat kerusakan mencapai 84,49%. Jika dibandingkan dengan beberapa kejadian gempa bumi di negara lain (New Zealand dan Turki) ternyata bangunan rumah di Yogyakarta dan sekitarnya pada intensitas yang sama mengalami persentase kerusakan yang tinggi. Hal ini menunjukkan bangunan rumah tinggal di Yogyakarta dan sekitarnya memiliki kualitas yang rendah sebelum gempa 27 Mei 2006.

2.2 Keaslian Penelitian

Setelah mencermati beberapa penelitian, lokasi penelitian maupun hasil penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan yang membedakan antara penelitian-penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Wijaya (2009) tentang gempa bumi Yogyakarta 27 Mei 2006 menunjukkan fungsi kerentanan bangunan rumah tinggal dalam hubungan antara persentase kerusakan rumah tinggal dan MMI seperti yang dilakukan oleh Osmen (2000) dan Dowrick (2003). Maka dalam penelitian ini akan mengambil beberapa teori, metode penelitian beserta rumus-rumus yang dipakai oleh Dowrick (2003) dan Wijaya (2009). Yang membedakan penelitian ini dengan yang dilakukan Wijaya adalah studi kasus yang berbeda (gempa Pidie Jaya 7 Desember

- 2016) dan bangunan rumah tinggal batu bata dengan atau tanpa perkuatan yang ada di Kabupaten Pidie Jaya.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Osmen B (2000) tentang gempa Izmit, Turki 1999. Penelitian ini juga nantinya untuk mengetahui hal yang sama dengan Osmen (2000) meskipun metode yang akan dipakai hampir sama namun studi kasusnya berbeda yaitu Gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016
 3. Penelitian yang dilakukan oleh Dowrick (2003) penelitian ini mengambil teori beserta rumus yang digunakan dalam penelitian, sedangkan yang membedakan penelitian ini adalah studi kasus dan keterbatasan daerah penelitian yang lebih sempit.



BAB III

LANDASAN TEORI

Kondisi geologi kawasan Indonesia yang sangat kompleks merupakan pertemuan dari lempeng-lempeng tektonik. Faktor utama yang menyebabkan kerusakan bangunan akibat gempa bumi adalah guncangan pada tanah (*ground shaking*). Namun demikian *ground shaking* bukan merupakan satu-satunya penyebab, masih ada beberapa sebab lain yang merupakan efek dari gempa bumi, misalnya tanah longsor, likuifaksi, dan tsunami sebagai akibat dari gempa bumi. Besarnya guncangan pada tanah tersebut dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, di antaranya adalah jarak dari pusat gempa dan kondisi tanah setempat. Oleh karena itu, untuk satu tempat dengan tempat yang lain besarnya guncangan yang dirasakan juga berbeda. Distribusi kerusakan yang ditimbulkanpun juga akan berbeda-beda.

Salah satu cara untuk menggambarkan besarnya dampak guncangan yang ditimbulkan oleh gempa bumi yang mengakibatkan kerusakan dapat dilakukan dengan mengukur intensitas gempanya. Intensitas gempa adalah ukuran kualitatif atau kuantitatif kedahsyatan gerakan tanah akibat gempa pada lokasi tertentu. Sejak jaman dahulu sebelum adanya alat ukur gempa seperti seismograf, orang sudah dapat mengukur gempa dengan membuat skala intensitas gempa yang didasarkan atas perasaan orang dan kerusakan bangunan. Meskipun ukuran ini hanya didasarkan pada perasaan (*feeling*) dan lebih banyak bersifat subjektif, namun sampai sekarang masih tetap dipakai dan bahkan semakin berkembang dengan banyaknya versi skala intensitas, seperti MMI, MSK dan JMA.

Kerentanan bangunan gedung terhadap kerusakan akibat gempa bumi sangat besar sekali. Tingkat kerentanan tersebut bergantung pada bangunan itu sendiri, yang tidak dapat dipisahkan dari desain ketahanan terhadap gempa bumi. Dengan demikian, kerentanan didefinisikan sebagai derajat kerusakan bangunan terhadap kekuatan guncangan. Hal ini sangat membantu untuk mendiskripsikan derajat kerusakan secara kualitatif dan kuantitatif.

Berdasarkan topik dan tujuan dari penelitian yang akan dicapai, berbagai teori yang menjadi referensi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.1 Gempabumi

Gempa bumi adalah getaran atau getar-getar yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang

menciptakan gelombangseismik. Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak Bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang dialami selama periode waktu. Gempa Bumi diukur dengan menggunakan alat Seismometer. *Moment*magnitudo adalah skala yang paling umum di mana gempa Bumi terjadi untuk seluruh dunia. Skala Rickter adalah skala yang dilaporkan oleh observatorium seismologi nasional yang diukur pada skala besarnya lokal 5 magnitudo. Kedua skala yang sama selama rentang angka mereka valid. Gempa 3 magnitudo atau lebih sebagian besar hampir tidak terlihat dan jika besarnya 7 lebih berpotensi menyebabkan kerusakan serius di daerah yang luas, tergantung pada kedalaman gempa. Gempa Bumi terbesar bersejarah besarnya telah lebih dari 9, meskipun tidak ada batasan besarnya. Gempa Bumi besar terakhir besarnya 9,0 atau lebih besar adalah 9,0 magnitudo gempa di Jepang pada tahun 2011 (perMaret 2011), dan itu adalah gempa Jepang terbesar sejak pencatatan dimulai. Intensitas getaran diukur pada modifikasi Skala Mercalli. Jenis gempa bumi dapat dibedakan berdasarkan:

Berdasarkan penyebab

- Gempa bumi tektonik

Gempa Bumi ini disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng-lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga yang sangat besar. Gempa bumi ini banyak menimbulkan kerusakan atau bencana alam di Bumi, getaran gempa Bumi yang kuat mampu menjalar keseluruh bagian Bumi. Gempa bumi tektonik disebabkan oleh pelepasan tenaga yang terjadi karena pergeseran lempengan plat tektonik seperti layaknya gelang karet ditarik dan dilepaskan dengan tiba-tiba.

- Gempa bumi tumbukan

Gempa Bumi ini diakibatkan oleh tumbukan meteor atau asteroid yang jatuh ke Bumi, jenis gempa Bumi ini jarang terjadi

- Gempa bumi runtuh

Gempa Bumi ini biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun pada daerah pertambangan, gempa bumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal.

- Gempa bumi buatan

Gempa bumi buatan adalah gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas dari manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir atau palu yang dipukulkan ke permukaan bumi.

- Gempa bumi vulkanik (gunung api)

Gempa Bumi ini terjadi akibat adanya aktivitas magma, yang biasa terjadi sebelum gunung api meletus. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan timbulnya ledakan yang juga akan menimbulkan terjadinya gempa bumi. Gempa bumi tersebut hanya terasa di sekitar gunung api tersebut.

Berdasarkan kedalaman

- Gempa bumi dalam

Gempa bumi dalam adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi (di dalam kerak bumi). Gempa bumi dalam pada umumnya tidak terlalu berbahaya.

- Gempa bumi menengah

Gempa bumi menengah adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada antara 60 km sampai 300 km di bawah permukaan bumi. gempa bumi menengah pada umumnya menimbulkan kerusakan ringan dan getarannya lebih terasa.

- Gempa bumi dangkal

Gempa bumi dangkal adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada kurang dari 60 km dari permukaan bumi. Gempa bumi ini biasanya menimbulkan kerusakan yang besar. Berdasarkan gelombang/getaran gempa

- Gelombang Primer

Gelombang primer (gelombang longitudinal) adalah gelombang atau getaran yang merambat di tubuh bumi dengan kecepatan antara 7–14 km/detik. Getaran ini berasal dari hiposentrum.

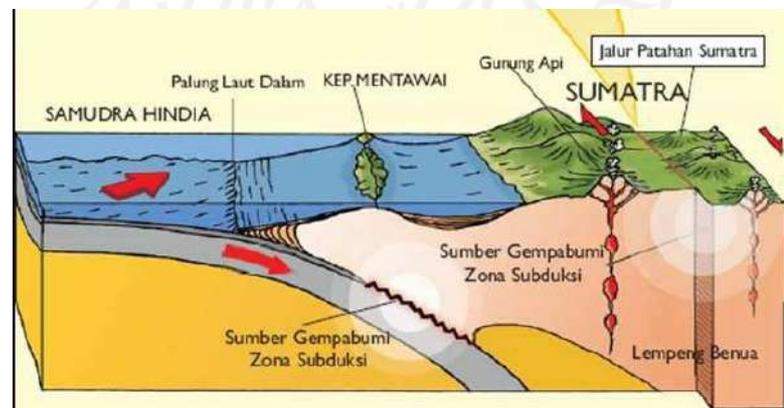
- Gelombang Sekunder

Gelombang sekunder (gelombang transversal) adalah gelombang atau getaran yang merambat, seperti gelombang primer dengan kecepatan yang sudah berkurang, yakni 4–7 km/detik. Gelombang sekunder tidak dapat merambat melalui lapisan cair.

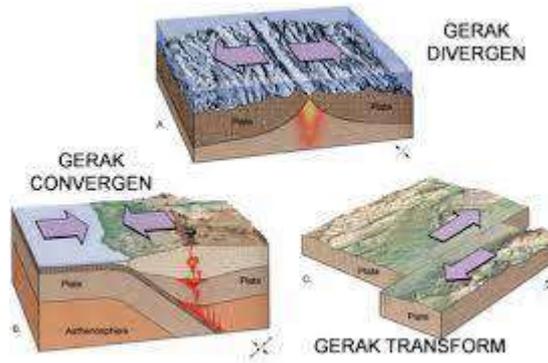
3.2 Gempa Tektonik

Gempa Bumi tektonik adalah jenis gempa Bumi yang disebabkan oleh pergeseran lempeng plat tektonik. Gempa ini terjadi karena besarnya tenaga yang dihasilkan akibat adanya tekanan antar lempeng batuan dalam perut Bumi. Gempa Bumi ini adalah jenis gempa yang paling sering dirasakan, terutama di Indonesia.

Gempa tektonik yang kuat sering terjadi di sekitar tapal batas lempengan-lempengan tektonik. Lempengan-lempengan tektonik ini selalu bergerak dan saling mendesak satu sama lain. Pergerakan lempengan-lempengan tektonik ini menyebabkan terjadinya penimbunan energi secara perlahan-lahan. Gempa tektonik kemudian terjadi karena adanya pelepasan energi yang telah lama tertimbun tersebut. Gempa tektonik biasanya jauh lebih kuat getarannya dibandingkan dengan gempa vulkanik, maka getaran gempa yang merusak bangunan kebanyakan disebabkan oleh gempa tektonik. Tenaga yang dihasilkan oleh tekanan antara batuan dikenal sebagai kecacatan tektonik. Teori dari *tectonic plate* (lempeng tektonik) menjelaskan bahwa bumi terdiri dari beberapa lapisan batuan, sebagian besar area dari lapisan kerak itu akan hanyut dan mengapung di lapisan seperti salju. Lapisan tersebut bergerak perlahan sehingga berpecah-pecah dan bertabrakan satu sama lainnya. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya gempa tektonik. Peta penyebarannya mengikuti pola dan aturan yang khusus dan menyempit, yakni mengikuti pola-pola pertemuan lempeng-lempeng tektonik yang menyusun kerak bumi. Dalam ilmu kebumihan (geologi), kerangka teoretis tektonik lempeng merupakan *postulat* untuk menjelaskan fenomena gempa Bumi tektonik yang melanda hampir seluruh kawasan, yang berdekatan dengan batas pertemuan lempeng tektonik.



Gambar 3.1 Proses Terjadinya Gempabumi Tektonik Pulau Sumatera



Gambar 3.2. Pergerakan Lempeng Tektonik

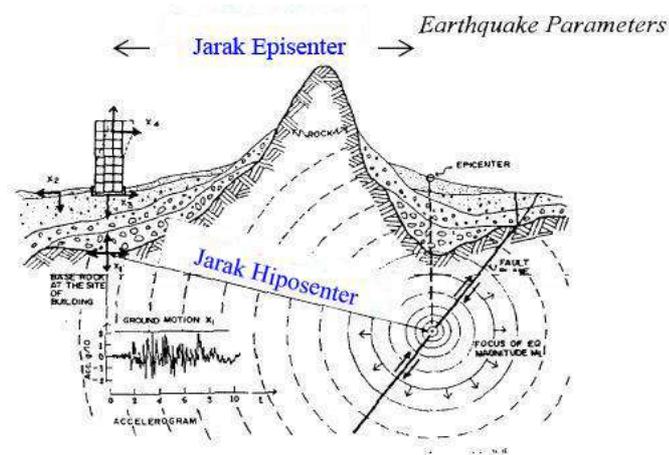
3.3 Pusat Gempa, Jarak Episenter, dan Kedalaman Gempa

Pusat gempa (focus) adalah suatu titik di bawah permukaan tanah dimana pertama kali energi gempa tersebar. Pusat gempa yang berada di bawah permukaan tanah tersebut biasanya disebut juga hiposenter. Proyeksi tegak lurus hiposenter ke permukaan tanah disebut episenter.

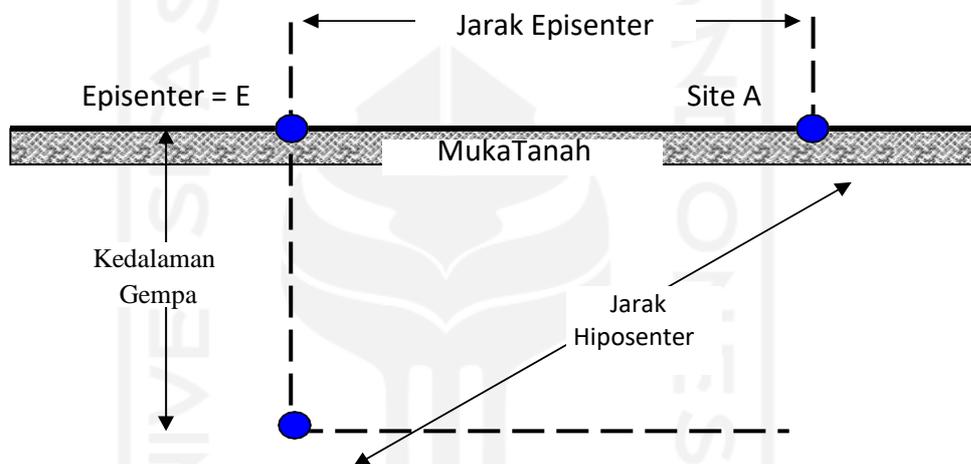
Dari uraian diatas, maka yang dimaksud dengan jarak episenter adalah jarak dari titik pusat gempa di permukaan tanah ke lokasi tertentu yang ditinjau. Secara umum, makin dekat jarak episenter maka guncangan gempa yang dirasakan biasanya relatif lebih kuat jika dibandingkan jarak episenter yang jauh. Kedalaman gempa adalah jarak dari hiposenter ke episenter, yaitu jarak dari pusat gempa di dalam tanah ke permukaan tanah. Berdasarkan kedalamannya gempa dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Gempa dalam
- b. Gempa sedang
- c. Gempa dangkal

Gempa dangkal biasanya bersifat lebih merusak dibandingkan dengan gempa dalam, karena fokus / pusat gempa yang lebih dekat pada permukaan tanah sehingga getaran yang dirasakan menjadi cukup kuat.



Gambar 3.3. Jarak Episenter dan Jarak Hiposenter (Irsyam, 2007)



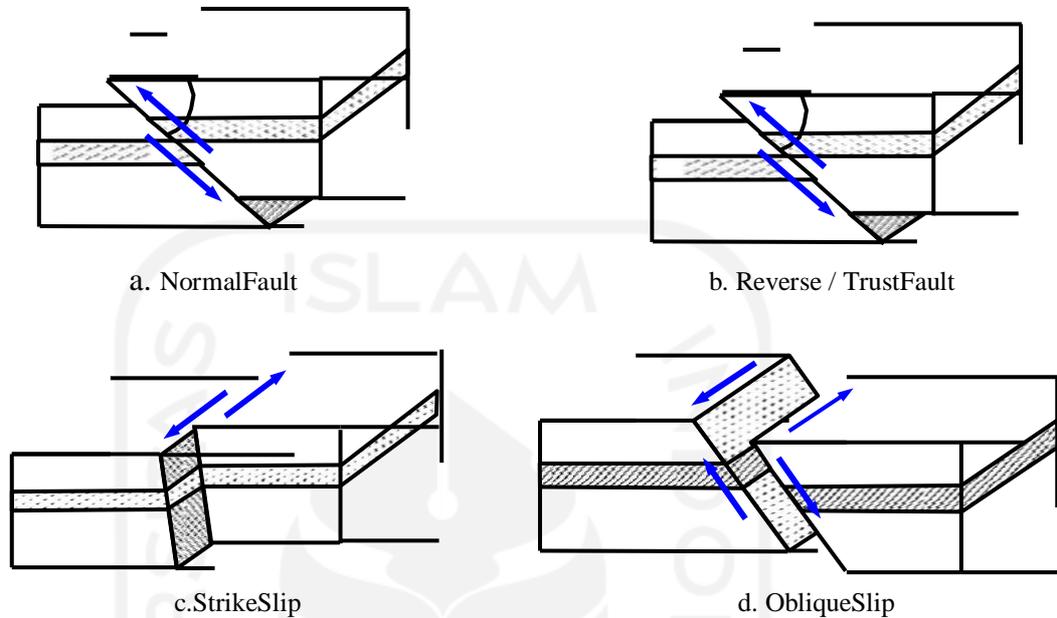
Gambar 3.4. Fokus, Jarak Episenter, Jarak Hiposenter, dan Kedalaman Gempa (Irsyam, 2007)

3.4 Sesar / Patahan

Sesar (fault) adalah patahan dipermukaan tanah atas blok massa tanah / batuan akibat adanya gaya yang saling berlawanan. Sesar (fault) terjadi jika tegangan geser yang terjadi akibat adanya massa tanah / batuan yang saling bergerak berlawanan sudah melampaui kapasitas geser tanah / batuan tersebut. Secara umum sesar mempunyai karakteristik fisik yaitu panjang, lebar, dan dalam. Panjang patahan dapat mencapai ratusan kilometer, sedangkan lebar patahan dapat mencapai dua puluh meteran. Dalam patahan dapat berkisar antara dua puluh hingga tiga puluh meter.

Disamping mempunyai karakteristik panjang, lebar, dan dalam, sesar / patahan tidak hanya terjadi dalam bidang horisontal saja tetapi dapat pula membentuk suatu sudut patahan (dip-slip). Sesar / patahan juga mempunyai arah gerak (arah-slip), yang dapat slip mendatar, slip ke bawah, slip ke atas maupun kombinasi

diantaranya. Beberapa model sesar / patahan diantaranya adalah normal fault untuk arah slip ke bawah, reverse / thrust fault untuk arah slip ke atas, strike slip untuk arah slip mendatar dan oblique slip untuk kombinasi antara slip ke bawah dan mendatar. Model - model sesar / patahan tersebut selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5. Model Patahan / Sesar (Widodo, 2007)

3.5 Kondisi Geologi

Aktivitas geologi di wilayah Aceh dimulai pada zaman Miosen, yakni saat diendapkannya batuan yang dikenal sebagai Formasi Woyla. Pada zaman tersebut dihasilkan struktur geologi yang berarah selatan - utara, yang diikuti oleh permulaan subduksi lempeng India - Australia terhadap lempeng Eurasia pada zaman Yura Akhir. Pada periode Yura Akhir – Kapur diendapkan satuan batuan vulkanik. Selanjutnya, di atas satuan ini diendapkan batu gamping (mudstone dan wreckstone) secara tak selaras berdasarkan ditemukannya konglomerat atas.

Di Sumatera, penunjaman tersebut juga menghasilkan rangkaian busur pulau depan (forearch islands) yang non - vulkanik (seperti: P. Simeulue, P. Banyak, P. Nias, P. Batu, P. Siberut hingga P. Enggano), rangkaian pegunungan Bukit Barisan dengan jalur vulkanik di tengahnya, serta sesar aktif 'The Great Sumatera Fault' yang membelah Pulau Sumatera mulai dari Teluk Semangko hingga Banda Aceh. Sesar besar ini menerus sampai ke Laut Andaman hingga Burma. Patahan aktif Semangko ini diperkirakan bergeser sekitar sebelas sentimeter per tahun dan merupakan daerah rawan gempa bumi dan tanah longsor.

Di samping patahan utama tersebut, terdapat beberapa patahan lainnya, yaitu: Sesar Aneuk Batee, Sesar Samalanga - Sipopok, Sesar Lhokseumawe, dan Sesar Blangkejeren (Sieh dan Natawidjaja, 2000). Khusus untuk Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar dihipit oleh dua patahan aktif, yaitu Darul Imarah dan Darussalam. Patahan ini terbentuk sebagai akibat dari adanya pengaruh tekanan tektonik secara global dan lahirnya kompleks subduksi sepanjang tepi barat Pulau Sumatera serta pengangkatan Pegunungan Bukit Barisan. Daerah - daerah yang berada di sepanjang patahan tersebut merupakan wilayah yang rawan gempa bumi dan tanah longsor, disebabkan oleh adanya aktivitas kegempaan dan kegunungapian yang tinggi. Banda Aceh sendiri merupakan suatu dataran hasil amblesan sejak Pliosen, hingga terbentuk sebuah graben. Dataran yang terbentuk tersusun oleh batuan sedimen, yang berpengaruh besar jika terjadi gempa bumi di sekitarnya.

Penunjaman Lempeng India – Australia juga mempengaruhi geomorfologi Pulau Sumatera. Adanya penunjaman menjadikan bagian barat Pulau Sumatera terangkat, sedangkan bagian timur relatif turun. Hal ini menyebabkan bagian barat mempunyai dataran pantai yang sempit dan kadang - kadang terjal. Pada umumnya, terumbu karang lebih berkembang dibandingkan berbagai jenis bakau. Bagian timur yang turun akan menerima tanah hasil erosi dari bagian barat (yang bergerak naik), sehingga bagian timur memiliki pantai yang datar lagi luas. Di bagian timur, gambut dan bakau lebih berkembang dibandingkan terumbu karang. Dengan gambaran tersebut di atas, maka tidak hanya wilayah Aceh, namun wilayah - wilayah lain di pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa dan Nusa Tenggara juga perlu mewaspadai kemungkinan bencana serupa.

Batuan di Aceh dapat dikelompokkan menjadi batuan beku dan batuan metamorfik atau malihan, batuan sedimen dan gunungapi tua, batugamping, batuan gunung api muda, serta endapan aluvium. Secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

1. Kelompok batuan beku dan batuan metamorfik—terdiri dari: granit, diorit, gabro, sekis, dan batu sabak—terdapat di bagian tengah Bukit Barisan. Batuan bersifat padu, kelulusan airnya rendah, daya dukung fondasi bangunan umumnya baik, mampu mendukung bangunan bertingkat tinggi, dan jarang menjadi akuifer. Granit, diorit, dan gabro dapat digunakan sebagai bahan bangunan, meskipun tidak sebagus andesit. Tanah hasil pelapukannya bertekstur lempung hingga pasir. Kesuburan potensialnya tergolong sedang karena kandungan silikanya yang tinggi.

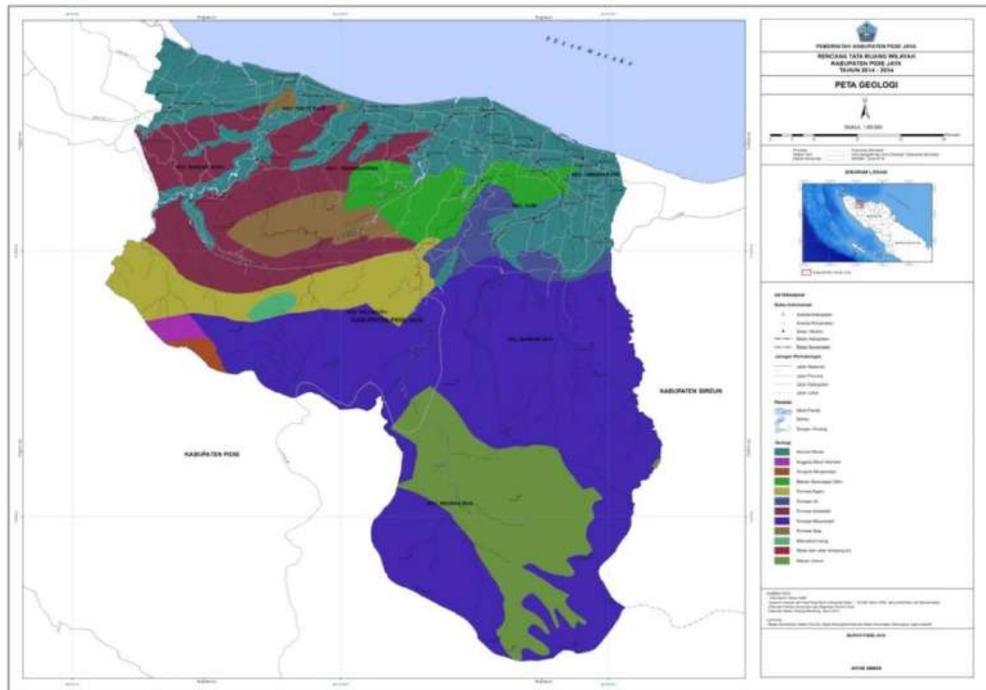
2. Kelompok batuan sedimen dan gunungapi tua—terdiri dari breksi, konglomerat, dan lava—terdapat di bagian tepi Bukit Barisan dan daerah perbukitan rendah yang membentang dari Sigli hingga Pangkalanbrandan di Sumatera Utara. Sifat batuan umumnya padu, kelulusan airnya rendah, mampu mendukung bangunan bertingkat, dan dapat menjadi akuifer dengan produktifitas kecil hingga sedang. Tanah hasil pelapukannya bertekstur lanau hingga pasir. Kesuburan potensialnya berkisar rendah hingga sedang
3. Batugamping terdapat memanjang di daerah Lhok Nga, sebelah selatan Banda Aceh, dan di Lampeunerut. Bersifat padu atau berongga, kelulusannya beragam tergantung dari banyaknya rongga. Pada batugamping padu, daya dukung terhadap pondasi tergolong bagus. Batugamping dapat digunakan sebagai bahan bangunan dan bahan baku semen. Tanah hasil pelapukannya bertekstur lempung dan umumnya mempunyai kesuburan potensial tinggi.
4. Kelompok batuan gunungapi muda—terdiri dari tufa, aglomerat, breksi vulkanik, dan lava—terdapat di daerah perbukitan di sebelah selatan Lhokseumawe. Pada umumnya batuan bersifat agak padu, kelulusan airnya sedang hingga tinggi, dan daya dukung pondasi bagus. Tanah hasil pelapukannya bertekstur lempung, lanau dan pasir; kesuburan potensialnya tinggi.
5. Kelompok endapan aluvium—terdiri dari lempung dan pasir—terdapat di sepanjang pantai dan di sepanjang DAS Krueng Aceh, termasuk Kota Banda Aceh. Endapan masih bersifat lepas hingga agak padu, kelulusan airnya rendah hingga sedang, daya dukung pondasinya rendah hingga sedang, dan kesuburan potensial tanahnya rendah hingga tinggi. Secara geologis, Aceh berada di jalur penunjaman dari pertemuan lempeng Asia dan Australia, serta berada di bagian ujung patahan besar Sumatera (sumatera fault/transform) yang membelah pulau Sumatera dari Aceh sampai Selat Sunda yang dikenal dengan Patahan Semangko. Zona patahan aktif yang terdapat di wilayah Aceh adalah wilayah bagian tengah, yaitu di Kabupaten Aceh Besar, Pidie, Pidie Jaya, Aceh Tengah, Gayo Lues, Aceh Tenggara, Aceh Barat, Nagan Raya, Aceh Barat Daya, dan Aceh Selatan. Hal ini dapat menyebabkan Aceh mengalami bencana geologis yang cukup panjang (Hall, 2002).

3.5.1 Kondisi Geologi Kabupaten Pidie Jaya

Berdasarkan peta geologi Pidie Jaya (gambar 3.6), struktur geologi daerah penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Qh adalah endapan permukaan yang tersusun oleh endapan pesisir dan fluviatil terbentuk pada Zaman Kuartar Holosen
- b. Tuktm adalah anggota meuh member yang terdiri dari batu konglomerat aneka - bahan, batu pasir konglomerat, batu lanau dan batu gamping yang terbentuk pada zaman tersier kala miosen awal
- c. Timj adalah anggota meujeompo yang terdiri dari batu pasir gampingan, batu gamping dan serpih terbentuk pada zaman tersier kala oligosen akhir.
- d. Qvo adalah batuan gunungapi olim yang tersusun oleh breksi andesit dan batupasir tufaan terbentuk pada zaman kuartar kala plistosen.
- e. Tla adalah formasi agam yang terdiri dari batu lanau berari, batu pasir, breksi dalam formasi batu gamping, dan batu berglaukonit yang terbentuk pada zaman Tersier kala oligosen akhir.
- f. Qpi adalah formasi IDI dimana formasi ini tersusun kerikil agak mampat, pasir, batu gamping dan lempung terbentuk pada zaman kuartar kala plistosen
- g. Tukt adalah formasi kota bakti yang terdiri dari batu lumpur dan batu lanau gampingan, batu pasir kurang, konglomerat, batu gamping dan tufa pada zaman tersier kalam miosen awal.
- h. Tim adalah formasi meucamplici, formasi ini tersusun dari batu lumpur dan batu pasir tak terbedakan yang terbentuk pada zaman tersier kala oligosen.
- i. Tpsi adalah formasi siap yang terdiri dari batu konglomerat, sedimen asal gunung api, batu pasir gampingan batu lumpur yang terbentuk pada zaman Tersier kala pliosen
- j. Tii adalah batu mikrodiorit yang terbentuk pada zaman Tersier kala oligosen
- k. Tmds adalah anggota retas dan retas lempeng tua yang terdiri dari batu mikrogabro terprofilitkan terbentuk pada zaman Tersier kala miosen tengah.

- I. Mpn adalah satuan uneun yang tersusun oleh batu sabak, meta batu gamping dan sedikit meta guung api.



Gambar 3.6 Peta geologi Kabupaten Pidie Jaya (Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya, 2014-2034)

3.6 Ukuran Gempabumi

Terdapat banyak cara untuk mengukur gempabumi. Namun secara umum untuk menentukan ukuran besarnya gempa (size) digunakan istilah Magnitude. Size / magnitude gempa dihitung berdasarkan wave amplitudo / amplitudo gelombang gempa maupun properti dan dimensi patahannya. Ukuran gempa yang lain adalah earthquake strength yang dihitung berdasarkan release energy. Dalam hal ini hubungan antara size dan strength suatu gempa dalam satu pihak dan wave amplitudo dan released energy pada pihak yang lain bukanlah hubungan yang linier. Baik size maupun strength dari gempa, keduanya adalah ukuran gempa yang bersifat kuantitatif.

Disamping cara tersebut untuk menggambarkan besarnya gempa yang terjadi juga digunakan cara lain yaitu dengan intensitas gempa yang dibuat berdasarkan tingkat kerusakan yang terjadi dan respon orang saat terjadi gempa. Konsep intensitas gempa ini didasarkan atas kejadian langsung di lokasi. Cara ini lebih bersifat kualitatif karena besarnya gempa diukur berdasarkan skala tertentu yang didasarkan pada berbagai tingkat kualifikasi.

3.6.1 Magnitude dan Energi Gempabumi

Magnitude gempa dapat diukur dengan banyak cara, dapat melalui energi gempanya maupun jenis gelombang gempanya. Skala magnitude yang sampai saat ini terkenal adalah M skala Richter. Magnitude yang dimaksud dengan M skala Richter ini selanjutnya lebih dikenal dengan Magnitude Lokal (M_L) karena gempa yang diukur hanya bersifat lokal. Masih ada lagi magnitude gempa yang lain yang biasa digunakan Body Magnitude (M_B), Surface Magnitude (M_S), dan Moment Magnitude (M_w). Masing - masing magnitude tersebut di atas mempunyai karakteristik sendiri - sendiri seperti tabel di bawah ini

Tabel 3.1. Berbagai Jenis Magnitude Gempabumi

No	Nama	Definisi	Aplikasi
1	Local Magnitude (M_L)	Ukuran gempa lokal, $T_s \pm 0,8$ dtk, wave length 300 m - 6000 m. Untuk jarak episenter $R < 1000$ km	Untuk gempa moderat $M_L = 3 - 7$
2	Surface Magnitude (M_S)	Ukuran gempa berdasar surface wave untuk $R > 1000$ km, Wave length 60 km, T Wave ± 20 detik	Untuk gempa dengan $M_S = 5 - 7,5$
3	Body Magnitude (M_B)	Untuk gempa dalam, sehingga berdasarkan pada P-wave (small strain), T-wave ± 1 detik	Untuk gempa dengan $M_B = 5 - 7$
4	Moment Magnitude (M_w)	Dihitung berdasarkan elastic strain energy released	Untuk $M_w > 7,5$

Sumber : Widodo, 2007

Khusus untuk gempa - gempa yang besar proses penghitungan ukuran gempa dilakukan dengan memakai energy release. Untuk itu yang harus dihitung terlebih dahulu adalah seismic moment (M_o) dengan rumus.

$$M_o = \mu \cdot A \cdot d \text{ (dyne/cm}^2 \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{cm = dyne} \cdot \text{cm)} \dots\dots\dots (3.1)$$

dimana

$$M_o = \text{seismic moment} \quad \mu = \text{rupture strength dalam dyne/cm}^2$$

$$A = \text{rupture area (cm}^2) \quad d = \text{rata-rata displacement (cm)}$$

Selanjutnya menurut Kramer (1996), *seismic moment* (M_o) tersebut dapat digunakan untuk menghitung *moment magnitude* (M_w) dengan memakai persamaan sebagai berikut.

$$M_w = (\log M_o / 1,5) - 10,7 \dots\dots\dots (3.2)$$

Selain hubungan antara *seismic moment* (M_o) dengan *moment magnitude* (M_w) seperti pada persamaan 3.2, Kanamori (1983) juga mengajukan hubungan yang lebih praktis antara energi gempa E_s dengan *seismic moment* (M_o), yaitu

$$E_s = M_o / 20000 \dots\dots\dots (3.3)$$

Energi yang dilepaskan saat terjadinya gempa biasanya sangat besar, dapat bervariasi mulai dari 10 – 1 juta kali energi bom Hiroshima dan Nagasaki. Berdasarkan penelitian, energi yang diakibatkan oleh bom atom yang dijatuhkan di Hiroshima dan Nagasaki di Jepang pada tahun 1945 kira-kira sebesar 1021 erg (1 erg = 1 dyne.cm, 1 dyne = 10⁻⁶ kg). Sedangkan magnitude sebagaimana dibahas sebelumnya hanya mempunyai ukuran maksimum $M \leq 9,5$. Beberapa penelitian yang dilakukan terdahulu menyatakan bahwa terdapat hubungan antara ukuran gempa dan energi yang dilepaskan saat terjadi gempa. Hubungan antara energi gempa dan ukuran gempa tersebut tidaklah hubungan yang linier, tetapi umumnya dinyatakan dalam hubungan dengan skala logaritmik. Richter dalam Widodo (2007) juga memperkenalkan hubungan antara energi yang dilepaskan pada saat gempa dengan ukuran gempa. Untuk gempa dangkal di daerah California, maka hubungan tersebut dinyatakan dalam persamaan

$$\text{Log}(E_s) = 11,8 + 1,5 ML \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana

E_s = energi gempa (erg = dyne.cm)

ML = lokal magnitude

3.6.2 Intensitas Gempa

Sebelum manusia dapat mengukur besarnya gempa bumi dengan alat seperti sekarang ini, manusia telah menciptakan ukuran gempa yang bersifat kualitatif. Ukuran gempa tersebut dinamakan intensitas gempa. Intensitas gempa dibuat berdasarkan hasil pengamatan terhadap respon orang, kerusakan bangunan dan efek terhadap lingkungan. Skala intensitas gempa dari dulu dinyatakan dengan angka Romawi (I, II, III, IV, dan seterusnya).

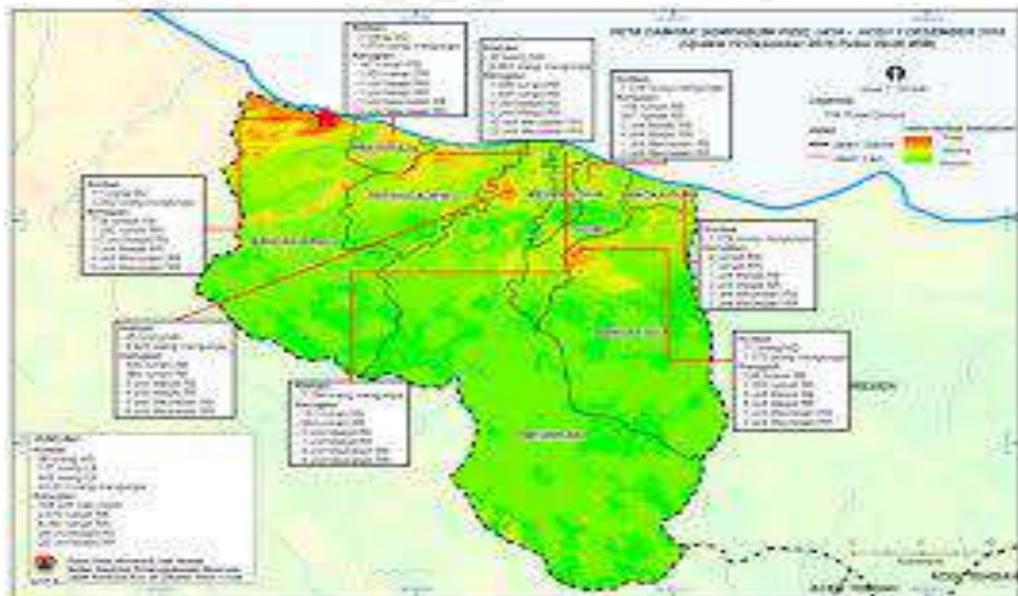
Ukuran gempa dengan intensitas bersifat sangat subjektif, karena bergantung pada jarak episenter sampai lokasi terjadinya kerusakan. Makin dekat dengan episenter biasanya skala intensitasnya tinggi karena goyangan tanah akan dirasakan cukup kuat dan kerusakan yang terjadi biasanya besar pula. Di samping itu, intensitas juga bergantung pada keadaan geologi setempat, bergantung pada jenis

dan mutu dari bangunan - bangunan setempat, dan perasaan manusia yang sangat dipengaruhi oleh keadaan panik pada saat gempa terjadi.

3.7 Sejarah Gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016

Pada tanggal 7 Desember 2016, sebuah gempabumi berkekuatan 6,5 Mw mengguncang Kabupaten Pidie Jaya, Aceh, Indonesia. Menurut USGS gempa terjadi pada pukul 5.03.36 Waktu Indonesia Barat. Pusat gempa berada di koordinat 5,25 LU dan 96,24 BT, tepatnya di darat pada jarak 18 kilometer tenggara Sigli, Pidie dan 2 kilometer utara Meureudu, Pidie Jaya pada kedalaman 15 km. Pusat gempa yang berada di daratan menyebabkan gempa bumi ini tidak menimbulkan tsunami. Gempa juga terasa di kabupaten tetangga seperti Pidie, Bireuen, hingga sampai ke Banda Aceh, Langsa, dan Pulau Simeulue. (Sumber: Wikipedia.ac.id diakses 7 Maret 2019)

Ditinjau dari kedalaman hiposenternya, gempa bumi Pidie Jaya ini merupakan jenis gempa bumi dangkal akibat aktivitas sesar mendatar (strike-slip fault). Ini sesuai dengan hasil analisis mekanisme sumber keluaran BMKG yang menunjukkan bahwa gempa bumi yang terjadi memiliki tipe sesar mendatar. Melihat lokasi episenter gempa bumi ini, maka ada dugaan bahwa sesar yang menjadi pembangkit gempa bumi ini adalah Sesar Samalanga-Sipopok, karena titik episenter hasil analisis BMKG lokasinya berdekatan dengan jalur sesar ini.



Gambar 3.7 Peta Lokasi Pusat Gempa (BNPB, 2017)

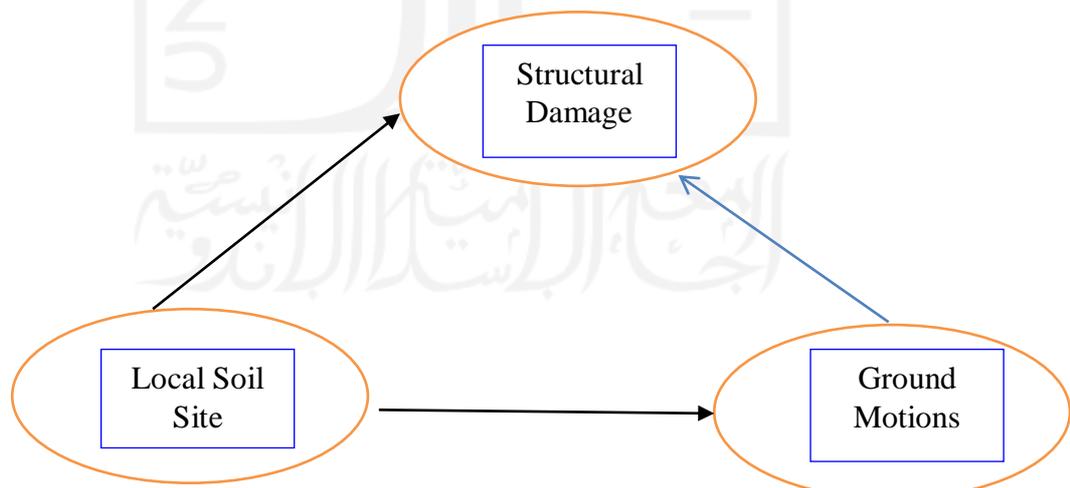
Menurut Deputi Bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana Wisnu Widjaja, energi guncangan gempa ini setara

dengan energi yang dilepaskan bom atom Hiroshima di Jepang pada tahun 1945. Sementara, Kepala Badan Geologi dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Ego Syahrial menyatakan bahwa wilayah Pidie Jaya dan sekitarnya masuk ke dalam zona merah yang rawan terjadi gempa.

3.8 Efek kondisi Tanah Setempat

Kerusakan struktur tanah dan bangunan pada banyak kejadian gempabumi kadang-kadang tidak reguler. Ada daerah-daerah tertentu yang dekat dengan pusat gempabumi hanya mengalami rusak ringan namun daerah yang letaknya jauh dari pusat gempa mengalami kerusakan yang lebih parah. Fenomena kejadian seperti ini sebagai akibat dari pengaruh kondisi tanah setempat atau site effects.

Pengaruh kondisi tanah setempat pada kejadian-kejadian gempabumi di masa yang lalu ditunjukkan pada gempabumi Caracas (1967), gempabumi Mexico (1957, 1987) dan gempabumi Kalamata (1986) (dalam Wijaya, 2009). Kerusakan bangunan yang terjadi pada gempa-gempa tersebut sangat signifikan dipengaruhi oleh kondisi tanah di bawah bangunan yang berbeda-beda. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh beberapa ahli gempabumi ternyata amplifikasi akibat kedekatan kandungan frekuensi antara frekuensi bangunan dan frekuensi getaran yang ditunjukkan oleh kondisi media tanah menjadi faktor signifikan terhadap tingkat kerusakan bangunan. Hubungan antara pengaruh getaran tanah akibat gempa.



Gambar 3.8 Hubungan antara Soil Site, Ground Motion, dan Structural Damaged (Widodo, 2007)

Efek kondisi tanah setempat terhadap kerusakan bangunan yang berbeda-beda pada kejadian gempabumi yang berbeda telah menarik para ahli gempabumi untuk meneliti lebih lanjut. Para ahli selanjutnya menyimpulkan bahwa efek kondisi tanah

tersebut dipengaruhi oleh 3 hal, yaitu (1) kondisi fisik tanah, (2) efek basin endapan, dan (3) efek kondisi topografi permukaan tanah.

3.8.1 Kondisi Fisik Tanah

Kondisi fisik tanah yang berpengaruh terhadap kerusakan bangunan di atasnya diantaranya, adalah:

- a. Dimensi (Kedalaman, panjang, dan lebar tanah endapan)
- b. Konfigurasi tanah endapan (banyak, tebal, dan orientasi lapisan tanah endapan);
- c. Jenis tanah (batuan, pasir lempung, lanau, tanah campuran);
- d. Properti tanah (kohesi, indeks plastisitas, angka pori, berat volume, sudut geser).

Pengaruh kondisi fisik tanah yang jelek terhadap kerusakan bangunan selain karena adanya faktor amplifikasi juga banyak disebabkan karena terjadinya kerusakan pada permukaan tanah. Pada kasus gempa bumi Kobe (1985) efek kerusakan permukaan tanah terjadi mulai dari penurunan permukaan tanah (settlement), muka tanah yang pecah-pecah (surface breaking), lereng yang longsor, dan likuifaksi. Efek kerusakan struktur tanah pada gempa bumi Kobe (1995) tersebut pada akhirnya menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan gedung seperti terjadi kerusakan pada struktur dermaga laut, tergulingnya bangunan, longsohnya jalan, tergulingnya menara-menara, dan tergulingnya jembatan-jembatan layang.

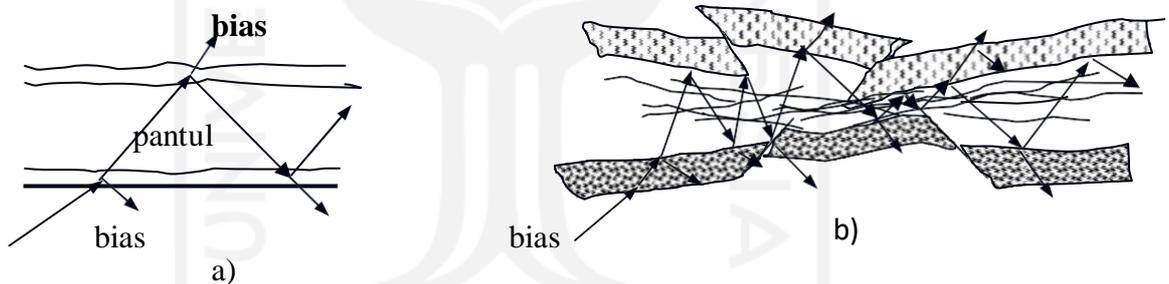
Pengaruh kondisi tanah yang jelek terhadap kerusakan bangunan akibat gempa bumi juga terjadi di Indonesia. Pada kasus gempa bumi Blitar (1992), kerusakan bangunan di daerah tanah endapan di tepi kanan kiri sungai di daerah Trenggalek cukup signifikan apabila dibandingkan dengan bangunan yang jauh dari sungai. Kondisi yang sama juga terjadi pada kasus gempa bumi Sukabumi tahun 1997. Bangunan-bangunan yang terletak di tanah endapan di lereng-lereng sungai ternyata juga mengalami kerusakan yang cukup besar.

Menurut Widodo (2007) adanya kerusakan struktur tanah akibat gempa bumi tersebut pada umumnya disebabkan karena terjadinya pemadatan struktur tanah akibat gempa maupun hilang atau terlampaunya kapasitas tegangan geser antar butir-butir tanah. Pada tanah berpasir yang relatif kasar, tidak padat, dan tidak jenuh air umumnya akan memadat dan mengalami penurunan permukaan akibat terjadinya gempa. Gaya horisontal gempa bumi juga sering mengakibatkan

terjadinya longsor pada tebing, hal ini terjadi karena terlampauinya kapasitas tegangan geser tanah. Pada kasus tanah berpasir yang berbutir halus dan jenuh air hilangnya kemampuan geser tanah sering mengakibatkan terjadi likuifaksi. Hilangnya kemampuan geser tanah ini menyebabkan struktur tanah berpasir kehilangan daya dukungnya.

3.8.2 Efek Basin Endapan

Efek basin endapan meliputi efek kondisi 2 atau 3 dimensi tanah endapan pada skala yang lebih besar, sudut kritis pantulan gelombang bodi, dan timbulnya gelombang permukaan endapan tanah. Studi tentang efek basin endapan banyak yang berdasarkan pada frekuensi getaran kurang dari $f = 1$ Hertz atau periode getar $T = 1$ dt lebih atau getaran tanah dengan periode getar T relatif panjang. Informasi yang selama ini diperoleh menunjukkan bahwa efek basin endapan tidak signifikan untuk getaran tanah dengan frekuensi tinggi apalagi untuk tanah endapan yang relatif dangkal. Oleh karena itu efek basin endapan lebih difokuskan untuk getaran frekuensi menengah dan rendah yang terjadi pada tanah endapan yang relatif dalam.



Gambar 3.9. Rambatan Gelombang di Simple dan Complex Soil Layer Akibat Kondisi Geologi (Widodo, 2007)

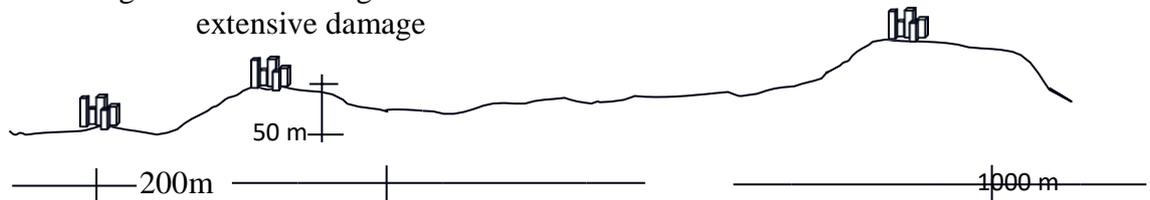
Pada Gambar 3.9.a. lapisan/endapan tanah mempunyai konfigurasi yang sederhana, regular, relatif datar, maka rambatan gelombang permukaan relatif lebih mudah diprediksi. Hal ini terjadi karena gelombang bias dan pantul yang berpola sederhana. Namun demikian pada Gambar 3.9.b. karena kondisi geologi yang kompleks, maka pola rambatan gelombangnya juga menjadi kompleks.

3.8.3 Efek Topografi

Efek kondisi topografi adalah perbedaan respon tanah akibat pada daerah perbukitan relatif terhadap respon tanah pada daerah datar, sebagaimana tampak pada Gambar 3.10 Suatu gempa yang direkam di daerah dataran dan direkam di

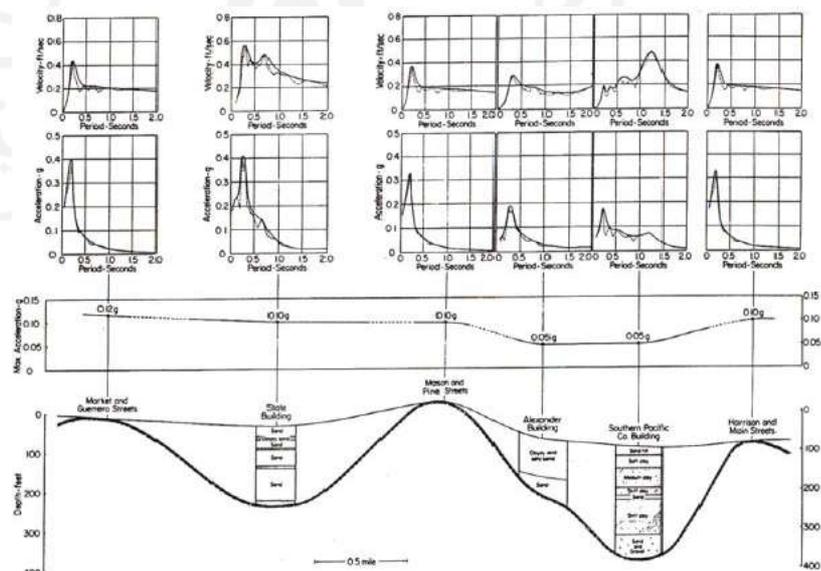
daerah perbukitan yang terjal dimungkinkan terjadi perbedaan intensitas gerakan tanah yang signifikan. Perbedaan respon tanah antara keduanya tersebut selain ditunjukkan oleh rekaman percepatan yang ada juga ditunjukkan oleh rekaman percepatan tanah yang ada juga ditunjukkan oleh tingkat kerusakan yang terjadi

nodamage extensive damage



Gambar 3.10. Geographical Amplification dan Structural Damage di Vina del Mar Chile, 1987 (Widodo, 2007)

Penelitian tentang efek topografi telah diteliti sejak lama. Seed dkk sejak tahun 1991 pada kasus gempa bumi San Fransisco 1957. Percepatan dan kecepatan tanah di sepanjang profil yang dapat diidentifikasi adalah seperti yang disajikan pada gambar 3.11 Pada gambar tersebut tampak bahwa percepatan tanah di daerah tanah asli (tidak tanah endapan) umumnya lebih besar daripada percepatan tanah di daerah endapan. Kondisi sebaliknya terjadi pada spectral velocity seperti yang tampak pada gambar tersebut. Pada daerah lembah yang terdiri atas tanah endapan, spectral velocity tampak lebih besar dan puncaknya bergeser ke arah periode getar T yang lebih besar.



Gambar 3.11. Distribusi Spectral Acceleration dan Velocity Akibat Gempa San Francisco, 1987 (Widodo, 2007)

Paulay dan Prinsley (1992) mengatakan bahwa efek topografi mempunyai pengaruh terhadap intensitas gerakan tanah (ground motion intensity). Lokasi-lokasi yang berada di puncak-puncak bukit / perbukitan cenderung mengalami gerakan tanah akibat gempa yang lebih besar, yang kemungkinan lebih merusak bangunan. Hal ini terjadi pada gempa Chile (1987) dengan $M=7,8$. Bangunan apartemen beton bertulang 4-5 tingkat dibangun di dua kompleks yaitu di daerah lembah dan daerah perbukitan seperti tampak pada Gambar 3.11. Komplek perumahan tersebut dibangun pada waktu dan kontraktor yang sama. Akibat gempa Chile (1987) tersebut, bangunan yang berada di perbukitan mengalami kerusakan yang serius sedangkan bangunan-bangunan di lembah tidak mengalami kerusakan yang berarti. Adanya geographical amplification di perbukitan tersebut juga dibuktikan oleh rekaman gempa-gempa susulan.

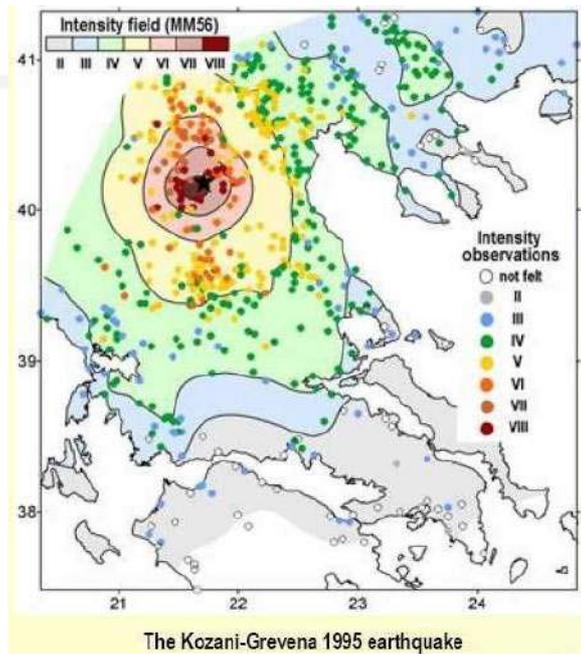
Percepatan tanah yang direkam di Pacoima Dam pada gempa San Francisco (1971) adalah salahsatunya. Betapa tidak, percepatan tanah yang direkam di Pacoima Dam itu mencapai 1,20 g, padahal percepatan tanah di daerah lain umumnya lebih relatif kecil yaitu kurang dari 0,5 g. Banyak ahli menduga bahwa percepatan tanah yang begitu besar tersebut salah satunya adalah akibat dari topografi efek, karena Pacoima Dam terletak di daerah perbukitan. Terlepas dari temuan berikutnya bahwa rekaman itu tidak sepenuhnya akurat, namun demikian efek topografi tetap menjadi perhatian bagi para peneliti.

3.9 Isoleismal

Korban jiwa dan kerusakan bangunan yang ditimbulkan akibat gempa bumi tidaklah sama dan merata untuk tiap-tiap daerah, tetapi terdapat kemiripan dalam korban jiwa dan derajat kerusakan pada daerah-daerah tertentu. Berdasarkan hal tersebut, para ahli kegempaan, dimulai dari Robert Mallet seismolog dari Inggris, membuat garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mengalami kerusakan sama/ hampir sama. Sejak saat itulah garis intensitas gempa sering dipakai dan bahkan sampai sekarang. Pusat gempa kemudian ditentukan berdasarkan garis intensitas maksimum dan semakin jauh dari tempat tersebut derajat kerusakan makin mengecil.

Perkembangan selanjutnya pembuatan isoleismal tidak hanya didasarkan pada derajat kerusakan bangunan saja, tetapi juga pada perasaan orang / reaksi orang saat gempa, respon objek, kerusakan muka tanah, dan reaksi hewan-hewan atas guncangan gempa. Apabila data yang diperoleh berkaitan dengan derajat kerusakan

bangunan, reaksi orang saat gempa, respon objek, dan kerusakan muka tanah sudah terkumpul cukup banyak, maka akan diperoleh kesamaan-kesamaan atau kemiripan-kemiripan data intensitas gempabumi dari tempat ke tempat. Daerah - daerah yang mempunyai nilai intensitas gempabumi yang sama atau hampir sama tersebut kemudian saling dihubungkan sehingga menghasilkan garis-garis kontur intensitas atau biasa disebut isoseismal. Berikut merupakan peta isoseismal yang pernah dibuat untuk gempabumi Kozami-Grevena diperlihatkan pada gambar 3.12



Gambar 3.12. Iseismal Gempa Kozani-Grevena 13 Mei 1995 (Papazachos,1997)

3.10 Arcview dan Pembuatan Kontur

Arcview merupakan salahsatu perangkat lunak (software) Sistem Informasi Geografis (SIG) dan pemetaan yang telah dikembangkan oleh ESRI. Sistem Informasi Geografis sendiri adalah merupakan suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografis. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek-objek dan fenomena-fenomena dimana lokasi geografis merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis. Dengan demikian SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan dalam menangani data yang bereferensi geografis, yaitu (a) masukan, (b) keluaran,(c) manajemen data penyimpanan dan pemanggilan data dan (d) analisis dan manipulasi data.

Secara umum Arcview yang berbasis SIG mempunyai beberapa kemampuan diantaranya:

- a. Pertukaran data: membaca dan menulis data dari dan kedalam format perangkat lunak SIG lainnya;
- b. Melakukan analisis statistik dan operasi-operasi matematis;
- c. Melakukan fungsi - fungsi dasar SIG;
- d. Membuat peta tematik;
- e. Menjawab query spasial maupun atribut;
- f. Menampilkan informasi (basisdata) spasial maupun atribut.

Dalam kaitannya dengan kemampuan Arcview dalam menampilkan informasi (basis data) spasial maupun atribut, maka Arcview mempunyai kemampuan dalam mengakses dan menampilkan basis data eksternal seperti basis data yang dibuat dengan software DBMS relasional yang ada misalnya MS Access, Dbase, MS Excell, Oracle dan sebagainya. Arcview juga dapat menampilkan informasi atau data dalam bentuk tampilan grafik (chart), tabel, dan gambar (image).

Pada program Arcview terdapat kelebihan dan kemudahan yang menyebabkan Arcview banyak dipakai dalam berbagai bidang disiplin ilmu. Tidak terbatas untuk bidang geografi saja tetapi juga di bidang geologi, teknik sipil, teknik lingkungan, dan bidang-bidang lainnya. Salah satu penggunaan program Arcview adalah dalam pembuatan kontur. Kontur adalah garis yang menghubungkan antara titik-titik atau tempat-tempat yang mempunyai ketinggian yang sama. Pembuatan kontur dalam Arcview dilakukan dengan sistem grid dan interpolasi antar titik-titik ketinggian yang ada.

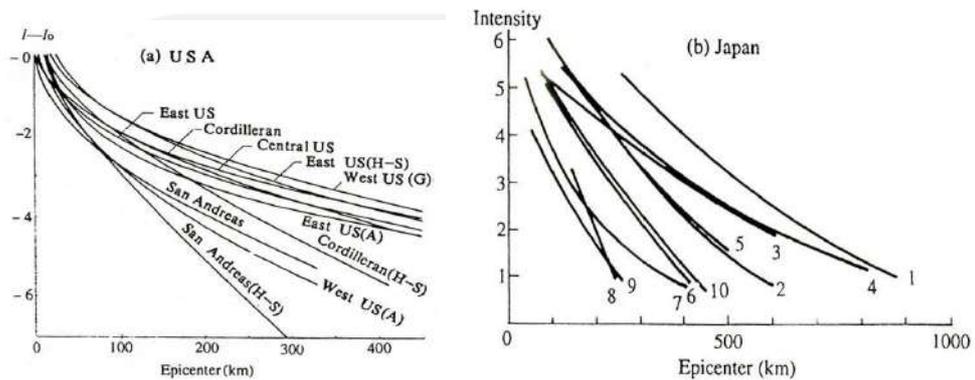
Pembuatan kontur dimulai dengan memasukkan data - data spasial berupa data koordinat yang diperoleh dari GPS (Global Positioning System) yang meliputi koordinat X (latitude/lintang), Y (longitude/bujur) dan Z (ketinggian). data koordinat X dan Y merupakan koordinat arah horisontal sedangkan koordinat Z adalah koordinat arah vertikal atau ketinggian. Data yang akan dianalisis oleh Arcview dalam pembuatan kontur adalah data ketinggian koordinat Z. Data-data koordinat X, Y dengan koordinat Z atau ketinggian yang sama saling dihubungkan. Untuk titik-titik yang mempunyai ketinggian yang tidak sama dilakukan interpolasi.

3.11 Hubungan Antara Intensitas, Jarak, dan Magnitude Gempabumi

Secara umum intensitas gempa yang semakin jauh dari episenter akan berkurang secara radial menurut jarak episenter R. Pada kondisi seperti itu juga berlaku untuk persamaan-persamaan atenuasi, karena respon tanah juga dianggap

berkurang secara radial menurut jarak episenter R. Namun demikian tidak semua gempa mengakibatkan wilayah intensitas yang mendekati lingkaran.

Berkurangnya intensitas gempa menurut jarak episenter R yang terjadi di beberapa negara telah disajikan secara terpadu oleh Hu dkk (1996), seperti ditunjukkan pada Gambar 3.13. Intensitas gempa di episenter biasanya diberi simbol I_0 , yaitu merupakan intensitas maksimum. Bukti-bukti terakhir yang dapat dikumpulkan menunjukkan bahwa asumsi bahwa intensitas gempa akan berkurang menurut jarak episenter R tidaklah sepenuhnya benar.



Gambar 3.13. Atenuasi Intensitas Gempa Relatif Terhadap Intensitas Gempa di Episenter (Hu dkk,1996)

Tampak pada Gambar 3.13 bahwa tiap-tiap daerah mempunyai atenuasi intensitas gempa yang berbeda-beda, baik di USA maupun di Jepang. Angka 1,2,3 dan seterusnya yang tampak pada Gambar 3.13 adalah data dari berbagai referensi gempa. Ada hal penting yang perlu diketahui bahwa atenuasi intensitas gempa berbeda-beda antara suatu daerah dengan daerah lain karena adanya pengaruh media tanah yang dilewati oleh gelombang gempa.

Beberapa usaha juga telah dilakukan agar dapat dihubungkan antara intensitas gempa yang biasanya ditulis dengan I_{MM} dengan magnitude gempa yang dinyatakan dalam satuan M. Apabila intensitas gempa di pusat gempa atau intensitas maksimum adalah I_0 , maka berdasarkan rumus Gutenberg dan Richter hubungan antara I_0 dan M adalah:

$$I_0 = 1,5 (M - 0,5) \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana

M = magnitude gempa

I = intensitas (MMI)

I_0 = intensitas maksimum

Untuk daerah Cina, Li (1980) mengusulkan persamaan untuk gempa bumi dengan kedalaman 15-45 km

$$ML = 0,66 I_o + 0,98 \dots \dots \dots (3.6)$$

Untuk persamaan yang memperhitungkan pengaruh kedalaman fokus (h) maka untuk daerah Cina menurut Hiu dkk (1996) adalah:

$$ML = 0,68 I_o + 1,39 \log h - 1,4 \dots \dots \dots (3.7)$$

Sedangkan untuk daerah Rusia, Schebalin dan Medvedev (1962) mengusulkan persamaan:

$$I_o = 1,5 ML + 1,2 \log h + 3 \dots \dots \dots (3.8)$$

Hubungan antara intensitas dan magnitude gempa bumi juga telah dibuat dalam bentuk tabel oleh Ohio Geological Survey. Dengan adanya tabel tersebut jika magnitude gempa bumi diketahui, maka intensitas gempa maksimum yang akan terjadi bisa diperkirakan

Tabel 3.2 Hubungan Antara besarnya Magnitude dan Intensitas Gempabumi

MODIFIED MERCALLI INTENSITY		MAGNITUDE SCALE
IV	Felt indoors by many, outdoors by few, at night some awaken; dishes, windows, doors disturbed; standing autos rock noticeably	3
V	Felt by most people; some breakage of dishes, windows, and plaster; disturbance of tall objects	3.5
		4
VI	Felt by all, many frightened and run outdoors; falling plaster and chimneys, damage small	4.5
VII	Everybody runs outdoors; damage to buildings varies depending on quality of construction; noticed by drivers of autos	5
VIII	Panel walls thrown out of frames; walls, monuments, chimneys fall; sand and mud ejected; drivers of autos disturbed	5.5
		6
IX	Buildings shifted off foundations, cracked, thrown out of plumb; ground cracked; underground pipes broken	6.5
X	Most masonry and frame structures destroyed; ground cracked, rails bent, landslides	7
XI	Few structures remain standing; bridges destroyed, fissures in ground, pipes broken, landslides, rails bent	7.5
XII	Damage total; waves seen on ground surface, lines of sight and level distorted, objects thrown up into air	8

Sumber: Ohio Geological Survey, 2004

3.12 Atenuasi

Dowrick (2003) mengatakan bahwa paling tidak terdapat dua kelompok data yang sangat penting untuk keperluan analisa risiko gempa. Kedua kelompok data tersebut adalah data yang berasal dari model seismic dan data dari model atenuasi. Model seismic yang dimaksud adalah distribusi secara geografis tentang sumber gempa berikut besarnya ukuran gempa. Model atenuasi adalah suatu model dalam bentuk persamaan matematik yang dapat mempresentasikan hubungan antara parameter gempa pada suatu tempat dengan semua variabel yang berkaitan dengannya.

Sampai saat ini setidaknya ada tiga jenis / model atenuasi, yaitu

1. Atenuasi intensitas gempa I_m yaitu atenuasi yang berhubungan dengan tingkat kerusakan bangunan yang terjadi. Atenuasi intensitas gempa biasanya adalah merupakan hubungan antara intensitas gempa dengan jarak dan magnitude. Dengan adanya atenuasi intensitas gempa pada suatu wilayah. Atenuasi ini juga dapat dihubungkan dengan percepatan tanah akibat gempa.
2. Atenuasi gerakan tanah, meliputi atenuasi percepatan, kecepatan dan simpangan tanah akibat gempa. Namun demikian percepatan tanah adalah atenuasi yang paling banyak dipakai.
3. Atenuasi arias intensity (I_A)

Kramer (1996) telah menyampaikan secara sistematis tentang sifat-sifat penting yang perlu diperhatikan dalam menentukan model atenuasi gerakan tanah. Hal - hal yang perlu diperhatikan tersebut selain sifat hubungan juga semua jenis variabel yang dapat terkait dalam merumuskan model atenuasi. Beberapa hal tentang sifat atenuasi, sifat serta pengaruh variabel yang dimaksud adalah sebagai berikut

1. Nilai maksimum parameter gerakan tanah (percepatan, kecepatan, simpangan, dan intensitas) umumnya terdistribusi secara lognormal (skala logaritma) terhadap jarak sumber gempa ke pencatat gempa. Oleh karena itu umumnya dibuat regresi linier, misalnya untuk atenuasi percepatan (Y) dalam bentuk $\log(Y)$ atau $\ln(Y)$ dan bukan Y. atenuasi intensitas gempa menurut Dowrick (2003) mengusulkan regresi linier hubungan langsung (bukan lognormal) antara intensitas gempa dengan variabel-variabel bebas yang terkait.

2. Ukuran gempa dapat dinyatakan dalam fungsi logaritma atau nilai maksimum amplitudo rekaman gerakan tanah saat terjadi gempa. Oleh karena itu parameter tanah yang dinyatakan dalam bentuk $\log(Y)$ atau $\ln(Y)$ tersebut akan dipengaruhi secara proporsional oleh ukuran gempa M . Hal ini berarti bahwa setiap kenaikan ukuran gempa M akan berpengaruh secara langsung / linier terhadap $\log(Y)$ atau $\ln(Y)$
3. Parameter gerakan tanah juga akan dipengaruhi oleh mekanisme sumber gempa (source mechanism) yang ditunjukkan oleh jenis patahannya. Hal ini terjadi karena dengan energi gempa yang sama, setiap jenis patahan akan mempunyai ukuran gempa yang berbeda. Dengan demikian $\log(Y)$, $\ln(Y)$ atau atenuasi intensitas gempa akan dipengaruhi oleh mekanisme gempa secara langsung.

3.12.1 Atenuasi Intensitas MMI, Magnitude, dan Jarak

Bentuk umum persamaan atenuasi untuk atenuasi intensitas gempa I_{MM} (Dowrick, 2003) adalah sebagai berikut:

$$\dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana:

- | | | | |
|----------|-------------------------------|-------|-------------|
| I_{MM} | = Modified Mercalli Intensity | M | = magnitude |
| R | = Jarak Hiposenter | F_i | = koefisien |

Sehubungan dengan data kegempaan yang selalu berubah-ubah menurut waktu akibat adanya tambahan data baru dari data sebelumnya yang masih terbatas maupun karena betul-betul akibat terjadi perubahan kejadian gempa, maka persamaan untuk atenuasi pun juga mengalami perubahan untuk disempurnakan dari waktu ke waktu.

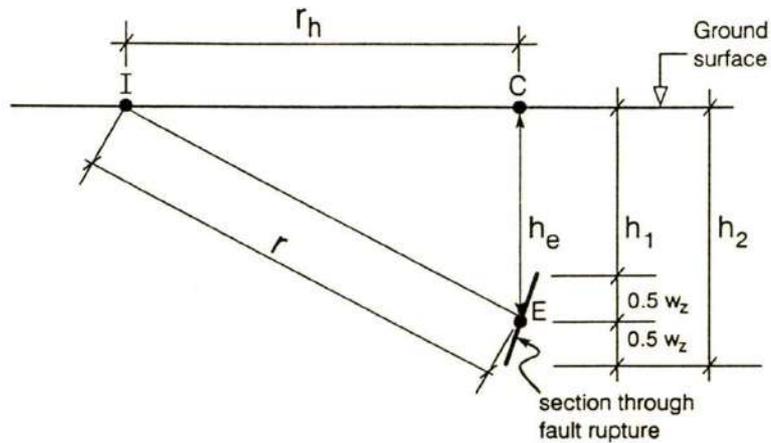
Dari 3.9 untuk model atenuasi intensitas gempa yang masih bersifat umum, Dowrick menjabarkan menjadi bentuk persamaan yang lebih khusus, yaitu:

$$I = a + b.M + c.R + d.\log R \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana:

- | | |
|--------------|---|
| a, b, c, d | = koefisien |
| R | = rata - rata radius isoseismal line intensitas gempa I |
| M | = magnitude |

Persamaan 3.10 di atas mengacu pada geometri fisik kejadian gempa yang ditunjukkan oleh Gambar 3.14



Gambar 3.14 Seismallines, Data Kedalaman dan Geometri Sumber Gempabumi (Widodo,2007)

Dalam hal ini:

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| E = pusat patahan (center of rupture) | C = episenter |
| I = garis isoseismal yang ditinjau | r = focal distance |
| r _h = jarak episenter | h _e = focal depth |

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dowrick di New Zealand, ternyata mekanisme sumber gempa (source mechanism) yang ditunjukkan oleh jenis patahan pada kenyataannya yang berpengaruh terhadap efek gempa yang ditimbulkan. Menurut Dowrick terdapat jenis-jenis patahan yang dapat dikategorikan mirip perilakunya. Untuk patahan normal (normal fault / NF) dan patahan geser (strike-slip fault / SSF) terdapat kemiripan perilaku, oleh karena itu kemudian persamaan atenuasi yang diusulkan untuk mekanisme gempa NF dan SSF adalah

$$I = 2,18 + 1,411 M - 0,00439 r - 2,709 \log r \dots\dots\dots (3.11)$$

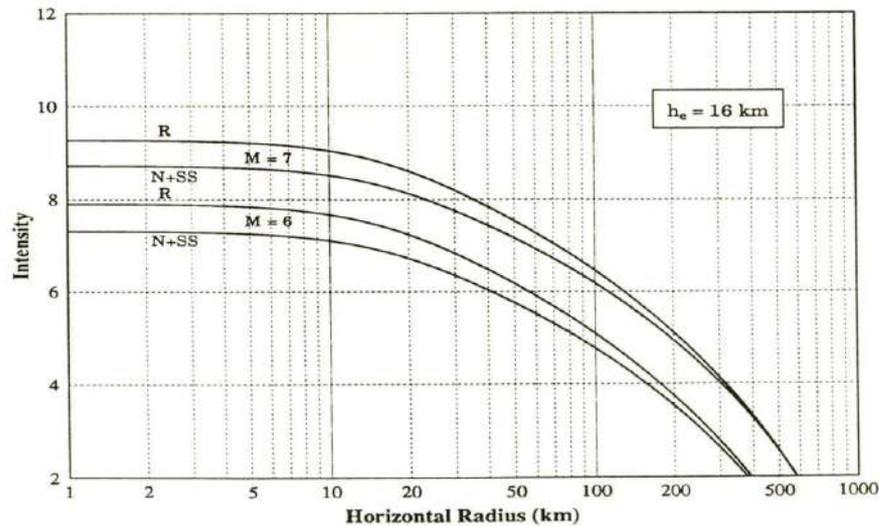
dengan r = focal distance

Sedangkan untuk jenis patahan terbalik (reverse fault / RF) dan patahan kombinasi (oblique fault / OF) persamaan atenuasi yang diusulkan adalah:

$$I = 3,42 + 1,369 M - 0,00449 r - 3,037 \log r \dots\dots\dots (3.12)$$

Selanjutnya hubungan antara intensitas I_{MM} dan jarak horizontal r_h untuk kedalaman $h_c = 16$ km dan ukuran gempa $M = 6$ dan $M = 7$ untuk kedua kelompok atenuasi tersebut di atas disajikan dalam Gambar 3.36. Tampak pada gambar bahwa radius horizontal r_h dan ukuran gempa M yang sama, reverse fault (RF) akan mengakibatkan intensitas yang lebih tinggi jika dibandingkan normal fault (NM)

dan Strike slip fault (SSF). Tampak juga bahwa selisih intensitas tersebut akan semakin kecil pada radius horizontal r_h yang lebih besar. Hal ini terjadi sebagaimana ditunjukkan oleh koefisien $\log r$ ($\log r$ akan besar pada r_h yang besar, sehingga pengaruhnya akan besar pada $\log r$ yang besar).



Gambar 3.15 Atenuasi Intensitas Gempa Untuk Beberapa Jenis Source Mechanism (Widodo,2007)

Disamping beberapa persamaan attenuasi intensitas oleh Dowrick untuk daerah New Zealand seperti tersebut di atas, beberapa penelitian lain di berbagai negara juga membuat persamaan attenuasi intensitas gempa yang sesuai untuk negaranya masing-masing. Beberapa diantaranya adalah

1. Indonesia

Menurut Soetardjo dkk (1985) atenuasi standar intensitas (attenuation rate of intensity) gempa dihitung berdasarkan asumsi bahwa tingkat intensitas berkurang secara exponential bersama dengan jarak dari episenter.

Formula matematika yang dipakai untuk atenuasi intensitas gempa dalam MMI adalah

$$I_x = I_0 \cdot e^{-bx} \dots\dots\dots(3.13)$$

dimana :

I_x = tingkat intensitas x km dari jarak episenter

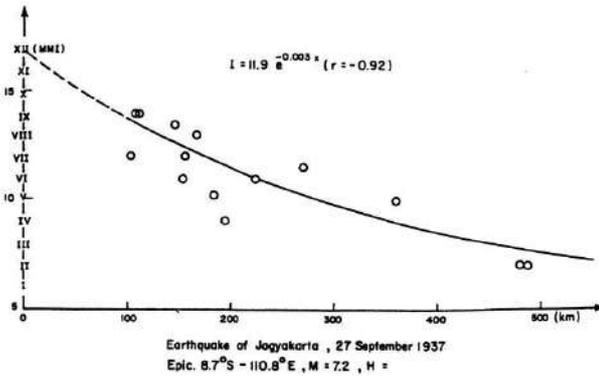
I_0 = tingkat intensitas di episenter

b = atenuasi standar intensitas (attenuation rate of intensity)

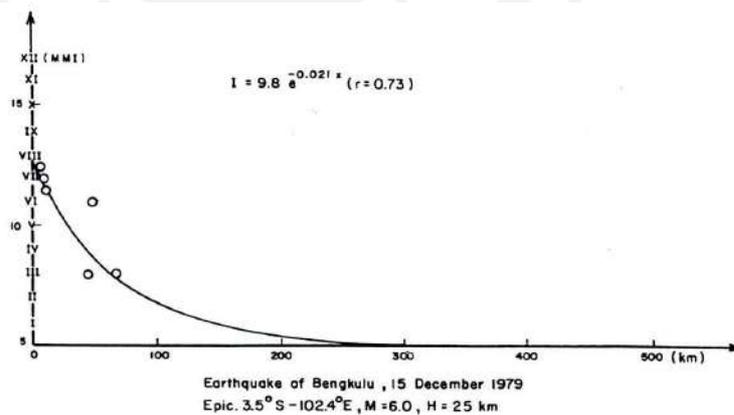
x = jarak episenter dalam km

Dua belas dari dua puluh contoh dari data makroseismik menghasilkan hubungan koefisien lebih besar dari 0,65. Nilai atenuasi standar intensitas (attenuation rate of intensity) berkisar antara 0,001 sampai 0,021.

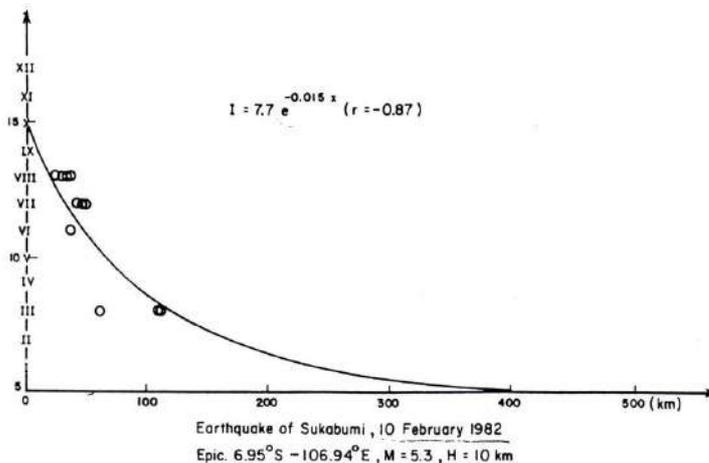
Beberapa fungsi atenuasi intensitas gempa yang pernah dibuat untuk gempa-gempa di Indonesia adalah sebagai berikut:



Gambar 3.16. Contoh Atenuasi Gempa di Yogyakarta, 27 September 1937 (Soetardjo dkk,1985)



Gambar 3.17. Contoh Atenuasi Gempa di Bengkulu, 15 Desember 1979 (Soetardjo dkk,1985)



Gambar 3.18. Contoh Atenuasi Gempa di Sukabumi, 10 Februari 1982 (Soetardjo dkk,1985)

Dari beberapa fungsi atenuasi yang telah dibuat, untuk gempa Yogyakarta 27 September 1937 dengan episenter 8,7 S - 110,8 E dan magnitude 7,2 didapatkan fungsi atenuasi yang mengikuti rumus $I = 11,90 \cdot e^{-0,003 \cdot x}$. Untuk gempa sukabumi 10 Februari 1982 dengan episenter 6,95 S - 106,94 E dan magnitude 5,3 dengan kedalaman 10 km didapatkan fungsi atenuasi yang mengikuti rumus $I = 7,7 \cdot e^{-0,015 \cdot x}$. Sedangkan untuk gempa Bengkulu 15 Desember 1979 dengan episenter 3,5 S - 102,4 E dan magnitude 6,0 dengan kedalaman 25 km didapatkan fungsi atenuasi yang mengikuti rumus $I = 9,68 \cdot e^{-0,021 \cdot x}$. Dari ketiga kejadian gempa tersebut, intensitas gempa Yogyakarta (27 September 1937) beratenuasi paling lambat jika dibandingkan dengan gempa Sukabumi (10 Februari 1982) dan gempa Bengkulu (15 Desember 1979). Hal ini dapat dimengerti karena adanya kondisi geologi (tanah dan batuan) yang berbeda-beda antar daerah sehingga akan mempengaruhi gelombang gempa yang merambat. Cepat rambat gelombang gempa itu sendiri akan berpengaruh terhadap cepat atau lambatnya atenuasi intensitas gempa.

2. Australia

Menurut Gaul dkk (1990) dalam Lam dkk (2003):

◆ Untuk Western Australia (hard rock)

$$I_{MM} = 1,5 M_L - 3,2 \log (R) + 2,2 \dots \dots \dots (3.14)$$

◆ Untuk Eastern Australia (soft rock)

$$I_{MM} = 1,5 M_L - 3,9 \log (R) + 3,9 \dots \dots \dots (3.15)$$

3. Iran

Zare dan Mamarian (2003) mengusulkan untuk atenuasi intensitas gempa untuk daerah iran adalah:

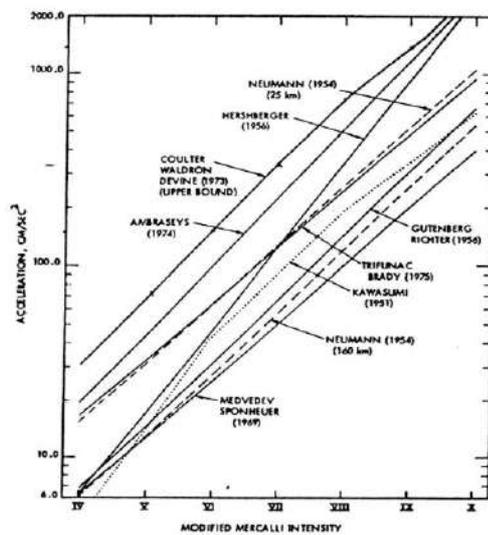
$$I_{MM} = 1,175 M - 0,014 R - 0,227 \ln (R) \dots \dots \dots (3.16)$$

3.12.2 Atenuasi Percepatan Tanah dan Intensitas MMI

Murphy dan O'Brien (1977) telah mengadakan penelitian untuk menghubungkan antara percepatan tanah akibat gempabumi, dengan intensitas gempabumi maupun parameter-parameter gempabumi yang lainnya. Penelitian yang dilakukan merupakan penyempurnaan atas penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Trifunac dan Brady (1975) yang hanya berdasar atas 187 data gempabumi. Untuk itu Murphy dan O'Brien (1977) menggunakan 1465 data gempabumi dari beberapa negara.

Sebelum melakukan bahasan hasil penelitiannya, Murphy dan O'Brien (1977) juga merujuk pada hasil-hasil penelitian sebelumnya seperti disajikan dalam Tabel 3.3. dan Gambar 3.19. Dari Tabel 3.3. dan Gambar 3.19 tampak bahwa persamaan atenuasi percepatan dan intensitas yang dihasilkan berbeda-beda antara satu peneliti dengan peneliti yang lain. Hal ini disebabkan karena data yang dipakai berbeda-beda sehingga hasilnya juga bervariasi. Tampak pada Gambar 3.19, usulan Newmann (1954) pada jarak rata-rata 25 km dapat mewakili semua usulan karena berada ditengah-tengah diantara penelitian-penelitian yang lain.

Tabel. 3.6. Beberapa Usulan Persamaan Atenuasi Percepatan dan Intensitas



Sumber: Widodo, 2007

Murphy dan O'Brien (1977) selanjutnya mengusulkan model atenuasi percepatan dan intensitas sebagai berikut:

$$\text{Log (ah)} = \alpha \cdot \text{Imm} + \beta \dots\dots\dots (3.17)$$

dimana:

α dan β adalah suatu koefisien dan ah adalah percepatan tanah dalam cm/dt^2

No.	Peneliti	Tahun	Usulan Persamaan	Keterangan
1.	Gutenberg dan Richter	1942 & 1956	$\log a_h = 0,333 I_{MM} - 0,50$	
2.	Kawasumi	1951	$\log a_h = 0,50 I_{JMA} - 0,347$	
3.	Newmann	1954	1. Untuk rata2 jarak 25 km $\log a_m = 0,308 I_{MM} - 0,041$ 2. Untuk jarak rata2 160 km $\log a_m = 0,308 I_{MM} - 0,429$	
4.	Hershberger	1956	$\log a_h = 0,429 I_{MM} - 0,900$	
5.	Medvedev & Sponheuer	1969	$\log a_h = 0,301 I_{MM} - 0,408$	
6.	Ambraseys	1974	$\log a_m = 0,36 I_{MM} - 0,16$ $\log a_v = 0,30 I_{MM} - 0,18$	
7.	Trifunac & Brady	1975	$\log a_m = 0,35 I_{MM} - 0,435$ $\log a_v = 0,38 I_{MM} - 0,968$	
Keterangan : a_h = rata-rata percepatan tanah maksimum arah horisontal a_m = percepatan tanah maksimum arah horisontal a_v = percepatan tanah vertikal I_{MM} = intensitas <i>Modified Mercalli</i> I_{JMA} = intensitas <i>Japanesse Meteorological Agency</i>				

Gambar 3.19. Perbandingan Beberapa Atenuasi Percepatan dan Intensitas (Widodo, 2007)

Setelah menganalisis semua data, Murphy dan O'Brien (1977) mengusulkan persamaan atenuasi hubungan antara percepatan dan intensitas gempa sebagai berikut:

$$\text{Log } (a_h) = 0,25. I_{mm} + 0,25 \dots\dots\dots (3.18)$$

$$\text{Log } (a_v) = 0,30. I_{mm} - 0,54 \dots\dots\dots (3.19)$$

dimana:

a_h adalah percepatan tanah horisontal dan a_v adalah percepatan tanah arah vertikal.

Murphy dan O'Brien (1977) juga mengatakan bahwa hubungan antara percepatan tanah dan intensitas gempa akan dipengaruhi oleh kondisi geografis. Oleh karena itu hasil atenuasi yang diteliti dari tiga tempat yang berbeda (USA, Jepang dan Eropa Selatan) juga menghasilkan persamaan yang berbeda. Persamaan yang dihasilkan dari ketiga tempat tersebut adalah:

$$\text{Log } (a_h) = 0,24 I_{mm} + \beta \dots\dots\dots (3.20)$$

dengan β adalah 0,26 untuk USA, 0,23 untuk Jepang, dan 0,57 untuk Eropa

Selatan.

3.13 CurveFitting

Dalam berbagai aktifitas di dunia ilmu pengetahuan, seringkali diperlukan suatu fungsi yang berhubungan antar variabel-variabel dari data yang diamati. Untuk itu diperlukan suatu metode guna menentukan bentuk kurva yang merupakan representasi dari data tersebut sehingga bisa dipergunakan untuk memprediksi pola atau kecenderungan dari data yang diamati. Selain itu kurva tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai suatu titik diantara nilai-nilai yang diketahui. Metode ini dikenal sebagai curve fitting (pencocokan kurva).

Khusus untuk fungsi atenuasi gempa bumi di Indonesia yang di usulkan oleh Soetardjo dkk (1985) seperti pada persamaan 3,14 ($I_x = I_o \cdot e^{-bx}$) adalah semua dengan fungsi eksponensial $y = a \cdot e^{-bx}$. Tanda negatif (-b) dalam persamaan di atas menunjukkan bahwa hubungan antara z dan y berlawanan atau jika nilai x bertambah maka nilai y berkurang. Bentuk umum dari persamaan eksponensial sendiri adalah $y = a \cdot e^{-bx}$. Selanjutnya linierisasi dari bentuk umum persamaan eksponensial tersebut adalah sebagai berikut

$$y = a \cdot e^{-bx} \dots\dots\dots (3.21)$$

$$\ln y = \ln a + \ln e^{-bx} \dots\dots\dots (3.22)$$

karena $\ln e = 1$, maka:

$$\ln y = \ln a + b \cdot x \dots\dots\dots (3.23)$$

Selanjutnya jika $p = \ln y$; $A = \ln a$; $q = x$ dan $B = b$

Persamaan 3.23 dapat dirubah menjadi:

$$p = A + B \cdot q \dots\dots\dots (3.24)$$

Nilai A dan B dapat dicari dengan menggunakan metode kuadrat terkecil untuk kurva linier seperti persamaan 3.24.

Selanjutnya nilai A dihitung dengan persamaan 3.25.

$$A = p - B \cdot q \dots\dots\dots (3.25)$$

Setelah nilai A dan B ketemu, persamaan dikembalikan lagi ke dalam bentuk asal persamaan 3.23.

3.14 Kerentanan (Vulnerability)

Menurut Coburn dan Spence (2002), kerentanan (*vulnerability*) didefinisikan sebagai derajat kehilangan yang diberikan elemen yang beresiko (*elemen at risk*) sebagai hasil dari tingkat ancaman (*hazard*) yang ada. Kerentanan (*vulnerability*) suatu elemen didefinisikan sebagai rasio kerugian yang akan terjadi dengan maksimum kemungkinan kerugian dalam skala dari 0 sampai 1 (0 sampai 100 %).

Ukuran kerugian yang dipakai tergantung dari elemen yang beresiko, mungkin juga diukur dari rasio jumlah korban yang meninggal atau terluka dari total populasi, seperti juga rasio biaya perbaikan atau derajat dari kerusakan fisik yang didefinisikan sesuai dengan skala kerusakan. Dalam jumlah bangunan yang banyak, kerentanan (*vulnerability*) didefinisikan dalam kaitan dengan proporsi bangunan yang mengalami beberapa tingkatan kerusakan tertentu.

Coburn dan Spence (2002) memberikan contoh kasus *vulnerability* untuk gempa bumi, dimana kerentanan (*vulnerability*) dari satuan bangunan dalam intensitas gempa VIII MMI mungkin didefinisikan sebagai:

70 % dari bangunan mengalami rusak berat atau lebih buruk pada intensitas VIII MMI, atau rata-rata rasio biaya perbaikan 55 % pada intensitas VIII MMI.

Masih menurut Coburn dan Spence (2002), ada dua prinsip metode untuk perkiraan kerentanan, yaitu prediksi kerentanan dan observasi (pengamatan) kerentanan. Prediksi kerentanan menunjukkan pada perkiraan *performance* bangunan yang diharapkan, didasarkan pada perhitungan dan spesifikasi desain, atau jika tidak ada metode yang lain yang sesuai, dapat disimpulkan berdasarkan pada penaksir ahli yang berpengalaman. Observasi kerentanan menunjukkan pada perkiraan yang didasarkan pada statistik kerusakan akibat gempa bumi yang telah lalu. Bentuk metode seperti ini sesuai jika dipakai terutama untuk para ahli struktur.

Menurut Dowrick (2003), kerentanan (*vulnerability*) dalam kaitannya dengan gempa bumi adalah derajat kerusakan suatu bagian dari lingkungan buatan yang diakibatkan oleh guncangan gempa. Lebih lanjut diuraikan Dowrick bahwa pengertian tentang kerentanan (*vulnerability*) ini akan membantu untuk mendiskripsikan derajat kerusakan baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif.

3.14.1 Ukuran Kerentanan (Vulnerability) Secara Kualitatif

Kerentanan (*vulnerability*) bangunan berbeda kelas telah diuraikan dalam skala intensitas subjektif. Hal ini digambarkan di Tabel 3.7. dimana tingkat kerusakan 6 kelas bangunan diuraikan untuk 7 skala intensitas Mercalli (MM6-MM12). Aspek dalam tabel ini yang perlu diperhatikan adalah intensitas MM11 dan MM12, dimana pada kenyataannya gempa bumi dengan skala MMI 11 dan MMI 12 tersebut sangat jarang terjadi. Cara lain pengukuran kerentanan secara kualitatif yaitu dengan tingkat kerusakan (*damages states*).

Berkaitan dengan pengukuran kerentanan secara kualitatif, Dowrick (2003) telah melakukan pengamatan untuk membandingkan tingkat kerusakan (*damage states*) bangunan non-domestik dalam area Napier / Hastings akibat intensitas MM10 yang diatur menurut *pre-code* 1931 untuk gempa Hawles Bay di New Zealand, Untuk tujuan ini bangunan dibagi dalam lima tipe : (a) Tipe I dan II, (b) Tipe III (1), (c) Tipe III (2), (d) Tipe III (3), dan (e) Kayu.

Tabel 3.4. Intensitas dan Performance Bangunan

Kelas Bangunan						
Intensitas	Precode			Post-code "brittle" era	Capacity design era	Khusus Kerusakan kecil
	I	II	III	IV	V	VI
MM12			hampir semua runtuh	banyak runtuh	rusak berat, runtuh sebagian	rusak sedang
MM11		hampir semua runtuh	banyak runtuh	rusak berat, runtuh sebagian	rusak, runtuh sebagian	Rusak ringan dan sedikit rusak sedang
MM10	hampir semua runtuh	banyak runtuh	rusak berat, runtuh sebagian	rusak, runtuh sebagian	rusak sedang, sedikit runtuh sebagian	sedikit kerusakan
MM9	banyak runtuh	rusak berat, runtuh sebagian	rusak, runtuh sebagian	rusak beberapa, beberapa rangka fleksibel serius	Rusak beberapa, beberapa rangka fleksibel sedang	
MM8	rusak berat, runtuh sebagian	rusak, runtuh sebagian	rusak beberapa	sedikit kerusakan		
MM7	Retak sedikit, pasangan	rusak sedikit				
MM6	Mungkin rusak ringan					

Sumber: Dowrick, 2003

- TipeI Pasangan batu kualitas rendah, atau beton bertulang *pre-code* dengan *weak storey*
- TipeII Pasangan batu kualitas rata-rata
- TipeIII Pasangan batu bertulang *pre-code* atau beton, terbagi sebagai berikut:
- III(1) : Dinding bata dengan balok beton bertulang
- III(2) : Balok, kolom, lantai beton bertulang, infill bata
- III(3) : Dinding beton bertulang (tanpa weakstorey)
- Tipe IV *Post-code* (1935-1975)

Tingkat kerusakan tiap bangunan dibagi 4 tingkat kerusakan (*damage states*) sebagai berikut.

- (1) OK: Tidak rusak atau rusak ringan
- (2) Rusak: Retak atau rusak sedang, parapet jatuh (volume *Loss* =0)
- (3) Roboh sebagian: Volume *Loss* <50%
- (4) Roboh: Volume *Loss* ≥50%

3.14.2 Ukuran Kerentanan (Vulnerability) Secara Kuantitatif

Tujuan utama perkiraan risiko (risk assessment), penting dilakukan pengukuran kerentanan kuantitatif pada beberapa kelas bangunan. Hal ini dapat dijelaskan dengan rasio kerusakan (damage ratio /Dr), yang dirumuskan sebagai berikut

$$Dr = \frac{\text{Biaya kerusakan bangunan (cost)}}{\text{Nilai bangunan (value)}} \dots\dots\dots (3.25)$$

Nilai bangunan menunjukkan nilai ganti bangunan (replacement value) dan Dr adalah fungsi kekuatan guncangan dan sifat fisik bangunan yang bersangkutan. Dr juga baik dimodelkan dalam fungsi atenuasi yang berkaitan dengan magnitude, jarak, dan scatter. Dengan kecilnya nilai Dr yang baik, kita terbatas menguraikan Dr sebagai fungsi intensitas, namun dapat menguji distribusi (scatter) Dr dengan baik. Populasi dari properti bangunan untuk setiap distribusi Dr digambar dari area diantara dua isoseismal berdampingan, misalnya intensitas MM7 dijelaskan sebagai area antara isoseismal MM7 dan MM8.

Rata-rata rasio kerusakan (mean damage ratio) bangunan pada suatu zona intensitas MM berguna sebagai parameter untuk berbagai tujuan, misal untuk membandingkan ketahanan gempa pada bangunan yang berbeda kelas. Rata-rata

rasio kerusakan (mean damage ratio) tersebut dapat dihitung dengan persamaan rumus 3.322

$$\overline{Dr} = \frac{\sum_{i=1}^n [\text{Cost of damage to item } i]}{\sum_{i=1}^N [\text{Value of item } i]} \dots\dots\dots (3.26)$$

Dimana n adalah jumlah bangunan rusak dan N adalah jumlah semua bangunan baik bangunan yang rusak maupun tidak rusak.

3.15 Penilaian Kerusakan Bangunan

Kuantifikasi dari kerusakan struktur bangunan akibat kejadian gempa tidak dapat dinilai secara pasti sehingga sering susah dilakukan. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan yang bervariasi pada jenis dan model kerusakan struktur pada masing-masing bangunan. Seiring dengan hal itu, banyak klasifikasi untuk menentukan tingkatan-tingkatan kerusakan sesuai dengan tujuan dari pengklasifikasi tingkatan kerusakan. Klasifikasi tingkatan kerusakan struktur bangunan telah dilakukan sejak lama seperti contoh gempa yang terjadi di Negara China. Pada tahun 1957 Xie telah mengklasifikasikan kelas-kelas kerusakan bangunan dalam 4 (empat) kelas, yang kemudian dimodifikasi oleh Han dan Zhou pada tahun 1997 menjadi 5 (lima) kelas untuk peruntukkan klasifikasi kerusakan bangunan akibat gempa Lijiang 1996.

**Tabel 3.5 Klasifikasi Kerusakan Bangunan Untuk Gempa Lijiang 1996
(Han dan Zhou, 1997)**

No	Tingkat Kerusakan	Penjelasan
1	Roboh	Roboh atau rusak serius, bangunan harus dirobohkan dan dibutuhkan rekonstruksi kembali
2	Sangat Rusak	Rusak serius untuk bagian yang penting atau sebagian roboh, dibutuhkan perbaikan intensif dan sebagian bangunan perlu dirobohkan
3	Rusak Sedang	Kerusakan sangat nyata pada bagian yang tidak prinsip dan atau beberapa saja kerusakan pada bagian yang prinsip, bangunan dapat dipakai kembali setelah perbaikan atau perkuataan
4	Rusak Ringan	Kerusakan pada bagian yang tidak prinsip atau rusak ringan untuk bagian yang prinsip, bangunan dapat tetap digunakan meskipun tanpa perbaikan
5	Tidak Rusak	Tanpa kerusakan atau rusak ringan sekali untuk bagian yang tidak prinsip

Sumber: Han dan Zhu, 1997 dalam Wijaya, 2009

Selain itu terdapat juga klasifikasi kerusakan bangunan dibuat oleh Dowrick (2003) untuk gempa Hawke's Bay 1931 di New Zealand.

Tabel 3.6 Derajat Kerusakan Bangunan Untuk Gempa Hawke's Bay 1931

No	Tingkat Kerusakan	Penjelasan
1	OK	Tanpa Kerusakan atau rusak ringan
2	Rusak	Retak-retak atau retak sedang, dinding parapet dan dinding gabel jatuh (volume kerugian = 0)
3	Sebagian Roboh	Volume Kerugian < 50%
4	Roboh	Volume Kerugian > = 50%

Sumber: Dowrick, 2003 dalam Wijaya, 2009

3.16 Rasio Kerusakan (damage ratio) Bangunan Berdasarkan Intensitas Gempabumi

Kekuatan dari goncangan atau rasio kerusakan bangunan yang diakibatkan gempabumi merupakan fungsi dari nilai kerusakan bangunan akibat gempabumi dibagi dengan nilai bangunan sebelum rusak. Hasil dari perhitungan tersebut menunjukkan seberapa besar tingkat kerugian suatu bangunan akibat gempa. Nilai kerusakan bangunan dinyatakan dalam (%).

Rasio kerusakan bangunan berbeda-beda dari satu lokasi dengan lokasi yang lain, hal ini disebabkan oleh kekuatan guncangan gempa yang dialami oleh bangunan tersebut. Dalam satu lokasi saja kemungkinan terdiri dari banyak tipe bangunan, maka tingkat kerusakan bangunan satu dengan bangunan lainpun akan berbeda-beda. Survey dari distribusi tingkat kerusakan struktur (jumlah bangunan dari masing-masing tingkat kerusakan) biasanya dilakukan untuk masing-masing tipe bangunan dalam masing-masing lokasi. Format yang biasa dipakai untuk mendefinisikan kemungkinan distribusi kerusakan tergantung dari metode yang dipakai untuk mendefinisikan parameter ancaman / hazard gempabumi.

Dimana ancaman / hazard didefinisikan dari makroseismik untuk berbagai karakteristik guncangan dalam berbagai intensitas, yang banyak digunakan secara luas dalam bentuk probabilitas matrik kerusakan (damage probability matrix / DPM). DPM menunjukkan probabilitas distribusi kerusakan untuk bermacam-macam tingkat kerusakan, untuk masing-masing tingkat dari guncangan gempa dimana bangunan didefinisikan untuk masing - masing kelas / tipe bangunan atau fasilitas kerentanan.

Hubungan antara persentase tingkat kerusakan dalam setiap skala intensitas gempa tertentu juga pernah dibuat oleh Ozmen (2000) dengan membagikan tingkat kerusakan menjadi 3 (tiga) kelas yaitu rusak ringan (slightly damaged), rusak sedang (moderate damaged), dan rusak berat (heavily damaged). Pada penelitian ini untuk tingkat kerusakan bangunan tidak menspesifikasi tipe bangunan tetapi lebih bersifat bangunan secara umum, hal ini kemungkinan karena data kaitan dengan tipe bangunan tertentu susah didapat. Kasus ini mirip dengan kondisi di Kabupaten Pidie Jaya Aceh dimana data tidak memiliki data tipe bangunan dalam lokasi tertentu. Hubungan persentase tingkat kerusakan tercantum pada Tabel

Tabel 3.7 Hubungan Persentase Kerusakan dengan MM Iseismal

Intensity	No. Of Heavily damaged	% Heavily damaged	No. Of Moderately damaged	% Moderately damaged	No. Of Slightly damaged	% Slightly damaged
VI	1111	0,04	6023	0,22	6496	0,24
VII	3241	0,91	9514	2,67	9232	2,59
VIII	4398	2,82	6883	4,41	8289	5,31
IX	24824	15,70	28726	18,16	35977	22,75
X	32458	33,06	15009	15,29	18786	19,14

Sumber: Ozmen, 2000 dalam Wijaya 2009

3.17 Hubungan antara Rasio Kerusakan dan Tingkat Kerusakan

Rasio kerusakan bangunan (damage ratio) akibat gempa merupakan fungsi dari nilai kerusakan bangunan akibat gempa dibagi dengan nilai bangunan sebelum rusak. Nilai rasio kerusakan bangunan (dalam 1%) yang dihasilkan dari perhitungan tersebut dapat menunjukkan seberapa besar tingkat keparahan suatu bangunan akibat gempa. Oleh karena itu terdapat hubungan yang sangat erat antara rasio kerusakan bangunan (damage ratio) dengan penentuan klasifikasi tingkat kerusakan bangunan (damage states).

Hubungan antara tingkat kerusakan, persentase kerusakan, dan nilai ekonomi kerusakannya juga dikembangkan di USA (FEMA, 1999) seperti ditunjukkan Tabel 3.8 yang dimaksud dengan nilai ekonomi kerusakan adalah nilai kerugian bangunan akibat gempabumi yang mencakup kerusakan struktural maupun non struktural. Nilai kerugian diukur dengan nilai persentase terhadap nilai bangunan itu sendiri.

Tabel 3.8 Hubungan Antara Tingkat Kerusakan Persentase Kerusakan dan nilai Ekonomi Kerugian Akibat Gempa

No	Tingkat Kerusakan	Persentase Kerusakan	Rata-rata nilai Ekonomi Kerugian
1	Slight	$1\% \leq \text{kerusakan} \leq 15\%$	2 %
2	Moderate	$15\% \leq \text{kerusakan} \leq 40\%$	10 %
3	Extensive	$40\% \leq \text{kerusakan} \leq 80\%$	50 %
4	Complete	$80\% \leq \text{kerusakan} \leq 100\%$	100 %

Sumber: FEMA, 1999 dalam Sarwidi dan Winarno (2006)

Nilai rata-rata rasio kerusakan (mean damage ratio) tersebut akan sangat berguna untuk menentukan besarnya rasio kerusakan pada tiap-tiap daerah intensitas gempa tertentu. Jika dalam suatu daerah intensitas tertentu jumlah bangunan rumah tinggal yang rusak (n) dan tingkat kerusakannya (damage states)

diketahui, rata-rata rasio kerusakan / Mean damage Ratio (MDR) tiap tingkat kerusakan diketahui dan jumlah keseluruhan bangunan rumah tinggal (N) dalam daerah intensitas tersebut juga diketahui, maka dapat digunakan untuk menghitung besarnya ratio kerusakan bangunan rumah tinggal dalam daerah intensitas gempa tersebut. Rumus yang dipakai adalah Persamaan (3.28):

$$CDR = (MDR_B \cdot n_B + MDR_S \cdot n_S + MDR_R \cdot n_R + MDR_T \cdot n_T) / N \quad (3.28)$$

dimana

- CDR = Pusat Ratio Kerusakan
- MDR_B = MDR Rusak Berat n_B = jumlah rumah rusak berat
- MDR_S = MDR Rusak Sedang n_S = jumlah rumah rusak sedang
- MDR_R = MDR Rusak Ringan n_R = jumlah rumah rusak ringan
- MDR_T = MDR tidak rusak n_T = jumlah rumah tidak rusak
- N = jumlah rumah total yang diteliti baik rusak maupun tidak rusak

3.18 Biaya Konstruksi Bangunan

Biaya konstruksi bangunan dihitung berdasarkan jumlah total volume pekerjaan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan untuk masing-masing item pekerjaan. Pengertian tersebut dapat disederhanakan dalam rumus Persamaan 3.29 sebagai berikut

$$BKB = \sum V_x \cdot HSP \quad (3.29)$$

dimana

- BKP = Biaya konstruksi bangunan
- V = volume pekerjaan
- HSP = harga satuan pekerjaan



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

BAB IV

METODE PENELITIAN

Negara Indonesia merupakan negara yang sering dilanda gempa bumi, namun demikian penelitian tentang kegempaan di Indonesia masih relatif sedikit. Minimnya data-data kegempaan yang akurat dan terbatasnya jumlah alat (instrumen) perekam gempa telah menjadi kendala tersendiri bagi perkembangan ilmu kegempaan di Indonesia. Dalam penelitian kali inipun, dalam kaitannya dengan pembuatan peta isoseismal, tidak didukung dengan adanya data tentang percepatan tanah dari alat intensimeter (accelerograf) yang dipasang di beberapa stasiun gempa. Oleh karena keterbatasan akan hal tersebut, maka dalam penelitian ini akan digunakan cara lain yaitu dengan menggunakan tabel skala intensitas MMI. Meskipun hal tersebut bersifat subjektif, karena hanya didasarkan atas perasaan orang, respon objek, respon lingkungan, dan respon bangunan, tetapi dengan adanya penelitian ini diharapkan akan didapat peta isoseismal yang mewakili kejadian gempa 7 Desember 2016.

Penelitian yang berkaitan dengan rasio kerusakan rumah tinggal juga tidak mudah. Hal ini dikarenakan bangunan-bangunan yang dahulu rusak sudah diperbaiki, sehingga bukti-bukti kerusakan yang terjadi sangat minim. Melihat pada kenyataan tersebut, maka kemudian diambil langkah-langkah alternatif pada penelitian ini. Langkah-langkah alternatif dilakukan penelitian langsung dengan cara observasi dan wawancara langsung dengan pemilik rumah yang akan membantu untuk memberikan gambaran kerusakan rumah secara lebih akurat.

Dalam pengambilan sampel pada penelitian ini tidak memungkinkan dilakukan dengan cara penelitian populasi, hal ini disebabkan peta keluasan wilayah dan banyaknya rumah yang rusak. Dengan mempertimbangkan masalah waktu, biaya, dan tenaga maka penelitian ini akan menggunakan penelitian sampel. Menurut Suharsimi, 2006, dalam penelitian sampel tidak semua populasi harus diteliti, namun hanya sebagian dari populasi yang akan dijadikan sampel. Penelitian dengan sampel sendiri dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan sampel probability (random/acak) dan sampel non probability (non-random) sesuai dengan kepentingan dari penelitian itu sendiri.

Penelitian ini bersifat deskriptif kualitatif dengan berusaha memahami peristiwa dengan orang dalam situasi tertentu (Moleong, 1993). Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh gambar, penafsiran, dan pemahaman secara mendalam dan natural tentang kejadian yang ada dilapangan. Oleh karena itu model statistik yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah statistik diskriptif sesuai dengan sifat penelitiannya.

Untuk mempermudah alur kerja jalan dari penelitian diatas, maka perlu dibuat metodologi penelitian yang akan memberikan sebuah gambaran secara jelas tentang pengumpulan data, pengolahan data, dan penyajian hasil. Metode penelitian ini berisi uraian-uraian sebagai berikut.

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

4.1.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang diambil peneliti adalah lokasi yang terkena dampak secara langsung dari gempa yang melanda Kabupaten Pidie Jaya, Aceh 7 Desember 2016. Dampak dari gempa bumi tersebut telah dirasakan oleh masyarakat sekitar khususnya di daerah pusat gempa yaitu Kabupaten Pidie Jaya. Namun demikian, gempabumi tersebut juga masih dirasakan pengaruhnya diluar Kabupaten tersebut.

Kabupaten Pidie Jaya adalah salahsatu kabupaten yang berada di Provinsi Aceh, Indonesia. Ibu kotanya adalah Meureudu. Kabupaten Pidie Jaya merupakan hasil pemekaran dari kabupaten Pidie tanggal 2 Januari 2007. Kabupaten Pidie Jaya memiliki 8 Kecamatan yang terdiri dari 222 desa dan 649 dusun dengan luas wilayah 952,12 km².

Untuk kepentingan pembuatan peta isoseismal pada daerah terdampak gempabumi salahsatu langkah yang akan dilakukan dengan membagikan kuisisioner di daerah terdampak gempabumi. Pada penelitian yang terkait dengan rasio kerusakan bangunan (damage ratio) maka akan dilakukan pemilihan beberapa bangunan rumah tinggal tanpa perkuataan atau dengan perkuataan yang mengalami kerusakan saat gempabumi melanda.

4.1.2 Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan peneliti untuk penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal dikeluarkannya ijin penelitian dalam kurun waktu kurang lebih 2 (dua)

bulan, 1 bulan pengumpulan data dan 1 bulan pengolahan data yang meliputi penyajian dalam bentuk skripsi dan proses bimbingan berlangsung.

4.2 Alat Penelitian

Pada penelitian ini diperlukan beberapa alat/instrumen yang diperlukan untuk keberlangsungan penelitian antara lain meliputi :

1. Peta - peta wilayah sesuai kebutuhan
2. Blangko kuisisioner/angket untuk responden
3. Global Positioning System (GPS)
4. Kamera digital untuk dokumentasi berupa gambar kerusakan bangunan atau gambar lain yang dibutuhkan untuk penelitian
5. Komputer dan printer sebagai perangkat keras untuk mengolah data dan mencetak
6. Software Ms - Excell sebagai perangkat lunak untuk mengolah data dan membuat grafik
7. Software Arc-View GIS untuk membuat kontur isoseismal
8. Alat-alat tulis, kertas, penggaris, meteran, dan kalkulator yang berguna untuk membuat sket bangunan, mengukur kerusakan dan menghitung nilai bangunan sebelum rusak (value) dan nilai kerusakannya (cost)

4.3 Pengumpulan Data

Dalam penelitian isoseismal diperlukan data yang mendukung penelitian yaitu data primer dan sekunder yang diperoleh dari lapangan langsung maupun dari dinas/instansi terkait. Data-data tersebut meliputi:

4.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan. Data yang dimaksud meliputi data-data yang didapat melalui pembagian kuisisioner/angket, wawancara, dan observasi lapangan.

4.3.1.1 kuisisioner / Angket

Untuk kepentingan pembuatan peta isoseismal, maka dalam penelitian ini akan membagikan kuisisioner kepada responden yang tersebar di Kabupaten Pidie Jaya dan sekitarnya. Dalam penelitian ini, teknik pengambilan sampel (pemilihan sampel) yang akan dilakukan disesuaikan dengan sifat penelitian dan tujuan dari penelitian. Menurut Suharsimi, 2006, dalam penelitian yang bersifat deskriptif kualitatif maka teknik pengambilan sampel yang tepat adalah memakai non-probability sampling (

sampel tidak acak / random). Hal ini disebabkan peneliti bermaksud ingin memberikan deskripsi secara mendalam.

Menurut Suharsimi, 2006, sampel bertujuan atau purposive sample dilakukan dengan cara mengambil sampel bukan didasarkan atas strata dan random, tetapi didasarkan atas adanya tujuan tertentu. Dalam pengambilan sampel bertujuan (purposive sample), peneliti juga tidak perlu memiliki kuota, akan tetapi dengan memilih orang-orang tertentu saja, karena berdasarkan pertimbangan tertentu pula, dapat dianggap mewakili populasi. Teknik ini biasanya dilakukan karena beberapa pertimbangan, misalnya karena alasan keterbatasan waktu, tenaga dan dana sehingga tidak dapat mengambil sampel yang besar dan jauh.

Pemilihan sampel bertujuan (purposive sample) dalam penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik peta isoseismal, yaitu pada daerah-daerah yang dekat dengan pusat gempa biasanya kontur isoseismalnya rapat dan makin jauh dari episenter konturnya makin renggang. Oleh karena itu, jika pengambilan sampelnya akan diproporsikan berdasarkan luas wilayah maupun proporsi jumlah penduduknya menjadi kurang tepat.

Sesuai dengan uraian diatas maka teknik pengambilan sampel untuk daerah terdampak yaitu Kabupaten Pidie Jaya dan Kabupaten yang berbatasan dengan Pidie Jaya di Propinsi Aceh dimana diambil per Kecamatan. Pertimbangan yang paling utama adalah daerah-daerah yang dekat dengan pusat gempa biasanya kontur isoseismal rapat dan semakin jauh dari episenter maka kontur isoseismal makin renggang. Pengambilan sampel per Kecamatan di karenakan kemungkinan intensitas gempa per Kecamatan berbeda. Untuk daerah yang berbatasan ataupun daerah yang juga merasakan gempa Pidie Jaya akan diambil sampel per Kabupaten dengan pertimbangan semakin jauh daerah dari pusat episenter maka kontur isoseismalnya semakin renggang sehingga tidak perlu diambil sampel rapat. Berikut ini merupakan Tabel 4.1 daftar rencana jumlah sampel untuk penelitian ini.

Tabel 4.1 Jumlah Responden Untuk Kuisisioner Isoseismal

Kabupaten	Kecamatan	Jumlah Responden
Pidie Jaya	Bandar Dua	5
	Bandar Baru	5
	Jangka Buya	5
	Meurah Dua	5
	Meureudu	5
	Panteraja	5
	Trienggadeng	5
	Ulim	5
Bireuen		5
Pidie		5
Banda Aceh		5
Total Jumlah Responden		55

4.3.1.2 Wawancara

Wawancara dilakukan kepada beberapa responden yang mengisi kuisisioner yang dianggap dapat memberikan informasi yang jelas tentang daerahnya masing-masing pada saat gempa bumi terjadi. Oleh sebab itu dipilih responden yang biasa mewakili seperti Kepala Desa, Kepala Dusun, dan orang-orang tertentu yang mempunyai kemampuan untuk memberikan informasi yang akurat. Wawancara juga akan dilakukan kepada responden terkait dengan kerusakan bangunan rumah tinggal untuk memberikan gambaran lebih jelas tentang kerusakan yang terjadi terkait dengan perhitungan rasio kerusakan (damage ratio). Wawancara -wawancara tersebut di atas juga berfungsi untuk mendukung data dari hasil kuisisioner maupun hasil observasi di lapangan. Daftar pertanyaan untuk wawancara terlampir pada Lampiran 2

4.3.1.3 Observasi Lapangan

Observasi di lapangan bertujuan untuk peneliti dapat mengetahui dan melihat langsung kondisi di lapangan, tidak hanya berdasarkan informasi dari narasumber dan informan. Observasi di lapangan dilakukan berkaitan dengan pembuatan peta isoseismal dan perhitungan rasio kerusakan (damage ratio). observasi untuk isoseismal dilakukan dengan mengambil dokumentasi berupa foto-foto kerusakan

bangunan dan lingkungan yang masih ada. Kemudian untuk penelitian yang berkaitan dengan damage ratio dilakukan observasi dengan mengambil foto-foto, pengukuran, dan pencermatan kerusakan yang terjadi pada bangunan rumah tinggal. Dalam observasi damage ratio peneliti telah mempersiapkan blangko isian khusus, blangko tersebut diisi berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pemilik rumah.

Penelitian damage ratio untuk pengambilan sampel dapat dilakukan sesuai dengan tujuan yaitu rumah yang masih dapat dihitung damage rasionya. Hal ini digunakan karena pada saat ini sudah sangat sulit untuk menemukan bangunan rumah tinggal yang mengalami kerusakan akibat gempa 7 Desember 2016 yang belum diperbaiki. Pengambilan sampel seperti ini dalam penelitian dinamakan teknik sampel purposive sample. Menurut Suharsimi, 2006, keuntungan dari teknik ini adalah terletak pada ketepatan peneliti memilih sumber data sesuai dengan variabel yang akan diteliti. Mengingat keterbatasan waktu, biaya, dan tenaga peneliti, maka jumlah sampel akan dibatasi hanya 10 sampel untuk masing-masing tingkat kerusakan. Jumlah sampel dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Jumlah Sampel Untuk Damage Ratio

Rumah Roboh	Rumah Rusak Berat	Rumah Rusak Sedang	Rumah Rusak Ringan
10	10	10	10

4.3.2 Data Sekunder

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik, maka di samping dibutuhkan data-data primer juga perlu untuk didukung dengan data-data sekunder sebagai data tambahan. Data sekunder yaitu data yang diperoleh dalam bentuk yang sudah jadi, setelah dibuat atau dikumpulkan oleh suatu badan atau instansi terkait. Data sekunder yang dibutuhkan berkaitan pembuatan peta isoseismal diantaranya :

1. Data magnitude, pusat gempa, dan jarak episenter
2. Data tentang kerusakan bangunan dan foto-foto kerusakan akibat gempabumi 7 Desember 2016 yang didapat melalui berbagai pemberitaan di internet maupun secara langsung dari masyarakat
3. Data tentang perasaan orang, kondisi, dan situasi saat kejadian gempa dari berbagai sumber pemberitaan di internet
4. Data intensitas gempa dari berbagai sumber terpercaya, seperti USGS, BMKG, BNPB, dan lain sebagainya.

5. Data Peta Provinsi Aceh dalam bentuk JPG yang dilengkapi dengan koordinat UTM maupun koordinat geografis sebagai peta dasar pembuatan peta isoseismal
6. Data berupa peta-peta pendukung lain seperti peta geologi, peta liquifaksi daerah Aceh dan sekitarnya.

Data sekunder yang dibutuhkan berkaitan dengan vulnerability dalam bentuk persentase kerusakan rumah tinggal pada berbagai skala MMI antara lain :

1. Data jumlah Kepala Keluarga (KK) sebelum Gempabumi perkecamatan untuk wilayah Kabupaten Pidie Jaya Aceh
2. Data jumlah bangunan rumah tinggal yang mengalami rusak berat / roboh, rusak sedang dan rusak ringan di Kabupaten Pidie Jaya Aceh.

Data sekunder yang berkaitan dengan rasio kerusakan bangunan (damage ratio) meliputi :

1. Dokumentasi berupa foto-foto kerusakan yang terjadi pada elemen-elemen bangunan yang diteliti jika ada.
2. Standar harga satuan bahan dan upah tahun 2016 untuk Kabupaten Pidie Jaya Aceh untuk menghitung nilai bangunan dan nilai kerusakan

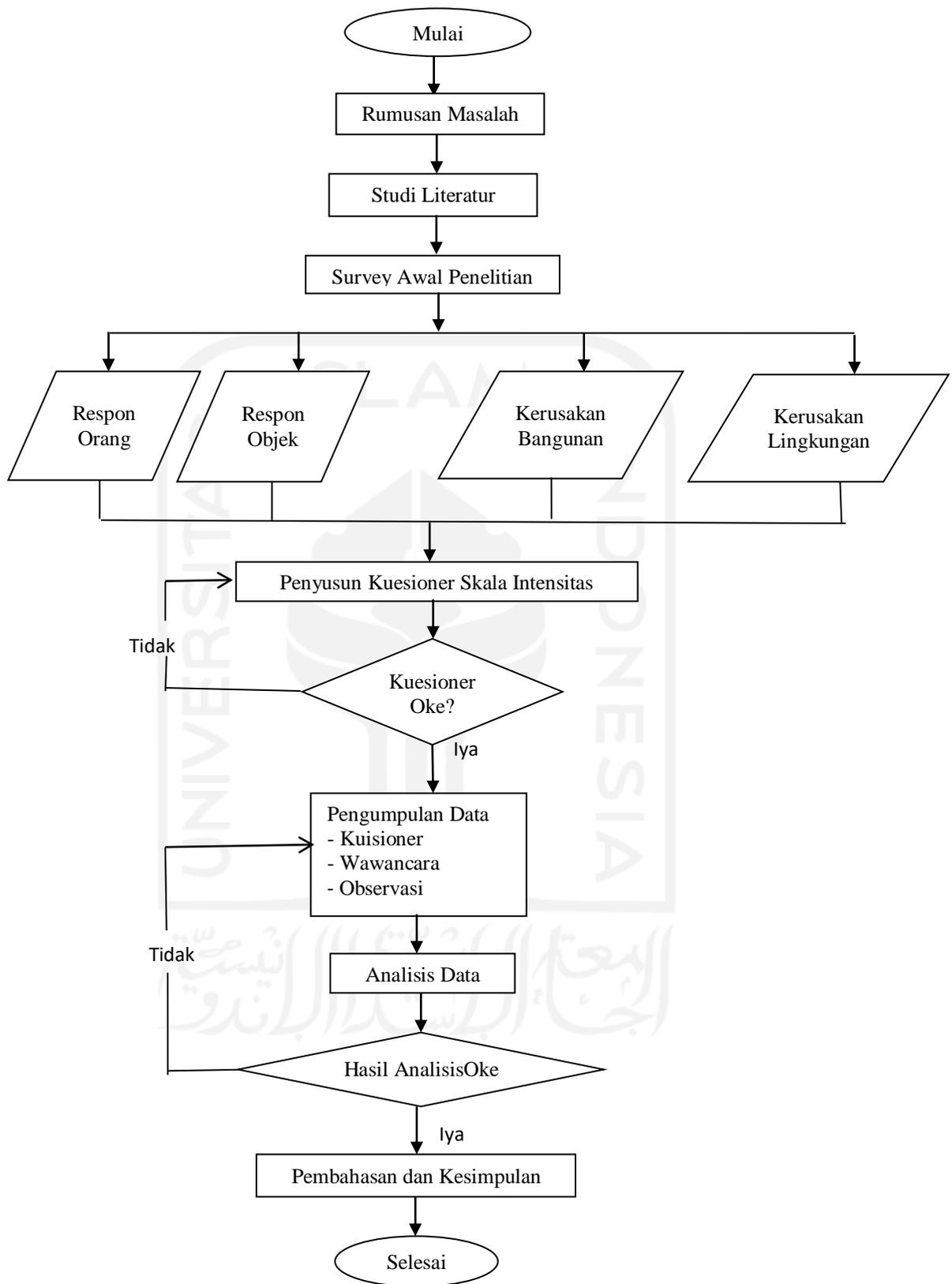
4.4 Metode Analisis

Analisis terhadap data-data yang diperoleh akan dilakukan dengan memakai referensi dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maupun dengan berbagai teori-teori yang ada. Adapun urutan analisis tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menghitung perkiraan besarnya intensitas maksimum (I_0) dengan persamaan 3.22
2. Menghitung rata-rata nilai MMI yang meliputi respon orang, respon bangunan, respon objek dan respon lingkungan, sehingga di dapat nilai skala MMI di beberapa daerah (sesuai dengan domisili responden saat gempa terjadi)
3. Melakukan analisis titik-titik sebaran nilai MMI yang telah didapat dengan cara interpolasi dengan software Arc-View GIS, yang sekaligus dapat menggambarkan kontur isoseismalnya
4. Melakukan perhitungan jarak dari koordinat responden ke koordinat pusat gempa yang telah ditentukan sehingga diperoleh hubungan antara jarak (r) dan nilai MMI

5. Menghitung persamaan fungsi atenuasi global untuk gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 dengan pendekatan persamaan ekponensial dengan bantuan software Microsoft Excell
6. Menganalisis kerentanan bangunan rumah tinggal yang dilanjutkan dengan hubungan antara intensitas gempa (MM isoseismal) dengan distribusi persentase kerusakan rumah mengikuti Tabel 3.8 dimana sebelumnya dilakukan estimasi terlebih dahulu dalam daerah kontur isoseismal skala tertentu berkaitan dengan jumlah rumah yang rusak berdasarkan tingkatan kerusakannya (rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan) kemudian membandingkan dengan jumlah rumah tinggal yang ada sebelum gempa dalam daerah kontur isoseismal yang dimaksud
7. Analisis terhadap rasio kerusakan bangunan rumah tinggal yang akan dilakukan sebagai berikut :
 - Menghitung volume komponen-komponen bangunan existing sebelum rusak akibat gempabumi
 - Menghitung nilai bangunan rumah tinggal (value) sebelum gempabumi pada beberapa rumah yang dijadikan sebagai sampel penelitian dengan memakai persamaan 3.24
 - Menghitung volume komponen-komponen bangunan yang mengalami kerusakan berdasarkan pengamatan yang dilakukan dilapangan
 - Menghitung besarnya nilai kerusakan komponen-komponen bangunan rumah tinggal setelah gempa pada beberapa rumah yang dijadikan sebagai sampel penelitian untuk masing-masing tingkat kerusakan (robah, rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan) dengan memakai persamaan 3.24
 - Menghitung besarnya nilai rasio kerusakan bangunan (damage ratio) per rumah tinggal dengan memakai persamaan 3.19
 - Menghitung rata-rata rasio kerusakan bangunan (mean damage ratio) untuk 10 rumah yang diteliti untuk masing-masing tingkat kerusakan (robah, rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan)
 - Menghitung besarnya rasio kerusakan untuk tiap skala intensitas MMI tertentu sesuai dengan persamaan 3.2.

4.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam rangka untuk menjawab rumusan masalah yang telah disampaikan pada Bab I, maka pada bab ini akan disajikan hasil dan pembahasan dari topik yang diteliti. Hasil dan pembahasan pada bab ini merujuk pada bab-bab sebelumnya. Metode analisis merujuk pada Bab IV, teori-teori dan rumus-rumus yang dipakai sesuai dengan yang tercantum pada Bab III Landasan Teori. Bab II Tinjauan Pustaka akan dijadikan sebagai bahan perbandingan terhadap hasil dari penelitian ini.

5.1 Intensitas Maksimum Secara Teoritis

Berdasarkan data dari United States Geological Survey (USGS) gempa utama Pidie Jaya yang terjadi pada tanggal 7 Desember 2016 jam 05:03:35 WIB yang berpusat di koordinat $5,281^{\circ}$ LU – $96,108^{\circ}$ BT dengan kedalaman 8,2 km mempunyai magnitudo 6,5 Mw sedangkan data dari Jerman melalui GEOFON pusat gempa utama terletak di koordinat $5,32^{\circ}$ LU – $96,07^{\circ}$ BT dengan magnitudo 6,5 Mw pada kedalaman 10 km dan besarnya *Seismic Moment* (M_0) $4,47 \times 10^{26}$ dyne cm.

Berdasarkan dalam pengelompokan gempa (Fowler, 1990) gempa tersebut termasuk dalam kategori gempa dangkal (kedalaman kurang dari 70 km). Seperti sudah dijelaskan dalam Bab III Landasan Teori bahwa ukuran-ukuran gempa (magnitudo dan intensitas di pusat gempa) bisa saling dihubungkan. Namun demikian dalam menghubungkan antara data magnitudo yang ada (versi USGS 6,3 Mw) untuk sampai didapat intensitas maksimumnya harus melalui beberapa pergantian rumus dikarenakan magnitudo yang dipakai untuk tiap-tiap rumus bisa berbeda-beda.

Perhitungan teoritis intensitas maksimum (I_0) akan dimulai dengan menghitung besarnya *magnitudo lokal* (ML), karena data yang akan dipakai (data USGS) masih dalam *moment* magnitudo (Mw). Adapun tahap-tahap perhitungannya adalah sebagai berikut.

- menghitung besarnya energi gempa (E_s) dengan persamaan 3.3;

$$E_s = M_0 / 20000$$

$$E_s = 4,47 \times 10^{26} / 20000 = 2,24 \times 10^{22} \text{ dyne cm}$$

- menghitung besarnya *magnitude lokal* (ML) dengan persamaan 3.4;

$$\log E_s = 11,8 + 1,5 \text{ ML}$$

$$\log 2,24 \times 10^{22} = 11,8 + 1,5 \text{ ML}$$

$$22,35 = 11,8 + 1,5 \text{ ML}$$

$$1,5 \text{ ML} = 22,35 - 11,8$$

$$\text{ML} = 10,55 / 1,5$$

$$\text{ML} = 7,03$$

Setelah dilakukan perhitungan besarnya *magnitude lokal* (ML) dari *Seismic Moment* (M_0) maka didapatkan besarnya $\text{ML} = 7,03$. Setelah nilai *magnitude lokal* (ML) diketahui maka langkah selanjutnya adalah menghitung perkiraan besarnya intensitas maksimum (I_0). Beberapa rumus yang telah ada pada Bab III Landasan Teori akan dipakai dan kemudian dipilih untuk mendapatkan intensitas maksimum yang sesuai.

1. Persamaan 3.7 oleh Gutenberg dan Richter (1956).

$$I_0 = 1,5 (M - 0,5)$$

$$I_0 = 1,5 (6,5 - 0,5)$$

$$I_0 = 9$$

2. Persamaan 3.9 oleh Hu dkk (1996) untuk daerah Cina.

$$\text{ML} = 0,68 I_0 + 1,39 \log h - 1,4$$

$$7,03 = 0,68 I_0 + 1,39 \log 8,2 - 1,4$$

$$0,68 I_0 = 7,03 - 1,39 \log 10 + 1,4$$

$$0,68 I_0 = 6,55$$

$$I_0 = 9,64$$

3. Persamaan 3.10 oleh Schebalin dan Medveded (1962) untuk daerah Rusia.

$$I_0 = 1,5 \text{ ML} + 1,2 \log h + 3$$

$$I_0 = 1,5 \times 7,03 + 1,2 \log 8,2 + 3$$

$$I_0 = 13,73$$

4. Persamaan 3.16 dan 3.17 oleh Gaull (1990) dan Lam (2003) untuk daerah Australia.

- Untuk Western Australia (hard rock)

$$\text{IMM} = 1,5 \text{ ML} - 3,2 \log (R) + 2,2; \text{ karena dipusat gempa } R = 0 \text{ maka}$$

$$\text{IMM} = 1,5 \text{ ML} + 2,2$$

$$\text{IMM} = 1,5 \times 7,03 + 2,2$$

$$\text{IMM} = 12,75$$

- Untuk Eastern Australia (soft rock)

$$\text{IMM} = 1,5 \text{ ML} - 3,9 \log (R) + 3,9; \text{ karena dipusat gempa } R = 0 \text{ maka}$$

$$\text{IMM} = 1,5 \text{ ML} + 3,9$$

$$\text{IMM} = 1,5 \times 7,03 + 3,9$$

$$\text{IMM} = 14,45$$

5. Persamaan 3.18 oleh Zare dan Mamarian (2003) untuk daerah Iran.

$$\text{IMM} = 1,175 \text{ M} - 0,014 \text{ R} - 0,227 \text{ Ln} (R); \text{ karena dipusat gempa } R = 0 \text{ maka}$$

$$\text{IMM} = 1,175 \text{ M}$$

$$\text{IMM} = 1,175 \times 7,03$$

$$\text{IMM} = 7,64$$

Dari hasil perhitungan beberapa persamaan di atas, persamaan 3.7 oleh Gutenberg dan Richter (1956) $I_0 = 9 \approx \text{IX MMI}$ secara teoritis hampir sama dengan intensitas maksimum di lapangan. Hasil perhitungan secara teoritis ini (Persamaan 3.7) juga hampir sama dengan perkiraan intensitas maksimum sebesar IX MMI yang dikeluarkan oleh USGS (Gambar 2.1 Bab II). Persamaan-persamaan yang lain Persamaan 3.9 oleh Hu dkk, Persamaan 3.10 oleh Schebalin dan Medveded (1962) dan Persamaan 3.16 dan 3.17 oleh Gaull (1990) menunjukkan hasil intensitas yang terlalu besar untuk ukuran gempa dengan magnitude 6,5. Berdasarkan Tabel 5.1. yang dibuat oleh Ohio Geological Survey, intensitas maksimum di atas IX MMI baru akan terjadi jika magnitude gempa di atas 7. Magnitude 6,5 untuk gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 menurut Tabel 5.1. akan mempunyai intensitas maksimum berkisar IX MMI.

Tabel 5.1. Intensitas Maksimum (Io) dan Magnitude Gempa

Modified Mercalli Scale		Magnitude
VIII	Panel walls thrown out of frames; walls, monuments, chimneys fall; sand and mud ejected; drivers of autos disturbed	5.5
IX	Buildings shifted off foundations, cracked, thrown out of plumb; ground cracked; underground pipes broken	6 6.5
X	Most masonry and frame structures destroyed; ground cracked, rails bent, landslides	7

Sumber : Ohio Geological Survey (dalam Wijaya,2009)

5.2 Skala Intensitas Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016

Intensitas gempa yaitu ukuran kekuatan getaran gempa (*ground shaking*) pada suatu lokasi yang berjarak tertentu dari pusat gempa. Intensitas gempa tidak diukur dengan alat tertentu, tetapi diukur berdasarkan perasaan orang, respon objek, respon lingkungan dan respon bangunan. Intensitas gempa pada suatu lokasi disamping dipengaruhi oleh faktor jarak dari pusat gempa dan magnitudenya, juga sering dipengaruhi oleh kondisi tanah setempat, arah patahan dan juga kondisi infrastruktur di lokasi tersebut. Oleh karena itu tidak jarang beberapa lokasi yang jaraknya lebih jauh dari episenter mempunyai intensitas gempa yang lebih besar daripada lokasi yang jaraknya cukup dekat dengan pusat gempanya.

Pada Penelitian ini skala intensitas gempabumi disusun dengan merujuk skala intensitas yang telah dibuat dan digunakan oleh Dowrick (2003), dan Wijaya (2009). Penyusunan skala intensitas gempa ini diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Wijaya (2009) dan diterapkan pada penelitian gempabumi di Aceh 2 juli 2013 kemudian akan di terapkan juga pada gempabumi di Pidie Jaya 7 desember 2016 dengan parameter yang berdampak secara langsung seperti orang, objek, lingkungan dan bangunan, yang telah disusun menjadi beberapa tingkat skala intensitas.

Pada kasus gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016, seperti yang sudah dijelaskan pada Bab IV Metodologi Penelitian, intensitas gempa bumi didapat dari data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari hasil kuesioner, wawancara dan observasi di lapangan. Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber, seperti USGS, laporan-laporan dan penelitian-penelitian terdahulu. Dari data primer dan data sekunder dapat diolah menjadi skala intensitas yang terdiri dari respon orang, respon objek, respon lingkungan dan respon bangunan yang setiap respon disusun menjadi 12 tingkatan. Untuk skala intensitas tersebut dalam satuan MMI.

Skala intensitas ini menjadi tolak ukur untuk mengumpulkan data pada pembuatan garis kontur yang berdampak pada gempa bumi. Untuk pembagian tingkatan skala dapat dilihat pada lampiran 1. Berikut akan dijelaskan ilustrasi tingkat skala intensitas yang digunakan sebagai berikut

a. Respon Orang

Pada saat gempa bumi terjadi respon orang-orang yang ditunjukkan dengan sikap dan tindakan yang muncul secara spontan sesuai reaksi orang atas adanya getaran atau guncangan dari gempa bumi. Respon orang tersebut meliputi dari merasakan adanya getaran yang ditimbulkan oleh gempa bumi, getaran tersebut dapat dirasakan oleh satu atau lebih di dalam keadaan tempat hening, getaran dirasakan seperti ada truk yang sedang lewat, orang yang sedang tertidur kemudian terbangun karena terkejut hingga getaran gempa dapat dirasakan oleh semua orang dan memberikan peringatan sampai dengan panik. Ilustrasi dari respon orang terhadap gempa bumi dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Gempabumi membuat orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik (Sumber: Data Sekunder 2016)

Skala intensitas gempa untuk kategori orang meliputi 12 (dua belas) tingkatan dalam skala MMI yaitu pada intensitas I dengan kategori gempa tidak menunjukkan reaksi apapun, sedangkan untuk intensitas XII dengan kategori semua orang merasakan getaran, memberikan peringatan bahaya dan sangat ketakutan / panik sehingga berlarian keluar ruangan menuju tempat yang aman.

b. Respon Objek / Benda

Respon objek menunjukkan reaksi benda-benda di sekitar daerah lokasi gempabumi. Respon benda ini terjadi akibat dari getaran ditunjukkan dengan bergetarnya air dalam wadah, pintu, jendela, piring, dan gelas bergetar mengeluarkan bunyi, benda yang bergantung bergoyang, kursi dan meja bergeser dari tempatnya.

Skala intensitas gempa untuk kategori respon objek meliputi 12 (dua belas) tingkatan yaitu dengan tingkat I (minimum) hingga tingkat XII (maksimum), dimana pada intensitas I dengan kategori benda- benda tidak terpengaruh apapun, sedangkan pada tingkatan XII dengan kategori semua objek-objek seperti furniture, serta perabotan rumah seperti pigura, televisi dan lain-lain berhamburan dan rusak. Berikut ilustrasi dari respon objek yang ditunjukkan pada Gambar 5.2



Gambar 5.2 Kursi-kursi bergeser dari tempatnya akibat Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 (Sumber: Data Sekunder 2016)

c. Respon Lingkungan

Pada gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 dampak kerusakan lingkungan yang ditimbulkan terhadap lingkungan meliputi respon dari pohon-pohon tinggi, jatuhnya material dari tebing, air tanah menjadi keruh, penurunan permukaan tanah, retakan pada lereng-lereng dan jalan, terjadinya likuifaksi.

Skala intensitas gempa terhadap kerusakan lingkungan adalah minimum V dan maksimum XII. Pada intensitas kategori skala V respon yang terlihat pada pohon-pohon tinggi yang bergoyang namun tidak terjadi kerusakan terhadap lingkungan sekitar sedangkan pada intensitas kategori skala XII respon yang terlihat gerakan gempa terlihat bergelombang diatas tanah serta benda berterbangan ke udara. Beberapa kerusakan lingkungan dapat di ilustrasikan oleh Gambar 5.3





Gambar 5.3 Sesar Akibat Gempa yang Melanda Pidie Jaya

(Sumber: Data Sekunder 2016)

d. Kerusakan Bangunan

Pada respon kerusakan bangunan menunjukkan dampak kerusakan yang timbul terhadap bangunan rumah tinggal. Tipe bangunan rumah tinggal di Kabupaten Pidie Jaya dan daerah yang terdampak lainnya kebanyakan rumah terbuat dari kayu dan beton. Pada penelitian ini jenis rumah yang diteliti kerusakannya adalah rumah batu bata dengan perkuataan atau tanpa perkuataan. Skala intensitas terhadap kerusakan rumah yaitu minimum III dan maksimum XII. Pada intensitas III kondisi rumah tidak mengalami kerusakan, sedangkan pada intensitas XII menunjukkan kondisi bangunan dengan desain tahan gempa sekalipun akan mengalami rusak berat / roboh. Berikut adalah ilustrasi kerusakan bangunan rumah tinggal yang ditunjukkan Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Kondisi Rumah Rusak Berat Akibat Gempa yang Melanda Pidie Jaya

(Sumber: Data Sekunder 2016)

Intensitas disuatu lokasi sangat dipengaruhi oleh jarak dari pusat gempa dan magnitude gempa. Selain dua faktor tersebut] intensitas juga dipengaruhi oleh kondisi tanah setempat dan kondisi infrastruktur di daerah tersebut. Berdasarkan dari metodologi penelitian, intensitas diperoleh dari data primer dan data sekunder. Penentuan intensitas gempabumi dari hasil kuesioner dilakukan dengan mencari rata-rata intensitas gempa yang meliputi respon orang, respon objek, respon lingkungan dan respon bangunan. Penentuan intensitas gempa dapat dilihat dalam Tabel 5.2

Lokasi	Koordinat		Respon Orang	Respon Objek	Respon Lingkungan	Respon Bangunan	Intensitas (rata-rata)
	Longitude	Latitude					
Muka Blang, Pante Raja, Pidie Jaya	96.13414	5.2566	8	7	7	8	7.5
Tampui, Trienggading, Pidie Jaya	96.13683	5.2225	9	8	7	8	8
Kota Meureudu, Meureudu, Pidie Jaya	96.28009	4.9883	9	9	9	9	9
Blang Awe, Meureudu, Pidie Jaya	96.25211	5.2152	9	9	8	9	8.75
Beurawang, Meureudu, Pidie Jaya	96.24954	5.2360	9	9	9	9	9
Pulo U, Meureudu, Pidie Jaya	96.23627	5.2335	9	9	9	9	9
Mesjid Tuha, Meureudu, Pidie Jaya	96.24856	5.2489	9	8	8	9	8.5
Meuraksa, Meureudu, Pidie Jaya	96.24423	5.2594	9	9	8	9	8.75

Sumber: Data Primer 2017 yang telah diolah

Berdasarkan hasil kuesioner tersebut diperoleh nilai intensitas yang digunakan untuk pembuatan peta isoseismal, selanjutnya data tersebut di cocokkan dengan hasil wawancara dan observasi lapangan. Berikut merupakan hasil pengolahan data intensitas gempabumi Pidie Jaya tanggal 7 Desember 2016 yang disusun dalam bentuk laporan, dengan format laporan seperti dalam Tabel 5.3

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie Jaya	Meureudu	Kota Meureudu	96.250100	5.252850	9.00	Semua orang panik dan berlarian keluar rumah, hampir semua furniture, perabotan berjatuh dan rusak, retak terjadi pada lereng curam dan tanah basah, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, banyak bangunan yang rusak diantaranya rusak berat 87 rumah, rusak sedang rumah 55 dan rusak ringan 10 rumah
Pidie Jaya	Meureudu	Rhieng Krueng	96.236400	5.250560	9.00	Semua orang panik dan berlarian keluar rumah, hampir semua furniture, perabotan berjatuh dan rusak, retak terjadi pada lereng curam dan tanah basah, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, banyak bangunan yang rusak diantaranya rusak berat 84 rumah, rusak sedang 53 rumah dan rusak ringan 13 rumah
Pidie Jaya	Meureudu	Mesjid Tuha	96.249540	5.248870	8.75	Semua orang panik dan berlarian keluar rumah bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture (lemari dll) dan perabot rumah seperti pigura berjatuh dan rusak, retak pada lereng yang curam dan terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, seluruh rumah yang tanpa beton bertulang (tanpa sloff, balok, dan kolom) mengalami kerusakan ringan, jumlah kerusakan ringan pada 68 rumah
Pidie Jaya	Meureudu	Meunasah Balek	96.253862	5.261210	8.50	Semua orang panik dan keluar rumah karena ketakutan, hampir semua furniture seperti lemari dll dan perabot rumah berjatuh dan rusak, retak pada lereng curam serta terjadi longsor kecil hingga sedang pada dinding jalan, banyak bangunan-bangunan yang kualitas rendah mengalami kerusakan berat hingga roboh diantaranya rusak berat 12 rumah, rusak sedang 3 rumah dan rusak ringan 37 rumah
Pidie Jaya	Trienggading	Peulandok Teungoh	96.185850	5.239240	8.00	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture dan perabot rumah berjatuh dan rusak, penurunan pada tanah jelek, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi lucuran material, kerusakan ringan terjadi dimana-mana, beberapa kerusakan terdapat pada bangunan dengan standar pengerjaan rendah/jelek, jumlah kerusakan 2 rumah rusak sedang dan 16 rumah rusak ringan

5.3 Isoleismal Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016

Peta Isoleismal yaitu Garis Isoleismal merupakan garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai nilai intensitas gempa yang sama atau hampir sama. Model isoleismal sangat mirip dengan garis-garis kontur yang menggambarkan tinggi rendahnya suatu daerah di pegunungan. Garis-garis kontur di daerah pegunungan umumnya mengikuti pola yang hampir sama, yaitu dari garis-garis kontur tertinggi yang berada di tengah dan makin keluar garis-garis konturnya makin rendah.

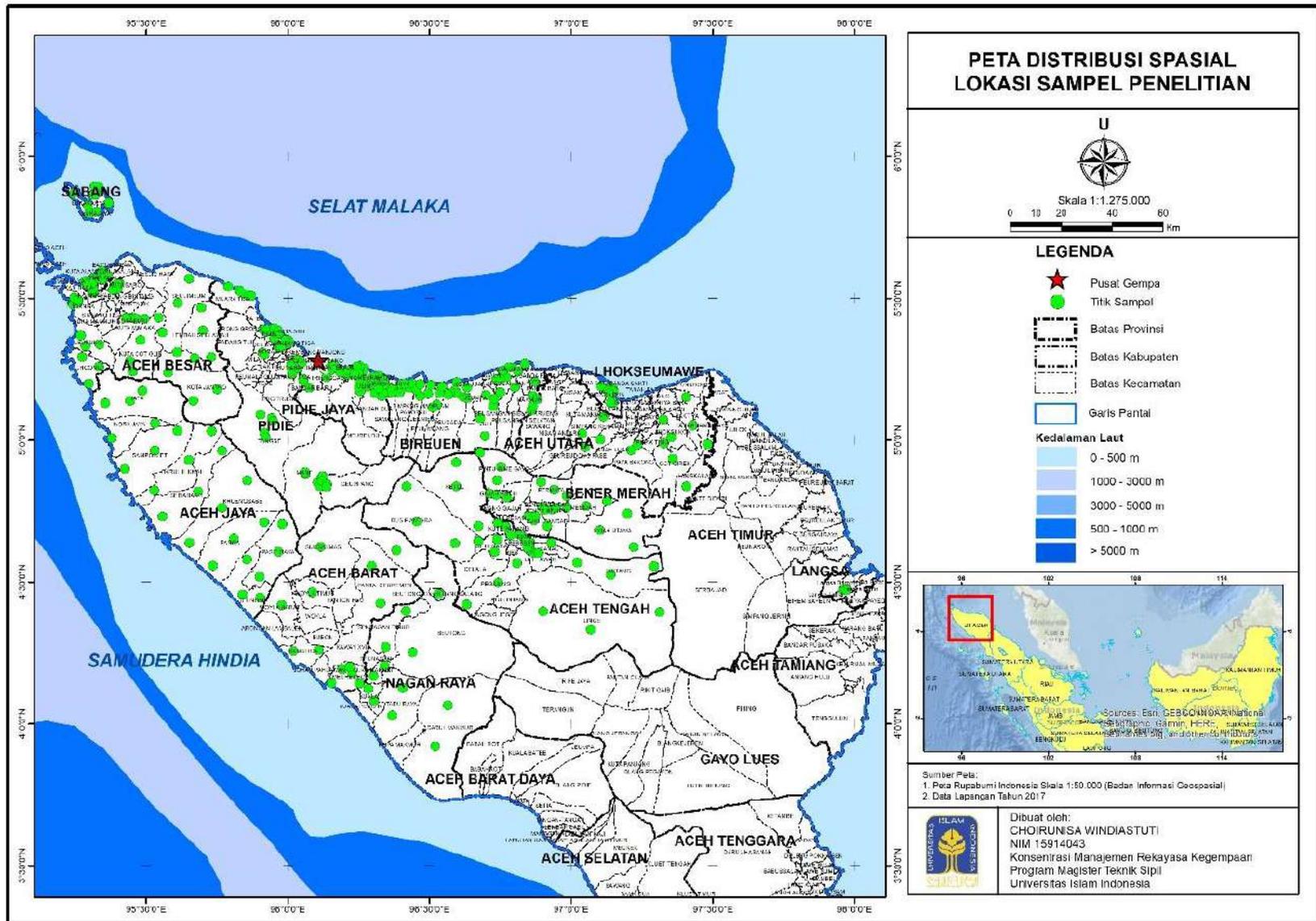
Peta isoleismal terbentuk berdasarkan sebaran intensitas dari sampel yang diambil, sampel tersebar di Kabupaten Pidie Jaya, Kabupaten Bireun dan beberapa kabupaten yang berbatasan langsung dan mengalami kejadian langsung gempabumi dengan total sampel 205 titik. Metode pengambilan sampel menggunakan teknik purposive sample memungkinkan untuk diambil sampel yang lebih banyak pada wilayah dengan tingkat kerusakan yang lebih besar atau lebih parah. Nilai intensitas setiap titik diperoleh dari rata-rata penjumlahan skala hasil kuesioner yang meliputi respon orang, respon objek, respon lingkungan dan respon bangunan.

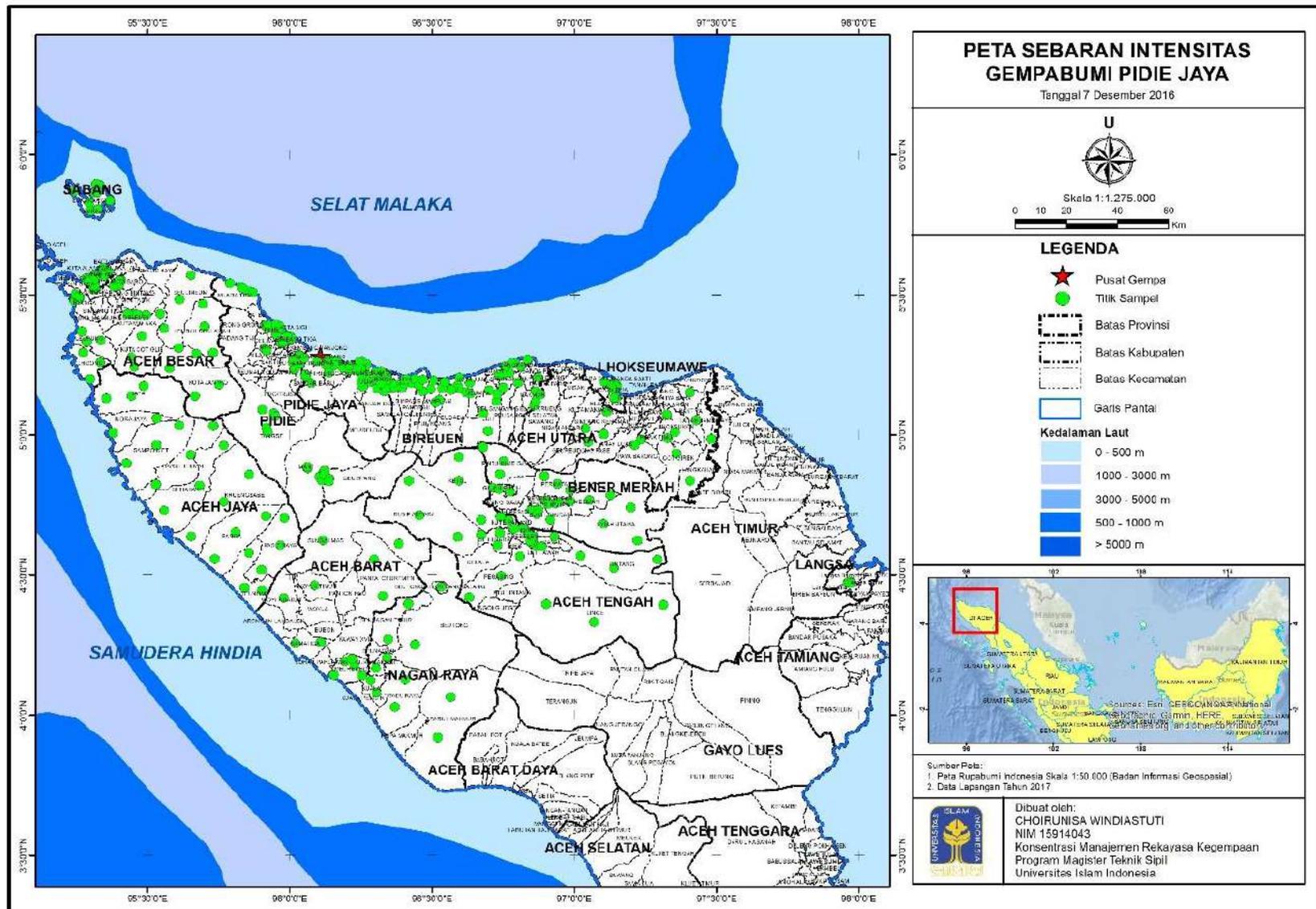
Informasi sebaran intensitas gempa dipetakan dalam isoleismal. Dalam peta isoleismal, daerah-daerah yang memiliki nilai intensitas atau tingkat kerusakan yang sama dihubungkan oleh suatu garis isoleismal. Peta isoleismal dapat memperlihatkan atau menetapkan tempat-tempat atau daerah-daerah yang mempunyai tingkat kerusakanyang sama. Skala intensitas yang sering dipakai adalah Modified Mercalli Intensity (MMI), dengan rentang nilai I – IX berdasarkan magnitude gempa.

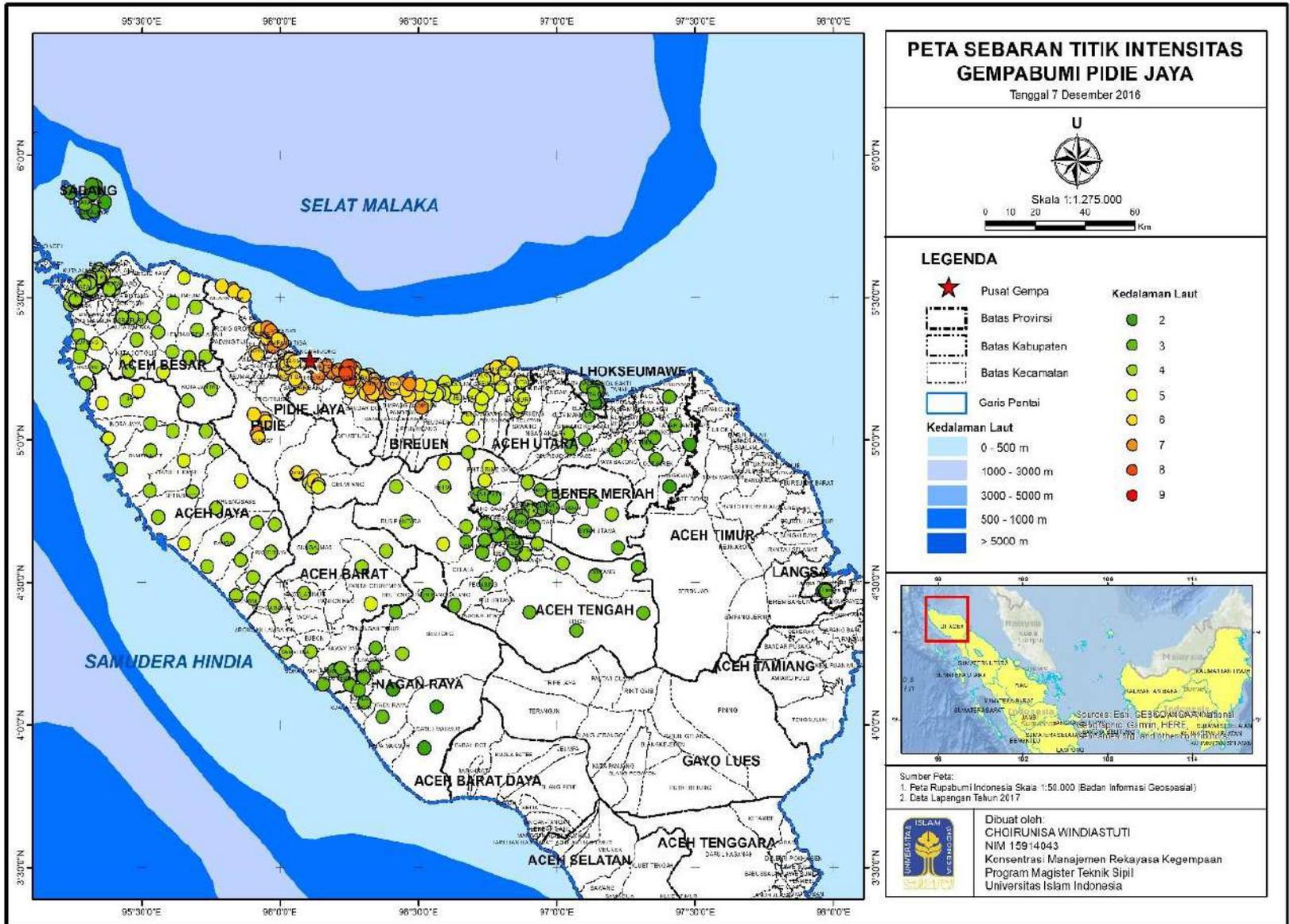
Pembuatan isoleismal pun sangat mirip dengan pembuatan peta kontur, dimulai dari pengumpulan data koordinat (x, y) dan ketinggian (z). Pada pembuatan isoleismal untuk kasus gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016, data koordinat suatu daerah (x,y) telah diketahui dengan GPS dan data intensitas juga telah diperoleh dengan kuesioner, wawancara dan observasi. Data intensitas tersebut selanjutnya dapat dianggap sebagai data ketinggian (z) seperti dalam pembuatan peta kontur.

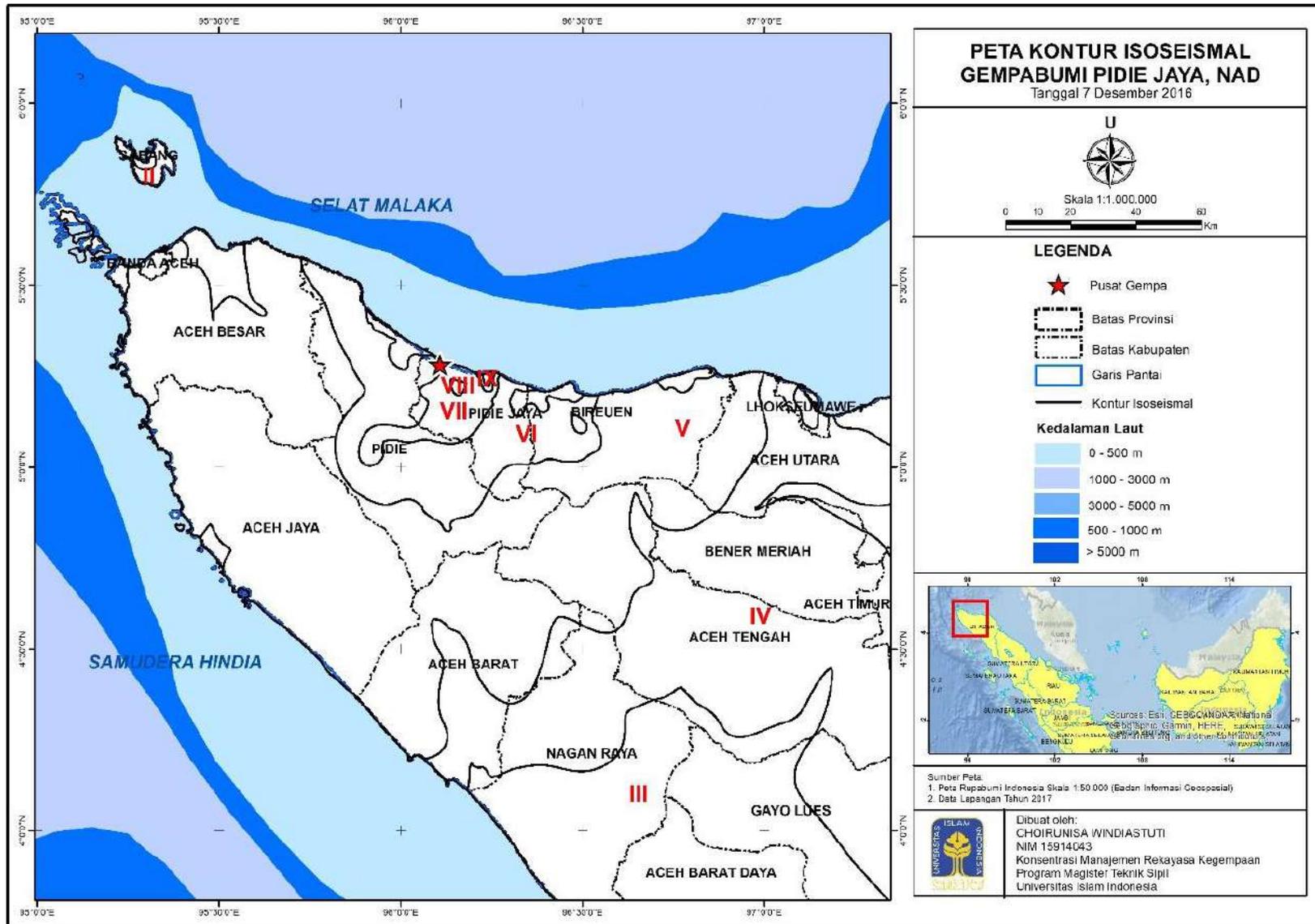
Untuk mempermudah pembuatan isoseismal, seperti sudah dijelaskan pada Bab IV sebelumnya, software Arc-View digunakan untuk mengolah data yang sudah ada (koordinat X,Y) dari GPS dan nilai intensitas MMI dari kuesioner, wawancara, dan observasi. Koordinat letak data primer yang didapat di lapangan dan data sekunder dari berbagai sumber serta sebaran intensitas gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 dan hasil running program Arc-View disajikan dalam Gambar 5.5 hingga Gambar 5.11

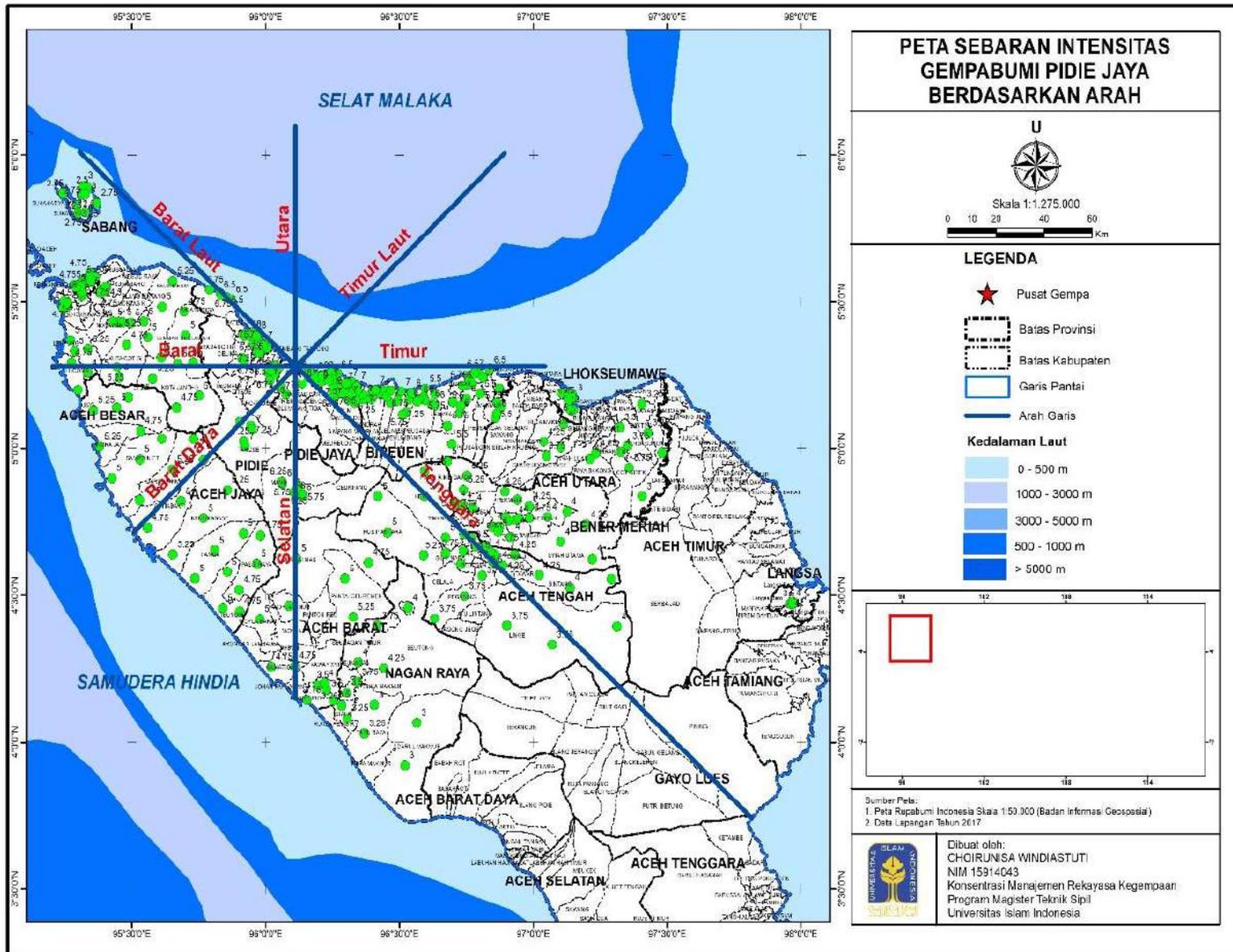


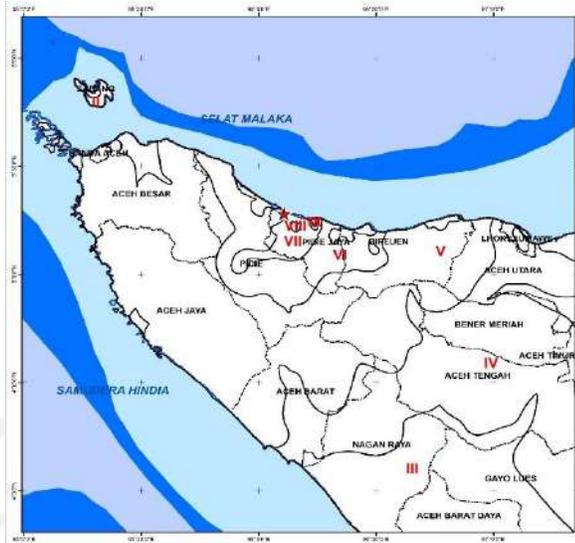












Gambar 5.12 Peta Kontur Isoleismal Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Isoleismal untuk gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 (Gambar 5.12) cenderung berbentuk elips dikarenakan derajat kerusakan bangunan, reaksi orang, dan respon objek terdistribusi merata secara acak. Asumsi bahwa kerusakan bangunan tersebar berada di sekitar episenter dan intensitas gempa akan berkurang secara radikal dengan semakin jauh jarak episenter.

Pola garis isoleismal untuk intensitas VI- VII MMI tidak mendekati lingkaran, tetapi cenderung memanjang berbentuk elips mengikuti sesar Samalanga. Pola kontur isoleismal yang memanjang mengikuti sesar ini menunjukkan bahwa pergerakan sesar dan kondisi tanah setempat sangat berpengaruh terhadap besarnya intensitas yang terjadi.

Peta isoleismal (Gambar 5.8) ditampilkan dalam beberapa gradasi warna yang menunjukkan perbedaan kawasan berdasarkan tingkat skala intensitas. Peta isoleismal yang diperoleh menunjukkan bahwa wilayah dengan intensitas IX MMI berada disekitar episenter dengan tingkat kerusakan yang sangat parah. Intensitas IX MMI terdapat di 1 kecamatan di daerah Kabupaten Pidie Jaya meliputi Kecamatan Meureudu. Untuk intensitas VIII MMI terdapat di Trienggading dan Pante Raja. Besarnya intensitas di 3 kecamatan ini dikarenakan letaknya berdekatan dengan pusat gempa. Intensitas IX MMI disebabkan oleh getaran gempa yang merambat melalui permukaan tanah melewati permukiman

warga sehingga mengakibatkan kerusakan pada bangunan rumah tinggal, sekolah, perkantoran, tempat ibadah, jalan dan jembatan serta kerusakan alam lainnya.

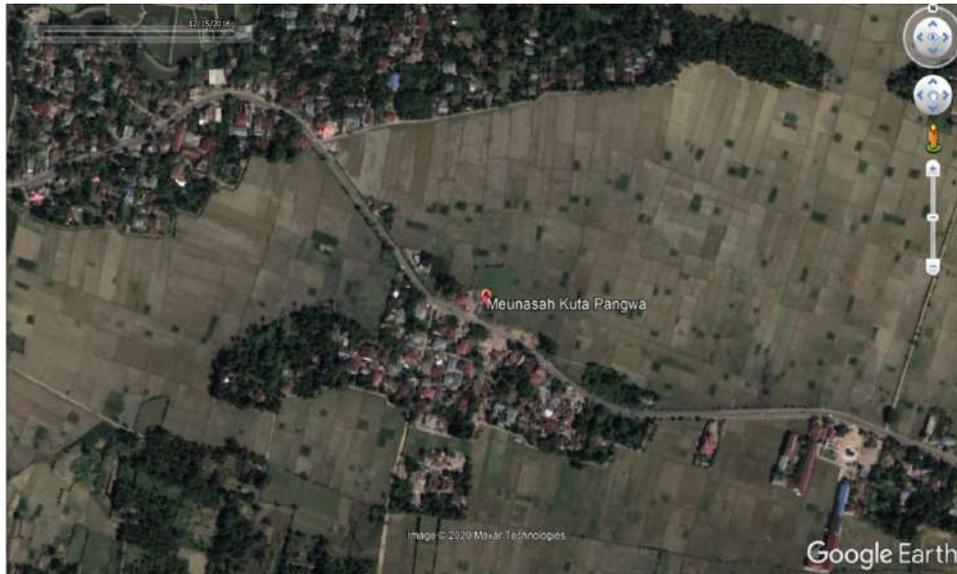
Dampak gempa yang paling parah dirasakan oleh warga Desa Kuta Pangwa Kecamatan Trienggading Kabupaten Pidie Jaya. Tingkat kerusakan di desa ini sangat parah dimana 90 % seluruh bangunan yang ada di desa ini ambruk atau sudah tidak dapat digunakan lagi. Dampak yang dirasakan tidak hanya kerusakan rumah namun juga kehilangan tanah tempat mereka tinggal hingga nyawa dikarenakan rumah- rumah warga roboh.



**Gambar 5.13 Desa Kuta Pangwa yang terkena dampak Gempabumi Pidie Jaya
(Data Sekunder 2020)**

Desa Kuta Pangwa terletak di Kecamatan Trienggadeng Kabupaten Pidie Jaya dengan luas wilayah 106 Ha. Gampong Kuta Pangwa berada di samping jalan besar Banda Aceh – Medan. Gampong ini dikelilingi oleh persawahan yang menjadi mata pencarian warga serta di belakang rumah warga terdapat pegunungan. Jenis Tanah yang terdapat di desa Kuta Pangwa ini berjenis alluvial yang memiliki ciri tanah endapan di bentuk dari lumpur dan pasir halus yang mengalami erosi tanah. Dilihat dari jenis tanah maka dapat menyebabkan liquifaksi di daerah sekitar. Kasus ini banyak dijumpai dengan menyemburnya air dan pasir dari dalam tanah di daerah persawahan dan dekat sungai serta naiknya permukaan sumur- sumur penduduk karena naiknya pasir ke atas. Fenomena liquifaksi ini menyebabkan ketika tanah bergetar akibat gempabumi perilaku

tanah berpasir lepas yang jenuh air tidak ubahnya seperti cairan karena tanah telah kehilangan daya dukungnya. Sedikit goyangan saja tanah bergerak akan mengakibatkan kerusakan berat di daerah sekitar. Gambar 5.14 merupakan kondisi topografi desa Kuta Pangwa

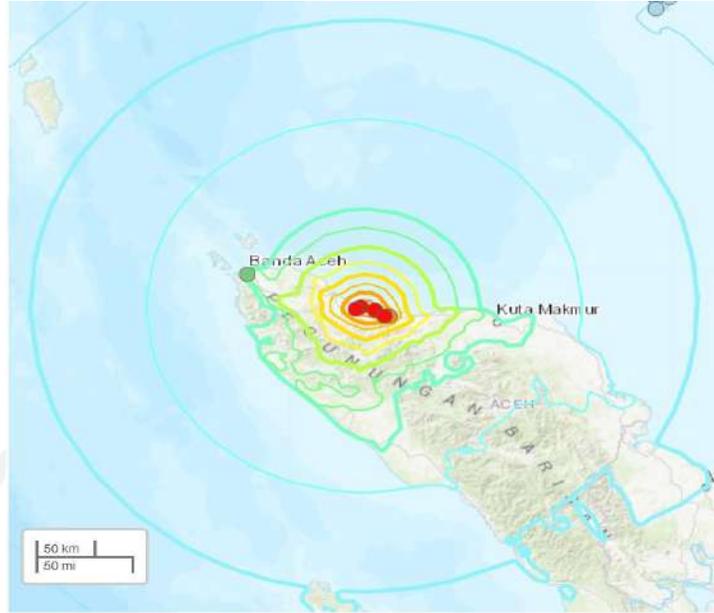


Gambar 5.14. Topografi Desa Kuta Pangwa dan Sekitarnya

(Sumber : <https://earth.google.com/web/search/> diakses 1 mei 2020 : 07.00 WIB)

Intensitas VII MMI tersebar di Kecamatan Jangka Buya, Kecamatan Ulim, Kecamatan Meurah Dua, Kecamatan Bandar Baru, Kecamatan Bandar Dua dan Kecamatan di daerah Pidie dan Biereun. Dimana intensitas ini terletak pada radius 13 km dari pusat gempa bumi sehingga pada kawasan ini banyak rumah warga dan bangunan infrastruktur lainnya yang mengalami kerusakan. Kerusakan bangunan banyak terjadi di arah selatan dan barat daya episenter karena kawasan ini adalah daerah yang padat penduduk sedangkan untuk arah barat laut dan tenggara dengan kepadatan penduduk yang tidak relative padat tetapi tipe kerusakannya hampir sama dengan daerah yang padat penduduk. Selain kerusakan bangunan kerusakan geologi sangat banyak dijumpai juga seperti banyaknya akses jalan yang putus akibat rekahan pada badan jalan dan keadaan geologi lainnya.

Berikut merupakan peta isoseismal skala MMI untuk gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 yang dikeluarkan oleh USGS yang ditampilkan pada Gambar 5.15



**Gambar 5.15 Peta Isoseismal Gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016
dipublikasikan Oleh USGS**

(Sumber : <https://earthquake.usgs.gov> diakses tanggal 1 Mei 2020, 02.30 WIB)

Berdasarkan Gambar 5.15 terlihat bahwa bentuk Peta Isoseismal line tampak agak regular, yang artinya garis isoseismal mendekati bentuk lingkaran. Bentuk isoseismal line ini hampir sama seperti hasil penelitian yang terlihat pada Gambar 5.12 Perbedaan antara kedua peta isoseismal ini adalah pada skala maksimum intensitas MMI. Pada hasil penelitian intensitas maksimum diperoleh IX MMI sedangkan yang dikeluarkan oleh USGS intensitas maksimum VIII. Perbedaan ini terjadi karena data yang digunakan untuk membuat peta isoseismal berbeda. Data yang digunakan oleh USGS dalam pembuatan peta isoseismal yaitu data survey cepat yang dilakukan melalui internet, sedangkan untuk hasil penelitian isoseismal gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 dengan cara pengambilan data langsung observasi ke lapangan dengan data yang digunakan untuk penelitian meliputi respon orang, respon objek, respon lingkungan dan respon bangunan serta wawancara sehingga intensitas maksimum yang diperoleh adalah IX MMI.

Peta isoseismal untuk gempa bumi Yogyakarta 2006 hampir mirip dengan isoseismal untuk gempa Pidie Jaya 2016. Bentuk Peta isoseismal gempa bumi Yogyakarta tidak mendekati lingkaran tetapi berbentuk elips. Hal ini disebabkan moletrack yaitu Pada gempa bumi tektonik dengan sumber dangkal atau sangat

dangkal, pelentingan yang terjadi dalam sumber gempanya umumnya akan muncul di paras Bumi tepat di atas sumber gempa sebagai retakan-retakan berpola yang disebut moletrack. Moletrack menjadi indikasi dari surface rupture sebuah gempa bumi tektonik dangkal, sebagai cerminan dari sumber gempa yang ada di bawahnya. Karena Bentuk isoseismal gempabumi satu dengan gempabumi lainnya berbeda-beda tergantung dari jenis gempabumi yang terjadi. Menurut Wenner (1976) bentuk patahan akan dipengaruhi oleh ukuran gempa. Gempa besar cenderung mengakibatkan patahan memanjang sedangkan gempabumi kecil cenderung mengakibatkan patahan bujur sangkar atau lingkungan.

Kabupaten Pidie Jaya memiliki klasifikasi Kelerengan <8% dengan luas wilayah 45.789,8 Ha, 8% – 15% luas wilayah 24.452,3 Ha, 16% - 25% luas wilayah 22.012,9 Ha, 26% - 40% luas wilayah 1.493,7 Ha, dan >40% luas wilayah 1.479,5 Ha. Berdasarkan kondisi ketinggian Kabupaten Pidie Jaya dibedakan menjadi datar, landai, Agak Curam, Curam, dan Sangat Curam dengan ketinggian 0 mdpl hingga 2300 mdpl yang merupakan factor menyebabkan banyaknya kerusakan rumah warga. Klasifikasi dan kelas kelerengan ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4Klasifikasi Lereng, Kelas Lereng, dan Luas Wilayah Kabupaten Pidie Jaya

No	Kecamatan	Klasifikasi Lereng	Kelas Lereng	Luas Wilayah
1	Ulim	<8%	Datar	3680.5
		8% - 15%	Landai	278.4
		16% - 25%	Agak Curam	208.5
2	Trienggading	<8%	Datar	7899
		8% - 15 %	Landai	29.2
3	Pante Raja	<8%	Datar	1453.8
4	Meureudu	<8%	Datar	4416.2
		8% - 15%	Landai	2872.9
		16% -25%	Agak Curam	4469.9
		26% - 40%	Curam	202.1
		>40%	Sangat Curam	511.1
5	Meurah Dua	<8%	Datar	10203
		8% - 15%	Landai	11574.7
		16% - 25%	Agak Curam	6170.1
		26% - 40%	Curam	339.1
		>40%	Sangat Curam	414.9
6	Jangka Buya	<8%	Datar	927.4
		8% - 15%	Landai	0.1
7	Bandar Dua	<8%	Datar	6539.3
		8-% -15%	Landai	3691.9
		16% - 25%	Agak Curam	6422.2
		26% - 40%	Curam	325.5
		>40%	Sangat Curam	553.5
8	Bandar Baru	<8%	Datar	10670.6
		8% - 15%	Landai	6005.1
		16% - 25%	Agak Curam	4742.2
		26% - 40%	Curam	627
Jumlah				95228.2

Sumber: Bappeda Provinsi Aceh

Kerusakan yang terjadi pada kasus gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 sangat berbeda dengan yang terjadi gempabumi Yogyakarta (2006). Respon tanah

di daerah perbukitan berbeda dengan respon tanah di daerah daratan (datar). Pergerakan tanah di daerah perbukitan lebih besar dan cepat dibandingkan dengan daerah daratan. Hal ini yang menyebabkan banyak rumah yang rusak akibat adanya getaran dari gempa bumi. Pada gempa bumi Yogyakarta (2006) kerusakan rumah banyak terjadi di sekitar sesar Opak dan Sesar Jiwo yang struktur tanahnya merupakan sedimen endapan lahar Gunung Merapi yang relatif masih muda. Kondisi geologi yang berupa endapan gunung api muda yang relatif masih lunak dan keberadaan sesar ini diperparah dengan kondisi muka air yang rata-rata berkisar 0 - 4 m untuk daerah sekitar sungai opak (Eko Soebowo dkk, 2007 dalam Wijaya 2009). Pada Kondisi kemampuan geologi yang rendah pada zona endapan Merapi muda di sekitar Sungai Opak dan Sesar Opak serta banyaknya likuifaksi yang terjadi di sepanjang Sungai Opak juga berpengaruh terhadap banyaknya kerusakan rumah. (Wijaya 2006).

Sedangkan pada kasus gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 kerusakan banyak terjadi di daerah yang sangat dekat dengan episenter gempa bumi karena getaran yang dialami oleh bangunan pada daerah ini sangat kuat serta banyaknya letak permukiman warga yang berada di daerah tanah lunak dan transisi antara pegunungan dan tanah lunak sehingga mengakibatkan banyak rumah yang rusak karena tidak mampu menahan berat bangunan. Seiring dengan bertambahnya jarak getaran gempa juga semakin berkurang. Berkurangnya getaran gempa dikarenakan struktur batuan.

Gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 ini telah meninggalkan trauma bagi masyarakat yang tinggal disekitar zona gempa. Robohnya rumah dan bangunan yang terjadi di beberapa tempat Kabupaten Pidie Jaya dan Kabupaten sekitarnya menyebabkan banyaknya korban jiwa. Banyaknya rumah dan bangunan yang rusak ini dikarenakan Sumber Gempa yang cukup dangkal atau sekitar 8,2 Km. Selain dekatnya Sumber Gempa dengan permukaan, efek topografi juga sangat berpengaruh terhadap kerusakan bangunan.

5.4 Fungsi Atenuasi Intensitas Terhadap Jarak Untuk Gempabumi PidieJaya 7 Desember 2016

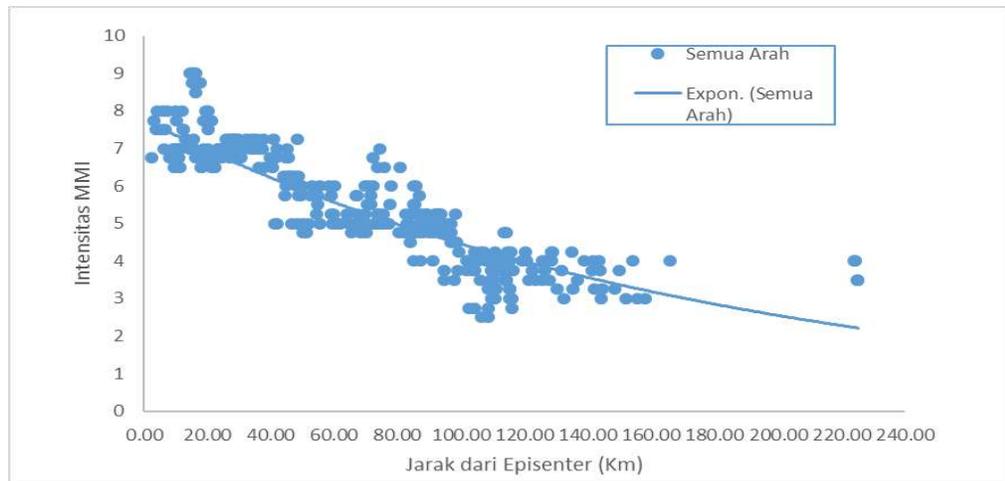
Atenuasi intensitas dan jarak untuk gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 mengacu berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Sutardjo dkk (1985) dalam Wijaya (2009) yang dikembangkan di Indonesia dengan rumus $I_x = I_o \cdot e^{-b \cdot x}$. Rumus formula matematika ini menunjukkan bahwa tingkat intensitas gempabumi berkurang secara eksponensial mengikuti jarak dari episenter. Semakin jauh suatu lokasi dari episenter maka intensitas gempanya akan semakin kecil. Persamaan atenuasi intensitas dan jarak diperoleh dengan melakukan *Plotting dan* terhadap titik-titik data intensitas MMI yang diperoleh dengan jarak dari episenter. Jarak antara intensitas MMI dan episenter ditunjukkan Pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Hubungan intensitas MMI dan Jarak Episenter

Desa	MMI	Koordinat Lokasi		Episenter		Jarak
		Longitude	Latitude	Xi	Yi	
Muka Blang	7.50	96.134140	5.256630	96.108	5.281	4.76
Tampui	8.00	96.136830	5.222490			7.56
Kota Meureudu	9.00	96.250100	5.252850			9.69
Mesjid Tuha	8.75	96.249540	5.248870			9.79
Rhieng Krueng	9.00	96.236400	5.250560			8.39
Rhieng Blang	9.00	96.246310	5.251030			9.37
Meunasah Balek	8.50	96.253862	5.261210			9.81
Meuraksa	8.75	96.244230	5.259440			8.84
Kuta Pangwa	7.50	96.215140	5.244650			6.74
Matang	7.75	96.191150	5.244390			5.00
Buloh	7.50	96.208510	5.229930			7.41
Peulandok Teungoh	8.00	96.185850	5.239240			5.25
Me Pangwa	8.00	96.211730	5.247420			6.25
Hagu	7.75	96.134150	5.267030			4.15
Lhok Puuk	8.00	96.128270	5.250250			5.71
Peuradeu	7.50	96.154030	5.265550			2.48
Tunong Pantee Raja	8.00	96.150050	5.246090			4.56
Reudeup	7.50	96.164630	5.262830			2.27

Sumber: Hasil Pengolahan Data

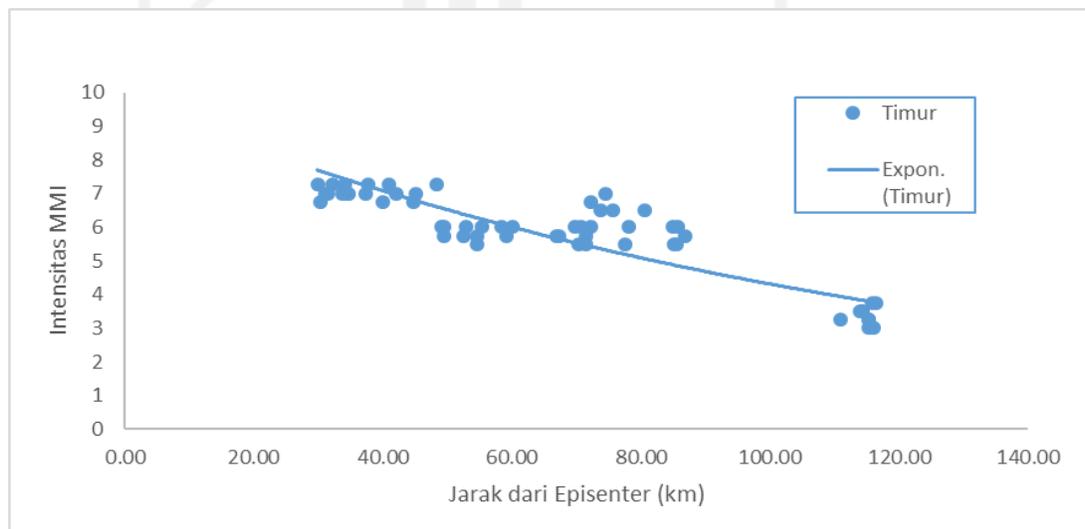
Berdasarkan Tabel 5.5 hasil hubungan antara intensitas dan jarak ditunjukkan pada Gambar 5.16



Gambar 5.16 Hubungan Intensitas dan Jarak Untuk Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016

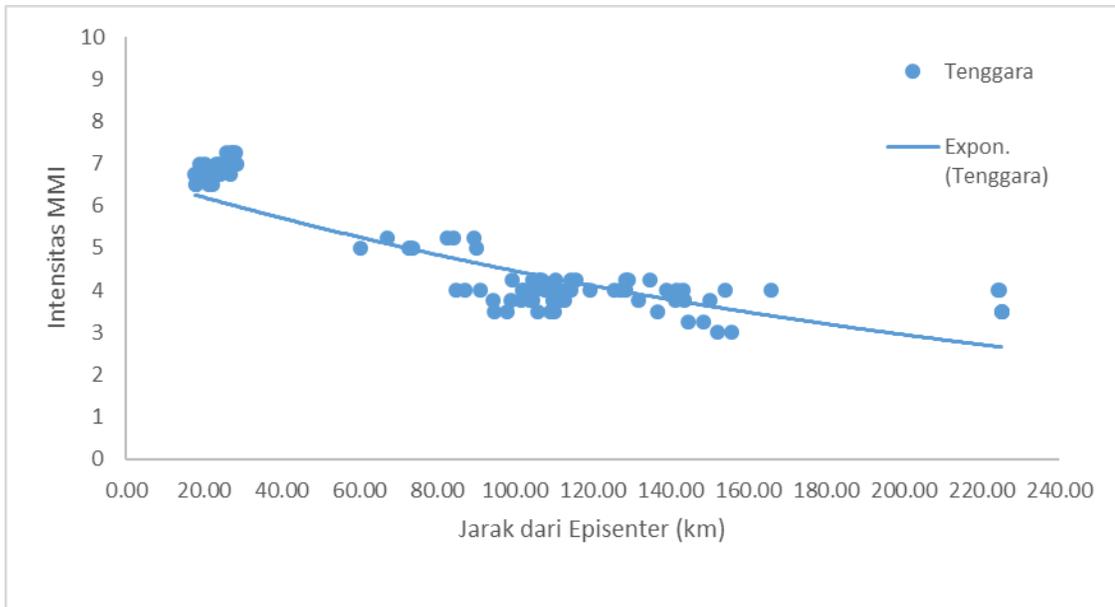
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Hasil perhitungan regresi eksponensial yang diperoleh bantuan software MS Excell, maka dari plotting-plotting data setelah diregresi diperoleh sebuah persamaan eksponensial $I_x = 5.840 e^{-0.0017x}$. Proses perhitungan secara manual persamaan eksponensial dan koefisien korelasi (r) disajikan pada lampiran 5. Untuk mengetahui hubungan intensitas dan jarak dalam berbagai arah Gambar 5.7 yaitu Arah Barat Daya, Arah Barah Laut, Arah Barat, Arah Selatan, Arah Tenggara dan Arah Timur dapat dilihat pada Gambar 5.17 sampai dengan Gambar 5.22

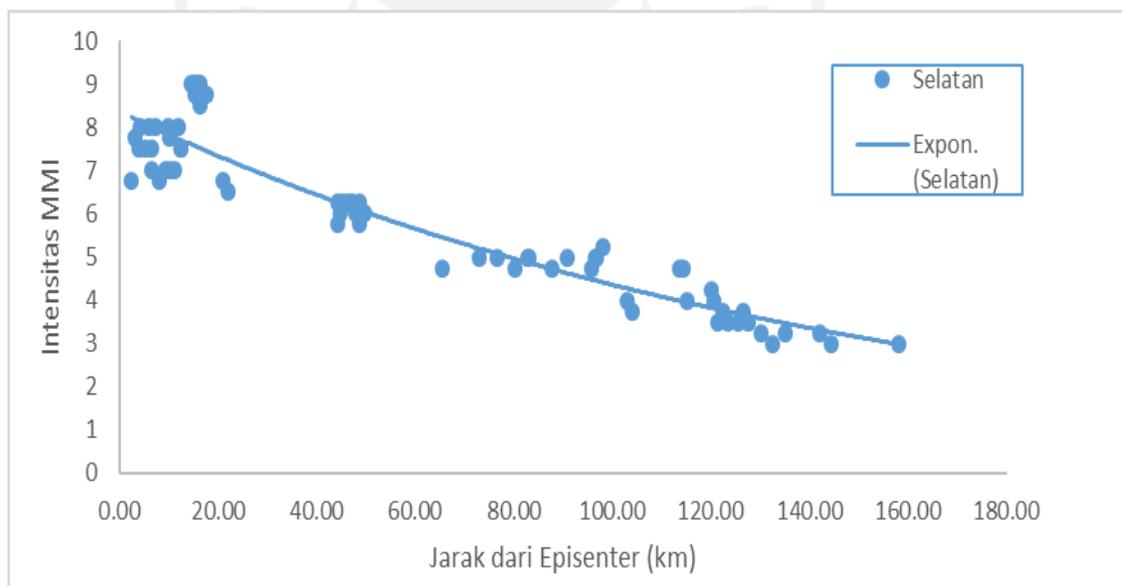


Gambar 5.17 Hubungan Intensitas dan Jarak Untuk Arah Timur

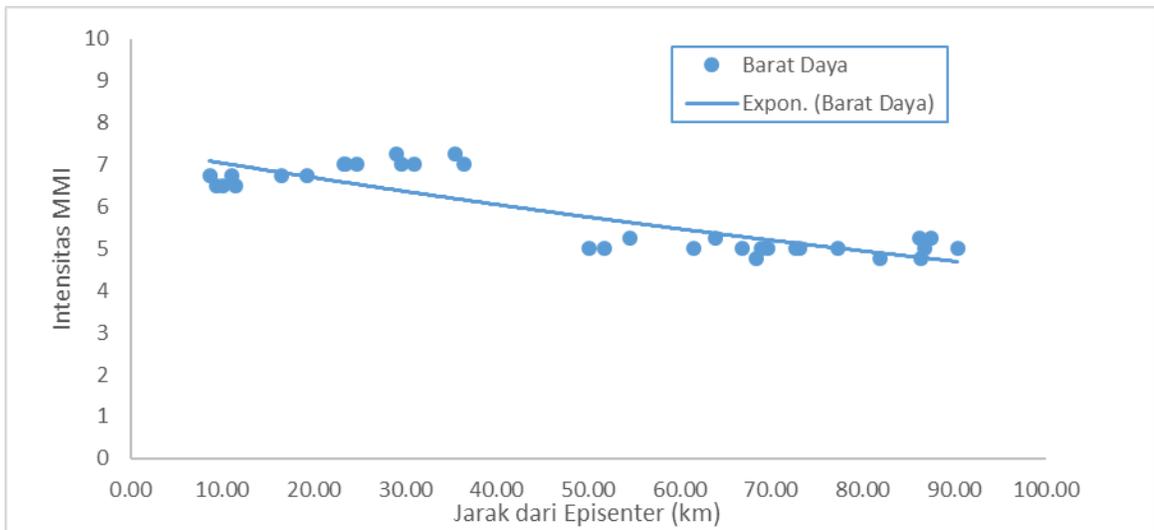
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



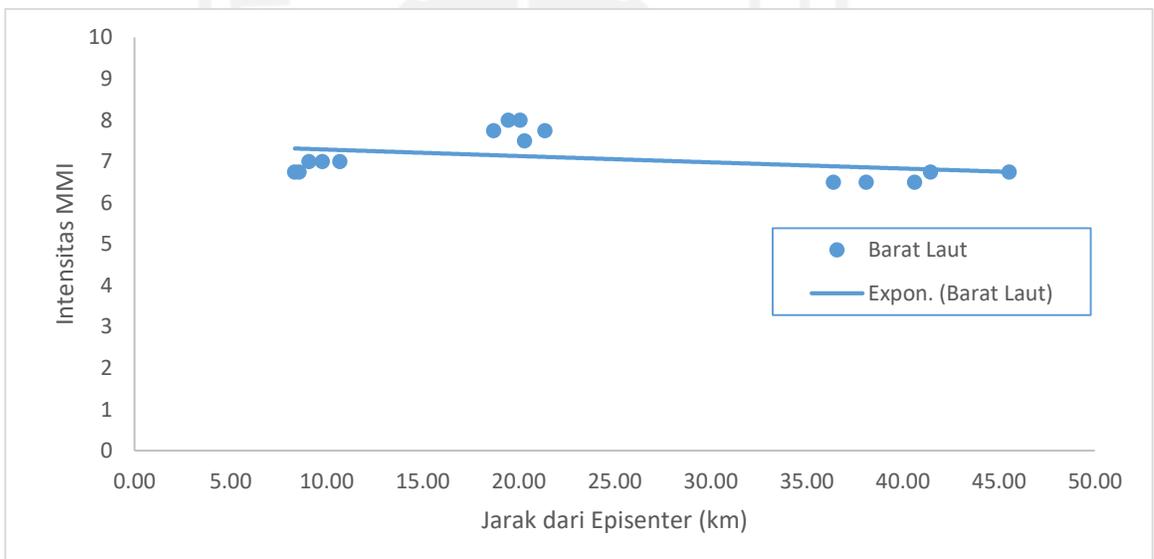
Gambar 5.18 Hubungan Intensitas dan Jarak Untuk Arah Tenggara
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



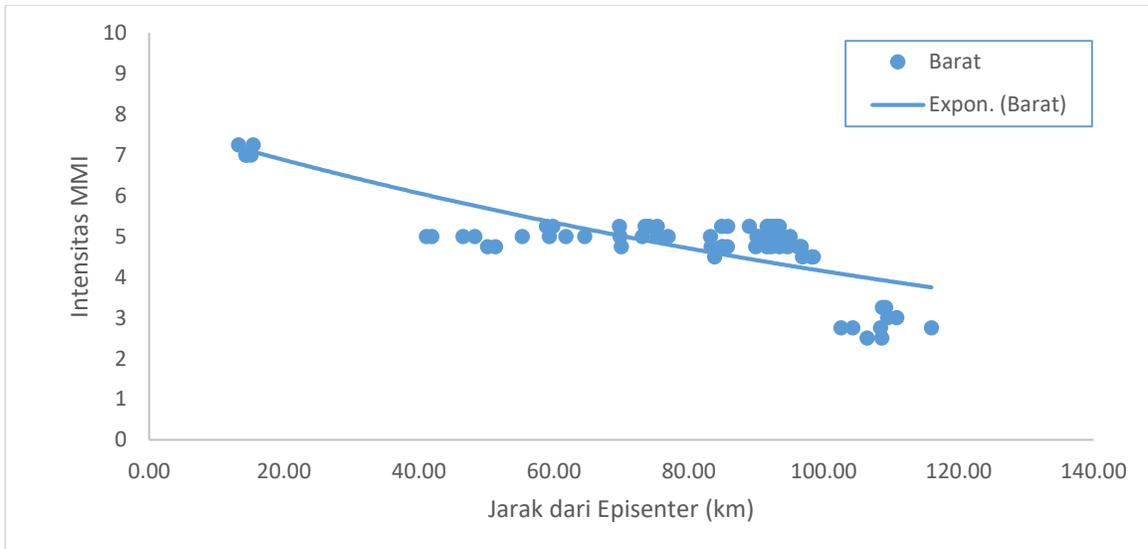
Gambar 5.19 Hubungan Intensitas dan Jarak Untuk Arah Selatan
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar 5.20 Hubungan Intensitas dan Jarak Untuk Arah Barat Daya
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar 5.21 Hubungan Intensitas dan Jarak Untuk Arah Barat Laut
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

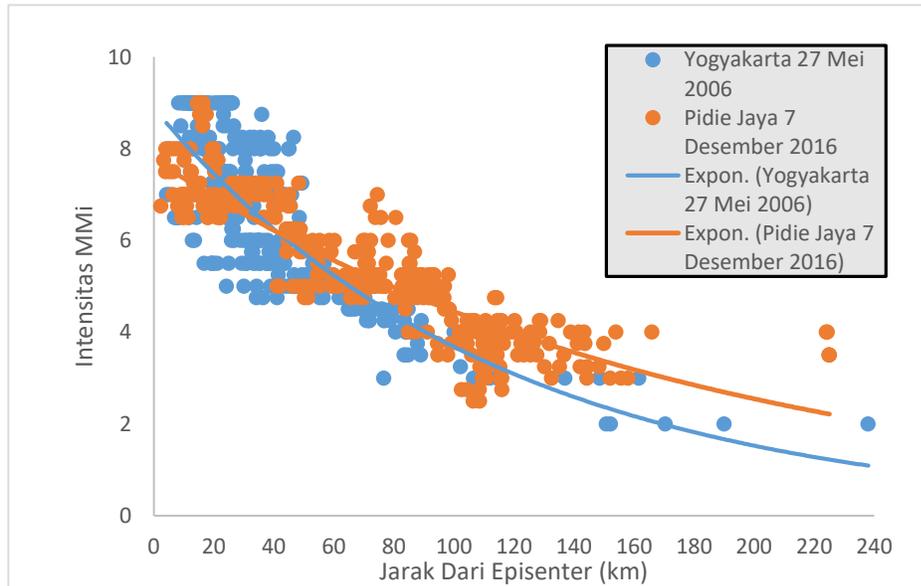


Gambar 5.22 Hubungan Intensitas dan Jarak Untuk Arah Barat
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Hasil Atenuasi untuk arah Barat Daya adalah $I_x(a)=y = 6.1489e^{-0.0013}$, arah Barat Laut $I_x(b)=7.174e^{-0.00057}$, arah Barat $I_x(c)= 4.926e^{-0.0006}$, arah Selatan $I_x(d) = 6.639e^{-0.0027}$, arah Tenggara $I_x(e) = 4.887e^{-0.00088}$ dan arah Timur $I_x(f)=y = 6.136e^{-0.00121}$.

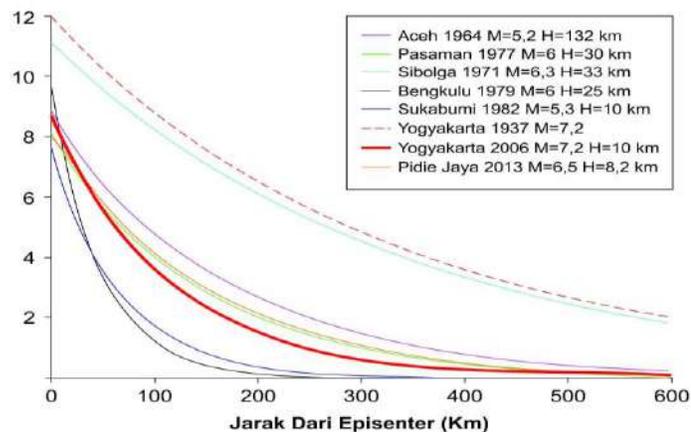
Distribusi intensitas berdasarkan jarak untuk gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 dibandingkan dengan gempa bumi Yogyakarta 27 Mei 2006 dapat dilihat pada Gambar 5.23 distribusi sampel untuk intensitas Gempa Yogyakarta 2006 lebih banyak dan rapat dibandingkan dengan persebaran intensitas untuk gempa Pidie Jaya 2016, hal ini terjadi karena kepadatan penduduk di Pidie Jaya lebih kecil dibandingkan dengan kepadatan penduduk di Yogyakarta. Persamaan atenuasi intensitas dan jarak untuk gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 dibandingkan dengan atenuasi intensitas serupa untuk gempa Yogyakarta 2006, maka intensitas gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 lebih cepat dibandingkan atenuasi gempa Yogyakarta 2006 terlihat pada Gambar 5.xx atenuasi dan intensitas dan jarak yang terjadi sangat dipengaruhi oleh besarnya magnitudo gempa, semakin besar magnitudo gempa maka semakin besar intensitas gempa disekitar pusat episenter dan radius getaran yang disebabkan gempa bumi juga semakin jauh. Oleh karena itu gempa Yogyakarta 27 Mei 2006 dengan magnitudo

ML=6,3 mempunyai intensitas getaran yang lebih besar bila dibandingkan dengan gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 dengan magnitudo ML= 6,5. Getaran gempa Yogyakarta 2006 terasa sampai radius 250 km sedangkan gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 hanya terasa pada radius 140 km.



Gambar 5.23 Persebaran Sampel Intensitas Untuk gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006 (Wijaya, 2009) dan Gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016

Berdasarkan Gambar 5.23 atenuasi gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 lebih cepat dibandingkan dengan atenuasi gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006 walaupun tipe gempabuminya sama yaitu shallow crustal (gempa dangkal). Hal ini terjadi karena struktur tanah di Kabupaten Pidie Jaya yaitu didominasi oleh alluvial yang lebih tinggi penyerapan energy gempa dibandingkan struktur tanah di Yogyakarta yang didominasi tanah lunak hasil sedimen endapan lahar Gunung Merapi yang relatif masih muda.



Gambar 5.24 Atenuasi Untuk Beberapa Kejadian Gempa di Indonesia (wijaya, 2009) dan Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016

Berdasarkan Gambar 5.24 terdapat beberapa atenuasi intensitas dan jarak untuk kejadian gempabumi yang pernah terjadi di Indonesia. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui perbedaan atenuasi dari gempabumi yang pernah terjadi di Indonesia dengan gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016. Dari perbandingan beberapa atenuasi ternyata gempabumi yang episenternya darat cenderung beratenuasi lebih cepat dibandingkan dengan gempabumi yang episenternya di laut. Hal ini menunjukkan gempabumi yang episenternya di darat cenderung mempunyai radius getaran yang lebih pendek dibandingkan dengan episenternya di laut. Perbedaan ini terjadi karena gempabumi yang terletak di laut merupakan hasil tumbukkan-tumbukkan plat-plat tektonik yang menimbulkan energy yang lebih besar dibandingkan dengan gempa yang episenter di darat umumnya di sebabkan oleh patahan-patahan lokas model strikes slip, dip slip, dan dip-strike slip yang energi gempanya tidak sebesar gempa di zona subduksi bawah laut.

5.5 Kerentanan Bangunan Rumah Tinggal

Dalam banyak kasus kejadian gempabumi, manusia (nyawa) dan harta benda (rumah dan isi rumah) merupakan komponen yang sangat rentan. Banyak kasus kejadian gempabumi besar telah menyebabkan ratusan ribu rumah dan nyawa hilang. Tabel 1.1 pada Bab I menunjukkan hal tersebut.

Kontribusi banyaknya korban jiwa dan harta tersebut salah satunya disebabkan oleh bangunan rumah tinggal yang tidak sesuai dengan standar, sehingga rentan terhadap ancaman gempa bumi. Kerentanan bangunan rumah tinggal terhadap gempa bumi telah dibuat dalam beberapa hubungan parameter gempa dengan persentase kerusakan rumah yang terjadi. Hubungan antara percepatan gempa (a) dengan persentase kerusakan dan hubungan antara intensitas gempa MMI dengan persentase kerusakan c biasa dipakai untuk melihat sejauh mana kerentanan bangunan rumah tinggal pada suatu kejadian gempa bumi.

Sebuah rumah tinggal terdiri dari beberapa bagian komponen. Komponen tersebut meliputi struktur bawah hingga struktur atas bangunan. Masing-masing komponen struktur memiliki fungsi tersendiri untuk mencapai fungsi dari rumah tinggal. Rumah yang difungsikan sebagai tempat tinggal harus mampu melindungi penghuninya dari segala sesuatu yang mengancam seperti bencana alam. Namun pada kenyataannya tidak semua rumah mampu melaksanakan fungsi yang baik, bahkan ada rumah yang tidak menjalankan fungsinya sehingga memberikan kerugian baik fisik maupun material bagi penghuninya.

Kaitannya dengan gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 yang memberikan dampak cukup besar pada struktur rumah tinggal pasangan batubata dengan atau tanpa perkuatan. Kondisi bangunan rumah tinggal dengan atau tanpa perkuatan pada intensitas tinggi sangat memprihatinkan. Banyak rumah yang mengalami kerusakan dengan tipe kerusakan mulai dari rusak ringan hingga roboh. Tetapi semakin kecil intensitasnya maka semakin kecil jumlah kerusakan rumah.

Pada suatu bangunan rumah pondasi memiliki fungsi sangat besar yaitu menjaga kestabilan suatu bangunan. Pasca terjadinya gempa bumi kondisi pondasi bangunan sebagian besar tidak mengalami kerusakan walau kondisi bangunan sudah roboh. Pondasi yang digunakan untuk rumah tinggal di daerah Kabupaten Pidie Jaya dan daerah sekitar sebagian besar menggunakan pasangan batu gunung / batu kali, hanya sebagian kecil yang menggunakan pondasi cakar ayam. Untuk memperkuat pondasi warga sudah menggunakan balok pengikat (sloof) sepanjang pondasi tersebut.

Bagian yang terpenting dari suatu bangunan yang lainnya adalah kolom yang berfungsi menompang beban suatu rumah. Kondisi rumah di Kabupaten Pidie Jaya sudah banyak memakai kolom namun spesifikasi kolom bangunannya banyak yang tidak memenuhi syarat salahsatunya ukuran pembesian yang kecil dan jarak sengkangnya yang terlalu jauh serta penempatan kolom pada bangunan yang tersebar tidak merata. Sehingga mengakibatkan banyak rumah yang rusak akibat kolom bangunan tidak mampu menahan getaran yang diakibatkan oleh gempabumi. Kerusakan pada kolom bangunan sangat banyak dijumpai pada kawasan yang berintensitas tinggi kerusakan tersebut meliputi rusak ringan hingga roboh.

Pada bagian dinding bangunan rumah tinggal di Kabupaten Pidie Jaya kebanyakan menggunakan pasangan batu bata dengan tebal $\frac{1}{2}$ bata, namun ada juga yang menggunakan batako dan kayu sebagai dinding. Kerusakan pada bagian dinding sangat banyak ditemui di kawasan yang berintensitas tinggi, jenis kerusakan yang ditemui baik rusak ringan seperti retak hingga dinding mengalami keruntuhan.

Pada bagian ring balok bangunan rumah tinggal Kabupaten Pidie Jaya untuk bangunan yang dibangun delapan puluhan tidak menggunakan ring balok sehingga mengurangi kekuatan suatu bangunan, namun bangunan yang dibangun di atas tahun 2006 an ke atas sudah banyak menggunakan ring balok hanya saja spesifikasinya tidak memenuhi standar bangunan tahan gempa. Sehingga ketika dilanda gempabumi banyak rumah yang mengalami kerusakan terutama di daerah yang intensitasnya tinggi.

Kondisi bangunan rumah tinggal di Kabupaten Pidie Jaya pada umumnya sudah banyak ditemui rumah pasangan batu bata dengan perkuatan, namun spesifikasinya belum memenuhi standar, sehingga akibat struktur bangunan yang kurang baik untuk menerima maupun menyalurkan beban-beban ketika ada gaya lain yang mengganggu struktur bangunan maka bangunan tersebut akan rusak dan roboh.

Pada bagian atap bangunan rumah tinggal di Kabupaten Pidie Jaya untuk struktur rangka atapnya kebanyakan menggunakan kayu dan bagian penutup atap

menggunakan seng. Struktur atap merupakan struktur bangunan yang rentan terhadap gempa bumi. Kerusakan pada struktur atap mengikuti kerusakan pada struktur kolom dan ring balok suatu bangunan. Pada gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 kerusakan pada struktur atap dilihat dari kondisi atapnya tidak banyak mengalami kerusakan walaupun rumah sudah dalam keadaan roboh. Hal ini terjadi karena struktur atap rumah di Kabupaten Pidie Jaya menggunakan rangka kayu dan penutup atap seng yang beban atapnya lebih ringan dibandingkan atap menggunakan genteng.

Pada kasus gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 kerusakan bangunan sangat banyak terjadi di lokasi yang berdekatan dengan episenter gempa bumi. Bangunan rumah tinggal sebagai objek penelitian diambil pada lokasi tertentu dengan system Purposive Sample dilakukan dengan cara mengambil sampel bukan berdasarkan atas strata dan random, tetapi didasarkan adanya tujuan tertentu. Dalam pengambilan sampel bertujuan peneliti juga tidak perlu memiliki kuota, akan tetapi dengan memilih orang-orang tertentu saja, karena berdasarkan pertimbangan tertentu pula dapat dianggap mewakili populasi. Teknik ini dilakukan karena beberapa pertimbangan, misalnya karena keterbatasan waktu, tenaga, dan dana sehingga tidak dapat mengambil sampel yang besar dan jauh.

Kerentanan bangunan rumah tinggal untuk setiap skala intensitas gempa dibuat untuk melihat kurva kerentanan bangunan rumah tinggal yang terjadi. Data sebelum gempa dan data kerusakan rumah setelah gempa diambil dari Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya selanjutnya dikelompokkan berdasarkan daerah intensitas gempa. Perhitungan dilakukan dengan membagi luas wilayah tingkat intensitas perkecamatan.

Sesuai dengan teori atenuasi intensitas gempa, bahwa intensitas gempa bumi menurun seiring dengan jarak yang makin jauh dari episenter. Hal inipun akan menunjukkan bahwa kerentanan bangunan terhadap getaran gempa (ground shaking) akan menurun seiring dengan menurunnya intensitas gempa. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ozmen dan Dowrick pada Bab II telah menguraikan dengan jelas tentang hal tersebut.

Pada kasus gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016, dengan segala keterbatasan data (terutama data bangunan / building stock), kerentanan bangunan rumah untuk tiap skala intensitas gempa akan dibuat untuk melihat kurva kerentanan bangunan rumah tinggal yang akan terjadi. Data rumah sebelum gempa dan data kerusakan rumah setelah gempa diambil dari pemerintah dan selanjutnya dikelompokkan berdasarkan daerah intensitas gempanya.

Tiap-tiap daerah intensitas gempa akan dihitung luasnya terlebih dahulu. Perhitungan dilakukan dengan membagi luas perkecamatan yang berada pada tingkat intensitas tertentu. Misalnya untuk kecamatan Meureudu dengan luas wilayah 124,79 km² ternyata setelah dihitung daerah yang masuk dalam intensitas IX 75.48 km². Berdasarkan hasil pengelompokan intensitas dari tiap-tiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 5.6 dibawah ini

Tabel 5.6 Perhitungan Luas Daerah Berdasarkan Intensitas

Intensitas	Kabupaten	Kecamatan	Luas Wilayah Kecamatan (km²)	Luas Daerah yang Masuk Intensitas (km²)
IX	Pidie Jaya	Meureudu	124,79	75.48
		Total Luas		75.48
VIII	Pidie Jaya	Trienggading	79,37	56.21
		Pante Raja	15,00	14.69
		Total Luas		70.90
VII	Pidie Jaya	Jangka Buya	9,35	5.35
		Ulim	41,75	20.99
		Meurah Dua	287,07	139.152
		Bandar Dua	174,32	81.24
		Bandar Baru	220,47	103.17
		Total Luas		349.902

Sumber : Data yang telah diolah

Dalam perhitungan kerentanan rumah tinggal terhadap gempa bumi data rumah tinggal dipakai data Kepala Keluarga (KK) sebelum terkena gempa bumi. Data ini digunakan dikarenakan pemerintah setempat tidak memiliki data jumlah

rumah di kawasan tersebut. Penelitian ini menggunakan asumsi untuk satu KK dianggap satu rumah. Kemudian perhitungan jumlah rumah tinggal suatu daerah intensitas tertentu dilakukan menurut luas daerah perkecamatan yang masuk dalam intensitas tertentu, dengan cara luas daerah yang masuk intensitas tertentu (Tabel 5.6) dibandingkan dengan luas kecamatan tertentu (Tabel 5.6) dikalikan dengan jumlah rumah yang berada di kecamatan tersebut (Tabel 5.6). Sebagai contoh untuk Kecamatan Muara Dua dengan luas wilayah 287.07 Km² memiliki jumlah rumah sebelum gempa bumi 3161 rumah. Kemudian dilakukan estimasi pada tiap-tiap daerah intensitas diperoleh jumlah rumah sebelum gempa untuk intensitas IX dengan luas 75.48 km² sebanyak 5128 rumah, intensitas VIII dengan luas 70.90 Km² sebanyak 5969 rumah, dan intensitas VII dengan luas 349.902 Km² sebanyak 12209 Rumah dan seterusnya. Perhitungan jumlah rumah pada daerah dengan intensitas tertentu dapat dilihat pada Tabel 5.7

Setelah memperoleh jumlah rumah tinggal pada intensitas tertentu kemudian dilakukan estimasi jumlah rumah yang rusak akibat gempa bumi yang dikelompokkan dengan cara yang sama yaitu berdasarkan luas daerah perkecamatan yang masuk dalam daerah intensitas tertentu. Total kerusakan rumah untuk Kecamatan Muara Dua adalah 151 rumah. Estimasi kerusakan pada tiap-tiap daerah intensitas diperoleh jumlah rumah yang rusak untuk intensitas IX dengan luas 75.48 km² sebanyak 3367 rumah, intensitas VIII dengan luas 70.90 km² sebanyak 3206 rumah, dan intensitas VII dengan luas 349.902 km² sebanyak 1315 rumah dan seterusnya. Perhitungan jumlah rumah pada daerah dengan intensitas tertentu dapat dilihat 5.7

Tabel 5.7 Perhitungan Jumlah Rumah Tinggal pada Intensitas Tertentu

Intensitas	Kabupaten	Kecamatan	Jumlah Rumah PerKecamatan (bh)	Jumlah Rumah Berdasarkan Intensitas (bh)	Jumlah Rumah Rusak Perkecamatan (bh)	Jumlah Rumah Rusak Berdasarkan Intensitas(bh)
IX	Pidie Jaya	Meureudu	5635	5128	4473	3367
		Total Luas	5635	5128	4473	3367
VIII	Pidie Jaya	Trienggading	6160	4273	4235	2174
		Pante Raja	2085	1696	1132	1032
		Total Luas	8245	5969	5367	3206
VII	Pidie Jaya	Jangka Buya	2535	931	119	95
		Ulim	3883	1876	246	137
		Meurah Dua	3161	1199	218	151
		Bandar Dua	6289	3665	817	404
		Bandar Baru	8978	4538	924	528
		Total Luas	24846	12209	2324	1315

Sumber : Data yang telah diolah

Setelah diperoleh besarnya kerusakan rumah tinggal berdasarkan intensitas gempa bumi berikut adalah Tabel 5.8 hasil rekapitulasi besarnya intensitas berdasarkan luas dan jumlah kerusakan rumah tinggal yang dibandingkan dengan Tabel 5.9 kerusakan rumah tinggal akibat gempa bumi Yogyakarta 2006.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Berdasarkan Skala Intensitas Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016

MMI	Luas Area (KM ²)	Jumlah Rumah (KK)	Jumlah Rumah Rusak (bh)	Rumah Rusak Berat/Roboh (bh)	Persentase Kerusakan (%)	Rumah Rusak Sedang (bh)	Persentase Kerusakan (%)	Rumah Rusak Ringan (bh)	Persentase Kerusakan (%)	Rumah Tidak Rusak (bh)	Persen Kerusakan (%)	Persen Tidak Rusak (%)
VII	349.90	12209	1315	107	0.88%	352	2.88%	856	7.01%	10894	10.77%	89.23%
VIII	70.90	5969	3206	873	14.63%	1104	18.50%	1229	20.59%	2763	53.72%	46.28%
IX	75.48	5128	3367	1307	25.49%	989	19.29%	1071	20.88%	1761	65.66%	34.34%

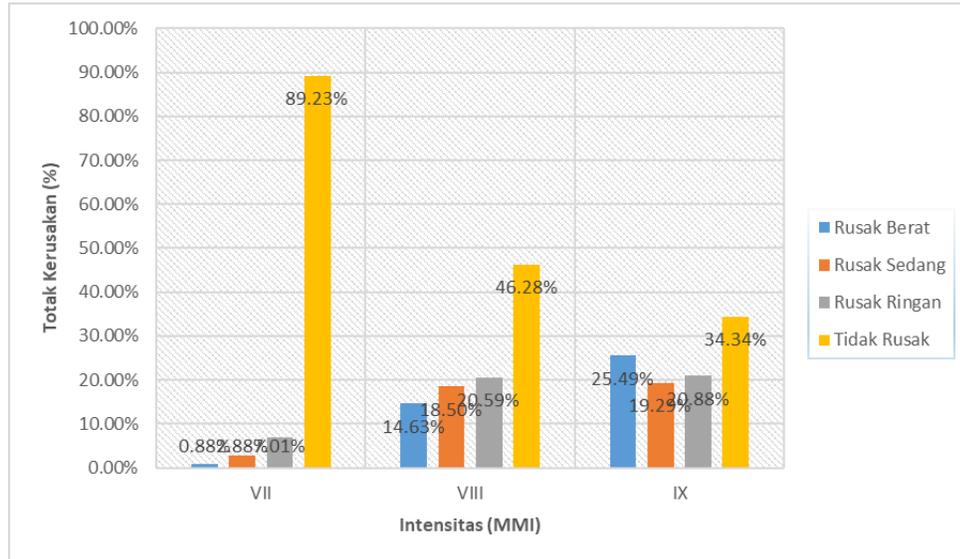
Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 5.9 Rekapitulasi Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal Berdasarkan Skala Intensitas Gempabumi Yogyakarta 2006 M= 6,3

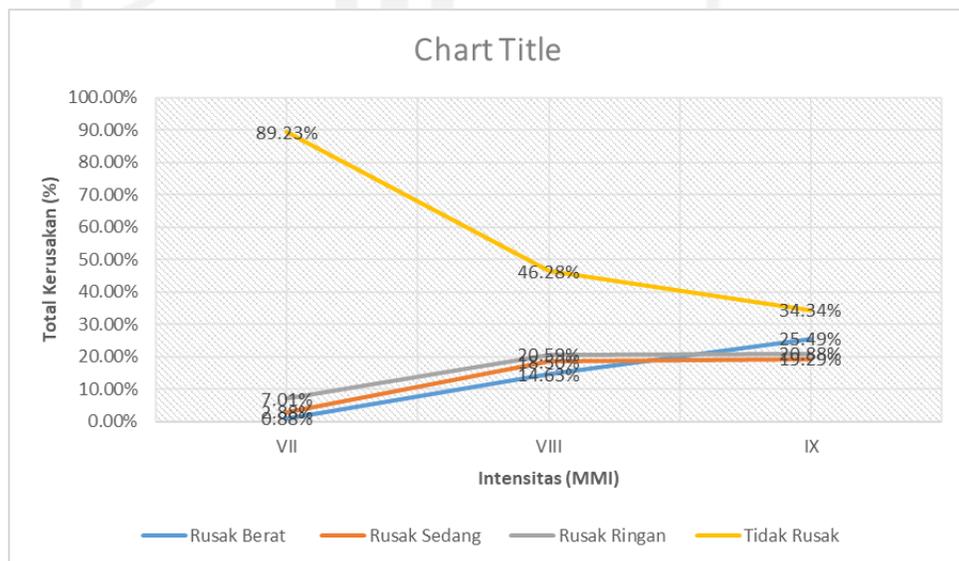
MMI	Luas Area (KM ²)	Jumlah Rumah (KK)	Jumlah Rumah Rusak (bh)	Rumah Rusak Berat/Roboh (bh)	Persentase Kerusakan (%)	Rumah Rusak Sedang (bh)	Persentase Kerusakan (%)	Rumah Rusak Ringan (bh)	Persentase Kerusakan (%)	Rumah Tidak Rusak (bh)	Persen Kerusakan (%)	Persen Tidak Rusak (%)
VII	754	365711	209688	55941	15.30%	44994	12.30%	108753	29.74%	156023	57.34%	42.66%
VIII	524	284981	248184	137943	48.40%	28341	9.94%	81900	28.74%	36797	87.09%	12.91%
IX	132	77471	77470	65452	84.49%	6747	8.71%	5271	6.80%	1	100%	0.00%

Sumber : Wijaya, 2009

Berdasarkan Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 terdapat dua kejadian gempa bumi berbeda yaitu gempa bumi dengan magnitudo yang hampir sama di lokasi yang berbeda. Gempa Pidie Jaya 2016 dan Gempa bumi Yogyakarta 2006 memiliki kategori gempa yang sama yaitu kurang dari 70 km dengan kata lain gempa bumi termasuk dalam kategori gempa dangkal.



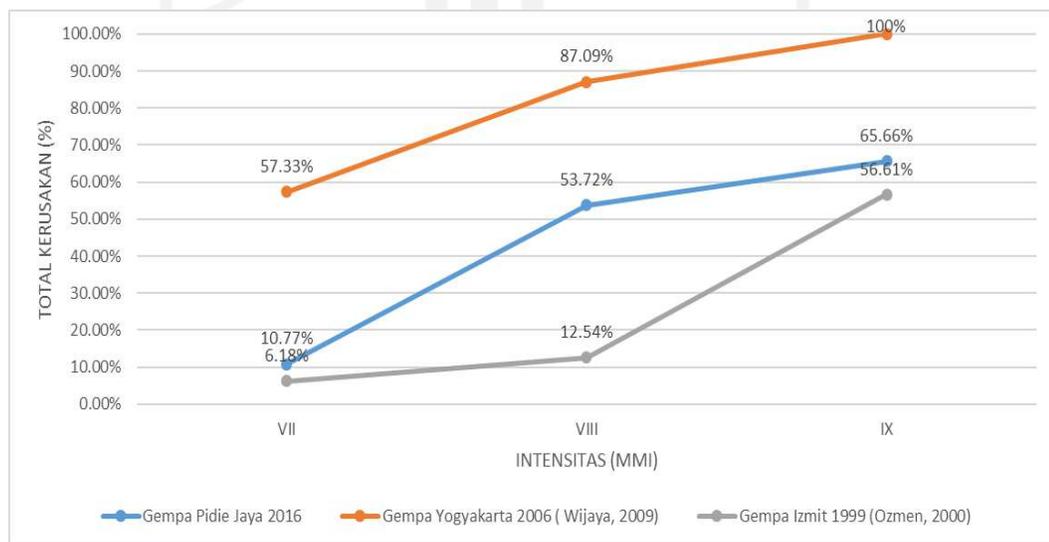
Gambar 5.25. Persentase Kerusakan Rumah Tinggal Berdasarkan Intensitas Gempabumi (Sumber : Hasil Pengolahan Data)



Gambar 5.26 Vulnerability Curves (Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Gambar 5.25 dan Gambar 5.26 dapat dilihat pada wilayah intensitasnya V sampai VII MMI kategori kerusakan didominasi oleh kategori rumah tidak rusak yang berkisar antara 34.34% - 89.23% untuk selebihnya kriteria kerusakan lainnya yaitu kerusakan ringan, kerusakan sedang, dan kerusakan berat / roboh. Wilayah dengan intensitas VIII kategori tidak rusak masih mendominasi 46.28 %, kategori rusak ringan 20.59 %, kerusakan sedang 18.50% dan kerusakan berat / roboh 14.63%. Pada wilayah dengan intensitas tertinggi IX MMI kategori kerusakan juga masih didominasi kategori tidak rusak 34.34 %, selebihnya kategori rusak ringan 20.88 %, rusak sedang 19.29%, dan rusak berat/roboh 25.49 %. Untuk gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 banyaknya rumah yang tidak rusak kemungkinan diakibatkan oleh struktur rumah tinggal banyak yang terbuat dari kayu yang fleksibel menerima guncangan gempabumi. Biasanya suatu bangunan yang fleksibel akan menerima beban gempa yang lebih kecil dibandingkan bangunan yang lebih kaku.

Berikut merupakan perbandingan kerentanan bangunan rumah tinggal pada kasus gempabumi Pidie Jaya 2016 dengan beberapa kasus kejadian gempabumi lainnya yang ditunjukkan pada Gambar 5.27 dibawah ini.



Gambar 5.27 Hubungan Intensitas dan Persentase Total Kerusakan pada Kasus Gempabumi Pidie Jaya 2016, Gempa Yogyakarta 2006 (Wijaya, 2009), dan Gempa Izmit 1999 (Ozmen, 2000)

Hasil perbandingan persentase total kerusakan yang terjadi yang diakibatkan oleh Gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 dibandingkan dengan dua gempa lainnya menunjukkan persentase kerusakan yang terjadi untuk gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 sangat kecil dibandingkan dengan persentase kerusakan yang terjadi akibat dua kejadian gempabumi lain yaitu gempabumi Yogyakarta dan Izmit 1999. Kerusakan rumah yang terjadi pada hanya berkisar 65.66 % pada intensitas terbesar yaitu IX MMI sedangkan untuk gempabumi Yogyakarta 2006 pada intensitas IX MMI persentase kerusakan mencapai 100 % dan gempabumi Izmit 1999 untuk intensitas IX MMI persentase kerusakan 67,64 %. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kondisi kepadatan penduduk di Kabupaten Pidie Jaya lebih kecil dibandingkan dengan kepadatan penduduk di Yogyakarta dan Izmit (Turki). Selain dari kepadatan penduduk kondisi rumah tinggal juga berbeda antara Yogyakarta dan Izmit (Turki). Rumah tinggal di Pidie Jaya pada umumnya masih terbuat dari kayu yang dapat menerima getaran lebih baik daripada rumah tembokan. Kondisi rumah tinggal dapat dilihat pada Gambar 5.28.



Gambar 5.28 Kondisi Rumah Penduduk yang Tidak Mengalami Kerusakan Akibat Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 (Sumber: Data Primer)

Berdasarkan Gambar 5.28 menunjukkan bahwa kondisi rumah di Kabupaten Pidie Jaya lebih baik dibandingkan rumah di Yogyakarta dan Izmit (Turki) untuk ketahanannya terhadap getaran gempa bumi hal ini dikarenakan struktur bangunan rumah tinggal pada daerah ini banyak menggunakan kayu. Biasanya suatu bangunan yang fleksibel akan menerima beban gempa yang lebih kecil dibandingkan bangunan yang lebih kaku. Bangunan yang lebih ringan akan menerima beban gempa yang lebih kecil dari pada bangunan yang lebih berat dan bangunan yang kenyal akan menyerap beban gempa yang lebih kecil dari pada bangunan yang getas yang mana dalam keadaan pengaruh gempa akan tetap elastis atau runtuh secara mendadak. Bangunan dari kayu digolongkan sebagai bangunan yang fleksibel. Kerusakan banyak terjadi pada bangunan rumah tinggal pasangan batu bata dengan perkuatan atau tanpa perkuatan. Kerusakan yang terjadi pada rumah tinggal jenis ini pada umumnya sama seperti kerusakan yang terjadi di Yogyakarta dan di Izmit, Turki yaitu kerusakan terjadi pada bagian struktur maupun non struktur. Untuk kasus gempa bumi Pidie Jaya tanggal 7 Desember 2016 kualitas bangunan yang umurnya masih baru cenderung menurun dibandingkan kualitas bangunan yang sudah dibangun puluhan tahun, ini disebabkan pembangunan rumah yang menggunakan batu bata dan beton bertulang tidak memenuhi syarat rumah tahan gempa.

Peningkatan kualitas bangunan ini sangat dipengaruhi oleh kondisi sosial dan ekonomi serta pengetahuan masyarakat tentang bangunan. Keadaan sosial dan ekonomi masyarakat yang makin sejahtera akan menyebabkan pemenuhan kebutuhan tidak hanya sekedar sandang (pakaian), pangan (makanan), dan papan (rumah tinggal) yang ala kadarnya saja. Peningkatan kesejahteraan masyarakat membuat masyarakat mampu untuk membeli bahan-bahan material yang berkualitas lebih baik dari sebelumnya. Kualitas rumah tinggal yang lebih baik juga didukung dengan tingkat pengetahuan masyarakat tentang bangunan tahan gempa yang makin meningkat. Peningkatan pengetahuan ini didapat dengan belajar pada kejadian gempa bumi-gempa bumi yang terjadi pada tahun-tahun sebelumnya.

Menghindari banyaknya kerusakan rumah yang terjadi akibat gempa bumi, Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya beserta BPBD melakukan rekonstruksi bangunan rumah tinggal menggunakan struktur kayu yang menurut pemerintah setempat struktur kayu tahan terhadap getaran yang diakibatkan oleh gempa bumi terlihat dari banyaknya rumah kayu yang tidak rusak pasca gempa bumi 7 Desember 2016, Gambar 5.29 dan Gambar 5.30 menunjukkan kondisi rumah bantuan Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya yang bersumber dari dana APBN dan APBA.



Gambar 5.29 Bangunan Rumah Tinggal Bantuan Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya
(Sumber : Data Primer)



Gambar 5.30 Struktur Bangunan Rumah dalam Tahap Konstruksi
(Sumber : Data Primer)

5.6 Rata-rata Rasio Kerusakan (Mean Damage Ratio) Untuk Gempabumi PidieJaya 7 Desember 2016

Rasio kerusakan bangunan (*damage ratio*) akibat gempabumi merupakan fungsi dari nilai kerusakan bangunan akibat gempabumi dibagi dengan nilai bangunan sebelum rusak. Nilai rasio kerusakan bangunan (dalam %) yang dihasilkan dari perhitungan tersebut dapat menunjukkan seberapa besar tingkat kerugian suatu bangunan akibat gempa. Rasio kerusakan bangunan (*damage ratio*) biasanya terkait dengan tingkat kerusakan (*damagstates*).

Dalam beberapa kasus kejadian gempabumi, pemerintah atau institusi-institusi yang terkait dengan kegempan sering membuat klasifikasi tingkat kerusakan (*damage states*) untuk berbagai tujuan. Salah satu di antara tujuan dari pembuatan klasifikasi tingkat kerusakan tersebut adalah dalam rangka untuk mempermudah pendataan rumah yang rusak dan sebagai bahan perkiraan (*assesment*) terhadap kerugian di sektor bangunan yang rusak akibat gempabumi. Perkiraan (*assesment*) kerugian yang ditimbulkan akibat bencana gempabumi tersebut selanjutnya akan sangat berguna bagi pemerintah dalam menentukan anggaran untuk membantu proses rehabilitasi dan rekonstruksi pasca gempabumi.

Pada kasus gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 pemerintah Kabupaten Pidie Jaya menetapkan tingkat kerusakan rumah seperti yang terlihat pada Tabel 5.12 di bawah ini.

Tabel 5.10 Kriteria Tingkat Kerusakan

Kriteria Tingkat Kerusakan				
Komponen		RUSAK BERAT	RUSAK SEDANG	RUSAK RINGAN
STRUKTUR	Pondasi, Sloof	Rusak, Tidak bisa diperbaiki	Rusak, Bisa Diperbaiki	
	Kolom, Balok	Rusak, Tidak bisa diperbaiki	Rusak, BisaDiperbaiki	
	Kuda – Kuda		Rusak, Tidak bisa diperbaiki	Rusak, Bisa diperbaiki
			DAN	
NON - STRUKTUR	Penutup Atap		Rusak, Tidak bisa diperbaiki	Rusak, Bisa diperbaiki
	Dinding, Plafond		Rusak, Tidak bisa diperbaiki	Rusak Bisa diperbaiki
	Lantai		Rusak, Tidak bisa diperbaiki	Rusak Bisa diperbaiki

Sumber : BPBD Pidie Jaya 2017

Dilihat dari Tabel 5.10 kriteria kerusakan yang dikeluarkan oleh BPBD Kabupaten Pidie Jaya penilaian tingkat kerusakan didasarkan hanya pada pengamatan visual saja untuk kriteria kerusakan bangunan masih sangat umum dikarenakan kategori kerusakan hanya dibagi dua yaitu rusak bisa diperbaiki dan tidak bisa diperbaiki, hal ini belum menggambarkan kerusakan bangunan secara detail. Perhitungan damage ratio dihitung berdasarkan perbandingan nilai bangunan yang mengalami kerusakan dibandingkan nilai bangunan sebelum mengalami kerusakan. Oleh karena itu pada kasus gempabumi Pidie Jaya Aceh 7 Desember 2016 mengacu pada hubungan tingkat kerusakan, persentase, kerusakan dan nilai ekonomi yang dikembangkan di FEMA 1999.

Kriteria kerusakan bangunan yang dikeluarkan FEMA 1999 (dalam Wijaya, 2006) menjelaskan rasio kerusakan bangunan di peroleh dari perbandingan nilai suatu bangunan sebelum terkena gempabumi. Nilai yang dimaksud disini adalah harga dari bangunan yang telah mengalami kerusakan. FEMA 1999 menjelaskan rasio kerusakan rumah untuk kategori roboh 80-100%, rumah rusak berat rasio

kerusakan 40-79%, rumah rusak sedang rasio kerusakan 15-39% dan rumah rasio ringan rasio kerusakan 1-14%.

Pada perhitungan damage ratio akibat gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 terdapat 4 tingkat kerusakan yaitu roboh, rusak berat, rusak sedang, rusak ringan dengan masing-masing diambil 10 sampel bangunan rumah tinggal yang kemudian nilai rasio kerusakan yang diambil adalah nilai rata-rata dari 10 sampel masing-masing kategori kerusakan.

Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan kerusakan sangat banyak terjadi di kawasan yang letaknya dengan episenter gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 dan dekat dari letak episenter. Untuk kategori roboh, kerusakan terjadi pada seluruh bangunan meliputi kerusakan kolom, balok, dinding, plafond, penutup atap serta pintu dan jendela. Rumah dengan kategori roboh kebanyakan hanya tinggal penutup atap bangunan yang terlihat menutupi bangunan sedangkan komponen yang lain sudah hancur berkeping-keping. Kondisi pondasi dan lantai bangunan yang diteliti kebanyakan dalam keadaan baik tidak mengalami kerusakan. Menurut hasil wawancara kerusakan pondasi terjadi pada daerah yang kemungkinan bangunan terletak pada kondisi tanah yang lunak atau berada di lereng tebing. Kondisi bangunan roboh dapat dilihat pada Gambar 5.31 dan Gambar 5.32.



Gambar 5.31 Rumah Roboh
(Sumber : Data Primer 2017)



Gambar 5.32 Sisa Puing-puing Bangunan Rumah Roboh
(Sumber : Data Primer 2017)

Untuk kerusakan bangunan kategori rusak berat mengalami kerusakan pada komponen struktur maupun non struktur meliputi kerusakan pada kolom, balok, dinding, plafon, penutup atap serta pintu dan jendela. Kerusakan serius terjadi pada seluruh komponen rumah tetapi kondisi bangunan masih terlihat berdiri namun tidak layak untuk digunakan kembali. Pada kategori kerusakan berat perbaikan dapat dilakukan terhadap komponen-komponen yang rusak tetapi biaya perbaikannya sangat mahal bahkan biaya perbaikan lebih mahal dibandingkan harga rumah sebelum mengalami kerusakan. Oleh sebab itu pemilik rumah melakukan pembangunan rumah baru pada lokasi semula dengan cara rumah yang telah rusak dirobohkan dan kemudian dibangun dengan rumah baru yang lebih aman terhadap gempabumi. Kondisi bangunan yang rusak berat dapat dilihat pada Gambar 5.33



**Gambar 5.33 Rumah Rusak Berat
(Sumber : Data Primer 2017)**

Rumah yang mengalami rusak sedang umumnya terdapat kerusakan pada dinding, plafond, penutup atap, pintu dan jendela. Kondisi bangunan masih dapat dihuni kembali dengan syarat harus dilakukan perbaikan terlebih dahulu. Biaya perbaikan rumah pada kerusakan sedang tidak terlalu besar karena kerusakan yang terjadi hanya pada beberapa komponen rumah. Perbaikan pada komponen dinding hanya diperlukan menambal dinding yang mengalami retak atau mengganti komponen dinding yang mengalami kerusakan serius dengan melakukan pemasangan batu bata kembali. Pada bagian plafond dan penutup atap perbaikan dapat dilakukan dengan mengganti bagian yang mengalami kerusakan. Kondisi bangunan yang rusak sedang dapat dilihat pada Gambar 5.34



Gambar 5.34 Rumah Rusak Sedang
(Sumber : Data Primer 2017)

Pengamatan yang dilihat pada rumah kategori rusak ringan menunjukkan pada kondisi ini kerusakan yang dialami rumah sangat kecil bahkan jika kita tidak teliti melihatnya, kondisi rumah terlihat tidak mengalami kerusakan. Kerusakan banyak terjadi pada dinding bangunan yang ditandai dengan retak rambut. Perbaikan yang dapat dilakukan dengan menambal bagian dinding yang mengalami kerusakan. Kondisi rumah pada kategori ini dapat dihuni langsung oleh pemilik rumah walaupun komponen yang rusak belum diperbaiki. Kondisi bangunan yang rusak ringan dapat dilihat pada Gambar 5.35



Gambar 5.35 Rumah Rusak Ringan
(Sumber : Data Primer 2017)

Berdasarkan dari hasil pengamatan yang telah dijelaskan diatas, kemudian dilakukan perhitungan rasio kerusakan untuk masing-masing rumah berdasarkan kategori kerusakan dengan cara menghitung nilai biaya konstruksi bangunan sebelum mengalami kerusakan. Perhitungan yang dimaksud yaitu menghitung volume pekerjaan yang dikalikan dengan harga satuan pekerjaan. Begitu pula dengan nilai kerusakan bangunan yang dihitung yaitu volume komponen rumah yang mengalami kerusakan dikalikan dengan harga satuan. Untuk perhitungan rasio kerusakan dapat dilihat pada Tabel 5.11. Rekapitulasi hasil perhitungan rasio kerusakan rumah masing-masing kategori kerusakan dapat dilihat pada Tabel 5.12 sampai dengan Tabel 5.15

Tabel 5.12 Rata-rata Rasio Kerusakan Rumah Untuk Kategori Rumah Roboh

No	Nama Pemilik	Alamat	Nilai Sebelum Rusak (REPLACEMENT VALUE) (Rp)	Nilai Rusak (COST OF DAMAGE) (Rp)	Dr = Cost of Damage / Replacement Value (%)
1	Aisyah		59,821,457.02	52,980,645.02	88.95%
2	Rahman		66,311,402.29	66,311,402.29	100.00%
3	Kurnia		51,009,734.86	46,345,410	90.86%
4	Saiful		70,336,089.47	70,336,089.47	100.00%
5	Abdullah		62,562,767.05	58,113,644.14	92.89%
6	Dahlan		43,598,454.67	42,266,114.76	96.94%
7	Farida		55,614,731.11	55,614,731.11	100.00%
8	Husein		68,752,729.28	65,696,472	95.55%
9	Fauzi		57,887,362.95	57,483,065.97	99.30%
10	Lutfi		48,535,670.20	47,268,186.43	97.39%
Rata-Rata			58,443,039.89	56,241,576.12	96.19%

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 5.13 Rata-rata Rasio Kerusakan Rumah Untuk Kategori Rusak Berat

No	Nama Pemilik	Alamat	Nilai Sebelum Rusak (REPLACEMENT VALUE) (Rp)	Nilai Rusak (COST OF DAMAGE) (Rp)	Dr = Cost of Damage / Replacement Value (%)
1	Tommi		77,839,727.38	50,103,107.85	64.37%
2	Tanti		68,352,721.25	46,832,372.82	68.52%
3	Bela		47,093,159.06	30,096,593.66	63.91%
4	Hanif		55,262,453.37	44,614,142.19	80.73%
5	Denis		39,486,396.48	27,521,817.38	69.70%
6	Hanna		43,960,775.22	22,346,403.73	50.83%
7	Jamal		34,782,803.33	19,423,180.45	55.84%
8	Adrian		52,669,114.41	38,363,250.90	72.84%
9	Fatimah		61,199,853.09	34,275,576.73	56.01%
10	Taufan		36,047,269.46	15,712,874.37	43.59%
Rata-Rata			51,669,427.31	32,928,932.01	62.63%

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 5.14 Rata-rata Rasio Kerusakan Rumah Untuk Kategori Rusak Sedang

No	Nama Pemilik	Alamat	Nilai Sebelum Rusak (REPLACEMENT VALUE) (Rp)	Nilai Rusak (COST OF DAMAGE) (Rp)	Dr = Cost of Damage / Replacement Value (%)
1	Broto		54,417,389.90	18,756,441.36	34.47%
2	Prapto		51,294,617.14	11,468,853.44	22.36%
3	Hasnita		73,896,686.67	25,828,425.75	34.95%
4	Zikri		42,376,853.66	16,765,441.35	39.56%
5	Munnawar		35,192,481.45	7,665,820.68	21.78%
6	Nazaruddin		38,590,663.90	9,953,533.60	25.79%
7	Fadillah		46,914,227.08	14,312,386.44	30.51%
8	Oktavia		33,433,712.23	12,531,975.20	37.48%
9	Misdar		67,620,503.12	23,161,417.99	34.25%
10	Edi Sahputra		59,756,559.78	17,232,085.78	28.84%
Rata-Rata			50,349,369.49	15,767,638.16	31.00%

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tabel 5.15 Rata-rata Rasio Kerusakan Rumah Untuk Kategori Rusak Ringan

No	Nama Pemilik	Alamat	Nilai Sebelum Rusak (REPLACEMENT VALUE) (Rp)	Nilai Rusak (COST OF DAMAGE) (Rp)	Dr = Cost of Damage / Replacement Value (%)
1	Teguh		46740576.55	1875095	4.01%
2	Akbar		52476030.87	2623740	5.00%
3	Dharma		39552812.52	1367809	3.46%
4	Hasan		34471582.22	891598	2.59%
5	Malik		55796583.73	1679598	3.01%
6	Suryani		59429994.25	2235781	3.76%
7	Risma		40948812.52	1067632	2.61%
8	Rosnadi		43852071.88	948672	2.16%
9	Nurjannah		37386142.72	1211400	3.24%
10	Maimunah		47363090.45	1946720	4.11%
Rata-Rata			45801769.77	1584804.5	3.39%

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Perhitungan rasio kerusakan 10 bangunan rumah untuk masing-masing kategori roboh, rusak berat, rusak sedang, dan rusak ringan memiliki nilai rasio kerusakan yang berbeda – beda untuk setiap rumah. Oleh karena itu nilai rasio kerusakan (damage ratio) yang dipakai yaitu rata-rata nilai damage ratio untuk 10 rumah berdasarkan kategori kerusakan. Hasil rasio kerusakan tersebut dibandingkan dengan standar yang ditetapkan oleh FEMA 1999, dan Bakornas PB yang ditunjukkan pada Tabel 5.16

Tabel 5.16 Perbandingan Hasil Perhitungan Rasio Kerusakan (DR) dengan beberapa Standar.

No	Tingkat Kerusakan	Rasio Kerusakan			Rata-rata DR FEMA 1999 (%)	Hasil Perhitungan Rata-rata DR Gempa 27 Mei 2006 (%) (Wijaya, 2009)	Hasil Perhitungan Rata-rata DR Gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 (%)
		BakornasPB (%)	Yucemen, 2005 (%)	FEMA 1999 (%)			
1	Ringan / Slight	10-25	1-10	1-15	2%	1.21%	3.39%
2	Sedang / Moderate	26-50	10-50	16-40	10%	13.99%	31.00%
3	Berat / Extensive	> 51	50-90	41-80	50%	57.90%	62.63%
4	Roboh / Complete	> 80	90-100	81-100	100%	84.20%	96.19%

Sumber : Bakornas PB 2006, Yucemen 2005, Fema 1999, Wijaya (2006), dan Data Primer 2017 yang telah diolah

Tabel di atas menunjukkan bahwa rasio kerusakan untuk rumah yang mengalami rusak ringan dari 10 sampel rumah bervariasi dari 2,16% -5,00%. Rata-rata rasio kerusakan rumah untuk kategori rusak ringan adalah 3,39%, nilai rata-rata rasio kerusakan sesuai dengan batasan yang dikeluarkan FEMA 1999(1% - 15%), namun nilai ini diluar batasan yang telah ditetapkan Bakornas PB (10% - 25%). Batasan yang dikeluarkan oleh Bakornas PB dengan batasan minimal 10 % untuk kategori rusak ringan, batasan tersebut kemungkinan sangat besar dikarenakan perilaku masyarakat yang banyak menaikkan kategori kerusakan karena bantuan yang baru tersedia hanya untuk rumah dengan kategori kerusakan sedang, rusak berat dan roboh. Oleh karena itu banyak masyarakat yang menaikkan kategori kerusakan rumahnya supaya memperoleh bantuan. Walau demikian informasi yang di peroleh dari BPBD Kabupaten Pidie Jaya bantuan

untuk kategori rusak ringan akan terealisasi setelah adanya rekonstruksi rumah untuk kategori rusak sedang, rusak berat dan roboh selesai.

Kategori rusak sedang rasio kerusakan untuk 10 sampel rumah bervariasi dari 21,78 % - 39,56% dengan rata-rata rasio kerusakan rumah rusak sedang yaitu 31,00%. Nilai rata-rata rasio kerusakan sesuai dengan batasan yang dikeluarkan oleh FEMA 1999 (16 – 40 %) dan Bakornas PB (26 – 50 %). Rasio kerusakan berat untuk 10 sampel rumah juga bervariasi nilainya 43,59% - 80,73% dengan rata – rata kerusakan rumah kategori rusak berat yaitu 62,63%. Nilai ini juga sesuai dengan batasan rasio kerusakan yang dikeluarkan FEMA 1999 (41-80%) dan Bakornas PB (50-80%).

Kategori kerusakan untuk rumah yang mengalami roboh dari 10 sampel diperoleh nilai rasio kerusakan yang bervariasi antara 88,95% sampai dengan 100%, dengan nilai rata-rata rasio kerusakan rumah tinggal roboh 96,19% sesuai dengan batasan yang dikeluarkan oleh FEMA 1999(81-100%) dan Bakornas (81-100%).

Berdasarkan Tabel 5.16 rata-rata rasio kerusakan rumah di Kabupaten Pidie Jaya lebih besar dibandingkan dengan rata- rata rasio kerusakan di Yogyakarta. Besarnya nilai rata-rata rasio kerusakan rumah di Kabupaten Pidie Jaya dikarenakan pemilihan pengambilan sampel rumah yang dihitung rasionya berbeda. Untuk gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 rumah yang dihitung rasio kerusakannya adalah rumah tinggal batu bata dengan perkuatan atau tanpa perkuatan, sedangkan untuk gempa Yogyakarta 2006 adalah semua tipe rumah rumah tinggal batu bata serta perbedaan harga satuan untuk kedua lokasi.

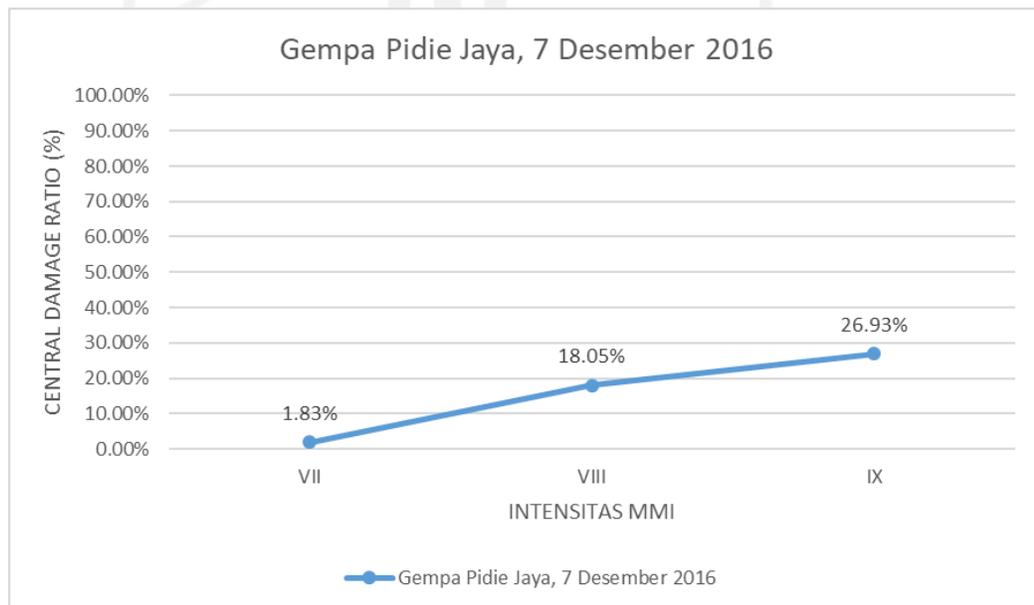
5.7 Hubungan Central Damage Ratio (CDR) dan Intensitas Gempabumi

Untuk gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016, penghitungan damage ratio untuk tiap daerah intensitas gempa tertentu akan dilakukan mengikuti persamaan 3.22. Jumlah kerusakan rumah dari yang roboh/rusak berat hingga yang tidak rusak untuk tiap daerah intensitas gempa telah diketahui seperti sudah ditunjukkan dalam Tabel 5.12. Selanjutnya untuk menghitung besarnya damage ratio untuk tiap daerah intensitas tinggal mengalikan antara rata-rata damage ratio untuk tiap tingkat kerusakan dengan jumlah rumah yang rusak dan kemudian dibagi dengan

jumlah total rumah (rumah rusak dan tidak rusak). Perhitungan damage ratio ini disajikan dalam Tabel 5.17.

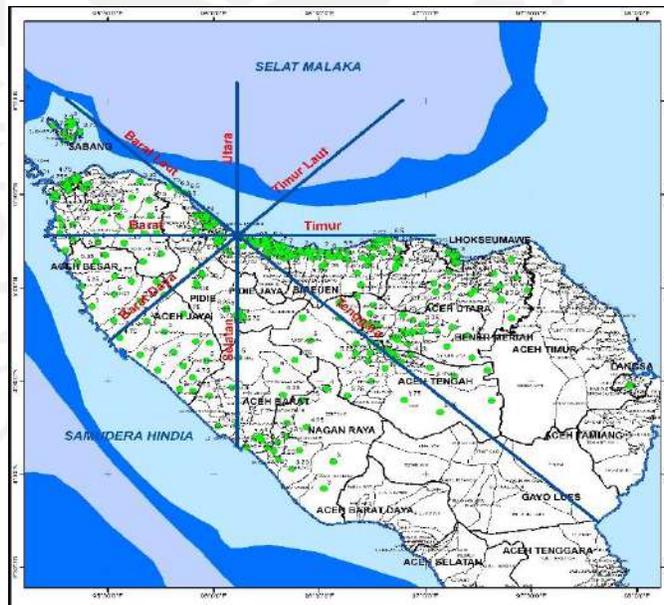
Tingkat Kerusakan	Roboh dan Rusak Berat (RB)	Rusak Sedang (RS)	Rusak Ringan (RR)	Tidak Rusak (TR)		
Rata-Rata <i>Damage Ratio</i>	0.7941	0.31	0.0339	0		
MMI	Jumlah Rumah (KK)	Rumah Roboh/Rusak Berat	Rumah Rusak Sedang	Rumah Rusak Ringan	Tidak Rusak	<i>Damage Ratio (%)</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	$7 = \frac{(3 \cdot RB + 4 \cdot RS + 5 \cdot RR + 6 \cdot TR)}{2}$
VII	12209	107	352	856	10894	1.83%
VIII	5969	873	1104	1229	2763	18.05%
IX	5128	1307	989	1071	1761	26.93%

Sumber: Hasil Pengolahan Data



Gambar 5.36 Hubungan Intensitas dan Central Damage Ratio untuk Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016

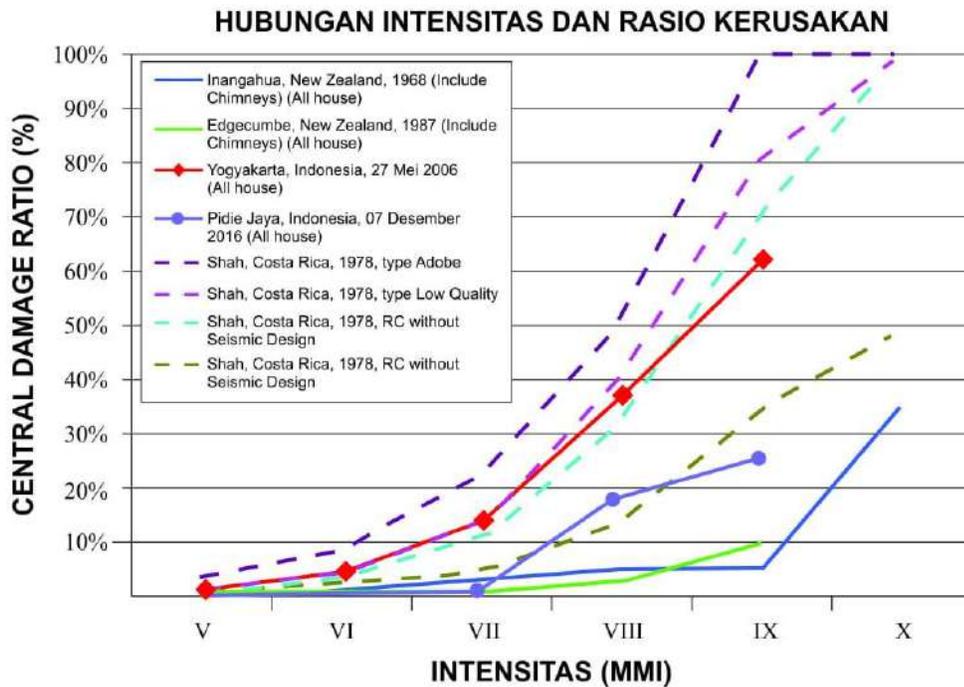
Berdasarkan Gambar 5.36 central ratio kerusakan (central damage ratio) untuk gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 besarnya ratio kerusakan beriringan dengan besarnya intensitas gempa bumi. Rasio kerusakan tertinggi adalah 26.93% yang berada pada intensitas IX MMI. Melihat dari rasio kerusakan bangunan yang relative kecil hanya 1.83% menandakan kondisi rumah di Kabupaten Pidie Jaya dalam kategori baik karena kebanyakan rumah penduduk terbuat dari konstruksi kayu yang fleksibel dalam menyerap energy gempa. Kerusakan banyak terjadi pada rumah yang terbuat dari pasangan batu bata dengan perkuatan atau tanpa perkuatan yang konstuksinya lebih kaku serta spesifikasi bangunan rumah belum memenuhi standar bangunan tahan gempa. Untuk mengetahui central damage ratio dalam berbagai arah yaitu Arah Tenggara, Arah Barat Daya, dan Arah Timur Laut. Sedangkan untuk Arah Barat laut data rata-rata rasio kerusakan rumah tidak ada karena adanya keterbatasan data dan waktu dalam penelitian. Untuk distribusi data rasio kerusakan rumah dapat dilihat pada Gambar 5.40000 dibawah ini.



Gambar 5.37 Distribusi Data Rasio Kerusakan Untuk Berbagai Arah

Berdasarkan Gambar 5.37 kemudian rasio rusak dikelompokkan berdasarkan arah yaitu Arah Tenggara, Arah Barat Daya, dan Arah Timur Laut. Perhitungan central damage ratio untuk berbagai arah dapat dilihat pada Lampiran 6.

Berdasarkan Gambar 5.37 central rasio kerusakan untuk berbagai arah besarnya rasio kerusakan hampir sama untuk setiap arah. Besarnya rasio kerusakan beriringan dengan besarnya intensitas gempa bumi. Semakin besar intensitas gempa bumi maka semakin besar pula rasio kerusakan rumah, begitupun sebaliknya semakin kecil intensitas gempa maka semakin kecil rasio kerusakan rumah tinggal. Untuk bahan perbandingan dalam Gambar 5.38 ditunjukkan beberapa rasio kerusakan bangunan rumah untuk kasus gempa bumi lainnya.



Gambar 5.38 Hubungan Intensitas dan Central Damage Ratio untuk Gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 dan beberapa kejadian Gempabumi lainnya.

Berdasarkan Gambar 5.38 Central damage Ratio untuk gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 lebih kecil dibandingkan dengan Central Damage Ratio pada gempa bumi yang melanda Yogyakarta. Untuk kasus gempa bumi Pidie Jaya rasio kerusakan pada intensitas IX MMI hanya berkisar 26.93% lebih kecil

dibandingkan gempa yang melanda Yogyakarta sebesar 61,33% untuk semua tipe rumah (Wijaya, 2009).

Kecilnya nilai central damage ratio di Kabupaten Pidie Jaya dikarenakan perbedaan tipe rumah untuk kedua wilayah ini. Bangunan di Kabupaten Pidie Jaya menggunakan penutup atap seng yang bebannya lebih ringan dibandingkan penutup atap genteng yang digunakan di Yogyakarta. Umur bangunan rumah yang banyak mengalami kerusakan adalah bangunan yang dibangun tahun 2000 ke atas yang terbuat dari pasangan batu bata dengan perkuatan atau tanpa perkuataan. Sedangkan bangunan rumah yang umurnya sudah tua atau dibangun tahun 2000 kebawah pada kawasan ini tidak banyak mengalami kerusakan karena struktur bangunan terbuat dari kayu yang lebih fleksibel menerima beban gempa dibandingkan bangunan yang terbuat dari beton yang kaku. Selain itu jenis tanah juga berbeda antara Kabupaten Pidie Jaya dengan jenis tanah di Yogyakarta.

Pada kasus gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 rumah mengalami roboh / rusak berat didaerah intensita IX MMI (25.49%), lebih besar dari dibandingkan dengan rumah yang rusak ringan (20.88%). Pada daerah intensitas VIII juga sama rumah rusak berat (14.63%) lebih kecil dibandingkan rusak ringan (20.59%). Hal inilah yang menyebabkan rasio kerusakan rumah yang terjadi pada kasus gempabumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 jauh lebih kecil dibandingkan dengan yang terjadi di Yogyakarta.

Gambar 5.25 menunjukkan rasio kerusakan rumah yang terjadi di Yogyakarta akibat gempabumi 27 mei 2006 jika dibandingkan dengan standar rumah yang ada di Costa Rica sudah lebih baik karena kualitas bangunannya sudah diatas bangunan terjelek di Costa Rica yaitu tipe adobe (terbuat dari spesi tanah liat). Sedangkan rasio kerusakan rumah yang terjadi di Kabupaten Pidie Jaya akibat gempabumi 7 Desember 2016 dibandingkan dengan standar rumah yang dipakai di Costa Rica (Shah, 1978) menunjukkan hasil yang baik karena kualitas rata-rata rumah yang ada di Kabupaten Pidie Jaya sudah diatas bangunan Reinforced Concrete without seismic design yang ada di Costa Rica (Shah, 1978). Kerusakan bangunan yang ada di Kabupaten Pidie Jaya mendekati tipe bangunan Reinforced Concrete with seismic design (bangunan beton tahan gempa).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan yang merujuk kembali hal-hal yang telah disampaikan sebelumnya pada Bab I yaitu rumusan masalah dan tujuan penelitian. Berdasarkan pada data-data yang diperoleh dan kemudian dianalisis dan dibahas secara lebih mendalam pada Bab V, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Isoleismal untuk gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 tidak mendekati lingkaran, tetapi cenderung memanjang berbentuk elips mengikuti sesar Samalanga. Pola kontur isoleismal yang memanjang mengikuti sesar ini menunjukkan bahwa pergerakan sesar dan kondisi tanah setempat sangat berpengaruh terhadap besarnya intensitas yang terjadi. Peta isoleismal ditampilkan dalam beberapa gradasi warna yang menunjukkan perbedaan kawasan berdasarkan tingkat skala intensitas. Peta isoleismal yang diperoleh menunjukkan bahwa wilayah dengan intensitas IX MMI berada disekitar episenter dengan tingkat kerusakan yang sangat parah. Intensitas IX MMI terdapat di 1 kecamatan di daerah Kabupaten Pidie Jaya meliputi Kecamatan Meureudu. Untuk intensitas VIII MMI terdapat di Trienggading dan Pante Raja. Besarnya intensitas di 3 kecamatan ini dikarenakan letaknya berdekatan dengan pusat gempa. Intensitas IX MMI disebabkan oleh getaran gempa yang merambat melalui permukaan tanah melewati permukiman warga sehingga mengakibatkan kerusakan pada bangunan rumah tinggal, sekolah, perkantoran, tempat ibadah, jalan dan jembatan serta kerusakan alam lainnya.
2. Persamaan atenuasi global antarintensitas (I) dan jarak (R) untuk gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016 mengikuti persamaan eksponensial $I_x = I_x = 5.840 e^{-0.0017}$, Hasil Atenuasi untuk arah Barat Daya adalah $I_x(a)=y = 6.1489e^{-0.0013}$, arah Barat Laut $I_x(b)=7.174e^{-0.00057}$, arah Barat $I_x(c)=4.926e^{-0.0006}$, arah Selatan $I_x(d) = 6.639e^{-0.0027}$, arah Tenggara $I_x(e) = 4.887e^{-0.00088}$ dan arah Timur $I_x(f)=y = 6.136e^{-0.00121}$.

3. Kerentanan bangunan rumah tinggal di wilayah Kabupaten Pidie Jaya berdasarkan intensitas gempa. Untuk Intensitas V sampai VII MMI kategori kerusakan didominasi oleh kategori rumah tidak rusak yang berkisar antara 34.34% - 89.23% untuk selebihnya kriteria kerusakan lainnya yaitu kerusakan ringan, kerusakan sedang, dan kerusakan berat / roboh. Wilayah dengan intensitas VIII kategori tidak rusak masih mendominasi 46.28 %, kategori rusak ringan 20.59 %, kerusakan sedang 18.50% dan kerusakan berat / roboh 14.63%. Pada wilayah dengan intensitas tertinggi IX MMI kategori kerusakan juga masih didominasi kategori tidak rusak 34.34 %, selebihnya kategori rusak ringan 20.88 %, rusak sedang 19.29%, dan rusak berat / roboh 25.49 %. Untuk gempa Pidie Jaya 7 Desember 2016 banyaknya rumah yang tidak rusak kemungkinan diakibatkan oleh struktur rumah tinggal banyak yang terbuat dari kayu yang fleksibel menerima guncangan gempa bumi. Biasanya suatu bangunan yang fleksibel akan menerima beban gempa yang lebih kecil dibandingkan bangunan yang lebih kaku.
4. Hubungan intensitas dan central ratio kerusakan (*central damage ratio*) untuk gempa bumi Pidie Jaya 7 Desember 2016. Rasio kerusakan tertinggi adalah 26.93% yang berada pada intensitas IX MMI. Melihat dari rasio kerusakan bangunan yang relative kecil hanya 1.83% menandakan kondisi rumah di Kabupaten Pidie Jaya dalam kategori baik karena kebanyakan rumah penduduk terbuat dari konstruksi kayu yang fleksibel dalam menyerap energy gempa. Kerusakan banyak terjadi pada rumah yang terbuat dari pasangan batubata dengan perkuatan atau tanpa perkuatan yang konstruksinya lebih kaku serta spesifikasi bangunan rumah belum memenuhi standar bangunan tahan gempa. Untuk mengetahui central damage ratio dalam berbagai arah yaitu Arah Tenggara, Arah Barat Daya, dan Arah Timur Laut. Sedangkan untuk Arah Barat laut data rata-rata rasio kerusakan rumah tidak ada karena adanya keterbatasan data dan waktu dalam penelitian.

6.2 Saran

1. Perlunya dilakukan penelitian-penelitian serupa yang berkaitan dengan pembuatan peta isoseismal untuk kejadian gempa bumi lainnya di Indonesia dengan magnitudo lebih besar dari 5 yang menimbulkan dampak kerusakan dan korban jiwa.
2. Pembuatan peta isoseismal perlu dilakukan segera setelah waktu tanggap darurat berakhir untuk menghindari orang yang dijadikan *responden* lupa terhadap beberapa kejadian saat terjadi gempabumi.
3. Pemerintah melalui badan atau lembaga yang terkait dengan kegempaan perlu memasang lebih banyak lagi alat perekam gempa (*seismograf* dan *accelelograf*) karena data rekaman gempa sangat berguna untuk banyak hal.
4. Perlunya dilakukan penelitian serupa tentang kerentanan bangunan pada kejadian gempabumi di Indonesia di masa mendatang sehingga mampu melihat sejauh mana tingkat resiko atas bangunan di Indonesia.
5. Pemerintah khususnya Departemen Pekerjaan Umum yang lebih banyak bersentuhan dengan bangunan-bangunan rumah tinggal, hendaknya mulai melakukan pendataan secara tertib terhadap bangunan-bangunan gedung yang ada. Data tersebut perlu dikelompokkan berdasarkan tahun pembuatan, peruntukan bangunan dan tipe / jeniskontruksibangunannya. Data bangunan rumah tinggal tersebut akan sangat berguna untuk kepentingan perhitungan kerentanan dan risiko bencana, maupun assesment secara cepat saat bencana benar- benar terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Standarisasi Harga Barang dan Jasa Pemerintah Kabupaten Pidie Jaya Tahun 2017*,
- Bemmelen, (1949), *The Geology of Indonesia*, Vol 1A, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, Martinus Nijhoff, The Haque
- Berberian M, (1997), *Maximum Intensity, Isoseismal and Intensity Zone Maps of Iran (46 th Century B-C.To 1977)*, Geological Survey of Iran, Report No 40, 101-119, 1977, Geol. Surv. Iran.
- Dowrick DJ, (2003), *Earthquake Risk Reduction*, Willey & Sons, England.
- FEMA/Federal Emergency Management Agency, (1999), *Earthquake Loss Estimation Methodology HAZUZ 99: Technical Manual*, FEMA Publication, Washington DC.
- Ibnu M, (2007), *Potensi Bencana Alam Gempabumi di Patahan Sumatera*, <http://www.ibnurussydy.com/potensi-gempa-di-patahan-sumatera/> diakses 1 Mei 2020
- Irsyam M, (2007), *SI-4121 : Pengantar Dinamika Tanah dan Rekayasa Gempa*, Buku Kuliah FTSP ITB, Bandung.
- Moleong, Lexy J, (1993), *Metode Penelitian Kualitatif*, PT. Remaja Rodas Karya, Bandung
- Ozmen B, *Isosesimal Map, Human Casuality and Building Damage Statistics of The Izmit Earthquake of August 17, 1999*, (2000), Third Japan-Turkey
- Rifai dan Putu (2010), *Studi Awal Hubungan Gempa Laut dan Gempa Darat Sumatera dan Sekitar*. Puslitbang BMKG.
- Workshop on Earthquake Engineering, February 21-25, 2000, Istanbul, Turkey.
- Sarwidi, 2002, *Diktat Kuliah Dasar – Dasar Kegempaan*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sauter F and Shah HC, (1978), *Studies on Earthquake Insurance*, Proceedings of the Central American Conference on Earthquake Engineering, V2 San Salvador, El Salvador
- Suharsimi, (2006), *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktis*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.

- USGS/The United States Geology Survey, Magnitude 6.5 Pidie Jaya, tersedia di <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us10007ghm/map>, 2016, 1 Mei 2020
- Widodo, Diktat Kuliah Teknik Gempa S1, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta (tidak dipublikasikan), 2006
- Widodo, (2006), *Teknik Gempa*, Chapter I, Buku Kuliah Teknik Sipil UII, Yogyakarta.
- Widodo, (2007), *Seismologi dan Teknik Gempa*, Buku Kuliah Teknik Sipil UII, Yogyakarta.
- Wijaya HH, Isosesimal Kerentanan dan Rasio Kerusakan Bangunan Rumah Tinggal (Studi Kasus Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006), Tesis Teknik Sipil UII, Yogyakarta. (tidak dipublikasikan), 2009.
- Wood dan Neumann, (1931), *Modified Mercally Scale of 1931*, Bull. Seis. Soc. Amer



**Angket Pengkajian Intensitas Gempa
Magister Rekayasa Kegempaan, Fak. Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta
Gempa Pidie Jaya Aceh, 7 Desember 2016**

Pertama – tama kami ingin menyampaikan rasa belasungkawa kami yang sedalam-dalamnya kepada mereka yang terkena bencana alam gempa bumi pada tanggal 7 Desember 2016 yang lalu, yang telah kehilangan sanak saudara dan harta benda.

Pada kunjungan penelitian melalui blangko angket ini, kami ingin menanyakan kejadian yang dialami Bapak/Ibu/Sdr saat terjadi gempa tanggal 7 Desember 2016 tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperkirakan distribusi intensitas gempa, atau dengan kata lain, kekuatan getaran di setiap lokasi. Jawaban Bapak/Ibu/Sdr atas pertanyaan-pertanyaan kami nantinya akan sangat bermanfaat, karena Bapak/Ibu/Sdr yang mengalami gempa tersebut.

Hasil penelitian ini akan dianalisa untuk mendapatkan informasi guna mengurangi kerusakan/kerugian akibat gempa-gempa lain dimasa datang.

Terima kasih atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu/Sdr

Lingkarilah skala MMI (pilihlah salah satu skala dari I – XII) yang sesuai dengan keadaan yang Bapak/Ibu/Saudara/i alami pada saat kejadian Gempa Aceh 7 Desember 2016 di Kabupaten Pidie Jaya.

RESPON ORANG

MMI	URAIAN
I	<ul style="list-style-type: none"> • Gempa tidak terasa, kecuali oleh satu, dua orang saja ditempat yang hening
II	<ul style="list-style-type: none"> • Gempa terasa oleh sedikit sekali orang yang sedang istirahat atau berada pada bangunan tinggi. • Banyak orang yang tidak menyadari kalau telah terjadi gempa bumi.
III	<ul style="list-style-type: none"> • Gempa terasa jelas oleh beberapa orang yang berada dalam rumah atau gedung, terutama yang berada pada bangunan tinggi. • Diluar rumah atau gedung hanya dirasakan sedikit orang. • Getaran gempa seperti getaran truk kecil yang sedang lewat. • Lama getaran bisa dihitung.
IV	<ul style="list-style-type: none"> • Gempa dirasakan oleh banyak orang yang berada didalam orang atau gedung. • Diluar rumah atau gedung dirasakan oleh beberapa orang. • Getaran gempa seperti getaran truck berat yang sedang lewat (seperti ada benda berat yang menabrak bangunan). • Orang yang sedang tidur terbangun.
V	<ul style="list-style-type: none"> • Gempa dirasakan oleh hampir setiap orang (diluar maupun didalam gedung) • Banyak orang tidur terbangun • Sedikit orang yang memberikan peringatan bahaya
VI	<ul style="list-style-type: none"> • Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut • Orang – orang berlari keluar bangunan karena ketakutan / panik • Orang dan binatang memberi peringatan tanda bahaya

	<ul style="list-style-type: none"> • Sulit berjalan stabil
VII	<ul style="list-style-type: none"> • Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut • Semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan / panik • Semua orang memberi peringatan tanda bahaya • Sangat sulit berjalan stabil
VIII	<ul style="list-style-type: none"> • Semua memberi peringatan bahaya, mendekati • Pengemudi mobil dan motor sangat terganggu
IX	<ul style="list-style-type: none"> • Semua orang panik • Pengemudi mobil dan motor sulit mengendalikan kendaraannya
X	<ul style="list-style-type: none"> • Semua orang panik dan ketakutan • Sulit berdiri stabil • Pengemudi mobil dan motor tidak bisa mengendalikan kendaraannya
XI	<ul style="list-style-type: none"> • Semua orang panik dan ketakutan • Sangat sulit berdiri stabil
XII	<ul style="list-style-type: none"> • Semua orang panik dan ketakutan.

Lingkarilah skala MMI (pilihlah salah satu skala dari I – XII) yang sesuai dengan keadaan yang Bapak/Ibu/Saudara/i alami pada saat kejadian Gempa Aceh 7 Desember 2016 di Kabupaten Pidie Jaya.

RESPON OBJEK / BENDA

MMI	URAIAN
I	<ul style="list-style-type: none"> • Benda-benda diam, tidak bergerak
II	<ul style="list-style-type: none"> • Benda – benda ringan yang digantung bergoyang
III	<ul style="list-style-type: none"> • Objek yang bergantung bergoyang • Kendaraan yang diam / diparkir bergoyang sedikit
IV	<ul style="list-style-type: none"> • Pintu, jendela, piring, dan gelas bergetar dan mengeluarkan bunyi • Air dalam wadah terbuka bergoyang • Mobil dan motor yang diam / diparkir terlihat jelas bergetar • Lampu gantung bergoyang
V	<ul style="list-style-type: none"> • Objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya • Beberapa jendela kaca, keramik, piring, dan gelas pecah • Barang – barang diatas meja (vas bunga, dsb) ikut bergerak dan sebagian berjatuhan • Pintu dan jendela terbuka bergoyang • Pigura di dinding bergoyang
VI	<ul style="list-style-type: none"> • Banyak barang yang terbuat dari kaca (gelas, piring, keramik, dll) pecah • Barang- barang berjatuhan dari rak / meja dan pecah • Pigura jatuh dari dinding • Sedikit furniture (lemari, dll) berat yang dilantai licin bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil robo
VII	<ul style="list-style-type: none"> • Banyak barang dari kaca (gelas, piring keramik, dll) pecah • Sebagian besar barang diatas meja / rak berjatuhan dan rusak • Beberapa furniture (lemari, dll) berat bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh
VIII	<ul style="list-style-type: none"> • Bel yang besar berbunyi • Meja dan kursi berantakan

	<ul style="list-style-type: none"> • Banyak furniture (lemari, dll) yang berat roboh dan rusak
IX	<ul style="list-style-type: none"> • Meja dan kursi berantakan dan berjatuh / roboh • Hampir semua furniture (lemari, dll) dan perabot rumah (pigura, televisi , dll) berjatuh / roboh dan rusak
X	<ul style="list-style-type: none"> • Semua meja dan kursi berantakan dan berjatuh / roboh serta rusak • Hampir semua furniture (lemari, dll) dan perabot rumah (pigura, televisi , dll) berjatuh / roboh dan rusak
XI	<ul style="list-style-type: none"> • Semua furniture (lemari, dll) dan perabot rumah (pigura, televisi, dll) berjatuh / roboh, rusak dan berantakan
XII	<ul style="list-style-type: none"> • Objek – objek berhamburan

Lingkarilah skala MMI (pilihlah salah satu skala dari I – XII) yang sesuai dengan keadaan yang Bapak/Ibu/Saudara/i alami pada saat kejadian Gempa Aceh 7 Desember 2016 di Kabupaten Pidie Jaya.

RESPON ALAM / LINGKUNGAN

MMI	URAIAN
I	• -----
II	• -----
III	• -----
IV	• -----
V	• Pohon – pohon yang tinggi bergoyang
VI	<ul style="list-style-type: none"> • Pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara • Material material kecil lepas dari tebing
VII	<ul style="list-style-type: none"> • Air menjadi keruh mengeluarkan lumpur • Penurunan pada tanah jelek • Rekahan pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing • Sedikit kejadian air sampai keluar dari tanah (liquifaksi)
VIII	<ul style="list-style-type: none"> • Ranting pohon patah • Retak tampak pada lereng curam dan tanah basah • Terjadi longsoran kecil hingga sedang pada tebing jalan
IX	<ul style="list-style-type: none"> • Retak pada tanah tampak mencolok • Longsor pada lereng yang curam umum ditemui • Air sampai keluar dari tanah (liquifaksi) terjadi di beberapa tempat • Pipa – pipa didalam tanah putus
X	<ul style="list-style-type: none"> • Retakan pada tanah akan semakin banyak, tanah longsor tebing – tebing sungai dan bukit, air sungai akan melimpas di atas tanggul. • Longsoran tanah yang sangat luas dalam tanah yang peka, dengan banyaknya batu yang bergeser pada tebing yang curam. • Longsoran pada dam mungkin terjadi • Efek liquifaksi yang luas dan hebat
XI	<ul style="list-style-type: none"> • Rekahan pada tanah sangat banyak / luas • Jaringan pipa bawah tanah hancur dan tidak berfungsi • Rel KA bengkok dan bergeser
XII	<ul style="list-style-type: none"> • Gerakan gempa terlihat bergelombang di atas tanah • Benda – benda berterbangan ke udara

Lingkarkanlah skala MMI (pilihlah salah satu skala dari I – XII) yang sesuai dengan keadaan yang Bapak/Ibu/Saudara/i alami pada saat kejadian Gempa Aceh 7 Desember 2016 di Kabupaten Pidie Jaya.

RESPON BANGUNAN

MMI	URAIAN
I	• -----
II	• -----
III	• -----
IV	• Dinding, rangka bangunan, dan plafond mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan
V	• Kerusakan ringan terjadi • Plasteran dinding retak
VI	• Plasteran dinding retak dan mengelupas • Kerusakan ringan pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah / jelek (spesi dari tanah, spesi sedikit semen, dll)
VII	• Kerusakan ringan terjadi dimana – mana • Bangunan – bangunan yang kualitas rendah / jelek (spesi dari tanah, spesi sedikit semen, dll) mengalami kerusakan dimana-mana sebagian roboh • Sedikit kejadian kerusakan pada bangunan yang belum memakai tulangan / besi namun dengan pengerjaan yang biasa dan spesi kualitas rata – rata • Bangunan dengan kontruksi yang baik (sudah ada sloof, balok, kolom bertulang) tidak mengalami kerusakan yang berarti
VIII	• Banyak bangunan – bangunan yang kualitas rendah / jelek (spesi dari tanah, spesi sedikit semen, dll) mengalami rusak berat dan beberapa roboh • Bangunan yang belum memakai tulangan / besi namun dengan pengerjaan yang biasa dan spesi kualitas rata – rata mengalami rusak dan sebagian roboh • Rusak ringan seperti timbul retak – retak ditembok pada bangunan dengan desain dan pengerjaan yang baik(sudah ada sloof, balok, kolom bertulang) • Dinding dapat lepas dari kerangka bangunan dan monumen – monumen roboh
IX	• Seluruh bangunan yang tanpa beton bertulang (tanpa sloof, balok, dan kolom) mengalami kerusakan cukup parah • Banyak bangunan tampak bergeser dari pondasinya • Kerusakan berarti pada bangunan beton bertulang dengan standart pengerjaan dan material yang baik • Bangunan – bangunan bertingkat yang didesain dengan baik mengalami rusak sedang hingga berat untuk beberapa kasus
X	• Banyak bangunan beton bertulang dengan standart pengerjaan dan material yang baik mengalami kerusakan sedang hingga berat • Bangunan yang didesain dan dibangun untuk tahan terhadap gempa untuk pemakaian standart / normal, mengalami kerusakan ringan hingga sedang • Beberapa bangunan kayu yang dibangun dengan baik mengalami kerusakan ringan hingga sedang
XI	• Semua bangunan beton bertulang dengan standart pengerjaan dan material yang baik mengalami kerusakan total. • Bangunan yang didesain dan dibangun untuk tahan terhadap gempa untuk pemakaian standar / normal, mengalami rusak berat dan beberapa roboh

	<ul style="list-style-type: none"> • Banyak bangunan kayu yang dibangun dengan baik mengalami rusak sedang hingga berat dan sebagian roboh • Beberapa bangunan yang didesain dengan gambaran yang baik tentang perilaku pondasi, yang mana khusus didesain untuk kerusakan yang minimal, dengan fasilitas isolasi terhadap gempa, mengalami kerusakan ringan hingga sedang.
XII	<ul style="list-style-type: none"> • Seluruh bangunan yang didesain dan dibangun untuk tahan terhadap gempa untuk pemakaian standar / normal, mengalami kerusakan total • Seluruh bangunan kayu yang dibangun dengan baik mengalami rusak berat dan roboh • Bangunan yang di desain dengan gambaran yang baik tentang perilaku pondasi, yang mana khusus didesain untuk kerusakan yang minimal, dengan fasilitas isolasi terhadap gempa, mengalami kerusakan berat

Bolehkah kami mengetahui nama dan alamat Bapak / Ibu / Saudara / i ?

Nama :

Alamat :

Catatan : diisi alamat dimana Bapak / Ibu / Saudara / i mengalami kejadian gempa.

Terimakasih banyak atas bantuan dan kerjsamanya Bapak/Ibu/Saudara/i.

Mudah-mudahan apa yang Bapak/Ibu/Saudara/i sampaikan tersebut bisa berguna untuk mengantisipasi terjadinya gempa bumi di masa yang akan datang khususnya untuk mengurangi jumlah korban jiwa dan kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi.

**Angket Pengkajian Intensitas Gempa
Magister Rekayasa Kegempaan, Fak. Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta
Gempa Pidie Jaya Aceh, 7 Desember 2016**

Pertama – tama kami ingin menyampaikan rasa belasungkawa kami yang sedalam-dalamnya kepada mereka yang terkena bencana alam gempa bumi pada tanggal 7 Desember 2016 yang lalu, yang telah kehilangan sanak saudara dan harta benda.

Pada kunjungan penelitian melalui blangko angket ini, kami ingin menanyakan kejadian yang dialami Bapak/Ibu/Sdr saat terjadi gempa tanggal 7 Desember 2016 tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperkirakan distribusi intensitas gempa, atau dengan kata lain, kekuatan getaran di setiap lokasi. Jawaban Bapak/Ibu/Sdr atas pertanyaan-pertanyaan kami nantinya akan sangat bermanfaat, karena Bapak/Ibu/Sdr yang mengalami gempa tersebut.

Hasil penelitian ini akan dianalisa untuk mendapatkan informasi guna mengurangi kerusakan/kerugian akibat gempa-gempa lain dimasa datang.

Terima kasih atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu/Sdr

Lingkarilah skala MMI (pilihlah salah satu skala dari I – XII) yang sesuai dengan keadaan yang Bapak/Ibu/Saudara/i alami pada saat kejadian Gempa Aceh 7 Desember 2016 di Kabupaten Pidie Jaya.

RESPON ORANG

MMI	URAIAN
I	<ul style="list-style-type: none"> Gempa tidak terasa, kecuali oleh satu, dua orang saja ditempat yang hening
II	<ul style="list-style-type: none"> Gempa terasa oleh sedikit sekali orang yang sedang istirahat atau berada pada bangunan tinggi. Banyak orang yang tidak menyadari kalau telah terjadi gempa bumi.
III	<ul style="list-style-type: none"> Gempa terasa jelas oleh beberapa orang yang berada dalam rumah atau gedung, terutama yang berada pada bangunan tinggi. Diluar rumah atau gedung hanya dirasakan sedikit orang. Getaran gempa seperti getaran truk kecil yang sedang lewat. Lama getaran bisa dihitung.
IV	<ul style="list-style-type: none"> Gempa dirasakan oleh banyak orang yang berada didalam orang atau gedung. Diluar rumah atau gedung dirasakan oleh beberapa orang. Getaran gempa seperti getaran truck berat yang sedang lewat (seperti ada benda berat yang menabrak bangunan). Orang yang sedang tidur terbangun.
V	<ul style="list-style-type: none"> Gempa dirasakan oleh hampir setiap orang (diluar maupun didalam gedung) Banyak orang tidur terbangun Sedikit orang yang memberikan peringatan bahaya
VI	<ul style="list-style-type: none"> Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut Orang – orang berlari keluar bangunan karena ketakutan / panik Orang dan binatang memberi peringatan tanda bahaya

	<ul style="list-style-type: none"> • Sulit berjalan stabil
VII	<ul style="list-style-type: none"> • Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut • Semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan / panik • Semua orang memberi peringatan tanda bahaya • Sangat sulit berjalan stabil
VIII	<ul style="list-style-type: none"> • Semua memberi peringatan bahaya, mendekati • Pengemudi mobil dan motor sangat terganggu
IX	<ul style="list-style-type: none"> • Semua orang panik • Pengemudi mobil dan motor sulit mengendalikan kendaraannya
X	<ul style="list-style-type: none"> • Semua orang panik dan ketakutan • Sulit berdiri stabil • Pengemudi mobil dan motor tidak bisa mengendalikan kendaraannya
XI	<ul style="list-style-type: none"> • Semua orang panik dan ketakutan • Sangat sulit berdiri stabil
XII	<ul style="list-style-type: none"> • Semua orang panik dan ketakutan.

Lingkarilah skala MMI (pilihlah salah satu skala dari I – XII) yang sesuai dengan keadaan yang Bapak/Ibu/Saudara/i alami pada saat kejadian Gempa Aceh 7 Desember 2016 di Kabupaten Pidie Jaya.

RESPON OBJEK / BENDA

MMI	URAIAN
I	<ul style="list-style-type: none"> • Benda-benda diam, tidak bergerak
II	<ul style="list-style-type: none"> • Benda – benda ringan yang digantung bergoyang
III	<ul style="list-style-type: none"> • Objek yang bergantung bergoyang • Kendaraan yang diam / diparkir bergoyang sedikit
IV	<ul style="list-style-type: none"> • Pintu, jendela, piring, dan gelas bergetar dan mengeluarkan bunyi • Air dalam wadah terbuka bergoyang • Mobil dan motor yang diam / diparkir terlihat jelas bergetar • Lampu gantung bergoyang
V	<ul style="list-style-type: none"> • Objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya • Beberapa jendela kaca, keramik, piring, dan gelas pecah • Barang – barang diatas meja (vas bunga, dsb) ikut bergerak dan sebagian berjatuhan • Pintu dan jendela terbuka bergoyang • Pigura di dinding bergoyang
VI	<ul style="list-style-type: none"> • Banyak barang yang terbuat dari kaca (gelas, piring, keramik, dll) pecah • Barang- barang berjatuhan dari rak / meja dan pecah • Pigura jatuh dari dinding • Sedikit furniture (lemari, dll) berat yang dilantai licin bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil robo
VII	<ul style="list-style-type: none"> • Banyak barang dari kaca (gelas, piring keramik, dll) pecah • Sebagian besar barang diatas meja / rak berjatuhan dan rusak • Beberapa furniture (lemari, dll) berat bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh • Bel yang besar berbunyi
VIII	<ul style="list-style-type: none"> • Meja dan kursi berantakan

IX	<ul style="list-style-type: none"> • Banyak furniture (lemari, dll) yang berat roboh dan rusak • Meja dan kursi berantakan dan berjatuhan / roboh • Hampir semua furniture (lemari, dll) dan perabot rumah (pigura, televisi , dll) berjatuhan / roboh dan rusak
X	<ul style="list-style-type: none"> • Semua meja dan kursi berantakan dan berjatuhan / roboh serta rusak • Hampir semua furniture (lemari, dll) dan perabot rumah (pigura, televisi , dll) berjatuhan / roboh dan rusak
XI	<ul style="list-style-type: none"> • Semua furniture (lemari, dll) dan perabot rumah (pigura, televisi, dll) berjatuhan / roboh, rusak dan berantakan
XII	<ul style="list-style-type: none"> • Objek – objek berhamburan

Lingkarilah skala MMI (pilihlah salah satu skala dari I – XII) yang sesuai dengan keadaan yang Bapak/Ibu/Saudara/i alami pada saat kejadian Gempa Aceh 7 Desember 2016 di Kabupaten Pidie Jaya.

RESPON ALAM / LINGKUNGAN

MMI	URAIAN
I	• -----
II	• -----
III	• -----
IV	• -----
V	• Pohon – pohon yang tinggi bergoyang
VI	<ul style="list-style-type: none"> • Pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara • Material material kecil lepas dari tebing
VII	<ul style="list-style-type: none"> • Air menjadi keruh mengeluarkan lumpur • Penurunan pada tanah jelek • Rekahan pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing • Sedikit kejadian air sampai keluar dari tanah (liquifaksi)
VIII	<ul style="list-style-type: none"> • Ranting pohon patah • Retak tampak pada lereng curam dan tanah basah • Terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan
IX	<ul style="list-style-type: none"> • Retak pada tanah tampak mencolok • Longsor pada lereng yang curam umum ditemui • Air sampai keluar dari tanah (liquifaksi) terjadi di beberapa tempat • Pipa – pipa didalam tanah putus
X	<ul style="list-style-type: none"> • Retakan pada tanah akan semakin banyak, tanah longsor tebing – tebing sungai dan bukit, air sungai akan melimpas di atas panggul. • Longsor tanah yang sangat luas dalam tanah yang peka, dengan banyaknya batu yang bergeser pada tebing yang curam. • Longsor pada dam mungkin terjadi • Efek liquifaksi yang luas dan hebat
XI	<ul style="list-style-type: none"> • Rekahan pada tanah sangat banyak / luas • Jaringan pipa bawah tanah hancur dan tidak berfungsi • Rel KA bengkok dan bergeser
XII	<ul style="list-style-type: none"> • Gerakan gempa terlihat bergelombang di atas tanah • Benda – benda berterbangan ke udara

Lingkarilah skala MMI (pilihlah salah satu skala dari I – XII) yang sesuai dengan keadaan yang Bapak/Ibu/Saudara/i alami pada saat kejadian Gempa Aceh 7 Desember 2016 di Kabupaten Pidie Jaya.

RESPON BANGUNAN

MMI	URAIAN
I	• -----
II	• -----
III	• -----
IV	• Dinding, rangka bangunan, dan plafond mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan
V	• Kerusakan ringan terjadi • Plasteran dinding retak
VI	• Plasteran dinding retak dan mengelupas • Kerusakan ringan pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah / jelek (spesi dari tanah, spesi sedikit semen, dll)
VII	• Kerusakan ringan terjadi dimana – mana • Bangunan – bangunan yang kualitas rendah / jelek (spesi dari tanah, spesi sedikit semen, dll) mengalami kerusakan dimana-mana sebagian roboh • Sedikit kejadian kerusakan pada bangunan yang belum memakai tulangan / besi namun dengan pengerjaan yang biasa dan spesi kualitas rata – rata • Bangunan dengan kontruksi yang baik (sudah ada sloof, balok, kolom bertulang) tidak mengalami kerusakan yang berarti
VIII	• Banyak bangunan – bangunan yang kualitas rendah / jelek (spesi dari tanah, spesi sedikit semen, dll) mengalami rusak berat dan beberapa roboh • Bangunan yang belum memakai tulangan / besi namun dengan pengerjaan yang biasa dan spesi kualitas rata – rata mengalami rusak dan sebagian roboh • Rusak ringan seperti timbul retak – retak ditembok pada bangunan dengan desain dan pengerjaan yang baik(sudah ada sloof, balok, kolom bertulang) • Dinding dapat lepas dari kerangka bangunan dan monumen – monumen roboh
IX	• Seluruh bangunan yang tanpa beton bertulang (tanpa sloof, balok, dan kolom) mengalami kerusakan cukup parah • Banyak bangunan tampak bergeser dari pondasinya • Kerusakan berarti pada bangunan beton bertulang dengan standart pengerjaan dan material yang baik • Bangunan – bangunan bertingkat yang didesain dengan baik mengalami rusak sedang hingga berat untuk beberapa kasus
X	• Banyak bangunan beton bertulang dengan standart pengerjaan dan material yang baik mengalami kerusakan sedang hingga berat • Bangunan yang didesain dan dibangun untuk tahan terhadap gempa untuk pemakaian standart / normal, mengalami kerusakan ringan hingga sedang • Beberapa bangunan kayu yang dibangun dengan baik mengalami kerusakan ringan hingga sedang
XI	• Semua bangunan beton bertulang dengan standart pengerjaan dan material yang baik mengalami kerusakan total. • Bangunan yang didesain dan dibangun untuk tahan terhadap gempa untuk pemakaian standar / normal, mengalami rusak berat dan beberapa roboh

	<ul style="list-style-type: none"> • Banyak bangunan kayu yang dibangun dengan baik mengalami rusak sedang hingga berat dan sebagian roboh • Beberapa bangunan yang didesain dengan gambaran yang baik tentang perilaku pondasi, yang mana khusus didesain untuk kerusakan yang minimal, dengan fasilitas isolasi terhadap gempa, mengalami kerusakan ringan hingga sedang.
XII	<ul style="list-style-type: none"> • Seluruh bangunan yang didesain dan dibangun untuk tahan terhadap gempa untuk pemakaian standar / normal, mengalami kerusakan total • Seluruh bangunan kayu yang dibangun dengan baik mengalami rusak berat dan roboh • Bangunan yang di desain dengan gambaran yang baik tentang perilaku pondasi, yang mana khusus didesain untuk kerusakan yang minimal, dengan fasilitas isolasi terhadap gempa, mengalami kerusakan berat

Bolehkah kami mengetahui nama dan alamat Bapak / Ibu / Saudara / i ?

Nama :

Alamat :

.....

Catatan : diisi alamat dimana Bapak / Ibu / Saudara / i mengalami kejadian gempa.

Terimakasih banyak atas bantuan dan kerjsamanya Bapak/Ibu/Saudara/i.

Mudah-mudahan apa yang Bapak/Ibu/Saudara/i sampaikan tersebut bisa berguna untuk mengantisipasi terjadinya gempa bumi di masa yang akan datang khususnya untuk mengurangi jumlah korban jiwa dan kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi.

**Angket Panduan Wawancara Terstruktur
Magister Rekayasa Kegempaan, Fak. Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta
Gempa Pidie Jaya Acch, 7 Desember 2016**

1. Apakah anda merasakan terjadinya gempa?
 - ① Ya, terasa
 - 2) Tidak terasa
2. JIKA ANDA MERASAKAN GEMPA, apakah orang – orang disekitar Anda juga merasakan gempa bumi tersebut?
 - 1) Tidak seorangpun merasakan
 - 2) Sedikit orang merasakan
 - 3) Banyak orang merasakan
 - ④ Semua orang merasakan
3. Dimanakah anda ketika gempa bumi terjadi?
Alamat : *GOMPONG KUTA PONC*
4. Dimanakah anda, didalam bangunan atau diluar bangunan saat gempa bumi terjadi?
 - ① Di dalam bangunan (rumah, gedung, dll)
 - 2) Di luar bangunan (di luar rumah, di luar gedung, dll)
 - 3) Di kendaraan (di mobil, motor, dll)

NO 5 & 6 KHUSUS PERTANYAAN UNTUK YANG SAAT GEMPA BERADA DIKENDARAAN

5. Jika anda sedang mengendarai kendaraan saat gempa, Apakah saat itu sulit mengendalikan kendaraan ?
 - 1) Tidak sulit
 - 2) Agak sulit
 - 3) Sulit mengendalikan kendaraan saat itu
 - 4) Kendaraan saya hentikan, karena sudah tak terkendali lagi
 - 5) Saya sampai terjatuh dari kendaraan atau susah keluar dari mobil
6. Kalau anda berada di kendaraan yang berhenti. Apakah anda merasa kendaraan bergoyang?
 - 1) Tidak bergoyang
 - 2) Kendaraan bergoyang sedikit
 - 3) Kendaraan bergoyang cukup keras
 - 4) Kendaraan hampir terguling

Jika Anda TIDAK MERASAKAN TERJADINYA GEMPABUMI, Maka Silahkan Langsung Ke Pertanyaan No 27, Lompatilah Pertanyaan No 7 Sampai No 26

7. Bagaimana kesan anda pada goyangan yang terjadi?
 - 1) Saya tidak pasti apakah terjadi gempa bumi atau tidak
 - 2) Saya merasa yakin bahwa yang baru saja terjadi adalah gempa bumi dan saya masih dapat berdiri dengan normal
 - 3) Saya kesulitan untuk berdiri
 - 4) Saya tidak dapat berdiri
 - 5) Saya terjatuh akibat gempa
8. Bagaimana anda merasakan gempabumi yang terjadi ?
 - 1) Getaran kecil sekali, sedikit sekali orang yang merasakan
 - 2) Seperti truk ringan yang lewat
 - 3) Seperti truk berat yang lewat
 - 4) Seperti benda yang berat menumbuk bangunan
 - 5) Sepertinya bangunan meledak
9. Dari material apakah bangunan yang anda tempati ?
 - 1) Rumah / bangunan kayu, bambu
 - 2) Rumah / bangunan batu bata tanpa tulangan / tanpa besi beton
 - 3) Rumah / bangunan tembok beton bertulang / dengan besi beton
 - 4)
10. Berapa tahun usia bangunan yang anda tempati ? (2) tahun
11. Berapa tingkat bangunan tersebut ? (1) tingkat
12. Pada lantai berapakah anda merasakan gempa bumi tersebut ?
 - 1) Lantai dasar
 - 2) Lantai 1
 - 3) Lantai 2
 - 4) Lantai 3
 - 5) Lantai ke....
13. JIKA ANDA TERTIDUR, apakah anda terbangun karena gempabumi ?
 - 1) Saya sedang tidak tidur saat gempa terjadi
 - 2) Tidak terbangun
 - 3) Saya terbangun, tetapi saya tidak sadar mengapa saya terbangun
 - 4) Saya terbangun, dan saya sadar bahwa gempa bumi telah terjadi

14. Apakah anda merasakan ketakutan saat gempa bumi terjadi ?
- 1) Tidak takut
 - 2) Sedikit takut, tetapi saya merasa aman dengan tetap tinggal di dalam bangunan
 - 3) Hampir menakutkan
 - ④ Menakutkan dan saya tidak tahu apa yang harus saya lakukan
 - 5) panik
15. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apa yang terjadi dengan objek yang bergantung seperti pigura di tembok dan lampu ?
- 1) Tidak terjadi apa – apa
 - 2) Bergoyang sedikit tanpa suara
 - 3) Bergoyang dengan suara gaduh dan beberapa berpindah tempat
 - 4) Sebagian rusak dan jatuh
 - 5) Banyak yang rusak dan jatuh
 - ⑥ Setiap objek yang bergantung rusak dan jatuh
16. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apa yang terjadi dengan lemari dan perabot – perabot berat di dalam rumah ?
- 1) Tidak terjadi apa – apa
 - 2) Sedikit bergoyang
 - 3) Bergoyang keras
 - 4) Sebagian lemari, dan perabot – perabot berat bergeser
 - 5) Banyak lemari dan perabot – perabot berat bergeser dan sebagian roboh
 - ⑥ Banyak lemari dan perabot – perabot berat roboh dan rusak
17. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apakah pohon atau mobil yang berhenti tampak bergoyang karena gempa bumi ?
- 1) Tidak terlihat bergoyang
 - 2) Terlihat bergoyang sedikit
 - ③ Terlihat bergoyang cukup keras
 - 4) Bergoyang sampai menimbulkan suara keras
18. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apakah air di vas bunga, mangkuk, akuarium, dsb bergerak?
- 1) Tidak terlihat bergoyang
 - 2) Bergoyang sedikit
 - 3) Bergoyang keras
 - ④ Air dalam wadah tersebut tumpah

19. Suara gaduh seperti apa yang anda dengar sepanjang gempa bumi ?
- 1) Tidak mendengar apa – apa
 - 2) Jendela, pintu dan gelas berderik atau suara mengeretak dari tembok dan lantai
 - 3) Jendela dan pintu terbanting atau suara mengeretak dari tiap bagian bangunan
 - ④ Suara terbanting, mengeretak dan suara benda – benda hancur dari isi bangunan
20. Apa yang terjadi dengan plesteran ?
- 1) Tidak terjadi apa – apa
 - 2) Terbentuk retakan pada plesteran dan atau sebagian kecil dari plesteran lepas
 - ③ Sebagian besar plesteran dimana – mana
 - 4) Keseluruhan muka plesteran lepas dimana - mana
21. Apa yang terjadi pada dinding / tembok rumah ?
- 1) Tidak terjadi apa – apa
 - 2) Retak kecil
 - 3) Retak besar dan dalam
 - 4) Timbul celah pada dinding
 - 5) Sebagian dinding miring atau roboh
 - ⑥ Hampir semua dinding rumah roboh
22. Apa yang terjadi dengan atap ?
- 1) Tidak terjadi apa – apa
 - 2) Rusak pada atap dan atau bagian atap
 - ③ Atap roboh
23. Seperti apa kerusakan bangunan yang terjadi ?
- 1) Bangunan tidak rusak
 - 2) Bangunan rusak ringan
 - 3) Bangunan rusak sedang
 - 4) Bangunan rusak berat
 - ⑤ Bangunan roboh total
24. Bagaimana dengan kerusakan bangunan (terutama rumah) yang terjadi disekitar anda ?
- 1) Tidak ada yang rusak
 - 2) Ada beberapa yang rusak, namun hanya rusak ringan itupun jumlahnya sedikit
 - 3) Ada beberapa bangunan yang rusak berat / roboh
 - ④ Banyak bangunan yang mengalami rusak berat / roboh
 - 5) Lebih dari $\frac{1}{2}$ (separo) bangunan yang ada rusak berat atau roboh

25. Apa yang terjadi dengan jalan di daerah anda ?

- 1) Tidak terjadi apa – apa
- 2) Rusak ringan (sepeda motor dapat lewat dengan kecepatan normal)
- 3) Rusak sedang (sepeda motor sering harus berjalan pelan – pelan)
- 4) Rusak berat (sepeda motor selalu harus berjalan perlahan – lahan)
- 5) Jalan tidak bisa dilalui sepeda motor, namun sepeda onthel bisa.
- 6) Hanya pejalan kaki yang bisa melewati.

26. Apa yang terjadi dengan tanah ?

- 1) Tidak terjadi penurunan tanah
- 2) Retak sempit atau kecil pada tanah
- 3) Retak lebar, hingga jari kaki bisa masuk
- 4) Retak lebar, hingga kaki bisa masuk
- 5) Retak lebar, hingga tubuh bisa masuk
- 6) Ada tanah yang mengalami penurunan kebawah dan kesamping
- 7) Dibanyak tempat terjadi penurunan kebawah dan kesamping

27. Bolehkah saya mengetahui nama anda ? jika boleh nama anda siapa ?

..A.P.D.U.L...M.U.N.T.A.L.I.P.....

28. Apakah anda lelaki atau perempuan ?

- 1) Laki – laki
- 2) Perempuan

29. Berapa usia anda ?

50 + 14.....

30. Apakah pekerjaan anda ?

PEKERJAAN.....

**Angket Panduan Wawancara Terstruktur
Magister Rekayasa Kegempaan, Fak. Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta
Gempa Pidie Jaya Aceh, 7 Desember 2016**

1. Apakah anda merasakan terjadinya gempa?
 - 1) Ya, terasa
 - 2) Tidak terasa
2. JIKA ANDA MERASAKAN GEMPA, apakah orang – orang disekitar Anda juga merasakan gempa bumi tersebut?
 - 1) Tidak seorangpun merasakan
 - 2) Sedikit orang merasakan
 - 3) Banyak orang merasakan
 - 4) Semua orang merasakan
3. Dimanakah anda ketika gempa bumi terjadi?
Alamat :
4. Dimanakah anda, didalam bangunan atau diluar bangunan saat gempa bumi terjadi?
 - 1) Di dalam bangunan (rumah, gedung, dll)
 - 2) Di luar bangunan (di luar rumah, di luar gedung, dll)
 - 3) Di kendaraan (di mobil, motor, dll)

NO 5 & 6 KHUSUS PERTANYAAN UNTUK YANG SAAT GEMPA BERADA DIKENDARAAN

5. Jika anda sedang mengendarai kendaraan saat gempa, Apakah saat itu sulit mengendalikan kendaraan ?
 - 1) Tidak sulit
 - 2) Agak sulit
 - 3) Sulit mengendalikan kendaraan saat itu
 - 4) Kendaraan saya hentikan, karena sudah tak terkendali lagi
 - 5) Saya sampai terjatuh dari kendaraan atau susah keluar dari mobil
6. Kalau anda berada di kendaraan yang berhenti. Apakah anda merasa kendaraan bergoyang?
 - 1) Tidak bergoyang
 - 2) Kendaraan bergoyang sedikit
 - 3) Kendaraan bergoyang cukup keras
 - 4) Kendaraan hampir terguling

Jika Anda TIDAK MERASAKAN TERJADINYA GEMPABUMI, Maka Silahkan Langsung Ke Pertanyaan No 27, Lompatilah Pertanyaan No 7 Sampai No 26

7. Bagaimana kesan anda pada goyangan yang terjadi?
 - 1) Saya tidak pasti apakah terjadi gempa bumi atau tidak
 - 2) Saya merasa yakin bahwa yang baru saja terjadi adalah gempa bumi dan saya masih dapat berdiri dengan normal
 - 3) Saya kesulitan untuk berdiri
 - 4) Saya tidak dapat berdiri
 - 5) Saya terjatuh akibat gempa
8. Bagaimana anda merasakan gempabumi yang terjadi ?
 - 1) Getaran kecil sekali, sedikit sekali orang yang merasakan
 - 2) Seperti truk ringan yang lewat
 - 3) Seperti truk berat yang lewat
 - 4) Seperti benda yang berat menumbuk bangunan
 - 5) Sepertinya bangunan meledak
9. Dari material apakah bangunan yang anda tempati ?
 - 1) Rumah / bangunan kayu, bambu
 - 2) Rumah / bangunan batu bata tanpa tulangan / tanpa besi beton
 - 3) Rumah / bangunan tembok beton bertulang / dengan besi beton
 - 4)
10. Berapa tahun usia bangunan yang anda tempati ? () tahun
11. Berapa tingkat bangunan tersebut ? () tingkat
12. Pada lantai berapakah anda merasakan gempa bumi tersebut ?
 - 1) Lantai dasar
 - 2) Lantai 1
 - 3) Lantai 2
 - 4) Lantai 3
 - 5) Lantai ke....
13. JIKA ANDA TERTIDUR, apakah anda terbangun karena gempabumi ?
 - 1) Saya sedang tidak tidur saat gempa terjadi
 - 2) Tidak terbangun
 - 3) Saya terbangun, tetapi saya tidak sadar mengapa saya terbangun
 - 4) Saya terbangun, dan saya sadar bahwa gempa bumi telah terjadi

14. Apakah anda merasakan ketakutan saat gempa bumi terjadi ?
- 1) Tidak takut
 - 2) Sedikit takut, tetapi saya merasa aman dengan tetap tinggal di dalam bangunan
 - 3) Hampir menakutkan
 - 4) Menakutkan dan saya tidak tahu apa yang harus saya lakukan
 - 5) panik
15. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apa yang terjadi dengan objek yang bergantung seperti pigura di tembok dan lampu ?
- 1) Tidak terjadi apa – apa
 - 2) Bergoyang sedikit tanpa suara
 - 3) Bergoyang dengan suara gaduh dan beberapa berpindah tempat
 - 4) Sebagian rusak dan jatuh
 - 5) Banyak yang rusak dan jatuh
 - 6) Setiap objek yang bergantung rusak dan jatuh
16. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apa yang terjadi dengan lemari dan perabot – perabot berat di dalam rumah ?
- 1) Tidak terjadi apa – apa
 - 2) Sedikit bergoyang
 - 3) Bergoyang keras
 - 4) Sebagian lemari, dan perabot – perabot berat bergeser
 - 5) Banyak lemari dan perabot – perabot berat bergeser dan sebagian roboh
 - 6) Banyak lemari dan perabot – perabot berat roboh dan rusak
17. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apakah pohon atau mobil yang berhenti tampak bergoyang karena gempa bumi ?
- 1) Tidak terlihat bergoyang
 - 2) Terlihat bergoyang sedikit
 - 3) Terlihat bergoyang cukup keras
 - 4) Bergoyang sampai menimbulkan suara keras
18. JIKA ANDA MEMPERHATIKAN, apakah air di vas bunga, mangkuk, akuarium, dsb bergerak?
- 1) Tidak terlihat bergoyang
 - 2) Bergoyang sedikit
 - 3) Bergoyang keras
 - 4) Air dalam wadah tersebut tumpah

19. Suara gaduh seperti apa yang anda dengar sepanjang gempa bumi ?
- 1) Tidak mendengar apa – apa
 - 2) Jendela, pintu dan gelas berderik atau suara mengeretak dari tembok dan lantai
 - 3) Jendela dan pintu terbanting atau suara mengeretak dari tiap bagian bangunan
 - 4) Suara terbanting, mengeretak dan suara benda – benda hancur dari isi bangunan
20. Apa yang terjadi dengan plesteran ?
- 1) Tidak terjadi apa – apa
 - 2) Terbentuk retakan pada plesteran dan atau sebagian kecil dari plesteran lepas
 - 3) Sebagian besar plesteran dimana – mana
 - 4) Keseluruhan muka plesteran lepas dimana - mana
21. Apa yang terjadi pada dinding / tembok rumah ?
- 1) Tidak terjadi apa – apa
 - 2) Retak kecil
 - 3) Retak besar dan dalam
 - 4) Timbul celah pada dinding
 - 5) Sebagian dinding miring atau roboh
 - 6) Hampir semua dinding rumah roboh
22. Apa yang terjadi dengan atap ?
- 1) Tidak terjadi apa – apa
 - 2) Rusak pada atap dan atau bagian atap
 - 3) Atap roboh
23. Seperti apa kerusakan bangunan yang terjadi ?
- 1) Bangunan tidak rusak
 - 2) Bangunan rusak ringan
 - 3) Bangunan rusak sedang
 - 4) Bangunan rusak berat
 - 5) Bangunan roboh total
24. Bagaimana dengan kerusakan bangunan (terutama rumah) yang terjadi disekitar anda ?
- 1) Tidak ada yang rusak
 - 2) Ada beberapa yang rusak, namun hanya rusak ringan itupun jumlahnya sedikit
 - 3) Ada beberapa bangunan yang rusak berat / roboh
 - 4) Banyak bangunan yang mengalami rusak berat / roboh
 - 5) Lebih dari $\frac{1}{2}$ (separo) bangunan yang ada rusak berat atau roboh

25. Apa yang terjadi dengan jalan di daerah anda ?

- 1) Tidak terjadi apa – apa
- 2) Rusak ringan (sepeda motor dapat lewat dengan kecepatan normal)
- 3) Rusak sedang (sepeda motor sering harus berjalan pelan – pelan)
- 4) Rusak berat (sepeda motor selalu harus berjalan perlahan – lahan)
- 5) Jalan tidak bisa dilalui sepeda motor, namun sepeda onthel bisa.
- 6) Hanya pejalan kaki yang bisa melewati.

26. Apa yang terjadi dengan tanah ?

- 1) Tidak terjadi penurunan tanah
- 2) Retak sempit atau kecil pada tanah
- 3) Retak lebar, hingga jari kaki bisa masuk
- 4) Retak lebar, hingga kaki bisa masuk
- 5) Retak lebar, hingga tubuh bisa masuk
- 6) Ada tanah yang mengalami penurunan kebawah dan kesamping
- 7) Dibanyak tempat terjadi penurunan kebawah dan kesamping

27. Bolehkah saya mengetahui nama anda ? jika boleh nama anda siapa ?

.....

28. Apakah anda lelaki atau perempuan ?

- 1) Laki – laki
- 2) Perempuan

29. Berapa usia anda ?

.....

30. Apakah pekerjaan anda ?

.....

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Sabang	Sukajaya	AnoiItam	95.36778	5.83624	2.75	Gempa banyak dirasakan oleh banyak orang yang berada di dalam rumah, di luar rumah dirasakan oleh beberapa orang, getaran terasa seperti truk berat yang sedang lewat, benda-benda yang bergantung bergoyang, dinding dan rangka bangunan mengeluarkan bunyi seperti gemuruh tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Sabang	Sukajaya	Jaboi	95.32594	5.80511	2.75	Gempa banyak dirasakan oleh banyak orang yang berada di dalam rumah, di luar rumah dirasakan oleh beberapa orang, getaran terasa seperti truk berat yang sedang lewat, benda-benda yang bergantung bergoyang, dinding dan rangka bangunan mengeluarkan bunyi seperti gemuruh tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Sabang	Sukakarya	Iboih	95.24233	5.86896	2.75	Gempa banyak dirasakan oleh banyak orang yang berada di dalam rumah, di luar rumah dirasakan oleh beberapa orang, getaran terasa seperti truk berat yang sedang lewat, benda-benda yang bergantung bergoyang, dinding dan rangka bangunan mengeluarkan bunyi seperti gemuruh tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Sabang	Sukakarya	AneukLaot	95.32463	5.86687	2.75	Gempa banyak dirasakan oleh banyak orang yang berada di dalam rumah, di luar rumah dirasakan oleh beberapa orang, getaran terasa seperti truk berat yang sedang lewat, benda-benda yang bergantung bergoyang, dinding dan rangka bangunan mengeluarkan bunyi seperti gemuruh tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Sabang	Sukajaya	Paya	95.29982	5.80011	2.5	Gempa banyak dirasakan orang yang berada di dalam rumah, diluar rumah hanya dirasakan beberapa orang saja, getaran seperti truk besar yang sedang lewat, objek yang bergantung bergoyang, kendaraan yang diparkir bergoyang sedikit, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Sabang	Sukajaya	Cot Bau	95.33378	5.88124	2.5	Gempa banyak dirasakan orang yang berada di dalam rumah, diluar rumah hanya dirasakan beberapa orang saja, getaran seperti truk besar yang sedang lewat, objek yang bergantung bergoyang, kendaraan yang diparkir bergoyang sedikit, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Bener Meriah	Bukit	Babussalam	96.86525	4.73062	3.75	gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Pintu, jendela dan piring bergetar dan mengeluarkan suara, air dalam wadah bergoyang, mobil dan motor yang diparkir terlihat bergetar, bangunan rumah mengeluarkan bunyi seperti retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Bener Meriah	Bukit	Bujang	96.87397	4.73375	3.75	gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Pintu, jendela dan piring bergetar dan mengeluarkan suara, air dalam wadah bergoyang, mobil dan motor yang diparkir terlihat bergetar, bangunan rumah mengeluarkan bunyi seperti retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Aceh Tengah	Laut Tawar	Bujang	96.84962	4.61575	3.75	gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Pintu, jendela dan piring bergetar dan mengeluarkan suara, air dalam wadah bergoyang, mobil dan motor yang diparkir terlihat bergetar, bangunan rumah mengeluarkan bunyi seperti retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Aceh Tengah	Laut Tawar	Takengon Barat	96.84596	4.621847	3.75	gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Pintu, jendela dan piring bergetar dan mengeluarkan suara, air dalam wadah bergoyang, mobil dan motor yang diparkir terlihat bergetar, bangunan rumah mengeluarkan bunyi seperti retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Aceh Tengah	Kebayakan	Bukit Sama	96.81768	4.66751	3.75	gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Pintu, jendela dan piring bergetar dan mengeluarkan suara, air dalam wadah bergoyang, mobil dan motor yang diparkir terlihat bergetar, bangunan rumah mengeluarkan bunyi seperti retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Lhoksumawe	Banda Sakti	Pusong Lama	97.14873	5.17007	3.75	gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Pintu, jendela dan piring bergetar dan mengeluarkan suara, air dalam wadah bergoyang, mobil dan motor yang diparkir terlihat bergetar, bangunan rumah mengeluarkan bunyi seperti retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Lhoksumawe	Muara Dua	Alue Awe	97.14942	5.13189	3.75	gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Pintu, jendela dan piring bergetar dan mengeluarkan suara, air dalam wadah bergoyang, mobil dan motor yang diparkir terlihat bergetar, bangunan rumah mengeluarkan bunyi seperti retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Aceh Barat / Meulaboh	Meureubo	Meureubo	96.15402	4.14408	3.75	gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Pintu, jendela dan piring bergetar dan mengeluarkan suara, air dalam wadah bergoyang, mobil dan motor yang diparkir terlihat bergetar, bangunan rumah mengeluarkan bunyi seperti retakan tetapi tidak terjadi kerusakan pada bangunan.
Aceh Tengah	Laut Tawar	Takengon Timur	96.85252	4.62354	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Tengah	Kebayakan	Lot Kala	96.85522	4.63891	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Tengah	Kebayakan	Paya Tumpi	96.83109	4.65711	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Lhoksumawe	Banda Sakti	Kuta Blang	97.13684	5.18405	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Lhoksumawe	Muara Dua	Keude Cunda	97.13123	5.17545	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Lhoksumawe	Muara Dua	Meunasah Mee	97.13334	5.16424	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Langsa	Langsa Kota	Gampong Meutia	97.97225	4.47579	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Langsa	Langsa Kota	Gampong Daulat	97.97087	4.47323	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Langsa	Langsa Kota	Peukan Langse	97.97054	4.47154	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Barat / Meulaboh	Meureubo	Bukit Jaya	96.25353	4.14203	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Barat / Meulaboh	Meureubo	Balee	96.22698	4.17788	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Barat / Meulaboh	Meureubo	Sumber Batu	96.19286	4.19286	3.5	gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut dan berlarian keluar bangunan, beberapa memberi peringatan bahaya, bangunan rumah mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Sabang	Sukakarya	Krueng Raya	95.31417	5.86434	3.25	gempa dirasakan oleh hampir setiap orang, banyak orang yang tidur terbangun, benda-benda ringan yang digantung bergoyang, dinding, rangka bangunan, dan plafond mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak menyebabkan kerusakan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Sabang	Sukakarya	Batee Shok	95.29457	5.82886	3.25	gempa dirasakan oleh hampir setiap orang, banyak orang yang tidur terbangun, benda-benda ringan yang digantung bergoyang, dinding, rangka bangunan, dan plafond mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak menyebabkan kerusakan.
Lhoksumawe	Banda Sakti	Jawa Baru	97.14469	5.18566	3.25	gempa dirasakan oleh hampir setiap orang, banyak orang yang tidur terbangun, benda-benda ringan yang digantung bergoyang, dinding, rangka bangunan, dan plafond mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak menyebabkan kerusakan.
Lhoksumawe	Banda Sakti	Keude Aceh	97.14334	5.17531	3.25	gempa dirasakan oleh hampir setiap orang, banyak orang yang tidur terbangun, benda-benda ringan yang digantung bergoyang, dinding, rangka bangunan, dan plafond mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak menyebabkan kerusakan.
Lhoksumawe	Muara Dua	Paya Bili	97.10633	5.18933	3.25	gempa dirasakan oleh hampir setiap orang, banyak orang yang tidur terbangun, benda-benda ringan yang digantung bergoyang, dinding, rangka bangunan, dan plafond mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak menyebabkan kerusakan.
Sabang	Sukajaya	Le Meulee	95.33247	5.89308	3	gempa banyak dirasakan oleh banyak orang yang berada di dalam rumah, di luar rumah dirasakan oleh beberapa orang, getaran terasa seperti truk berat yang sedang lewat, pintu, jendela, piring, dan gelas bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah bergoyang dan lampu gantung bergoyang, dinding dan rangka bangunan mengeluarkan bunyi seperti gemuruh tetapi tidak terjadi kerusakan.
Sabang	Sukakarya	Kota Atas	95.31942	5.89584	3	gempa banyak dirasakan oleh banyak orang yang berada di dalam rumah, di luar rumah dirasakan oleh beberapa orang, getaran terasa seperti truk berat yang sedang lewat, pintu, jendela, piring, dan gelas bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah bergoyang dan lampu gantung bergoyang, dinding dan rangka bangunan mengeluarkan bunyi seperti gemuruh tetapi tidak terjadi kerusakan.
Lhoksumawe	Banda Sakti	Pusong Baru	97.15007	5.17265	3	gempa banyak dirasakan oleh banyak orang yang berada di dalam rumah, di luar rumah dirasakan oleh beberapa orang, getaran terasa seperti truk berat yang sedang lewat, pintu, jendela, piring, dan gelas bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah bergoyang dan lampu gantung bergoyang, dinding dan rangka bangunan mengeluarkan bunyi seperti gemuruh tetapi tidak terjadi kerusakan.
Lhoksumawe	Muara Dua	Blang Crum	97.13863	5.13201	3	gempa banyak dirasakan oleh banyak orang yang berada di dalam rumah, di luar rumah dirasakan oleh beberapa orang, getaran terasa seperti truk berat yang sedang lewat, pintu, jendela, piring, dan gelas bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah bergoyang dan lampu gantung bergoyang, dinding dan rangka bangunan mengeluarkan bunyi seperti gemuruh tetapi tidak terjadi kerusakan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Banda Aceh	Meuraksa	Blang	95.29849	5.55511	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Meuraksa	UleeLheue	95.28477	5.55855	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Meuraksa	PungeJurong	95.30894	5.55242	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Syiah Kuala	Alue Naga	95.34424	5.59786	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Syiah Kuala	Pineung	95.34816	5.56774	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	KutaBaro	Lam Glumpang	95.38545	5.53929	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Aceh Besar	KutaBaro	BakBuloh	95.40639	5.55217	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	KutaBaro	BabahJurong	95.38218	5.53083	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	Kota Jantho	Bueng	95.66683	5.13896	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	LhokNga	AneukPaya	95.25865	5.48424	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	LhokNga	Lamcok	95.26126	5.49206	4.75	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	KutaBaro	Cot Raya	95.40115	5.55222	4.5	Gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut serta keluar dari bangunan, objek yang bergantung bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak ada kerusakan yang terjadi.

الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Aceh Besar	LhokNga	Weu Raya	95.24298	5.47785	4.5	Gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut serta keluar dari bangunan, objek yang bergantung bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak ada kerusakan yang terjadi.
Aceh Besar	LhokNga	MeunasahBaro	95.24692	5.50263	4.5	Gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut serta keluar dari bangunan, objek yang bergantung bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak ada kerusakan yang terjadi..
Aceh Besar	LhokNga	Tanjong	95.25972	5.49532	4.5	Gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut serta keluar dari bangunan, objek yang bergantung bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak ada kerusakan yang terjadi.
BenerMeriah	Bandar	BatinBaru	96.89678	4.76663	4.25	Gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
BenerMeriah	Bandar	SimpangUtama	96.90616	4.75399	4.25	Gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
Aceh Tengah	LautTawar	OwerenMusara	96.88528	4.60175	4.25	Gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Aceh Tengah	Kebayakan	Mendale	96.9305	4.63733	4.25	Gempa dirasakan oleh semua orang dan banyak yang terkejut, semua orang berlari keluar bangunan karena ketakutan, semua orang memberikan tanda bahaya, sangat sulit berdiri stabil. Objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak..
BenerMeriah	Bandar	Kala Nempan	96.93567	4.75627	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
BenerMeriah	Bandar	PondokUlung	96.93031	4.75632	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
BenerMeriah	Bandar	Selisih Mara	96.94641	4.76133	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
BenerMeriah	Bukit	Bale Atu	96.84853	4.73272	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
BenerMeriah	Bukit	Uring	96.86928	4.71773	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
BenerMeriah	Bukit	Pilar Jaya	96.91555	4.69865	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
Aceh Tengah	LautTawar	Pedeneun One-one	96.86842	4.60325	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
Aceh Tengah	Kebayakan	Pinangan	96.84114	4.64482	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
Langsa	Langsa Kota	GampongJawa	97.96066	4.47144	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
Langsa	Langsa Kota	PlaPlangPase	97.96542	4.47456	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.
Aceh Barat / Meulaboh	Meureubo	Reudeup	96.21902	4.20087	4	Gempa dirasakan oleh semua orang, banyak yang terkejut, orang-orang berlarian keluar bangunan karena panik, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya beberapa guci pecah, barang diatas meja bergerak dan sebagian ada yang berjatuhan, pigura dinding bergoyang, kerusakan ringan terjadi seperti plaster dinding retak.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Biereun	Peudada	Blang Bati	96.633080	5.185390	5.75	semua orang memberikan peringatan berbahaya dan ketakutan, pengemudi motor sangat terganggu, banyak barang yang terbuat dari kaca seperti gelas pring pecah, barang yang berjatuhan dari rak/meja dan pecah, pigura jatuh dari dinding, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan namun tidak mengakibatkan kerusakan.
Biereun	Peudada	Hagu	96.590350	5.175320	5.75	semua orang memberikan peringatan berbahaya dan ketakutan, pengemudi motor sangat terganggu, banyak barang yang terbuat dari kaca seperti gelas pring pecah, barang yang berjatuhan dari rak/meja dan pecah, pigura jatuh dari dinding, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan namun tidak mengakibatkan kerusakan.
Biereun	Makmur	Mon Ara	96.880670	5.145190	5.75	semua orang memberikan peringatan berbahaya dan ketakutan, pengemudi motor sangat terganggu, banyak barang yang terbuat dari kaca seperti gelas pring pecah, barang yang berjatuhan dari rak/meja dan pecah, pigura jatuh dari dinding, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan namun tidak mengakibatkan kerusakan.
Biereun	Peusangan	Nicah	96.750740	5.215260	5.75	semua orang memberikan peringatan berbahaya dan ketakutan, pengemudi motor sangat terganggu, banyak barang yang terbuat dari kaca seperti gelas pring pecah, barang yang berjatuhan dari rak/meja dan pecah, pigura jatuh dari dinding, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan namun tidak mengakibatkan kerusakan.
Biereun	Juli	Juli Teungku	96.699910	5.158770	5.75	semua orang memberikan peringatan berbahaya dan ketakutan, pengemudi motor sangat terganggu, banyak barang yang terbuat dari kaca seperti gelas pring pecah, barang yang berjatuhan dari rak/meja dan pecah, pigura jatuh dari dinding, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan namun tidak mengakibatkan kerusakan.
Biereun	Juli	Krueng Simpo	96.679860	5.077250	5.75	semua orang memberikan peringatan berbahaya dan ketakutan, pengemudi motor sangat terganggu, banyak barang yang terbuat dari kaca seperti gelas pring pecah, barang yang berjatuhan dari rak/meja dan pecah, pigura jatuh dari dinding, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan namun tidak mengakibatkan kerusakan.
Biereun	Peudada	Calok	96.595690	5.203970	5.50	semua orang merasakan gempa dan memberikan tanda bahaya, pengemudi mobil terganggu, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya, beberapa piring dan gelas pecah, barang-barang yang diatas meja sebagian jatuh, pigura bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Biereun	Makmur	Alue Dua	96.859220	5.104320	5.50	semua orang merasakan gempa dan memberikan tanda bahaya, pengemudi mobil terganggu, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya, beberapa piring dan gelas pecah, barang-barang yang diatas meja sebagian jatuh, pigura bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Biereun	Makmur	Kuta Barat	96.872980	5.205280	5.50	semua orang merasakan gempa dan memberikan tanda bahaya, pengemudi mobil terganggu, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya, beberapa piring dan gelas pecah, barang-barang yang diatas meja sebagian jatuh, pigura bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Biereun	Peusangan	Blang Panjoe	96.801630	5.186500	5.50	semua orang merasakan gempa dan memberikan tanda bahaya, pengemudi mobil terganggu, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya, beberapa piring dan gelas pecah, barang-barang yang diatas meja sebagian jatuh, pigura bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Biereun	Juli	Suka Tani	96.695890	5.015190	5.50	semua orang merasakan gempa dan memberikan tanda bahaya, pengemudi mobil terganggu, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya, beberapa piring dan gelas pecah, barang-barang yang diatas meja sebagian jatuh, pigura bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Biereun	Juli	Abeuk Budi	96.729330	5.145510	5.50	semua orang merasakan gempa dan memberikan tanda bahaya, pengemudi mobil terganggu, objek yang tidak stabil bergeser dari tempatnya, beberapa piring dan gelas pecah, barang-barang yang diatas meja sebagian jatuh, pigura bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Kuta Raja	Keudah	95.315150	5.561170	5.25	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang-orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Banda Aceh	Kuta Raja	Peulanggahan	95.313520	5.564780	5.25	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Banda Raya	Lam Ara	95.311560	5.518390	5.25	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Banda Raya	Mibo	95.316790	5.523860	5.25	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Banda Raya	Geuceu Kate Jalo	95.309630	5.530520	5.25	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Syiah Kuala	Rukoh	95.363860	5.583290	5.25	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	Indra Puri	Limo Blang	95.455570	5.430940	5.25	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	Kota Jantho	Jantho Baru	95.577480	5.238440	5.25	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Banda Aceh	Kuta Raja	Lampaseh Kota	95.310930	5.556960	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Kuta Raja	Merduati	95.313520	5.558240	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Kuta Raja	Gampong Pande	95.313520	5.572630	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Meuraksa	Lam Jabat	95.292326	5.547310	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Banda Raya	Lhong Cut	95.316130	5.526840	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Banda Raya	Lam Lagang	95.314170	5.534050	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Syiah Kuala	Tibang	95.343730	5.587390	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Aceh Besar	Indra Puri	Mureu Baro	95.494820	5.427980	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	Indra Puri	Cureh	95.464680	5.429550	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	Indra Puri	Meunara	95.429330	5.431170	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	Kuta Baro	Lampuuk	95.400150	5.533270	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	Kota Jantho	Suka Tani	95.672090	5.289620	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	Kota Jantho	Bareuh	95.609220	5.310990	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Aceh Besar	Kota Jantho	Jalin	95.751050	5.179730	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.
Banda Aceh	Syiah Kuala	Peurada	95.347510	5.572320	5.00	semua orang merasakan gempa banyak yang terkejut, orang orang keluar bangunan, pintu dan jendela bergetar dan mengeluarkan bunyi, air dalam wadah terbuka bergoyang, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi gemuruh tetapi tidak mengakibatkan kerusakan.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie Jaya	Bandar Baru	Baroh Musa	96.097050	5.262190	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie Jaya	Bandar Baru	Daboih	96.035530	5.282930	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie Jaya	Meurah Dua	Meunasah Bie	96.260330	5.232740	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie Jaya	Meurah Dua	Lancok	96.265490	5.215080	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie Jaya	Jangka Buya	Gampong Cot	96.321280	5.227520	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie Jaya	Jangka Buya	Meuko Meugit	96.340560	5.211090	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie Jaya	Ulim	Bidok	96.288070	5.192910	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie Jaya	Ulim	Blang Cari	96.278770	5.189110	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Biereun	Jangka	Alue Buya	96.758780	5.246340	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Biereun	Samalanga	Batee Liiek	96.357180	5.166180	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie	Glumpang Baro	Bale Gantung	96.032850	5.285560	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie	Glumpang Baro	Bungong	96.030870	5.275830	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie	Mila	Lagang	95.918520	5.301610	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie	Muara Tiga	Ujong Pie	95.828790	5.529230	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie	Muara Tiga	Tuha Biheue	95.790570	5.541360	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie	Glumpang Tiga	Lambaro	96.011020	5.259130	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie	Glumpang Tiga	Sukon Mesjid	96.034830	5.253750	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie	Pidie	Peukan Baro	95.967430	5.328460	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie	Pidie	Tijue	95.952860	5.358530	6.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada dinding yang retak dan plasteran terkelupas
Pidie Jaya	Meurah Dua	Buangan	96.268810	5.253350	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Pidie Jaya	Meurah Dua	Blang Cut	96.265480	5.243640	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Pidie Jaya	Ulim	Alue Keumiki	96.276770	5.192660	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Pidie Jaya	Ulim	Bale Ulim	96.300010	5.222540	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Biereun	Jangka	Abeuk Jaloh	96.772160	5.222180	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Biereun	Jangka	Alue Kuta	96.836440	5.268810	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Biereun	Jangka	Jangka Alue U	96.790920	5.256340	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Pidie	Mila	Ara Bungkok	95.910620	5.309490	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Pidie	Muara Tiga	Keupula	95.855170	5.513310	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Pidie	Muara Tiga	Sagoe	95.834080	5.523960	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Pidie	Muara Tiga	Cot	95.871240	5.507930	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie	Glumpang Tiga	Blang Pueb	96.018960	5.261650	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Pidie	Glumpang Tiga	Tufah Jeulatang	96.016310	5.233090	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Pidie	Glumpang Tiga	Dayah Pisang	96.024910	5.263540	6.50	Semua orang merasakan gempa dan berlarian keluar rumah karena panik, sebagian barang yang di atas meja berjatuh dan rusak, beberapa furniture (lemari dll) berat bergeser dari tempatnya yang tidak stabil roboh, pohon dan semak bergoyang mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, kerusakan ringan terjadi pada plasteran dinding yang retak.
Pidie	Mane	Blang Dalam	96.117690	4.864730	6.25	semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, barang yang diatas meja seperti vas bunga jatuh dan pecah, pigura jatuh dari dinding, pohon dan semak bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, bangunan mengeluarkan suara retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan
Pidie	Mane	Mane	96.123540	4.873520	6.25	semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, barang yang diatas meja seperti vas bunga jatuh dan pecah, pigura jatuh dari dinding, pohon dan semak bergoyang dan mengeluarkan suara, material kecil lepas dari tebing, bangunan mengeluarkan suara retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan
Biereun	Peudada	Alue Gandai	96.619740	5.151850	6.00	semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Biereun	Peudada	Cot Kruet	96.634420	5.147850	6.00	semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan
Biereun	Makmur	Blang Dalam	96.864610	5.119470	6.00	semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan
Biereun	Makmur	Ulee Gle	96.864590	5.155720	6.00	semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan
Biereun	Peusangan	Blang Dalam	96.750740	5.168630	6.00	semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan
Biereun	Peusangan	Cot Bada Barat	96.735530	5.215010	6.00	semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan
Biereun	Peusangan	Pulo Pisang	96.812320	5.243440	6.00	semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, susah untuk berjalan, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, pohon-pohon tinggi bergoyang, bangunan mengeluarkan bunyi retakan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie Jaya	Meureudu	Kota Meureudu	96.250100	5.252850	9.00	Semua orang panik dan berlarian keluar rumah, hampir semua furniture, perabotan berjatuh dan rusak, retak terjadi pada lereng curam dan tanah basah, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, banyak bangunan yang rusak
Pidie Jaya	Meureudu	Rhieng Krueng	96.236400	5.250560	9.00	Semua orang panik dan berlarian keluar rumah, hampir semua furniture, perabotan berjatuh dan rusak, retak terjadi pada lereng curam dan tanah basah, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, banyak bangunan yang rusak
Pidie Jaya	Meureudu	Rhieng Blang	96.246310	5.251030	9.00	Semua orang panik dan berlarian keluar rumah, hampir semua furniture, perabotan berjatuh dan rusak, retak terjadi pada lereng curam dan tanah basah, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, banyak bangunan yang rusak
Pidie Jaya	Meureudu	Mesjid Tuha	96.249540	5.248870	8.75	Semua orang panik dan berlarian keluar rumah bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture (lemari dll) dan perabot rumah seperti pigura berjatuh dan rusak, retak pada lereng yang curam dan terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, seluruh rumah yang tanpa beton bertulang (tanpa sloff, balok, dan kolom) mengalami kerusakan ringan
Pidie Jaya	Meureudu	Meuraksa	96.244230	5.259440	8.75	Semua orang panik dan berlarian keluar rumah bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture (lemari dll) dan perabot rumah seperti pigura berjatuh dan rusak, retak pada lereng yang curam dan terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, seluruh rumah yang tanpa beton bertulang (tanpa sloff, balok, dan kolom) mengalami kerusakan ringan
Pidie Jaya	Meureudu	Meunasah Balek	96.253862	5.261210	8.50	Semua orang panik dan keluar rumah karena ketakutan, hampir semua furniture seperti lemari dll dan perabot rumah berjatuh dan rusak, retak pada lereng curam serta terjadi longsor kecil hingga sedang pada dinding jalan, banyak bangunan-bangunan yang kualitas rendah mengalami kerusakan berat hingga roboh

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie Jaya	Trienggading	Peulandok Teungoh	96.185850	5.239240	8.00	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture dan perabot rumah berjatuh dan rusak, penurunan pada tanah jelek, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi lucuran material, kerusakan ringan terjadi dimana-mana, beberapa kerusakan terdapat pada bangunan dengan standar pengerjaan rendah/jelek
Pidie Jaya	Trienggading	Me Pangwa	96.211730	5.247420	8.00	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture dan perabot rumah berjatuh dan rusak, penurunan pada tanah jelek, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi lucuran material, kerusakan ringan terjadi dimana-mana, beberapa kerusakan terdapat pada bangunan dengan standar pengerjaan rendah/jelek,
Pidie Jaya	Pante Raja	Lhok Puuk	96.128270	5.250250	8.00	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture dan perabot rumah berjatuh dan rusak, penurunan pada tanah jelek, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi lucuran material, kerusakan ringan terjadi dimana-mana, beberapa kerusakan terdapat pada bangunan dengan standar pengerjaan rendah/jelek,
Pidie Jaya	Pante Raja	Tunong Pantee Raja	96.150050	5.246090	8.00	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture dan perabot rumah berjatuh dan rusak, penurunan pada tanah jelek, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi lucuran material, kerusakan ringan terjadi dimana-mana, beberapa kerusakan terdapat pada bangunan dengan standar pengerjaan rendah/jelek
Pidie	Sigli	Kuala Pidie	95.962770	5.389030	8.00	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture dan perabot rumah berjatuh dan rusak, penurunan pada tanah jelek, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi lucuran material, kerusakan ringan terjadi dimana-mana, beberapa kerusakan terdapat pada bangunan dengan standar pengerjaan rendah/jelek,
Pidie	Sigli	Benteng	95.966740	5.385090	8.00	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture dan perabot rumah berjatuh dan rusak, penurunan pada tanah jelek, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi lucuran material, kerusakan ringan terjadi dimana-mana, beberapa kerusakan terdapat pada bangunan dengan standar pengerjaan rendah/jelek

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
-----------	-----------	------	-----------	----------	-----	---------

Pidie Jaya	Trienggading	Tampui	96.136830	5.222490	8.00	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, hampir semua furniture dan perabot rumah berjatuh dan rusak, penurunan pada tanah jelek, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi lucuran material, kerusakan ringan terjadi dimana-mana, beberapa kerusakan terdapat pada bangunan dengan standar pengerjaan rendah/jelek
Pidie Jaya	Trienggading	Matang	96.191150	5.244390	7.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, kerusakan terjadi pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah, kerusakan terjadi retakan pada plesteran hingga mengelupas
Pidie Jaya	Pante Raja	Hagu	96.134150	5.267030	7.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, kerusakan terjadi pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah, kerusakan terjadi retakan pada plesteran hingga mengelupas
Pidie	Sigli	Blang Paseh	95.970040	5.377890	7.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, kerusakan terjadi pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah, kerusakan terjadi retakan pada plesteran hingga mengelupas
Pidie	Sigli	Pasi Rawa	95.952220	5.394350	7.75	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, kerusakan terjadi pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah, kerusakan terjadi retakan pada plesteran hingga mengelupas
Pidie Jaya	Pante Raja	Muka Blang	96.134140	5.256630	7.50	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, kerusakan terjadi pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah, kerusakan terjadi retakan pada plesteran hingga mengelupas

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie Jaya	Trienggading	Kuta Pangwa	96.215140	5.244650	7.50	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, kerusakan terjadi pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah, kerusakan terjadi retakan pada plesteran hingga mengelupas
Pidie Jaya	Trienggading	Buloh	96.208510	5.229930	7.50	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, kerusakan terjadi pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah, kerusakan terjadi retakan pada plesteran hingga mengelupas
Pidie Jaya	Pante Raja	Peuradeu	96.154030	5.265550	7.50	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, kerusakan terjadi pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah, kerusakan terjadi retakan pada plesteran hingga mengelupas
Pidie Jaya	Pante Raja	Reudeup	96.164630	5.262830	7.50	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, kerusakan terjadi pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah, kerusakan terjadi retakan pada plesteran hingga mengelupas
Pidie	Sigli	Blang Asan	95.954840	5.381310	7.50	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan, kerusakan terjadi pada bangunan dengan material dan standart pengerjaan yang rendah, kerusakan terjadi retakan pada plesteran hingga mengelupas
Pidie Jaya	Bandar Dua	Adan	96.335910	5.187140	7.25	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, rekahan pada lereng yang miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, plesteran dinding retak dan mengelupas, rumah yang rusak sedang 1 rumah dan rusak ringan 1 rumah.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie Jaya	Bandar Dua	Krueng Kiran	96.330610	5.156080	7.25	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, rekahan pada lereng yang miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, plesteran dinding retak dan mengelupas, rumah yang rusak sedang 1 rumah dan rusak ringan 1 rumah.
Pidie Jaya	Bandar Dua	Peulakan Tambo	96.342650	5.196160	7.25	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, rekahan pada lereng yang miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, plesteran dinding retak dan mengelupas, rumah yang rusak sedang 1 rumah dan rusak ringan 1 rumah.
Pidie Jaya	Bandar Dua	Muko Buloh	96.321280	5.183390	7.25	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, rekahan pada lereng yang miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, plesteran dinding retak dan mengelupas, rumah yang rusak sedang 1 rumah dan rusak ringan 1 rumah.
Biereun	Samalanga	Cot Mane	96.379790	5.177620	7.25	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, rekahan pada lereng yang miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, plesteran dinding retak dan mengelupas, rumah yang rusak sedang 1 rumah dan rusak ringan 1 rumah.
Biereun	Samalanga	Lancok	96.360520	5.184940	7.25	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, rekahan pada lereng yang miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, plesteran dinding retak dan mengelupas, rumah yang rusak sedang 1 rumah dan rusak ringan 1 rumah.
Pidie	Simpang Tiga	Pulo Tu	95.976660	5.327070	7.25	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, rekahan pada lereng yang miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, plesteran dinding retak dan mengelupas, rumah yang rusak sedang 1 rumah dan rusak ringan 1 rumah.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie	Simpang Tiga	Jaja Baroh	96.006410	5.344340	7.25	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, rekahan pada lereng yang miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, plesteran dinding retak dan mengelupas, rumah yang rusak sedang 1 rumah dan rusak ringan 1 rumah.
Pidie	Tangse	Pulo Le	95.917220	5.025280	7.25	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, rekahan pada lereng yang miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, plesteran dinding retak dan mengelupas, rumah yang rusak sedang 1 rumah dan rusak ringan 1 rumah.
Pidie	Tangse	Ulee Gunong	95.943610	5.076830	7.25	Semua orang panik dan berlarian keluar bangunan karena ketakutan, banyak bari dari kaca seperti gelas piring pecah, beberapa lemari bergeser dari tempatnya sebagian roboh, barang-barang yang diatas meja berantakan dan jatuh, rekahan pada lereng yang miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, plesteran dinding retak dan mengelupas, rumah yang rusak sedang 1 rumah dan rusak ringan 1 rumah.
Pidie Jaya	Bandar Dua	Kumba	96.307990	5.165370	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti glas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.
Pidie Jaya	Bandar Dua	Asan Kumbang	96.337260	5.165090	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti glas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.
Pidie Jaya	Bandar Baru	Abah Lueng	96.075860	5.184490	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti glas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie Jaya	Bandar Baru	Aki Neungoh	96.056020	5.206740	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.
Pidie Jaya	Bandar Baru	Pulo Rheng	96.050050	5.274990	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.
Pidie Jaya	Bandar Baru	Paru	96.054070	5.215830	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.
Pidie Jaya	Meurah Dua	Lhok Sandeng	96.250880	5.187990	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.
Pidie Jaya	Jangka Buya	Buket Teungoh	96.313220	5.212010	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.
Pidie Jaya	Jangka Buya	Jurong Teungoh	96.309880	5.223080	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.
Pidie Jaya	Jangka Buya	Kiran Dayah	96.339890	5.214330	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.
Pidie Jaya	Ulim	Blang Rheue	96.256180	5.172360	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak.

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Biereun	Jangka	Jangka Mesjid	96.780180	5.256450	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Biereun	Samalanga	Alue Barat	96.369810	5.169290	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Biereun	Samalanga	Cot Siren	96.366490	5.169970	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Simpang Tiga	Curucok Barat	95.991850	5.339280	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Simpang Tiga	Pulo Gajah Mate	96.000440	5.352860	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Simpang Tiga	Mamplam	95.991520	5.351970	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Glumpang Baro	Blang Baroh	96.026240	5.275220	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Glumpang Baro	Manyang	96.012350	5.268210	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Glumpang Baro	Sagoe	96.020940	5.266180	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Laporan
Pidie	Tangse	Pulo Bara	95.922480	5.009710	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Tangse	Blang Malo	95.903990	5.090150	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Pidie	Puli	95.913240	5.390170	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Pidie	Leubue	95.923140	5.381620	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Pidie	Raya Uteu	95.927110	5.390680	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak
Pidie	Tangse	Paya Guci	95.948910	5.066420	7.00	Semua orang panik dan berhamburan keluar rumah, banyak barang dari kaca seperti gelas dan piring pecah, beberapa furniture bergeser dari tempatnya dan sebagian yang tidak stabil roboh, rekahan terjadi pada lereng miring dan terjadi luncuran material lepas dari tebing, kerusakan terjadi pada plesteran dinding retak

Pusat Gempabumi USGS

96.108

5.281

Kabupaten	Kecamatan	Desa	Longitude	Latitude	MMI	Jarak_Km
Pidie	Glumpang Tiga	Blang Pueb	96.01896	5.26165	6.5	10.09
Pidie	Glumpang Tiga	Lambaro	96.01102	5.25913	6.75	11.01
Pidie	Glumpang Tiga	Tufah Jeulatang	96.01631	5.23309	6.5	11.47
Pidie	Glumpang Tiga	Dayah Pisang	96.02491	5.26354	6.5	9.40
Pidie	Glumpang Tiga	Sukon Mesjid	96.03483	5.25375	6.75	8.65
Pidie	Pidie	Puli	95.91324	5.39017	7	24.74
Pidie	Pidie	Leubue	95.92314	5.38162	7	23.33
Pidie	Pidie	Peukan Baro	95.96743	5.32846	6.75	16.43
Pidie	Pidie	Tijue	95.95286	5.35853	6.75	19.22
Pidie	Pidie	Raya Uteu	95.92711	5.39068	7	23.45
Pidie	Tangse	Pulo Le	95.91722	5.02528	7.25	35.42
Pidie	Tangse	Ulee Gunong	95.94361	5.07683	7.25	29.10
Pidie	Tangse	Paya Guci	95.94891	5.06642	7	29.66
Pidie	Tangse	Pulo Bara	95.92248	5.00971	7	36.50
Pidie	Tangse	Blang Malo	95.90399	5.09015	7	31.00
Pidie	Muara Tiga	Ujong Pie	95.82879	5.52923	6.75	41.44
Pidie	Muara Tiga	Keupula	95.85517	5.51331	6.5	38.09
Pidie	Muara Tiga	Sagoe	95.83408	5.52396	6.5	40.61
Pidie	Muara Tiga	Tuha Biheue	95.79057	5.54136	6.75	45.53
Pidie	Muara Tiga	Cot	95.87124	5.50793	6.5	36.38
Pidie	Mane	Blang Dalam	96.11769	4.86473	6.25	46.30
Pidie	Mane	Mane	96.12354	4.87352	6.25	45.34
Pidie	Mane	Turue Cut	96.10523	4.85046	6	47.87
Pidie	Mila	Ara Bungkok	95.91062	5.30949	6.5	22.08
Pidie	Mila	Lagang	95.91852	5.30161	6.75	21.10
Pidie	Sigli	Blang Asan	95.95484	5.38131	7.5	20.30
Pidie	Sigli	Blang Paseh	95.97004	5.37789	7.75	18.69
Pidie	Sigli	Kuala Pidie	95.96277	5.38903	8	20.07
Pidie	Sigli	Pasi Rawa	95.95222	5.39435	7.75	21.36
Pidie	Sigli	Benteng	95.96674	5.38509	8	19.46
Pidie	Simpang Tiga	Curucok Barat	95.99185	5.33928	7	14.40
Pidie	Simpang Tiga	Pulo Tu	95.97666	5.32707	7.25	15.42
Pidie	Simpang Tiga	Pulo Gajah Mate	96.00044	5.35286	7	14.34
Pidie	Simpang Tiga	Jaja Baroh	96.00641	5.34434	7.25	13.27
Pidie	Simpang Tiga	Mamplam	95.99152	5.35197	7	15.12
Pidie	Glumpang Baro	Bale Gantung	96.03285	5.28556	6.75	8.34
Pidie	Glumpang Baro	Blang Baroh	96.02624	5.27522	7	9.08

Pidie	Glumpang Baro	Bungong	96.03087	5.27583	6.75	8.56
Pidie	Glumpang Baro	Manyang	96.01235	5.26821	7	10.69
Pidie	Glumpang Baro	Sagoe	96.02094	5.26618	7	9.78
Pidie	Mane	Blangjambomie	96.06182	4.881021	6	44.77
Pidie	Mane	AlueKruet	96.06016	4.885381	5.75	44.31
Pidie	Mane	Alueglueh	96.0608	4.886411	6.25	44.19
Pidie	Geumpang	Bangkeh	96.13273	4.842875	6.25	48.79
Pidie	Geumpang	Keune	96.11315	4.838425	6	49.22
Pidie	Geumpang	Leupu	96.12046	4.857345	6.25	47.13
Pidie	Geumpang	Pucok	96.13856	4.843561	5.75	48.76
Pidie	Geumpang	Pulo Loih	96.1365	4.835007	6	49.69
Biereun	Jangka	Abeuk Jaloh	96.77216	5.22218	6.5	73.83
Biereun	Jangka	Alue Buya	96.75878	5.24634	6.75	72.16
Biereun	Jangka	Alue Kuta	96.83644	5.26881	6.5	80.67
Biereun	Jangka	Jangka Alue U	96.79092	5.25634	6.5	75.67
Biereun	Jangka	Jangka Mesjid	96.78018	5.25645	7	74.48
Biereun	Samalanga	Alue Barat	96.36981	5.16929	7	31.54
Biereun	Samalanga	Cot Mane	96.37979	5.17762	7.25	32.22
Biereun	Samalanga	Batee Liiek	96.35718	5.16618	6.75	30.40
Biereun	Samalanga	Cot Siren	96.36649	5.16997	7	31.17
Biereun	Samalanga	Lancok	96.36052	5.18494	7.25	29.93
Biereun	Peusangan	Blang Dalam	96.75074	5.16863	6	72.26
Biereun	Peusangan	Nicah	96.75074	5.21526	5.75	71.54
Biereun	Peusangan	Cot Bada Barat	96.73553	5.21501	6	69.87
Biereun	Peusangan	Blang Panjoe	96.80163	5.1865	5.5	77.52
Biereun	Peusangan	Pulo Pisang	96.81232	5.24344	6	78.10
Biereun	Juli	Suka Tani	96.69589	5.01519	5.5	71.50
Biereun	Juli	Juli Teungku	96.69991	5.15877	5.75	66.94
Biereun	Juli	Balee Panah	96.72532	5.12095	6	70.64
Biereun	Juli	Abeuk Budi	96.72933	5.14551	5.5	70.43
Biereun	Juli	Krueng Simpo	96.67986	5.07725	5.75	67.26
Biereun	Peudada	Alue Gandai	96.61974	5.15185	6	58.46
Biereun	Peudada	Cot Kruet	96.63442	5.14785	6	60.14
Biereun	Peudada	Blang Bati	96.63308	5.18539	5.75	59.11
Biereun	Peudada	Calok	96.59569	5.20397	5.5	54.68
Biereun	Peudada	Hagu	96.59035	5.17532	5.75	54.69
Biereun	Makmur	Alue Dua	96.85922	5.10432	5.5	85.48
Biereun	Makmur	Blang Dalam	96.86461	5.11947	6	85.69
Biereun	Makmur	Kuta Barat	96.87298	5.20528	5.5	85.12

Biereun	Makmur	Ulee Gle	96.86459	5.15572	6	84.93
Biereun	Makmur	Mon Ara	96.88067	5.14519	5.75	86.88
Biereun	Peudada	Lawang	96.59416	5.165386	6	55.35
Biereun	Peudada	Ara Bungong	96.57234	5.165928	6	52.99
Biereun	Peudada	Blang Beururu	96.56597	5.160313	5.75	52.46
Biereun	Peulimbang	Garab	96.52621	5.124648	5.75	49.47
Biereun	Peulimbang	Seuneubok Punti	96.53583	5.167741	6	49.02
Biereun	Peulimbang	Cot Geulumpang	96.54476	5.188947	6	49.43
Biereun	Jeunieb	Paya Bili	96.51129	5.116143	7.25	48.27
Biereun	Jeunieb	Meunasah Keupula	96.49481	5.163348	6.75	44.79
Biereun	Jeunieb	Blang Lancang	96.5058	5.194129	7	45.10
Biereun	Simpang Mamplam	Le Rhob Babah Lueng	96.39534	5.168588	7.25	34.19
Biereun	Simpang Mamplam	Le Rhob Tim	96.40348	5.181464	7	34.54
Biereun	Simpang Mamplam	Blang Tambue	96.43029	5.184803	7	37.26
Biereun	Simpang Mamplam	Keude Tambue	96.43848	5.199085	7.25	37.71
Biereun	Simpang Mamplam	Blang Mane Dua	96.40076	5.197601	7	33.72
Biereun	Simpang Mamplam	Blang Teunulek	96.41068	5.199084	7	34.73
Biereun	Pandrah	Blang Sama Gadeng	96.4667	5.155349	7	42.11
Biereun	Pandrah	Meunasah Teungah	96.45335	5.176612	6.75	39.96
Biereun	Pandrah	Uteun Kruet	96.46837	5.197211	7.25	40.98
Langsa	Langsa Kota	Gampong Jawa	97.96066	4.47144	4	224.13
Langsa	Langsa Kota	Gampong Meutia	97.97225	4.47579	3.5	225.11
Langsa	Langsa Kota	Gampong Daulat	97.97087	4.47323	3.5	225.09
Langsa	Langsa Kota	Pla Plang Pase	97.96542	4.47456	4	224.47
Langsa	Langsa Kota	Peukan Langse	97.97054	4.47154	3.5	225.13
Aceh Barat / Meulaboh	Meureubo	Bukit Jaya	96.25353	4.14203	3.5	127.67
Aceh Barat / Meulaboh	Meureubo	Balee	96.22698	4.17788	3.5	123.37
Aceh Barat / Meulaboh	Meureubo	Meureubo	96.15402	4.14408	3.75	126.52
Aceh Barat / Meulaboh	Meureubo	Sumber Batu	96.19286	4.19286	3.5	121.36
Aceh Barat / Meulaboh	Meureubo	Reudeup	96.21902	4.20087	4	120.73

Lhoksumawe	Banda Sakti	Kuta Blang	97.13684	5.18405	3.5	114.43
Lhoksumawe	Banda Sakti	Pusong Lama	97.14873	5.17007	3.75	115.90
Lhoksumawe	Banda Sakti	Jawa Baru	97.14469	5.18566	3.25	115.28
Lhoksumawe	Banda Sakti	Pusong Baru	97.15007	5.17265	3	116.02
Lhoksumawe	Banda Sakti	Keude Aceh	97.14334	5.17531	3.25	115.25
Lhoksumawe	Muara Dua	Alue Awe	97.14942	5.13189	3.75	116.51
Lhoksumawe	Muara Dua	Blang Crum	97.13863	5.13201	3	115.32
Lhoksumawe	Muara Dua	Paya Bili	97.10633	5.18933	3.25	111.02
Lhoksumawe	Muara Dua	Keude Cunda	97.13123	5.17545	3.5	113.91
Lhoksumawe	Muara Dua	Meunasah Mee	97.13334	5.16424	3.5	114.28
Sabang	Sukajaya	Anoi Itam	95.36778	5.83624	2.75	102.58
Sabang	Sukajaya	Paya	95.29982	5.80011	2.5	106.45
Sabang	Sukajaya	Jaboi	95.32594	5.80511	2.75	104.35
Sabang	Sukajaya	Cot Bau	95.33378	5.88124	2.5	108.61
Sabang	Sukajaya	Le Meulee	95.33247	5.89308	3	109.54
Sabang	Sukakarya	Krueng Raya	95.31417	5.86434	3.25	109.20
Sabang	Sukakarya	Iboih	95.24233	5.86896	2.75	115.98
Sabang	Sukakarya	Batee Shok	95.29457	5.82886	3.25	108.70
Sabang	Sukakarya	Kota Atas	95.31942	5.89584	3	110.86
Sabang	Sukakarya	Aneuk Laot	95.32463	5.86687	2.75	108.44
Aceh Tengah	Laut Tawar	Pedeneun One-one	96.86842	4.60325	4	113.03
Aceh Tengah	Laut Tawar	Bujang	96.84962	4.61575	3.75	110.55
Aceh Tengah	Laut Tawar	Oweren Musara	96.88528	4.60175	4.25	114.54
Aceh Tengah	Laut Tawar	Takengon Timur	96.85252	4.62354	3.5	110.21
Aceh Tengah	Laut Tawar	Takengon Barat	96.84596	4.621847	3.75	109.80
Aceh Tengah	Kebayakan	Lot Kala	96.85522	4.63891	3.5	109.31
Aceh Tengah	Kebayakan	Mendale	96.93050	4.63733	4.25	115.86
Aceh Tengah	Kebayakan	Paya Tumpi	96.83109	4.65711	3.5	105.97
Aceh Tengah	Kebayakan	Bukit Sama	96.81768	4.66751	3.75	104.09
Aceh Tengah	Kebayakan	Pinangan	96.84114	4.64482	4	107.70
Bener Meriah	Bandar	Kala Nempan	96.93567	4.75627	4	108.67
Bener Meriah	Bandar	Batin Baru	96.89678	4.76663	4.25	104.43

Bener Meriah	Bandar	Pondok Ulung	96.93031	4.75632	4	108.17
Bener Meriah	Bandar	Selisih Mara	96.94641	4.76133	4	109.38
Bener Meriah	Bandar	Simpang Utama	96.90616	4.75399	4.25	106.07
Bener Meriah	Bukit	Babussalam	96.86525	4.73062	3.75	103.83
Bener Meriah	Bukit	Bale Atu	96.84853	4.73272	4	102.20
Bener Meriah	Bukit	Bujang	96.87397	4.73375	3.75	104.41
Bener Meriah	Bukit	Uring	96.86928	4.71773	4	105.04
Bener Meriah	Bukit	Pilar Jaya	96.91555	4.69865	4	110.43
Aceh Tengah	Rusip Antara	Paya Tampu	96.41965	4.837191	5	60.22
Aceh Tengah	Rusip Antara	Tanjung	96.45534	4.713997	5	73.86
Aceh Tengah	Rusip Antara	Pantan Tengah	96.59066	4.635917	5.25	89.47
Aceh Tengah	Ketol	Karang Ampar	96.59443	4.921645	5.25	67.08
Aceh Tengah	Ketol	Bergang	96.59441	4.837471	5	73.04
Aceh Tengah	Ketol	Serempah	96.67269	4.697153	5	90.15
Bener Meriah	Pintu Rime Gayo	Blang Rakal	96.75198	4.906503	5.25	82.59
Bener Meriah	Pintu Rime Gayo	Negeri Antara	96.67851	4.956449	5	72.76
Bener Meriah	Pintu Rime Gayo	Alur Gading	96.73928	4.859811	5.25	84.16
Bener Meriah	Gajah Putih	Simpang rahmat	96.71312	4.811598	4	84.95
Bener Meriah	Gajah Putih	Timang Gajah	96.73629	4.807321	4	87.28
Bener Meriah	Gajah Putih	Pante Karya	96.77355	4.798081	4	91.20
Aceh Tengah	Kute Parang	Pantan Sile	96.78732	4.665414	3.75	101.73
Aceh Tengah	Kute Parang	Atu Gogop	96.76912	4.695145	3.5	98.02
Aceh Tengah	Kute Parang	Balik	96.74088	4.709286	3.5	94.64
Aceh Tengah	Silih Nara	Rutih	96.73057	4.607256	4	101.83
Aceh Tengah	Silih Nara	Terang Engon	96.67255	4.643191	3.75	94.56
Aceh Tengah	Silih Nara	Wihni Durin	96.73881	4.649692	3.75	99.05
Aceh Tengah	Pegasing	Ujung Gele	96.80919	4.566001	3.75	111.15
Aceh Tengah	Pegasing	Wih Ilang	96.74322	4.497552	3.75	111.99
Aceh Tengah	Pegasing	Berawang Baro	96.63127	4.420212	3.75	111.90
Aceh Tengah	Bintang	Dedamar	97.02169	4.568408	4.25	128.55

Aceh Tengah	Bintang	Atu Payung	97.13844	4.525929	4	141.71
Aceh Tengah	Bintang	Serule	97.29239	4.555976	4	154.00
Aceh Tengah	Linge	Kute Keramil	96.90057	4.396408	3.75	131.86
Aceh Tengah	Linge	Owaq	97.07018	4.332036	3.75	150.00
Aceh Tengah	Linge	Delung Sekinel	97.3128	4.393593	4	166.00
Bener Meriah	Permata	Seni Antara	96.89387	4.853213	4.25	99.19
Bener Meriah	Permata	Weh Tenang Uken	96.94125	4.825841	4	105.26
Bener Meriah	Permata	Tim Jaya	96.98417	4.803595	4.25	110.62
Bener Meriah	Mesidah	Cemparam Pakat Jeroh	96.98511	4.763525	3.75	112.92
Bener Meriah	Mesidah	Peteri Pintu Wih Resap	97.05344	4.766943	4	119.31
Bener Meriah	Mesidah	Simpur	97.12693	4.785411	4	125.60
Bener Meriah	Syiah Utama	Payung	97.19802	4.741539	4.25	134.82
Bener Meriah	Syiah Utama	Wih Nidurin	97.10198	4.682588	4	128.65
Bener Meriah	Syiah Utama	Tempen Baru	97.2217	4.623634	4	143.40
Aceh Barat	Sungai Mas	Tungkop	96.11602	4.624934	5	72.96
Aceh Barat	Sungai Mas	Lancong	96.38327	4.612295	4.75	80.37
Aceh Barat	Pantai Ceuremen	Canggih	96.29588	4.556441	5	83.21
Aceh Barat	Pantai Ceuremen	Pulo Teungoh Manyeng	96.32676	4.425678	5.25	98.15
Aceh Barat	Woyla Barat	Simpang Teumarom	95.97851	4.418695	5	96.95
Aceh Barat	Woyla Timur	Alue Seuralen	96.08755	4.463513	5	90.93
Aceh Barat	Sama Tiga	Cot Seulamat	96.02032	4.256246	4.75	114.36
Aceh Barat	Sama Tiga	Keureuseng	96.10856	4.259663	4.75	113.57
Nagan Raya	Beutong	Meunasah Krueng	96.44042	4.251838	4.25	120.22
Nagan Raya	Beutong	Blang Puuk	96.5324	4.457204	4	102.97
Nagan Raya	Seungan Timur	Uteun Pulo	96.34556	4.271576	4	115.29
Nagan Raya	Seungan Timur	Kila	96.41728	4.396953	3.75	104.10
Nagan Raya	Suka Makmue	Suak Bili	96.30309	4.168608	3.5	125.57
Nagan Raya	Suka Makmue	Kuta Baro Bm	96.34155	4.204903	3.75	122.42
Nagan Raya	Kuala	Kuta Makmur	96.28447	4.123187	3.25	130.22
Nagan Raya	Kuala	Ujong Padang	96.30438	4.081062	3.25	135.19

Nagan Raya	Tadu Raya	Sumber Daya	96.40562	4.126002	3	132.60
Nagan Raya	Tadu Raya	Gapa Garu	96.3692	4.029426	3.25	142.15
Nagan Raya	Darul Makmur	Alue Raya	96.5201	3.920313	3	158.05
Nagan Raya	Darul Makmur	Blang Luah	96.56546	4.065546	3	144.35
Aceh Utara	Simpang Keramat	Kb Baru	97.11351	5.082552	4	113.52
Aceh Utara	Simpang Keramat	Pase Sentausa	97.03896	5.023621	4.25	107.00
Aceh Utara	Geureudong Pase	Pulo Meuria	97.05001	4.974715	3.75	109.75
Aceh Utara	Geureudong Pase	Dayah Seupeng	97.10322	5.003235	4	114.46
Aceh Utara	Paya Bakong	Buket Guru	97.23382	4.983581	4.25	128.99
Aceh Utara	Paya Bakong	Cot Tufah	97.21185	4.964489	4	127.22
Aceh Utara	Cot Girek	Kp Tempel	97.35802	4.934646	3.75	143.70
Aceh Utara	Cot Girek	Ara	97.32738	4.988374	4	138.91
Aceh Utara	Lhok Sukon	Meunasah Ara	97.32419	5.072302	3.5	136.67
Aceh Utara	Lhok Sukon	Meunasah Jok	97.35359	5.010032	3.75	141.20
Aceh Utara	Baktiya	Alue Anoe Bar	97.4062	5.151709	3.25	144.47
Aceh Utara	Baktiya	Ujong Dama	97.42815	5.053202	3.25	148.38
Aceh Utara	Langkahan	Leubok Pusaka	97.40709	4.837397	3	152.11
Aceh Utara	Langkahan	Tanjong Dalam Sel	97.48199	4.985851	3	155.67
Aceh Besar	Kota Jantho	Suka Tani	95.67209	5.28962	5	48.27
Aceh Besar	Kota Jantho	Jantho Baru	95.57748	5.23844	5.25	58.93
Aceh Besar	Kota Jantho	Bueng	95.66683	5.13896	4.75	51.34
Aceh Besar	Kota Jantho	Bareuh	95.60922	5.31099	5	55.33
Aceh Besar	Kota Jantho	Jalin	95.75105	5.17973	5	41.10
Aceh Besar	Lhok Nga	Weu Raya	95.24298	5.47785	4.5	98.23
Aceh Besar	Lhok Nga	Aneuk Paya	95.25865	5.48424	4.75	96.70
Aceh Besar	Lhok Nga	Meunasah Baro	95.24692	5.50263	4.5	98.46
Aceh Besar	Lhok Nga	Lamcok	95.26126	5.49206	4.75	96.63
Aceh Besar	Lhok Nga	Tanjong	95.25972	5.49532	4.5	96.88
Aceh Besar	Indra Puri	Ulee Kareung	95.44437	5.43039	5.25	75.32
Aceh Besar	Indra Puri	Mureu Baro	95.49482	5.42798	5	69.82
Aceh Besar	Indra Puri	Limo Blang	95.45557	5.43094	5.25	74.13
Aceh Besar	Indra Puri	Cureh	95.46468	5.42955	5	73.11
Aceh Besar	Indra Puri	Meunara	95.42933	5.43117	5	76.97
Aceh Besar	Kuta Baro	Lam Glumpang	95.38545	5.53929	4.75	84.99
Aceh Besar	Kuta Baro	Lampuuk	95.40015	5.53327	5	83.23

Aceh Besar	Kuta Baro	Bak Buloh	95.40639	5.55217	4.75	83.31
Aceh Besar	Kuta Baro	Cot Raya	95.40115	5.55222	4.5	83.86
Aceh Besar	Kuta Baro	Babah Jurong	95.38218	5.53083	4.75	85.02
Aceh Besar	Lembah Seulawah	Panca	95.72968	5.293886	5	41.91
Aceh Besar	Lembah Seulawah	Lam Tamot	95.70102	5.386346	5	46.56
Aceh Besar	Lembah Seulawah	Saree Aceh	95.69528	5.467383	4.75	50.17
Aceh Besar	Seulimeum	Ujong Kepula	95.65204	5.570257	5.25	59.85
Aceh Besar	Seulimeum	Lamteuba Droë	95.61217	5.484129	5	59.36
Aceh Besar	Seulimeum	Kayee Adang	95.5586	5.379553	5	61.81
Aceh Besar	Kuta Cot Glue	Bak Sukon	95.44361	5.278011	5.25	73.56
Aceh Besar	Kuta Cot Glue	Siron Krueng	95.48002	5.353211	4.75	69.99
Aceh Besar	Kuta Cot Glue	Lam Aling	95.54463	5.432516	5	64.61
Aceh Besar	Leupung	Lamseunia	95.2702	5.369355	5	93.28
Aceh Besar	Leupung	Meunasah Mesjid	95.33543	5.337899	5.25	85.77
Aceh Besar	Leupung	Pulot	95.28582	5.332094	5	91.21
Aceh Besar	Lhoong	Tunong Krueng Kala	95.27502	5.293277	4.75	92.24
Aceh Besar	Lhoong	Lam Sujen	95.33408	5.258396	4.75	85.73
Aceh Besar	Lhoong	Pudeng	95.29836	5.198912	5	90.12
Aceh Jaya	Jaya	Lambaroh	95.35636	5.130506	5.25	84.90
Aceh Jaya	Jaya	Mareu	95.48753	5.174256	5.25	69.72
Aceh Jaya	Jaya	Sabet	95.44323	5.139039	5	75.29
Aceh Jaya	Indra Jaya	Meudang Ghon	95.53242	5.059864	4.75	68.32
Aceh Jaya	Indra Jaya	Kareng Ateuh	95.45308	5.242993	5	72.64
Aceh Jaya	Indra Jaya	Keude Unga	95.37978	5.007372	5.25	86.20
Aceh Jaya	Sampoin Inet	Cot Puntî	95.61147	5.033725	5	61.48
Aceh Jaya	Sampoin Inet	Ligan	95.53056	4.963376	5	73.06
Aceh Jaya	Sampoin Inet	Meunasah Kulam	95.42524	4.898654	5	86.75
Aceh Jaya	Darul Hikmah	Pajar	95.5287	4.823183	4.75	81.91
Aceh Jaya	Darul Hikmah	Ujong Rimba	95.65165	4.929891	5.25	63.87
Aceh Jaya	Darul Hikmah	Teupin Asan	95.73072	5.032521	5	50.09
Aceh Jaya	Setia Bakti	Lhok Timon	95.55821	4.730327	4.75	86.36
Aceh Jaya	Setia Bakti	Gampong Baroh	95.76746	4.962034	5	51.77
Aceh Jaya	Setia Bakti	Gle Subak	95.68376	4.819577	5	69.57
Aceh Jaya	Krueng Sabe	Panggong	95.85699	4.858578	5.25	54.58
Aceh Jaya	Krueng Sabe	Alue Tho	95.76765	4.762782	5	68.86

Aceh Jaya	Krueng Sabe	Ranto Panyang	95.65366	4.638248	5.25	87.41
Aceh Jaya	Panga	Ladang Baro	95.73538	4.557753	5	90.40
Aceh Jaya	Panga	Gunong Mantok	95.80955	4.652882	5	77.27
Aceh Jaya	Panga	Gunong Buloh	95.91606	4.711051	5	66.85
Aceh Jaya	Pasie Raya	Alue Jang	95.98097	4.704453	4.75	65.64
Aceh Jaya	Pasie Raya	Sarah Raya	95.96651	4.607254	5	76.54
Aceh Jaya	Pasie Raya	Krueng Beukah	95.90058	4.518971	4.75	87.79
Aceh Jaya	Teunom	Alue Raksa	95.85656	4.579858	5	82.79
Aceh Jaya	Teunom	Rambo Payong	95.84074	4.455265	5	96.47
Aceh Jaya	Teunom	Pasi Geulima	95.90324	4.444978	4.75	95.69
Banda Aceh	Banda Raya	Lam Ara	95.31156	5.51839	5.25	92.03
Banda Aceh	Banda Raya	Mibo	95.31679	5.52386	5.25	91.66
Banda Aceh	Banda Raya	Lhong Cut	95.31613	5.52684	5	91.82
Banda Aceh	Banda Raya	Geuceu Kate Jalo	95.30963	5.53052	5.25	92.63
Banda Aceh	Banda Raya	Lam Lagang	95.31417	5.53405	5	92.27
Banda Aceh	Syiah Kuala	Alue Naga	95.34424	5.59786	4.75	91.59
Banda Aceh	Syiah Kuala	Tibang	95.34373	5.58739	5	91.20
Banda Aceh	Syiah Kuala	Rukoh	95.36386	5.58329	5.25	88.97
Banda Aceh	Syiah Kuala	Pineung	95.34816	5.56774	4.75	89.95
Banda Aceh	Syiah Kuala	Peurada	95.34751	5.57232	5	90.20
Banda Aceh	Kuta Raja	Lampaseh Kota	95.31093	5.55696	5	93.42
Banda Aceh	Kuta Raja	Merduati	95.31352	5.55824	5	93.19
Banda Aceh	Kuta Raja	Gampong Pande	95.31352	5.57263	5	93.73
Banda Aceh	Kuta Raja	Keudah	95.31515	5.56117	5.25	93.13
Banda Aceh	Kuta Raja	Peulanggahan	95.31352	5.56478	5.25	93.44
Banda Aceh	Meuraksa	Blang	95.29849	5.55511	4.75	94.65
Banda Aceh	Meuraksa	Ulee Lheue	95.28477	5.55855	4.75	96.21
Banda Aceh	Meuraksa	Lampaseh	95.30633	5.55765	5	93.92
Banda Aceh	Meuraksa	Punge Jurong	95.30894	5.55242	4.75	93.46
Banda Aceh	Meuraksa	Lam Jabat	95.29233	5.54731	5	95.03
Pidie Jaya	Jangka Buya	Buket Teungoh	96.31322	5.21201	7	23.98
Pidie Jaya	Jangka Buya	Gampong Cot	96.32128	5.22752	6.75	24.35
Pidie Jaya	Jangka Buya	Jurong Teungoh	96.30988	5.22308	7	23.26
Pidie Jaya	Jangka Buya	Kiran Dayah	96.33989	5.21433	7	26.73
Pidie Jaya	Jangka Buya	Meuko Meugit	96.34056	5.21109	6.75	26.90
Pidie Jaya	Ulim	Alue Keumiki	96.27677	5.19266	6.5	21.11
Pidie Jaya	Ulim	Bale Ulim	96.30001	5.22254	6.5	22.23
Pidie Jaya	Ulim	Bidok	96.28807	5.19291	6.75	22.22
Pidie Jaya	Ulim	Blang Cari	96.27877	5.18911	6.75	21.49

Pidie Jaya	Ulim	Blang Rheue	96.25618	5.17236	7	20.38
Pidie Jaya	Meurah Dua	Meunasah Bie	96.26033	5.23274	6.75	17.70
Pidie Jaya	Meurah Dua	Buangan	96.26881	5.25335	6.5	18.07
Pidie Jaya	Meurah Dua	Blang Cut	96.26548	5.24364	6.5	17.93
Pidie Jaya	Meurah Dua	Lhok Sandeng	96.25088	5.18799	7	18.90
Pidie Jaya	Meurah Dua	Lancok	96.26549	5.21508	6.75	18.92
Pidie Jaya	Trienggading	Kuta Pangwa	96.21514	5.24465	7.5	12.53
Pidie Jaya	Trienggading	Matang	96.19115	5.24439	7.75	10.07
Pidie Jaya	Trienggading	Buloh	96.20851	5.22993	7.5	12.49
Pidie Jaya	Trienggading	Peulandok Teungoh	96.18585	5.23924	8	9.79
Pidie Jaya	Trienggading	Me Pangwa	96.21173	5.24742	8	12.08
Pidie Jaya	Pante Raja	Hagu	96.13415	5.26703	7.75	3.29
Pidie Jaya	Pante Raja	Lhok Puuk	96.12827	5.25025	8	4.09
Pidie Jaya	Pante Raja	Peuradeu	96.15403	5.26555	7.5	5.38
Pidie Jaya	Pante Raja	Tunong Pantee Raja	96.15005	5.24609	8	6.06
Pidie Jaya	Pante Raja	Reudeup	96.16463	5.26283	7.5	6.59
Pidie Jaya	Bandar Dua	Adan	96.33591	5.18714	7.25	27.31
Pidie Jaya	Bandar Dua	Kumba	96.30799	5.16537	7	25.61
Pidie Jaya	Bandar Dua	Krueng Kiran	96.33061	5.15608	7.25	28.29
Pidie Jaya	Bandar Dua	Peulakan Tambo	96.34265	5.19616	7.25	27.64
Pidie Jaya	Bandar Dua	Asan Kumbang	96.33726	5.16509	7	28.47
Pidie Jaya	Bandar Baru	Abah Lueng	96.07586	5.18449	7	11.31
Pidie Jaya	Bandar Baru	Aki Neungoh	96.05602	5.20674	7	10.07
Pidie Jaya	Bandar Baru	Baroh Musa	96.09705	5.26219	6.75	2.42
Pidie Jaya	Bandar Baru	Daboih	96.03553	5.28293	6.75	8.03
Pidie Jaya	Bandar Baru	Pulo Rheng	96.05005	5.27499	7	6.45
Pidie Jaya	Bandar Baru	Paru	96.05407	5.21583	7	9.39
Pidie Jaya	Bandar Dua	Muko Buloh	96.32128	5.18339	7.25	25.99
Pidie Jaya	Pante Raja	Muka Blang	96.13414	5.25663	7.5	3.96
Pidie Jaya	Trienggading	Tampui	96.13683	5.22249	8	7.25
Pidie Jaya	Meureudu	Kota Meureudu	96.2501	5.25285	9	16.04
Pidie Jaya	Meureudu	Mesjid Tuha	96.24954	5.24887	8.75	16.07
Pidie Jaya	Meureudu	Rhieng Krueng	96.2364	5.25056	9	14.61
Pidie Jaya	Meureudu	Rhieng Blang	96.24631	5.25103	9	15.67
Pidie Jaya	Meureudu	Meunasah Balek	96.25386	5.26121	8.5	16.30
Pidie Jaya	Meureudu	Meuraksa	96.24423	5.25944	8.75	15.27
Pidie Jaya	Meureudu	Blang Awe	96.25211	5.21522	8.75	17.55
Pidie Jaya	Meureudu	Beurawang	96.24954	5.23602	9	16.45
Pidie Jaya	Meureudu	Pulo U	96.23627	5.23354	9	15.15

Persamaan Eksponensial Hubungan Antara Jarak (X) dan Intensitas (Y)

Persamaan eksponensial secara umum:

$$y = a e^{bx}$$

Transformasi dengan menggunakan fungsi ln, sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\ln y = \ln a e^{bx} = \ln a + \ln e^{bx}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

Dilakukan Transformasi berikut

$$p = \ln y \quad A = \ln a$$

$$q = x \quad B = b$$

Sehingga persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk :

$$p = A + Bq$$

Hitungan selengkapnya dilakukan seperti pada tabel dibawah ini

$$\bar{q} = \frac{\sum qi}{n} = \frac{25418.76}{346} = 73.46$$

$$\bar{p} = \frac{\sum pi}{n} = \frac{567.93}{346} = 1.64$$

Tabel Hitungan Linier Dengan Transformasi ln

No	Jarak (km) Xi=qi	Intensitas Yi	qi ² =xi ²	Pi= Inyi	qi.pi
1	10.09	6.5	101.83	1.87	18.89
2	11.01	6.75	121.22	1.91	21.02
3	11.47	6.5	131.46	1.87	21.46
4	9.40	6.5	88.41	1.87	17.60
5	8.65	6.75	74.82	1.91	16.52
6	24.74	7	612.30	1.95	48.15
7	23.33	7	544.06	1.95	45.39
8	16.43	6.75	270.08	1.91	31.38
9	19.22	6.75	369.35	1.91	36.70
10	23.45	7	549.81	1.95	45.63
11	35.42	7.25	1254.93	1.98	70.18
12	29.10	7.25	846.82	1.98	57.65
13	29.66	7	879.70	1.95	57.72
14	36.50	7	1332.12	1.95	71.02
15	31.00	7	960.75	1.95	60.32
16	41.44	6.75	1717.21	1.91	79.13
17	38.09	6.5	1450.64	1.87	71.29
18	40.61	6.5	1649.35	1.87	76.02
19	45.53	6.75	2072.91	1.91	86.94
20	36.38	6.5	1323.68	1.87	68.10

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Intensitas Y_i	$q_i^2 = x_i^2$	$P_i = \text{Inyi}$	$q_i \cdot p_i$
21	46.30	6.25	2143.65	1.83	84.85
22	45.34	6.25	2055.93	1.83	83.09
23	47.87	6	2292.00	1.79	85.78
24	22.08	6.5	487.63	1.87	41.33
25	21.10	6.75	445.39	1.91	40.30
26	20.30	7.5	411.95	2.01	40.90
27	18.69	7.75	349.37	2.05	38.27
28	20.07	8	402.83	2.08	41.74
29	21.36	7.75	456.31	2.05	43.74
30	19.46	8	378.55	2.08	40.46
31	14.40	7	207.37	1.95	28.02
32	15.42	7.25	237.71	1.98	30.54
33	14.34	7	205.66	1.95	27.91
34	13.27	7.25	176.12	1.98	26.29
35	15.12	7	228.59	1.95	29.42
36	8.34	6.75	69.49	1.91	15.92
37	9.08	7	82.37	1.95	17.66
38	8.56	6.75	73.26	1.91	16.34
39	10.69	7	114.19	1.95	20.79
40	9.78	7	95.64	1.95	19.03
41	44.77	6	2004.24	1.79	80.21
42	44.31	5.75	1963.27	1.75	77.50
43	44.19	6.25	1952.45	1.83	80.98
44	48.79	6.25	2380.87	1.83	89.42
45	49.22	6	2422.15	1.79	88.18
46	47.13	6.25	2221.09	1.83	86.37
47	48.76	5.75	2377.40	1.75	85.29
48	49.69	6	2469.34	1.79	89.04
49	73.83	6.5	5451.08	1.87	138.20
50	72.16	6.75	5207.24	1.91	137.79
51	80.67	6.5	6507.18	1.87	150.99
52	75.67	6.5	5725.35	1.87	141.63
53	74.48	7	5546.85	1.95	144.93
54	31.54	7	994.77	1.95	61.37
55	32.22	7.25	1037.90	1.98	63.82
56	30.40	6.75	924.35	1.91	58.06
57	31.17	7	971.72	1.95	60.66
58	29.93	7.25	895.96	1.98	59.30
59	72.26	6	5221.63	1.79	129.47
60	71.54	5.75	5118.57	1.75	125.15

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Intensitas Y_i	$q_i^2 = x_i^2$	$P_i = \text{Iny}_i$	$q_i \cdot p_i$
61	69.87	6	4882.09	1.79	125.19
62	77.52	5.5	6009.65	1.70	132.16
63	78.10	6	6099.36	1.79	139.93
64	71.50	5.5	5112.46	1.70	121.89
65	66.94	5.75	4480.79	1.75	117.09
66	70.64	6	4989.83	1.79	126.57
67	70.43	5.5	4960.81	1.70	120.07
68	67.26	5.75	4523.76	1.75	117.65
69	58.46	6	3417.40	1.79	104.74
70	60.14	6	3617.27	1.79	107.76
71	59.11	5.75	3493.61	1.75	103.39
72	54.68	5.5	2989.56	1.70	93.21
73	54.69	5.75	2990.90	1.75	95.66
74	85.48	5.5	7306.36	1.70	145.72
75	85.69	6	7342.50	1.79	153.53
76	85.12	5.5	7245.98	1.70	145.11
77	84.93	6	7213.18	1.79	152.17
78	86.88	5.75	7548.82	1.75	151.98
79	55.35	6	3063.42	1.79	99.17
80	52.99	6	2807.50	1.79	94.94
81	52.46	5.75	2751.90	1.75	91.76
82	49.47	5.75	2446.97	1.75	86.53
83	49.02	6	2402.95	1.79	87.83
84	49.43	6	2443.72	1.79	88.57
85	48.27	7.25	2330.45	1.98	95.63
86	44.79	6.75	2005.74	1.91	85.52
87	45.10	7	2033.60	1.95	87.75
88	34.19	7.25	1168.62	1.98	67.72
89	34.54	7	1193.02	1.95	67.21
90	37.26	7	1388.01	1.95	72.50
91	37.71	7.25	1422.07	1.98	74.70
92	33.72	7	1136.86	1.95	65.61
93	34.73	7	1206.29	1.95	67.58
94	42.11	7	1772.87	1.95	81.93
95	39.96	6.75	1597.17	1.91	76.31
96	40.98	7.25	1679.11	1.98	81.18
97	224.13	4	50234.58	1.39	310.71
98	225.11	3.5	50676.24	1.25	282.01
99	225.09	3.5	50664.32	1.25	281.98
100	224.47	4	50388.82	1.39	311.19

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Intensitas Y_i	$q_i^2 = x_i^2$	$P_i = \text{Inyi}$	$q_i \cdot p_i$
101	225.13	3.5	50683.13	1.25	282.03
102	127.67	3.5	16299.70	1.25	159.94
103	123.37	3.5	15219.62	1.25	154.55
104	126.52	3.75	16007.93	1.32	167.23
105	121.36	3.5	14728.35	1.25	152.04
106	120.73	4	14576.53	1.39	167.37
107	114.43	3.5	13095.11	1.25	143.36
108	115.90	3.75	13433.05	1.32	153.19
109	115.28	3.25	13290.06	1.18	135.88
110	116.02	3	13460.23	1.10	127.46
111	115.25	3.25	13281.70	1.18	135.84
112	116.51	3.75	13574.23	1.32	154.00
113	115.32	3	13299.63	1.10	126.70
114	111.02	3.25	12324.33	1.18	130.85
115	113.91	3.5	12975.66	1.25	142.70
116	114.28	3.5	13059.70	1.25	143.16
117	102.58	2.75	10522.90	1.01	103.77
118	106.45	2.5	11332.33	0.92	97.54
119	104.35	2.75	10887.97	1.01	105.56
120	108.61	2.5	11795.90	0.92	99.52
121	109.54	3	11998.08	1.10	120.34
122	109.20	3.25	11925.40	1.18	128.71
123	115.98	2.75	13452.38	1.01	117.33
124	108.70	3.25	11815.49	1.18	128.12
125	110.86	3	12289.90	1.10	121.79
126	108.44	2.75	11759.89	1.01	109.70
127	113.03	4	12775.84	1.39	156.69
128	110.55	3.75	12221.60	1.32	146.12
129	114.54	4.25	13119.19	1.45	165.73
130	110.21	3.5	12147.01	1.25	138.07
131	109.80	3.75	12055.24	1.32	145.12
132	109.31	3.5	11949.32	1.25	136.94
133	115.86	4.25	13424.59	1.45	167.65
134	105.97	3.5	11228.88	1.25	132.75
135	104.09	3.75	10833.89	1.32	137.58
136	107.70	4	11600.07	1.39	149.31
137	108.67	4	11809.53	1.39	150.65
138	104.43	4.25	10904.99	1.45	151.10
139	108.17	4	11700.37	1.39	149.95
140	109.38	4	11963.67	1.39	151.63

No	Jarak (km) $X_i=q_i$	Intensitas Y_i	$q_i^2=x_i^2$	$P_i= \text{Inyi}$	$q_i.p_i$
141	106.07	4.25	11250.53	1.45	153.47
142	103.83	3.75	10781.36	1.32	137.24
143	102.20	4	10445.53	1.39	141.68
144	104.41	3.75	10901.82	1.32	138.01
145	105.04	4	11034.07	1.39	145.62
146	110.43	4	12195.26	1.39	153.09
147	60.22	5	3626.89	1.61	96.93
148	73.86	5	5455.37	1.61	118.87
149	89.47	5.25	8004.00	1.66	148.35
150	67.08	5.25	4499.11	1.66	111.23
151	73.04	5	5334.79	1.61	117.55
152	90.15	5	8127.46	1.61	145.09
153	82.59	5.25	6821.24	1.66	136.95
154	72.76	5	5294.62	1.61	117.11
155	84.16	5.25	7082.19	1.66	139.55
156	84.95	4	7216.74	1.39	117.77
157	87.28	4	7617.28	1.39	120.99
158	91.20	4	8318.02	1.39	126.43
159	101.73	3.75	10348.33	1.32	134.46
160	98.02	3.5	9606.94	1.25	122.79
161	94.64	3.5	8956.15	1.25	118.56
162	101.83	4	10369.22	1.39	141.17
163	94.56	3.75	8940.94	1.32	124.98
164	99.05	3.75	9810.95	1.32	130.92
165	111.15	3.75	12355.19	1.32	146.92
166	111.99	3.75	12541.74	1.32	148.02
167	111.90	3.75	12522.62	1.32	147.91
168	128.55	4.25	16524.32	1.45	186.00
169	141.71	4	20081.75	1.39	196.45
170	154.00	4	23716.08	1.39	213.49
171	131.86	3.75	17386.58	1.32	174.28
172	150.00	3.75	22500.58	1.32	198.27
173	166.00	4	27556.11	1.39	230.13
174	99.19	4.25	9839.07	1.45	143.52
175	105.26	4	11079.37	1.39	145.92
176	110.62	4.25	12236.33	1.45	160.06
177	112.92	3.75	12750.11	1.32	149.25
178	119.31	4	14234.28	1.39	165.40
179	125.60	4	15774.77	1.39	174.12
180	134.82	4.25	18176.55	1.45	195.07

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Intensitas Y_i	$q_i^2 = x_i^2$	$P_i = \text{Iny}_i$	$q_i \cdot p_i$
181	128.65	4	16551.28	1.39	178.35
182	143.40	4	20564.35	1.39	198.80
183	72.96	5	5322.66	1.61	117.42
184	80.37	4.75	6458.80	1.56	125.22
185	83.21	5	6924.31	1.61	133.93
186	98.15	5.25	9632.89	1.66	162.75
187	96.95	5	9399.56	1.61	156.04
188	90.93	5	8268.00	1.61	146.34
189	114.36	4.75	13078.40	1.56	178.19
190	113.57	4.75	12897.56	1.56	176.95
191	120.22	4.25	14452.79	1.45	173.95
192	102.97	4	10601.83	1.39	142.74
193	115.29	4	13291.34	1.39	159.82
194	104.10	3.75	10837.44	1.32	137.60
195	125.57	3.5	15767.14	1.25	157.31
196	122.42	3.75	14987.42	1.32	161.81
197	130.22	3.25	16957.14	1.18	153.48
198	135.19	3.25	18276.37	1.18	159.34
199	132.60	3	17582.01	1.10	145.67
200	142.15	3.25	20205.88	1.18	167.54
201	158.05	3	24978.27	1.10	173.63
202	144.35	3	20836.33	1.10	158.58
203	113.52	4	12885.84	1.39	157.37
204	107.00	4.25	11448.54	1.45	154.82
205	109.75	3.75	12044.04	1.32	145.06
206	114.46	4	13101.97	1.39	158.68
207	128.99	4.25	16639.51	1.45	186.64
208	127.22	4	16184.08	1.39	176.36
209	143.70	3.75	20649.82	1.32	189.94
210	138.91	4	19295.67	1.39	192.57
211	136.67	3.5	18677.89	1.25	171.21
212	141.20	3.75	19936.68	1.32	186.63
213	144.47	3.25	20872.28	1.18	170.28
214	148.38	3.25	22015.33	1.18	174.88
215	152.11	3	23137.24	1.10	167.11
216	155.67	3	24232.13	1.10	171.02
217	48.27	5	2330.42	1.61	77.69
218	58.93	5.25	3473.10	1.66	97.72
219	51.34	4.75	2636.08	1.56	80.00
220	55.33	5	3060.92	1.61	89.04

No	Jarak (km) Xi=qi	Intensitas Yi	qi2=xi2	Pi= Inyi	qi.pi
221	41.10	5	1689.09	1.61	66.15
222	98.23	4.5	9649.49	1.50	147.75
223	96.70	4.75	9351.77	1.56	150.68
224	98.46	4.5	9693.98	1.50	148.09
225	96.63	4.75	9337.46	1.56	150.56
226	96.88	4.5	9386.55	1.50	145.72
227	75.32	5.25	5673.79	1.66	124.91
228	69.82	5	4875.47	1.61	112.38
229	74.13	5.25	5495.16	1.66	122.92
230	73.11	5	5345.36	1.61	117.67
231	76.97	5	5924.11	1.61	123.88
232	84.99	4.75	7222.60	1.56	132.42
233	83.23	5	6926.99	1.61	133.95
234	83.31	4.75	6941.34	1.56	129.82
235	83.86	4.5	7032.12	1.50	126.13
236	85.02	4.75	7227.58	1.56	132.47
237	41.91	5	1756.69	1.61	67.46
238	46.56	5	2167.46	1.61	74.93
239	50.17	4.75	2517.13	1.56	78.17
240	59.85	5.25	3582.10	1.66	99.25
241	59.36	5	3523.12	1.61	95.53
242	61.81	5	3819.94	1.61	99.47
243	73.56	5.25	5411.64	1.66	121.99
244	69.99	4.75	4898.51	1.56	109.05
245	64.61	5	4173.88	1.61	103.98
246	93.28	5	8700.41	1.61	150.12
247	85.77	5.25	7356.59	1.66	142.23
248	91.21	5	8318.86	1.61	146.79
249	92.24	4.75	8508.09	1.56	143.72
250	85.73	4.75	7349.54	1.56	133.58
251	90.12	5	8120.75	1.61	145.03
252	84.90	5.25	7207.94	1.66	140.78
253	69.72	5.25	4861.38	1.66	115.62
254	75.29	5	5668.20	1.61	121.17
255	68.32	4.75	4667.59	1.56	106.45
256	72.64	5	5276.57	1.61	116.91
257	86.20	5.25	7429.91	1.66	142.93
258	61.48	5	3779.71	1.61	98.95
259	73.06	5	5337.17	1.61	117.58
260	86.75	5	7525.90	1.61	139.62

No	Jarak (km) Xi=qi	Intensitas Yi	qi2=xi2	Pi= Inyi	qi.pi
261	81.91	4.75	6708.61	1.56	127.62
262	63.87	5.25	4078.81	1.66	105.90
263	50.09	5	2509.13	1.61	80.62
264	86.36	4.75	7458.26	1.56	134.56
265	51.77	5	2680.38	1.61	83.32
266	69.57	5	4840.57	1.61	111.98
267	54.58	5.25	2979.25	1.66	90.51
268	68.86	5	4741.68	1.61	110.83
269	87.41	5.25	7641.24	1.66	144.95
270	90.40	5	8171.68	1.61	145.49
271	77.27	5	5971.13	1.61	124.37
272	66.85	5	4468.50	1.61	107.59
273	65.64	4.75	4307.98	1.56	102.27
274	76.54	5	5858.24	1.61	123.19
275	87.79	4.75	7707.88	1.56	136.80
276	82.79	5	6854.19	1.61	133.25
277	96.47	5	9307.23	1.61	155.27
278	95.69	4.75	9156.48	1.56	149.10
279	92.03	5.25	8470.19	1.66	152.61
280	91.66	5.25	8400.84	1.66	151.99
281	91.82	5	8431.62	1.61	147.78
282	92.63	5.25	8580.78	1.66	153.61
283	92.27	5	8514.08	1.61	148.51
284	91.59	4.75	8389.00	1.56	142.71
285	91.20	5	8317.99	1.61	146.79
286	88.97	5.25	7915.12	1.66	147.53
287	89.95	4.75	8091.39	1.56	140.16
288	90.20	5	8136.18	1.61	145.17
289	93.42	5	8726.80	1.61	150.35
290	93.19	5	8685.03	1.61	149.99
291	93.73	5	8786.06	1.61	150.86
292	93.13	5.25	8673.48	1.66	154.43
293	93.44	5.25	8730.31	1.66	154.94
294	94.65	4.75	8959.15	1.56	147.48
295	96.21	4.75	9257.07	1.56	149.91
296	93.92	5	8821.63	1.61	151.16
297	93.46	4.75	8735.06	1.56	145.63
298	95.03	5	9029.90	1.61	152.94
299	23.98	7	575.22	1.95	46.67
300	24.35	6.75	593.08	1.91	46.50

No	Jarak (km) Xi=qi	Intensitas Yi	qi2=xi2	Pi= Inyi	qi.pi
301	23.26	7	541.17	1.95	45.27
302	26.73	7	714.26	1.95	52.01
303	26.90	6.75	723.55	1.91	51.36
304	21.11	6.5	445.73	1.87	39.52
305	22.23	6.5	494.28	1.87	41.61
306	22.22	6.75	493.52	1.91	42.42
307	21.49	6.75	461.97	1.91	41.04
308	20.38	7	415.16	1.95	39.65
309	17.70	6.75	313.29	1.91	33.80
310	18.07	6.5	326.50	1.87	33.82
311	17.93	6.5	321.31	1.87	33.55
312	18.90	7	357.27	1.95	36.78
313	18.92	6.75	357.84	1.91	36.12
314	12.53	7.5	157.07	2.01	25.25
315	10.07	7.75	101.34	2.05	20.61
316	12.49	7.5	156.11	2.01	25.17
317	9.79	8	95.87	2.08	20.36
318	12.08	8	145.86	2.08	25.11
319	3.29	7.75	10.80	2.05	6.73
320	4.09	8	16.73	2.08	8.51
321	5.38	7.5	28.93	2.01	10.84
322	6.06	8	36.75	2.08	12.61
323	6.59	7.5	43.40	2.01	13.27
324	27.31	7.25	745.82	1.98	54.10
325	25.61	7	655.74	1.95	49.83
326	28.29	7.25	800.59	1.98	56.05
327	27.64	7.25	764.11	1.98	54.76
328	28.47	7	810.60	1.95	55.40
329	11.31	7	127.83	1.95	22.00
330	10.07	7	101.31	1.95	19.59
331	2.42	6.75	5.84	1.91	4.62
332	8.03	6.75	64.43	1.91	15.33
333	6.45	7	41.62	1.95	12.55
334	9.39	7	88.17	1.95	18.27
335	25.99	7.25	675.56	1.98	51.49
336	3.96	7.5	15.72	2.01	7.99
337	7.25	8	52.52	2.08	15.07
338	16.04	9	257.36	2.20	35.25
339	16.07	8.75	258.38	2.17	34.87
340	14.61	9	213.58	2.20	32.11

No	Jarak (km) Xi=qi	Intensitas Yi	qi2=xi2	Pi= Inyi	qi.pi
341	15.67	9	245.64	2.20	34.44
342	16.30	8.5	265.68	2.14	34.88
343	15.27	8.75	233.28	2.17	33.13
344	17.55	8.75	308.13	2.17	38.07
345	16.45	9	270.64	2.20	36.15
346	15.15	9	229.57	2.20	33.29
	25418.76	1857.25	2532312.29	567.93	38014.91

Koefisien A dan B dihitung dengan metode kuadrat terkecil untuk kurva linier dengan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{n\sum q_i p_i - \sum q_i \sum p_i}{n(\sum q_i^2) - n(\sum p_i^2)}$$

$$B = \frac{-1282883}{764580244} = -0.0017$$

Setelah nilai B di dapat kemudian dicari nilai A, yaitu :

$$A = \bar{p} - B\bar{q} = 1.64 - (-0.0017 \times 73.46) = 1.7647$$

Dengan demikian persamaan transportasi adalah :

$$P = 1.7647 - 0.0017q$$

$$A = \ln \alpha \rightarrow 1.7647 = \ln \alpha \rightarrow \alpha = 5.840$$

$$B = b \rightarrow b = -0.0017$$

Maka persamaan yang dicari adalah

$$y = 5.840 e^{-0.0017x}$$

Perhitungan Koefisien Korelasi (r) dan Koefisien Determinasi (r²)

Perhitungan koefisien korelasi (r) antara dua perubah yaitu jarak (X) dan intensitas (Y) akan dilakukan dengan rumus koefisien korelasi momen – hasil kali pearson.

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

No	Jarak (km) $X_i=q_i$	Intensitas Y_i	$y_i=\ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	10.09	6.5	1.87	101.83	3.50	18.89
2	11.01	6.75	1.91	121.22	3.65	21.02
3	11.47	6.5	1.87	131.46	3.50	21.46
4	9.40	6.5	1.87	88.41	3.50	17.60
5	8.65	6.75	1.91	74.82	3.65	16.52
6	24.74	7	1.95	612.30	3.79	48.15
7	23.33	7	1.95	544.06	3.79	45.39
8	16.43	6.75	1.91	270.08	3.65	31.38
9	19.22	6.75	1.91	369.35	3.65	36.70
10	23.45	7	1.95	549.81	3.79	45.63
11	35.42	7.25	1.98	1254.93	3.92	70.18
12	29.10	7.25	1.98	846.82	3.92	57.65
13	29.66	7	1.95	879.70	3.79	57.72
14	36.50	7	1.95	1332.12	3.79	71.02
15	31.00	7	1.95	960.75	3.79	60.32
16	41.44	6.75	1.91	1717.21	3.65	79.13
17	38.09	6.5	1.87	1450.64	3.50	71.29
18	40.61	6.5	1.87	1649.35	3.50	76.02
19	45.53	6.75	1.91	2072.91	3.65	86.94
20	36.38	6.5	1.87	1323.68	3.50	68.10
21	46.30	6.25	1.83	2143.65	3.36	84.85
22	45.34	6.25	1.83	2055.93	3.36	83.09
23	47.87	6	1.79	2292.00	3.21	85.78
24	22.08	6.5	1.87	487.63	3.50	41.33
25	21.10	6.75	1.91	445.39	3.65	40.30
26	20.30	7.5	2.01	411.95	4.06	40.90
27	18.69	7.75	2.05	349.37	4.19	38.27
28	20.07	8	2.08	402.83	4.32	41.74
29	21.36	7.75	2.05	456.31	4.19	43.74
30	19.46	8	2.08	378.55	4.32	40.46
31	14.40	7	1.95	207.37	3.79	28.02
32	15.42	7.25	1.98	237.71	3.92	30.54
33	14.34	7	1.95	205.66	3.79	27.91
34	13.27	7.25	1.98	176.12	3.92	26.29
35	15.12	7	1.95	228.59	3.79	29.42
36	8.34	6.75	1.91	69.49	3.65	15.92
37	9.08	7	1.95	82.37	3.79	17.66
38	8.56	6.75	1.91	73.26	3.65	16.34
39	10.69	7	1.95	114.19	3.79	20.79
40	9.78	7	1.95	95.64	3.79	19.03

No	Jarak (km) $X_i=q_i$	Intensitas Y_i	$y_i=\ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
41	44.77	6	1.79	2004.24	3.21	80.21
42	44.31	5.75	1.75	1963.27	3.06	77.50
43	44.19	6.25	1.83	1952.45	3.36	80.98
44	48.79	6.25	1.83	2380.87	3.36	89.42
45	49.22	6	1.79	2422.15	3.21	88.18
46	47.13	6.25	1.83	2221.09	3.36	86.37
47	48.76	5.75	1.75	2377.40	3.06	85.29
48	49.69	6	1.79	2469.34	3.21	89.04
49	73.83	6.5	1.87	5451.08	3.50	138.20
50	72.16	6.75	1.91	5207.24	3.65	137.79
51	80.67	6.5	1.87	6507.18	3.50	150.99
52	75.67	6.5	1.87	5725.35	3.50	141.63
53	74.48	7	1.95	5546.85	3.79	144.93
54	31.54	7	1.95	994.77	3.79	61.37
55	32.22	7.25	1.98	1037.90	3.92	63.82
56	30.40	6.75	1.91	924.35	3.65	58.06
57	31.17	7	1.95	971.72	3.79	60.66
58	29.93	7.25	1.98	895.96	3.92	59.30
59	72.26	6	1.79	5221.63	3.21	129.47
60	71.54	5.75	1.75	5118.57	3.06	125.15
61	69.87	6	1.79	4882.09	3.21	125.19
62	77.52	5.5	1.70	6009.65	2.91	132.16
63	78.10	6	1.79	6099.36	3.21	139.93
64	71.50	5.5	1.70	5112.46	2.91	121.89
65	66.94	5.75	1.75	4480.79	3.06	117.09
66	70.64	6	1.79	4989.83	3.21	126.57
67	70.43	5.5	1.70	4960.81	2.91	120.07
68	67.26	5.75	1.75	4523.76	3.06	117.65
69	58.46	6	1.79	3417.40	3.21	104.74
70	60.14	6	1.79	3617.27	3.21	107.76
71	59.11	5.75	1.75	3493.61	3.06	103.39
72	54.68	5.5	1.70	2989.56	2.91	93.21
73	54.69	5.75	1.75	2990.90	3.06	95.66
74	85.48	5.5	1.70	7306.36	2.91	145.72
75	85.69	6	1.79	7342.50	3.21	153.53
76	85.12	5.5	1.70	7245.98	2.91	145.11
77	84.93	6	1.79	7213.18	3.21	152.17
78	86.88	5.75	1.75	7548.82	3.06	151.98
79	55.35	6	1.79	3063.42	3.21	99.17
80	52.99	6	1.79	2807.50	3.21	94.94

No	Jarak (km) $X_i=q_i$	Intensitas Y_i	$y_i=\ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
81	52.46	5.75	1.75	2751.90	3.06	91.76
82	49.47	5.75	1.75	2446.97	3.06	86.53
83	49.02	6	1.79	2402.95	3.21	87.83
84	49.43	6	1.79	2443.72	3.21	88.57
85	48.27	7.25	1.98	2330.45	3.92	95.63
86	44.79	6.75	1.91	2005.74	3.65	85.52
87	45.10	7	1.95	2033.60	3.79	87.75
88	34.19	7.25	1.98	1168.62	3.92	67.72
89	34.54	7	1.95	1193.02	3.79	67.21
90	37.26	7	1.95	1388.01	3.79	72.50
91	37.71	7.25	1.98	1422.07	3.92	74.70
92	33.72	7	1.95	1136.86	3.79	65.61
93	34.73	7	1.95	1206.29	3.79	67.58
94	42.11	7	1.95	1772.87	3.79	81.93
95	39.96	6.75	1.91	1597.17	3.65	76.31
96	40.98	7.25	1.98	1679.11	3.92	81.18
97	224.13	4	1.39	50234.58	1.92	310.71
98	225.11	3.5	1.25	50676.24	1.57	282.01
99	225.09	3.5	1.25	50664.32	1.57	281.98
100	224.47	4	1.39	50388.82	1.92	311.19
101	225.13	3.5	1.25	50683.13	1.57	282.03
102	127.67	3.5	1.25	16299.70	1.57	159.94
103	123.37	3.5	1.25	15219.62	1.57	154.55
104	126.52	3.75	1.32	16007.93	1.75	167.23
105	121.36	3.5	1.25	14728.35	1.57	152.04
106	120.73	4	1.39	14576.53	1.92	167.37
107	114.43	3.5	1.25	13095.11	1.57	143.36
108	115.90	3.75	1.32	13433.05	1.75	153.19
109	115.28	3.25	1.18	13290.06	1.39	135.88
110	116.02	3	1.10	13460.23	1.21	127.46
111	115.25	3.25	1.18	13281.70	1.39	135.84
112	116.51	3.75	1.32	13574.23	1.75	154.00
113	115.32	3	1.10	13299.63	1.21	126.70
114	111.02	3.25	1.18	12324.33	1.39	130.85
115	113.91	3.5	1.25	12975.66	1.57	142.70
116	114.28	3.5	1.25	13059.70	1.57	143.16
117	102.58	2.75	1.01	10522.90	1.02	103.77
118	106.45	2.5	0.92	11332.33	0.84	97.54
119	104.35	2.75	1.01	10887.97	1.02	105.56
120	108.61	2.5	0.92	11795.90	0.84	99.52

No	Jarak (km) $X_i=q_i$	Intensitas Y_i	$y_i=\ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
121	109.54	3	1.10	11998.08	1.21	120.34
122	109.20	3.25	1.18	11925.40	1.39	128.71
123	115.98	2.75	1.01	13452.38	1.02	117.33
124	108.70	3.25	1.18	11815.49	1.39	128.12
125	110.86	3	1.10	12289.90	1.21	121.79
126	108.44	2.75	1.01	11759.89	1.02	109.70
127	113.03	4	1.39	12775.84	1.92	156.69
128	110.55	3.75	1.32	12221.60	1.75	146.12
129	114.54	4.25	1.45	13119.19	2.09	165.73
130	110.21	3.5	1.25	12147.01	1.57	138.07
131	109.80	3.75	1.32	12055.24	1.75	145.12
132	109.31	3.5	1.25	11949.32	1.57	136.94
133	115.86	4.25	1.45	13424.59	2.09	167.65
134	105.97	3.5	1.25	11228.88	1.57	132.75
135	104.09	3.75	1.32	10833.89	1.75	137.58
136	107.70	4	1.39	11600.07	1.92	149.31
137	108.67	4	1.39	11809.53	1.92	150.65
138	104.43	4.25	1.45	10904.99	2.09	151.10
139	108.17	4	1.39	11700.37	1.92	149.95
140	109.38	4	1.39	11963.67	1.92	151.63
141	106.07	4.25	1.45	11250.53	2.09	153.47
142	103.83	3.75	1.32	10781.36	1.75	137.24
143	102.20	4	1.39	10445.53	1.92	141.68
144	104.41	3.75	1.32	10901.82	1.75	138.01
145	105.04	4	1.39	11034.07	1.92	145.62
146	110.43	4	1.39	12195.26	1.92	153.09
147	60.22	5	1.61	3626.89	2.59	96.93
148	73.86	5	1.61	5455.37	2.59	118.87
149	89.47	5.25	1.66	8004.00	2.75	148.35
150	67.08	5.25	1.66	4499.11	2.75	111.23
151	73.04	5	1.61	5334.79	2.59	117.55
152	90.15	5	1.61	8127.46	2.59	145.09
153	82.59	5.25	1.66	6821.24	2.75	136.95
154	72.76	5	1.61	5294.62	2.59	117.11
155	84.16	5.25	1.66	7082.19	2.75	139.55
156	84.95	4	1.39	7216.74	1.92	117.77
157	87.28	4	1.39	7617.28	1.92	120.99
158	91.20	4	1.39	8318.02	1.92	126.43
159	101.73	3.75	1.32	10348.33	1.75	134.46
160	98.02	3.5	1.25	9606.94	1.57	122.79

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Intensitas Y_i	$y_i = \ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
161	94.64	3.5	1.25	8956.15	1.57	118.56
162	101.83	4	1.39	10369.22	1.92	141.17
163	94.56	3.75	1.32	8940.94	1.75	124.98
164	99.05	3.75	1.32	9810.95	1.75	130.92
165	111.15	3.75	1.32	12355.19	1.75	146.92
166	111.99	3.75	1.32	12541.74	1.75	148.02
167	111.90	3.75	1.32	12522.62	1.75	147.91
168	128.55	4.25	1.45	16524.32	2.09	186.00
169	141.71	4	1.39	20081.75	1.92	196.45
170	154.00	4	1.39	23716.08	1.92	213.49
171	131.86	3.75	1.32	17386.58	1.75	174.28
172	150.00	3.75	1.32	22500.58	1.75	198.27
173	166.00	4	1.39	27556.11	1.92	230.13
174	99.19	4.25	1.45	9839.07	2.09	143.52
175	105.26	4	1.39	11079.37	1.92	145.92
176	110.62	4.25	1.45	12236.33	2.09	160.06
177	112.92	3.75	1.32	12750.11	1.75	149.25
178	119.31	4	1.39	14234.28	1.92	165.40
179	125.60	4	1.39	15774.77	1.92	174.12
180	134.82	4.25	1.45	18176.55	2.09	195.07
181	128.65	4	1.39	16551.28	1.92	178.35
182	143.40	4	1.39	20564.35	1.92	198.80
183	72.96	5	1.61	5322.66	2.59	117.42
184	80.37	4.75	1.56	6458.80	2.43	125.22
185	83.21	5	1.61	6924.31	2.59	133.93
186	98.15	5.25	1.66	9632.89	2.75	162.75
187	96.95	5	1.61	9399.56	2.59	156.04
188	90.93	5	1.61	8268.00	2.59	146.34
189	114.36	4.75	1.56	13078.40	2.43	178.19
190	113.57	4.75	1.56	12897.56	2.43	176.95
191	120.22	4.25	1.45	14452.79	2.09	173.95
192	102.97	4	1.39	10601.83	1.92	142.74
193	115.29	4	1.39	13291.34	1.92	159.82
194	104.10	3.75	1.32	10837.44	1.75	137.60
195	125.57	3.5	1.25	15767.14	1.57	157.31
196	122.42	3.75	1.32	14987.42	1.75	161.81
197	130.22	3.25	1.18	16957.14	1.39	153.48
198	135.19	3.25	1.18	18276.37	1.39	159.34
199	132.60	3	1.10	17582.01	1.21	145.67
200	142.15	3.25	1.18	20205.88	1.39	167.54

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Intensitas Y_i	$y_i = \ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
201	158.05	3	1.10	24978.27	1.21	173.63
202	144.35	3	1.10	20836.33	1.21	158.58
203	113.52	4	1.39	12885.84	1.92	157.37
204	107.00	4.25	1.45	11448.54	2.09	154.82
205	109.75	3.75	1.32	12044.04	1.75	145.06
206	114.46	4	1.39	13101.97	1.92	158.68
207	128.99	4.25	1.45	16639.51	2.09	186.64
208	127.22	4	1.39	16184.08	1.92	176.36
209	143.70	3.75	1.32	20649.82	1.75	189.94
210	138.91	4	1.39	19295.67	1.92	192.57
211	136.67	3.5	1.25	18677.89	1.57	171.21
212	141.20	3.75	1.32	19936.68	1.75	186.63
213	144.47	3.25	1.18	20872.28	1.39	170.28
214	148.38	3.25	1.18	22015.33	1.39	174.88
215	152.11	3	1.10	23137.24	1.21	167.11
216	155.67	3	1.10	24232.13	1.21	171.02
217	48.27	5	1.61	2330.42	2.59	77.69
218	58.93	5.25	1.66	3473.10	2.75	97.72
219	51.34	4.75	1.56	2636.08	2.43	80.00
220	55.33	5	1.61	3060.92	2.59	89.04
221	41.10	5	1.61	1689.09	2.59	66.15
222	98.23	4.5	1.50	9649.49	2.26	147.75
223	96.70	4.75	1.56	9351.77	2.43	150.68
224	98.46	4.5	1.50	9693.98	2.26	148.09
225	96.63	4.75	1.56	9337.46	2.43	150.56
226	96.88	4.5	1.50	9386.55	2.26	145.72
227	75.32	5.25	1.66	5673.79	2.75	124.91
228	69.82	5	1.61	4875.47	2.59	112.38
229	74.13	5.25	1.66	5495.16	2.75	122.92
230	73.11	5	1.61	5345.36	2.59	117.67
231	76.97	5	1.61	5924.11	2.59	123.88
232	84.99	4.75	1.56	7222.60	2.43	132.42
233	83.23	5	1.61	6926.99	2.59	133.95
234	83.31	4.75	1.56	6941.34	2.43	129.82
235	83.86	4.5	1.50	7032.12	2.26	126.13
236	85.02	4.75	1.56	7227.58	2.43	132.47
237	41.91	5	1.61	1756.69	2.59	67.46
238	46.56	5	1.61	2167.46	2.59	74.93
239	50.17	4.75	1.56	2517.13	2.43	78.17
240	59.85	5.25	1.66	3582.10	2.75	99.25

No	Jarak (km) $X_i=q_i$	Intensitas Y_i	$y_i=\ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
241	59.36	5	1.61	3523.12	2.59	95.53
242	61.81	5	1.61	3819.94	2.59	99.47
243	73.56	5.25	1.66	5411.64	2.75	121.99
244	69.99	4.75	1.56	4898.51	2.43	109.05
245	64.61	5	1.61	4173.88	2.59	103.98
246	93.28	5	1.61	8700.41	2.59	150.12
247	85.77	5.25	1.66	7356.59	2.75	142.23
248	91.21	5	1.61	8318.86	2.59	146.79
249	92.24	4.75	1.56	8508.09	2.43	143.72
250	85.73	4.75	1.56	7349.54	2.43	133.58
251	90.12	5	1.61	8120.75	2.59	145.03
252	84.90	5.25	1.66	7207.94	2.75	140.78
253	69.72	5.25	1.66	4861.38	2.75	115.62
254	75.29	5	1.61	5668.20	2.59	121.17
255	68.32	4.75	1.56	4667.59	2.43	106.45
256	72.64	5	1.61	5276.57	2.59	116.91
257	86.20	5.25	1.66	7429.91	2.75	142.93
258	61.48	5	1.61	3779.71	2.59	98.95
259	73.06	5	1.61	5337.17	2.59	117.58
260	86.75	5	1.61	7525.90	2.59	139.62
261	81.91	4.75	1.56	6708.61	2.43	127.62
262	63.87	5.25	1.66	4078.81	2.75	105.90
263	50.09	5	1.61	2509.13	2.59	80.62
264	86.36	4.75	1.56	7458.26	2.43	134.56
265	51.77	5	1.61	2680.38	2.59	83.32
266	69.57	5	1.61	4840.57	2.59	111.98
267	54.58	5.25	1.66	2979.25	2.75	90.51
268	68.86	5	1.61	4741.68	2.59	110.83
269	87.41	5.25	1.66	7641.24	2.75	144.95
270	90.40	5	1.61	8171.68	2.59	145.49
271	77.27	5	1.61	5971.13	2.59	124.37
272	66.85	5	1.61	4468.50	2.59	107.59
273	65.64	4.75	1.56	4307.98	2.43	102.27
274	76.54	5	1.61	5858.24	2.59	123.19
275	87.79	4.75	1.56	7707.88	2.43	136.80
276	82.79	5	1.61	6854.19	2.59	133.25
277	96.47	5	1.61	9307.23	2.59	155.27
278	95.69	4.75	1.56	9156.48	2.43	149.10
279	92.03	5.25	1.66	8470.19	2.75	152.61
280	91.66	5.25	1.66	8400.84	2.75	151.99

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Intensitas Y_i	$y_i = \ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
281	91.82	5	1.61	8431.62	2.59	147.78
282	92.63	5.25	1.66	8580.78	2.75	153.61
283	92.27	5	1.61	8514.08	2.59	148.51
284	91.59	4.75	1.56	8389.00	2.43	142.71
285	91.20	5	1.61	8317.99	2.59	146.79
286	88.97	5.25	1.66	7915.12	2.75	147.53
287	89.95	4.75	1.56	8091.39	2.43	140.16
288	90.20	5	1.61	8136.18	2.59	145.17
289	93.42	5	1.61	8726.80	2.59	150.35
290	93.19	5	1.61	8685.03	2.59	149.99
291	93.73	5	1.61	8786.06	2.59	150.86
292	93.13	5.25	1.66	8673.48	2.75	154.43
293	93.44	5.25	1.66	8730.31	2.75	154.94
294	94.65	4.75	1.56	8959.15	2.43	147.48
295	96.21	4.75	1.56	9257.07	2.43	149.91
296	93.92	5	1.61	8821.63	2.59	151.16
297	93.46	4.75	1.56	8735.06	2.43	145.63
298	95.03	5	1.61	9029.90	2.59	152.94
299	23.98	7	1.95	575.22	3.79	46.67
300	24.35	6.75	1.91	593.08	3.65	46.50
301	23.26	7	1.95	541.17	3.79	45.27
302	26.73	7	1.95	714.26	3.79	52.01
303	26.90	6.75	1.91	723.55	3.65	51.36
304	21.11	6.5	1.87	445.73	3.50	39.52
305	22.23	6.5	1.87	494.28	3.50	41.61
306	22.22	6.75	1.91	493.52	3.65	42.42
307	21.49	6.75	1.91	461.97	3.65	41.04
308	20.38	7	1.95	415.16	3.79	39.65
309	17.70	6.75	1.91	313.29	3.65	33.80
310	18.07	6.5	1.87	326.50	3.50	33.82
311	17.93	6.5	1.87	321.31	3.50	33.55
312	18.90	7	1.95	357.27	3.79	36.78
313	18.92	6.75	1.91	357.84	3.65	36.12
314	12.53	7.5	2.01	157.07	4.06	25.25
315	10.07	7.75	2.05	101.34	4.19	20.61
316	12.49	7.5	2.01	156.11	4.06	25.17
317	9.79	8	2.08	95.87	4.32	20.36
318	12.08	8	2.08	145.86	4.32	25.11
319	3.29	7.75	2.05	10.80	4.19	6.73
320	4.09	8	2.08	16.73	4.32	8.51

No	Jarak (km) Xi=qi	Intensitas Yi	yi=ln Y	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
321	5.38	7.5	2.01	28.93	4.06	10.84
322	6.06	8	2.08	36.75	4.32	12.61
323	6.59	7.5	2.01	43.40	4.06	13.27
324	27.31	7.25	1.98	745.82	3.92	54.10
325	25.61	7	1.95	655.74	3.79	49.83
326	28.29	7.25	1.98	800.59	3.92	56.05
327	27.64	7.25	1.98	764.11	3.92	54.76
328	28.47	7	1.95	810.60	3.79	55.40
329	11.31	7	1.95	127.83	3.79	22.00
330	10.07	7	1.95	101.31	3.79	19.59
331	2.42	6.75	1.91	5.84	3.65	4.62
332	8.03	6.75	1.91	64.43	3.65	15.33
333	6.45	7	1.95	41.62	3.79	12.55
334	9.39	7	1.95	88.17	3.79	18.27
335	25.99	7.25	1.98	675.56	3.92	51.49
336	3.96	7.5	2.01	15.72	4.06	7.99
337	7.25	8	2.08	52.52	4.32	15.07
338	16.04	9	2.20	257.36	4.83	35.25
339	16.07	8.75	2.17	258.38	4.70	34.87
340	14.61	9	2.20	213.58	4.83	32.11
341	15.67	9	2.20	245.64	4.83	34.44
342	16.30	8.5	2.14	265.68	4.58	34.88
343	15.27	8.75	2.17	233.28	4.70	33.13
344	17.55	8.75	2.17	308.13	4.70	38.07
345	16.45	9	2.20	270.64	4.83	36.15
346	15.15	9	2.20	229.57	4.83	33.29
	25418.76	1857.25	567.93	2532312.29	959.89	38014.91

$$r = \frac{(346 \times 38014.91) - (25418.76 \times 567.93)}{\sqrt{((346 \times 2532312.29) - (25418.76 \times (346 \times 959.89) - (567.93)^2))}}$$

$$r = \frac{-1282883.3}{\sqrt{2.20381E + 12}} = -0.86 \text{ (koefisien korelasi)}$$

$$r^2 = -0.86^2 = 0.75 \text{ (koefisien determinasi)}$$

Persamaan Eksponensial Hubungan Antara Jarak (X) dan Intensitas (Y) (Barat)

Persamaan eksponensial secara umum:

$$y = a e^{bx}$$

Transformasi dengan menggunakan fungsi ln, sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\ln y = \ln a e^{bx} = \ln a + \ln e^{bx}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

Dilakukan Transformasi berikut

$$p = \ln y \quad A = \ln a$$

$$q = x \quad B = b$$

Sehingga persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk :

$$p = A + Bq$$

Hitungan selengkapnya dilakukan seperti pada tabel dibawah ini

$$\bar{q} = \frac{\sum qi}{n} = \frac{4876.91}{55} = 88.67$$

$$\bar{p} = \frac{\sum pi}{n} = \frac{84.06}{55} = 1.53$$

Tabel Hitungan Linier Dengan Transformasi ln

No	Jarak (km) Xi=qi	Barat	qi ² =xi ²	Pi= Inyi	qi.pi
1	14.40	7	207.37	1.95	28.02
2	15.42	7.25	237.71	1.98	30.54
3	14.34	7	205.66	1.95	27.91
4	13.27	7.25	176.12	1.98	26.29
5	15.12	7	228.59	1.95	29.42
6	102.58	2.75	10522.90	1.01	103.77
7	106.45	2.5	11332.33	0.92	97.54
8	104.35	2.75	10887.97	1.01	105.56
9	108.61	2.5	11795.90	0.92	99.52
10	109.54	3	11998.08	1.10	120.34
11	109.20	3.25	11925.40	1.18	128.71
12	115.98	2.75	13452.38	1.01	117.33
13	108.70	3.25	11815.49	1.18	128.12
14	110.86	3	12289.90	1.10	121.79
15	108.44	2.75	11759.89	1.01	109.70

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Barat	$q_i^2 = x_i^2$	$P_i = \text{Inyi}$	$q_i \cdot p_i$
16	48.27	5	2330.42	1.61	77.69
17	58.93	5.25	3473.10	1.66	97.72
18	51.34	4.75	2636.08	1.56	80.00
19	55.33	5	3060.92	1.61	89.04
20	41.10	5	1689.09	1.61	66.15
21	98.23	4.5	9649.49	1.50	147.75
22	96.70	4.75	9351.77	1.56	150.68
23	98.46	4.5	9693.98	1.50	148.09
24	96.63	4.75	9337.46	1.56	150.56
25	96.88	4.5	9386.55	1.50	145.72
26	75.32	5.25	5673.79	1.66	124.91
27	69.82	5	4875.47	1.61	112.38
28	74.13	5.25	5495.16	1.66	122.92
29	73.11	5	5345.36	1.61	117.67
30	76.97	5	5924.11	1.61	123.88
31	84.99	4.75	7222.60	1.56	132.42
32	83.23	5	6926.99	1.61	133.95
33	83.31	4.75	6941.34	1.56	129.82
34	83.86	4.5	7032.12	1.50	126.13
35	85.02	4.75	7227.58	1.56	132.47
36	41.91	5	1756.69	1.61	67.46
37	46.56	5	2167.46	1.61	74.93
38	50.17	4.75	2517.13	1.56	78.17
39	59.85	5.25	3582.10	1.66	99.25
40	59.36	5	3523.12	1.61	95.53
41	61.81	5	3819.94	1.61	99.47
42	73.56	5.25	5411.64	1.66	121.99
43	69.99	4.75	4898.51	1.56	109.05
44	64.61	5	4173.88	1.61	103.98
45	93.28	5	8700.41	1.61	150.12
46	85.77	5.25	7356.59	1.66	142.23
47	91.21	5	8318.86	1.61	146.79
48	92.24	4.75	8508.09	1.56	143.72
49	85.73	4.75	7349.54	1.56	133.58
50	90.12	5	8120.75	1.61	145.03

No	Jarak (km) Xi=qi	Barat	qi ² =xi ²	Pi= Inyi	qi.pi
51	84.90	5.25	7207.94	1.66	140.78
52	69.72	5.25	4861.38	1.66	115.62
53	75.29	5	5668.20	1.61	121.17
54	92.03	5.25	8470.19	1.66	152.61
55	91.66	5.25	8400.84	1.66	151.99
56	91.82	5	8431.62	1.61	147.78
57	92.63	5.25	8580.78	1.66	153.61
58	92.27	5	8514.08	1.61	148.51
59	91.59	4.75	8389.00	1.56	142.71
60	91.20	5	8317.99	1.61	146.79
61	88.97	5.25	7915.12	1.66	147.53
62	89.95	4.75	8091.39	1.56	140.16
63	90.20	5	8136.18	1.61	145.17
64	93.42	5	8726.80	1.61	150.35
65	93.19	5	8685.03	1.61	149.99
66	93.73	5	8786.06	1.61	150.86
67	93.13	5.25	8673.48	1.66	154.43
68	93.44	5.25	8730.31	1.66	154.94
69	94.65	4.75	8959.15	1.56	147.48
70	96.21	4.75	9257.07	1.56	149.91
71	93.92	5	8821.63	1.61	151.16
72	93.46	4.75	8735.06	1.56	145.63
73	95.03	5	9029.90	1.61	152.94
	5837.49	351.75	511702.97	113.07	8757.93

Koefisien A dan B dihitung dengan metode kuadrat terkecil untuk kurva linier dengan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{nq_i p_i - \sum q_i \sum p_i}{n(\sum q_i^2) - n(\sum p_i^2)}$$

$$B = \frac{-20733.2}{36420977} = -0.0006$$

Setelah nilai B di dapat kemudian dicari nilai A, yaitu :

$$A = \bar{p} - B\bar{q} = 1.55 - (-0.0006 \times 79.97) = 1.594$$

Dengan demikian persamaan transportasi adalah :

$$P = 1.594 - 0.0006q$$

$$A = \ln \alpha \rightarrow 1.594 = \ln \alpha \rightarrow \alpha = 4.926$$

$$B = b \rightarrow b = -0.0006$$

Maka persamaan yang dicari adalah

$$y = 4.926e^{-0.0006x}$$

Perhitungan Koefisien Korelasi (r) dan Koefisien Determinasi (r²)

Perhitungan koefisien korelasi (r) antara dua perubah yaitu jarak (X) dan intensitas (Y) akan dilakukan dengan rumus koefisien korelasi momen – hasil kali pearson.

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

No	Jarak (km) Xi=qi	Barat	yi=ln Y	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
1	14.40	7	1.95	207.37	49.00	28.02
2	15.42	7.25	1.98	237.71	52.56	30.54
3	14.34	7	1.95	205.66	49.00	27.91
4	13.27	7.25	1.98	176.12	52.56	26.29
5	15.12	7	1.95	228.59	49.00	29.42
6	102.58	2.75	1.01	10522.90	7.56	103.77
7	106.45	2.5	0.92	11332.33	6.25	97.54
8	104.35	2.75	1.01	10887.97	7.56	105.56
9	108.61	2.5	0.92	11795.90	6.25	99.52
10	109.54	3	1.10	11998.08	9.00	120.34
11	109.20	3.25	1.18	11925.40	10.56	128.71
12	115.98	2.75	1.01	13452.38	7.56	117.33
13	108.70	3.25	1.18	11815.49	10.56	128.12
14	110.86	3	1.10	12289.90	9.00	121.79
15	108.44	2.75	1.01	11759.89	7.56	109.70
16	48.27	5	1.61	2330.42	25.00	77.69
17	58.93	5.25	1.66	3473.10	27.56	97.72
18	51.34	4.75	1.56	2636.08	22.56	80.00
19	55.33	5	1.61	3060.92	25.00	89.04
20	41.10	5	1.61	1689.09	25.00	66.15

No	Jarak (km) $X_i=q_i$	Barat	$y_i=\ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i.Y_i$
21	98.23	4.5	1.50	9649.49	20.25	147.75
22	96.70	4.75	1.56	9351.77	22.56	150.68
23	98.46	4.5	1.50	9693.98	20.25	148.09
24	96.63	4.75	1.56	9337.46	22.56	150.56
25	96.88	4.5	1.50	9386.55	20.25	145.72
26	75.32	5.25	1.66	5673.79	27.56	124.91
27	69.82	5	1.61	4875.47	25.00	112.38
28	74.13	5.25	1.66	5495.16	27.56	122.92
29	73.11	5	1.61	5345.36	25.00	117.67
30	76.97	5	1.61	5924.11	25.00	123.88
31	84.99	4.75	1.56	7222.60	22.56	132.42
32	83.23	5	1.61	6926.99	25.00	133.95
33	83.31	4.75	1.56	6941.34	22.56	129.82
34	83.86	4.5	1.50	7032.12	20.25	126.13
35	85.02	4.75	1.56	7227.58	22.56	132.47
36	41.91	5	1.61	1756.69	25.00	67.46
37	46.56	5	1.61	2167.46	25.00	74.93
38	50.17	4.75	1.56	2517.13	22.56	78.17
39	59.85	5.25	1.66	3582.10	27.56	99.25
40	59.36	5	1.61	3523.12	25.00	95.53
41	61.81	5	1.61	3819.94	25.00	99.47
42	73.56	5.25	1.66	5411.64	27.56	121.99
43	69.99	4.75	1.56	4898.51	22.56	109.05
44	64.61	5	1.61	4173.88	25.00	103.98
45	93.28	5	1.61	8700.41	25.00	150.12
46	85.77	5.25	1.66	7356.59	27.56	142.23
47	91.21	5	1.61	8318.86	25.00	146.79
48	92.24	4.75	1.56	8508.09	22.56	143.72
49	85.73	4.75	1.56	7349.54	22.56	133.58
50	90.12	5	1.61	8120.75	25.00	145.03
51	84.90	5.25	1.66	7207.94	27.56	140.78
52	69.72	5.25	1.66	4861.38	27.56	115.62
53	75.29	5	1.61	5668.20	25.00	121.17
54	92.03	5.25	1.66	8470.19	27.56	152.61
55	91.66	5.25	1.66	8400.84	27.56	151.99

No	Jarak (km) Xi=qi	Barat	yi=ln Y	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
56	91.82	5	1.61	8431.62	25.00	147.78
57	92.63	5.25	1.66	8580.78	27.56	153.61
58	92.27	5	1.61	8514.08	25.00	148.51
59	91.59	4.75	1.56	8389.00	22.56	142.71
60	91.20	5	1.61	8317.99	25.00	146.79
61	88.97	5.25	1.66	7915.12	27.56	147.53
62	89.95	4.75	1.56	8091.39	22.56	140.16
63	90.20	5	1.61	8136.18	25.00	145.17
64	93.42	5	1.61	8726.80	25.00	150.35
65	93.19	5	1.61	8685.03	25.00	149.99
66	93.73	5	1.61	8786.06	25.00	150.86
67	93.13	5.25	1.66	8673.48	27.56	154.43
68	93.44	5.25	1.66	8730.31	27.56	154.94
69	94.65	4.75	1.56	8959.15	22.56	147.48
70	96.21	4.75	1.56	9257.07	22.56	149.91
71	93.92	5	1.61	8821.63	25.00	151.16
72	93.46	4.75	1.56	8735.06	22.56	145.63
73	95.03	5	1.61	9029.90	25.00	152.94
	5837.49	351.75	113.07	511702.97	1764.31	8757.93

$$r = \frac{(73 \times 8757.93) - (5837.49 \times 113.07)}{\sqrt{((73 \times 511702.97) - (4876.91)^2) \times ((73 \times 1764.31) - (113.07)^2)}}$$

$$r = \frac{-20733.175}{\sqrt{3.80282E + 11}} = -0.034 \text{ (koefisien korelasi)}$$

$$r^2 = -0.034^2 = 0.00111 \text{ (koefisien determinasi)}$$

Persamaan Eksponensial Hubungan Antara Jarak (X) dan Intensitas (Y) (Barat Daya)

Persamaan eksponensial secara umum:

$$y = a e^{bx}$$

Transformasi dengan menggunakan fungsi ln, sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\ln y = \ln a e^{bx} = \ln a + \ln e^{bx}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

Dilakukan Transformasi berikut

$$p = \ln y \quad A = \ln a$$

$$q = x \quad B = b$$

Sehingga persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk :

$$p = A + Bq$$

Hitungan selengkapnya dilakukan seperti pada tabel dibawah ini

$$\bar{q} = \frac{\sum qi}{n} = \frac{1616.86}{33} = 49.00$$

$$\bar{p} = \frac{\sum pi}{n} = \frac{57.90}{33} = 1.75$$

Tabel Hitungan Linier Dengan Transformasi ln

No	Jarak (km) Xi=qi	Barat Daya	qi ² =xi ²	Pi= Inyi	qi.pi
1	10.09	6.5	101.83	1.87	18.89
2	11.01	6.75	121.22	1.91	21.02
3	11.47	6.5	131.46	1.87	21.46
4	9.40	6.5	88.41	1.87	17.60
5	8.65	6.75	74.82	1.91	16.52
6	24.74	7	612.30	1.95	48.15
7	23.33	7	544.06	1.95	45.39
8	16.43	6.75	270.08	1.91	31.38
9	19.22	6.75	369.35	1.91	36.70
10	23.45	7	549.81	1.95	45.63
11	35.42	7.25	1254.93	1.98	70.18
12	29.10	7.25	846.82	1.98	57.65
13	29.66	7	879.70	1.95	57.72
14	36.50	7	1332.12	1.95	71.02
15	31.00	7	960.75	1.95	60.32
16	61.48	5	3779.71	1.61	98.95
17	73.06	5	5337.17	1.61	117.58
18	86.75	5	7525.90	1.61	139.62
19	81.91	4.75	6708.61	1.56	127.62
20	63.87	5.25	4078.81	1.66	105.90

No	Jarak (km) Xi=qi	Barat Daya	qi2=xi2	Pi= Inyi	qi.p
21	50.09	5	2509.13	1.61	80.62
22	86.36	4.75	7458.26	1.56	134.56
23	51.77	5	2680.38	1.61	83.32
24	69.57	5	4840.57	1.61	111.98
25	54.58	5.25	2979.25	1.66	90.51
26	68.86	5	4741.68	1.61	110.83
27	87.41	5.25	7641.24	1.66	144.95
28	90.40	5	8171.68	1.61	145.49
29	77.27	5	5971.13	1.61	124.37
30	66.85	5	4468.50	1.61	107.59
31	68.32	4.75	4667.59	1.56	106.45
32	72.64	5	5276.57	1.61	116.91
33	86.20	5.25	7429.91	1.66	142.93
	1616.86	193.25	104403.73	57.90	2709.80

Koefisien A dan B dihitung dengan metode kuadrat terkecil untuk kurva linier dengan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{n\sum q_i p_i - \sum q_i \sum p_i}{n(\sum q_i^2) - n(\sum p_i^2)}$$

$$B = \frac{-4196.318}{3334685} = -0.0013$$

Setelah nilai B di dapat kemudian dicari nilai A, yaitu :

$$A = \bar{p} - B\bar{q} = 1.75 - (-0.0013 \times 49.00) = 1.8163$$

Dengan demikian persamaan transportasi adalah :

$$P = 1.8163 - 0.0013q$$

$$A = \ln \alpha \rightarrow 1.8163 = \ln \alpha \rightarrow \alpha = 6.1489$$

$$B = b \rightarrow b = -0.0013$$

Maka persamaan yang dicari adalah

$$y = 6.1489e^{-0.0013x}$$

Perhitungan Koefisien Korelasi (r) dan Koefisien Determinasi (r²)

Perhitungan koefisien korelasi (r) antara dua perubah yaitu jarak (X) dan intensitas (Y) akan dilakukan dengan rumus koefisien korelasi momen – hasil kali pearson.

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Barat Daya	$y_i = \ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	10.09	6.5	1.87	101.83	42.25	18.89
2	11.01	6.75	1.91	121.22	3.65	21.02
3	11.47	6.5	1.87	131.46	3.50	21.46
4	9.40	6.5	1.87	88.41	3.50	17.60
5	8.65	6.75	1.91	74.82	3.65	16.52
6	24.74	7	1.95	612.30	3.79	48.15
7	23.33	7	1.95	544.06	3.79	45.39
8	16.43	6.75	1.91	270.08	3.65	31.38
9	19.22	6.75	1.91	369.35	3.65	36.70
10	23.45	7	1.95	549.81	3.79	45.63
11	35.42	7.25	1.98	1254.93	3.92	70.18
12	29.10	7.25	1.98	846.82	3.92	57.65
13	29.66	7	1.95	879.70	3.79	57.72
14	36.50	7	1.95	1332.12	3.79	71.02
15	31.00	7	1.95	960.75	3.79	60.32
16	61.48	5	1.61	3779.71	2.59	98.95
17	73.06	5	1.61	5337.17	2.59	117.58
18	86.75	5	1.61	7525.90	2.59	139.62
19	81.91	4.75	1.56	6708.61	2.43	127.62
20	63.87	5.25	1.66	4078.81	2.75	105.90
21	50.09	5	1.61	2509.13	2.59	80.62
22	86.36	4.75	1.56	7458.26	2.43	134.56
23	51.77	5	1.61	2680.38	2.59	83.32
24	69.57	5	1.61	4840.57	2.59	111.98
25	54.58	5.25	1.66	2979.25	2.75	90.51
26	68.86	5	1.61	4741.68	2.59	110.83
27	87.41	5.25	1.66	7641.24	2.75	144.95
28	90.40	5	1.61	8171.68	2.59	145.49
29	77.27	5	1.61	5971.13	2.59	124.37
30	66.85	5	1.61	4468.50	2.59	107.59
31	68.32	4.75	1.56	4667.59	2.43	106.45
32	72.64	5	1.61	5276.57	2.59	116.91
33	86.20	5.25	1.66	7429.91	2.75	142.93
	1616.86	193.25	57.90	104403.73	141.19	2709.80

$$r = \frac{(33 \times 2709.80) - (1616.86 \times 57.90)}{\sqrt{((33 \times 104403.73) - (1616.86)^2)(33 \times 141.19 - (57.90)^2)}}$$

$$r = \frac{-4196.32}{\sqrt{1085815435}} = -0.13 \text{ (koefisien korelasi)}$$

$$r^2 = -0.13^2 = 0.016 \text{ (koefisien determinasi)}$$



Persamaan Eksponensial Hubungan Antara Jarak (X) dan Intensitas (Y) (Barat Laut)

Persamaan eksponensial secara umum:

$$y = a e^{bx}$$

Transformasi dengan menggunakan fungsi ln, sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\ln y = \ln a e^{bx} = \ln a + \ln e^{bx}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

Dilakukan Transformasi berikut

$$p = \ln y \quad A = \ln a$$

$$q = x \quad B = b$$

Sehingga persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk :

$$p = A + Bq$$

Hitungan selengkapnya dilakukan seperti pada tabel dibawah ini

$$\bar{q} = \frac{\sum qi}{n} = \frac{348.36}{15} = 23.22$$

$$\bar{p} = \frac{\sum pi}{n} = \frac{29.36}{15} = 1.96$$

Tabel Hitungan Linier Dengan Transformasi ln

No	Jarak (km) Xi=qi	Timur	qi ² =xi ²	Pi= Inyi	qi.pi
1	41.44	6.75	1717.21	1.91	79.13
2	38.09	6.5	1450.64	1.87	71.29
3	40.61	6.5	1649.35	1.87	76.02
4	45.53	6.75	2072.91	1.91	86.94
5	36.38	6.5	1323.68	1.87	68.10
6	20.30	7.5	411.95	2.01	40.90
7	18.69	7.75	349.37	2.05	38.27
8	20.07	8	402.83	2.08	41.74
9	21.36	7.75	456.31	2.05	43.74
10	19.46	8	378.55	2.08	40.46
11	8.34	6.75	69.49	1.91	15.92
12	9.08	7	82.37	1.95	17.66
13	8.56	6.75	73.26	1.91	16.34
14	10.69	7	114.19	1.95	20.79
15	9.78	7	95.64	1.95	19.03
	348.36	106.50	10647.76	29.36	676.33

Koefisien A dan B dihitung dengan metode kuadrat terkecil untuk kurva linier dengan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{n\sum qi^2 - \sum qi \sum pi}{n(\sum qi^2) - n(\sum pi^2)}$$
$$B = \frac{-83.1183}{146785.8} = -0.00057$$

Setelah nilai B di dapat kemudian dicari nilai A, yaitu :

$$A = \bar{p} - B\bar{q} = 1.96 - (-0.00057 \times 23.22) = 1.9705$$

Dengan demikian persamaan transportasi adalah :

$$P = 1.9705 - 0.00057q$$

$$A = \ln \alpha \rightarrow 1.9705 = \ln \alpha \rightarrow \alpha = 7.174$$

$$B = b \rightarrow b = -0.00057$$

Maka persamaan yang dicari adalah

$$y = 7.174e^{-0.00057}$$

Perhitungan Koefisien Korelasi (r) dan Koefisien Determinasi (r²)

Perhitungan koefisien korelasi (r) antara dua perubah yaitu jarak (X) dan intensitas (Y) akan dilakukan dengan rumus koefisien korelasi momen – hasil kali pearson.

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

No	Jarak (km) Xi=qj	Barat Laut	yi=ln Y	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
1	41.44	6.75	1.91	1717.21	45.56	79.13
2	38.09	6.5	1.87	1450.64	42.25	71.29
3	40.61	6.5	1.87	1649.35	42.25	76.02
4	45.53	6.75	1.91	2072.91	45.56	86.94
5	36.38	6.5	1.87	1323.68	42.25	68.10
6	20.30	7.5	2.01	411.95	56.25	40.90
7	18.69	7.75	2.05	349.37	60.06	38.27
8	20.07	8	2.08	402.83	64.00	41.74
9	21.36	7.75	2.05	456.31	60.06	43.74
10	19.46	8	2.08	378.55	64.00	40.46
11	8.34	6.75	1.91	69.49	45.56	15.92
12	9.08	7	1.95	82.37	49.00	17.66
13	8.56	6.75	1.91	73.26	45.56	16.34
14	10.69	7	1.95	114.19	49.00	20.79
15	9.78	7	1.95	95.64	49.00	19.03
	348.36	106.50	29.36	10647.76	760.38	676.33

$$r = \frac{(15 \times 676.33) - (348.36 \times 29.36)}{\sqrt{((15 \times 10647.76) - (348.36)^2) \times ((15 \times 760.38) - (29.36)^2)}}$$

$$r = \frac{-83.1183}{\sqrt{404444930.1}} = -0.004 \text{ (koefisien korelasi)}$$

$$r^2 = -0.004^2 = 0.000017 \text{ (koefisien determinasi)}$$

Persamaan Eksponensial Hubungan Antara Jarak (X) dan Intensitas (Y) (Selatan)

Persamaan eksponensial secara umum:

$$y = a e^{bx}$$

Transformasi dengan menggunakan fungsi ln, sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\ln y = \ln a e^{bx} = \ln a + \ln e^{bx}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

Dilakukan Transformasi berikut

$$p = \ln y \quad A = \ln a$$

$$q = x \quad B = b$$

Sehingga persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk :

$$p = A + Bq$$

Hitungan selengkapnya dilakukan seperti pada tabel dibawah ini

$$\bar{q} = \frac{\sum qi}{n} = \frac{4252.11}{71} = 59.89$$

$$\bar{p} = \frac{\sum pi}{n} = \frac{123.10}{71} = 1.73$$

Tabel Hitungan Linier Dengan Transformasi ln

No	Jarak (km) Xi=qi	Selatan	qi ² =xi ²	Pi= Inyi	qi.pi
1	7.25	8	52.52	2.08	15.07
2	12.53	7.5	157.07	2.01	25.25
3	10.07	7.75	101.34	2.05	20.61
4	12.49	7.5	156.11	2.01	25.17
5	9.79	8	95.87	2.08	20.36
6	12.08	8	145.86	2.08	25.11
7	3.29	7.75	10.80	2.05	6.73
8	4.09	8	16.73	2.08	8.51
9	5.38	7.5	28.93	2.01	10.84
10	6.06	8	36.75	2.08	12.61
11	6.59	7.5	43.40	2.01	13.27
12	127.67	3.5	16299.70	1.25	159.94
13	123.37	3.5	15219.62	1.25	154.55
14	126.52	3.75	16007.93	1.32	167.23
15	121.36	3.5	14728.35	1.25	152.04

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Selatan	$q_i^2 = x_i^2$	$P_i = \text{Inyi}$	$q_i \cdot p_i$
16	120.73	4	14576.53	1.39	167.37
17	3.96	7.5	15.72	2.01	7.99
18	16.04	9	257.36	2.20	35.25
19	16.07	8.75	258.38	2.17	34.87
20	14.61	9	213.58	2.20	32.11
21	15.67	9	245.64	2.20	34.44
22	16.30	8.5	265.68	2.14	34.88
23	15.27	8.75	233.28	2.17	33.13
24	17.55	8.75	308.13	2.17	38.07
25	16.45	9	270.64	2.20	36.15
26	15.15	9	229.57	2.20	33.29
27	46.30	6.25	2143.65	1.83	84.85
28	45.34	6.25	2055.93	1.83	83.09
29	47.87	6	2292.00	1.79	85.78
30	22.08	6.5	487.63	1.87	41.33
31	21.10	6.75	445.39	1.91	40.30
32	44.77	6	2004.24	1.79	80.21
33	44.31	5.75	1963.27	1.75	77.50
34	44.19	6.25	1952.45	1.83	80.98
35	48.79	6.25	2380.87	1.83	89.42
36	49.22	6	2422.15	1.79	88.18
37	47.13	6.25	2221.09	1.83	86.37
38	48.76	5.75	2377.40	1.75	85.29
39	49.69	6	2469.34	1.79	89.04
40	11.31	7	127.83	1.95	22.00
41	10.07	7	101.31	1.95	19.59
42	2.42	6.75	5.84	1.91	4.62
43	8.03	6.75	64.43	1.91	15.33
44	6.45	7	41.62	1.95	12.55
45	9.39	7	88.17	1.95	18.27
46	65.64	4.75	4307.98	1.56	102.27
47	76.54	5	5858.24	1.61	123.19
48	87.79	4.75	7707.88	1.56	136.80
49	82.79	5	6854.19	1.61	133.25
50	96.47	5	9307.23	1.61	155.27
51	95.69	4.75	9156.48	1.56	149.10
52	120.22	4.25	14452.79	1.45	173.95
53	102.97	4	10601.83	1.39	142.74
54	115.29	4	13291.34	1.39	159.82
55	104.10	3.75	10837.44	1.32	137.60

No	Jarak (km) Xi=qi	Selatan	qi ² =xi ²	Pi= Inyi	qi.pi
56	125.57	3.5	15767.14	1.25	157.31
57	122.42	3.75	14987.42	1.32	161.81
58	130.22	3.25	16957.14	1.18	153.48
59	135.19	3.25	18276.37	1.18	159.34
60	132.60	3	17582.01	1.10	145.67
61	142.15	3.25	20205.88	1.18	167.54
62	158.05	3	24978.27	1.10	173.63
63	144.35	3	20836.33	1.10	158.58
64	72.96	5	5322.66	1.61	117.42
65	80.37	4.75	6458.80	1.56	125.22
66	83.21	5	6924.31	1.61	133.93
67	98.15	5.25	9632.89	1.66	162.75
68	96.95	5	9399.56	1.61	156.04
69	90.93	5	8268.00	1.61	146.34
70	114.36	4.75	13078.40	1.56	178.19
71	113.57	4.75	12897.56	1.56	176.95
	4252.11	423.25	419568.23	123.10	6297.73

Koefisien A dan B dihitung dengan metode kuadrat terkecil untuk kurva linier dengan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{n\sum q_i p_i - \sum q_i \sum p_i}{n(\sum q_i^2) - n(\sum p_i^2)}$$

$$B = \frac{-76295.1}{28713438.8} = -0.0027$$

Setelah nilai B di dapat kemudian dicari nilai A, yaitu :

$$A = \bar{p} - B\bar{q} = 1.73 - (-0.0027 \times 59.89) = 1.8929$$

Dengan demikian persamaan transportasi adalah :

$$P = 1.8929 - 0.0027q$$

$$A = \ln \alpha \rightarrow 1.8929 = \ln \alpha \rightarrow \alpha = 6.639$$

$$B = b \rightarrow b = -0.0027$$

Maka persamaan yang dicari adalah

$$y = 6.639e^{-0.0027}$$

Perhitungan Koefisien Korelasi (r) dan Koefisien Determinasi (r²)

Perhitungan koefisien korelasi (r) antara dua perubah yaitu jarak (X) dan intensitas (Y) akan dilakukan dengan rumus koefisien korelasi momen – hasil kali pearson.

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

No	Jarak (km) Xi=qi	Selatan	yi=ln Y	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
1	7.25	8	2.08	52.52	4.32	15.07
2	12.53	7.5	2.01	157.07	4.06	25.25
3	10.07	7.75	2.05	101.34	4.19	20.61
4	12.49	7.5	2.01	156.11	4.06	25.17
5	9.79	8	2.08	95.87	4.32	20.36
6	12.08	8	2.08	145.86	4.32	25.11
7	3.29	7.75	2.05	10.80	4.19	6.73
8	4.09	8	2.08	16.73	4.32	8.51
9	5.38	7.5	2.01	28.93	4.06	10.84
10	6.06	8	2.08	36.75	4.32	12.61
11	6.59	7.5	2.01	43.40	4.06	13.27
12	127.67	3.5	1.25	16299.70	1.57	159.94
13	123.37	3.5	1.25	15219.62	1.57	154.55
14	126.52	3.75	1.32	16007.93	1.75	167.23
15	121.36	3.5	1.25	14728.35	1.57	152.04
16	120.73	4	1.39	14576.53	1.92	167.37
17	3.96	7.5	2.01	15.72	4.06	7.99
18	16.04	9	2.20	257.36	4.83	35.25
19	16.07	8.75	2.17	258.38	4.70	34.87
20	14.61	9	2.20	213.58	4.83	32.11
21	15.67	9	2.20	245.64	4.83	34.44
22	16.30	8.5	2.14	265.68	4.58	34.88
23	15.27	8.75	2.17	233.28	4.70	33.13
24	17.55	8.75	2.17	308.13	4.70	38.07
25	16.45	9	2.20	270.64	4.83	36.15
26	15.15	9	2.20	229.57	4.83	33.29
27	46.30	6.25	1.83	2143.65	3.36	84.85
28	45.34	6.25	1.83	2055.93	3.36	83.09
29	47.87	6	1.79	2292.00	3.21	85.78
30	22.08	6.5	1.87	487.63	3.50	41.33

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Selatan	$y_i = \ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
31	21.10	6.75	1.91	445.39	3.65	40.30
32	44.77	6	1.79	2004.24	3.21	80.21
33	44.31	5.75	1.75	1963.27	3.06	77.50
34	44.19	6.25	1.83	1952.45	3.36	80.98
35	48.79	6.25	1.83	2380.87	3.36	89.42
36	49.22	6	1.79	2422.15	3.21	88.18
37	47.13	6.25	1.83	2221.09	3.36	86.37
38	48.76	5.75	1.75	2377.40	3.06	85.29
39	49.69	6	1.79	2469.34	3.21	89.04
40	11.31	7	1.95	127.83	3.79	22.00
41	10.07	7	1.95	101.31	3.79	19.59
42	2.42	6.75	1.91	5.84	3.65	4.62
43	8.03	6.75	1.91	64.43	3.65	15.33
44	6.45	7	1.95	41.62	3.79	12.55
45	9.39	7	1.95	88.17	3.79	18.27
46	65.64	4.75	1.56	4307.98	2.43	102.27
47	76.54	5	1.61	5858.24	2.59	123.19
48	87.79	4.75	1.56	7707.88	2.43	136.80
49	82.79	5	1.61	6854.19	2.59	133.25
50	96.47	5	1.61	9307.23	2.59	155.27
51	95.69	4.75	1.56	9156.48	2.43	149.10
52	120.22	4.25	1.45	14452.79	2.09	173.95
53	102.97	4	1.39	10601.83	1.92	142.74
54	115.29	4	1.39	13291.34	1.92	159.82
55	104.10	3.75	1.32	10837.44	1.75	137.60
56	125.57	3.5	1.25	15767.14	1.57	157.31
57	122.42	3.75	1.32	14987.42	1.75	161.81
58	130.22	3.25	1.18	16957.14	1.39	153.48
59	135.19	3.25	1.18	18276.37	1.39	159.34
60	132.60	3	1.10	17582.01	1.21	145.67
61	142.15	3.25	1.18	20205.88	1.39	167.54
62	158.05	3	1.10	24978.27	1.21	173.63
63	144.35	3	1.10	20836.33	1.21	158.58
64	72.96	5	1.61	5322.66	2.59	117.42
65	80.37	4.75	1.56	6458.80	2.43	125.22

No	Jarak (km) Xi=qi	Selatan	yi=ln Y	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
66	83.21	5	1.61	6924.31	2.59	133.93
67	98.15	5.25	1.66	9632.89	2.75	162.75
68	96.95	5	1.61	9399.56	2.59	156.04
69	90.93	5	1.61	8268.00	2.59	146.34
70	114.36	4.75	1.56	13078.40	2.43	178.19
71	113.57	4.75	1.56	12897.56	2.43	176.95
	4252.11	423.25	123.10	419568.23	221.10	6297.73

$$r = \frac{(71 \times 6297.73) - (4252.11 \times 123.10)}{\sqrt{((71 \times 419568.23) - (4252.11)^2) \times ((71 \times 221.10) - (123.10)^2)}}$$

$$r = \frac{-76295.1}{\sqrt{6371857431}} = -0.96 \text{ (koefisien korelasi)}$$

$$r^2 = -0.96^2 = 0.91 \text{ (koefisien determinasi)}$$

Persamaan Eksponensial Hubungan Antara Jarak (X) dan Intensitas (Y) (Tenggara)

Persamaan eksponensial secara umum:

$$y = a e^{bx}$$

Transformasi dengan menggunakan fungsi ln, sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\ln y = \ln a e^{bx} = \ln a + \ln e^{bx}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

Dilakukan Transformasi berikut

$$p = \ln y \quad A = \ln a$$

$$q = x \quad B = b$$

Sehingga persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk :

$$p = A + Bq$$

Hitungan selengkapnya dilakukan seperti pada tabel dibawah ini

$$\bar{q} = \frac{\sum qi}{n} = \frac{9470.66}{96} = 98.65$$

$$\bar{p} = \frac{\sum pi}{n} = \frac{143.98}{96} = 1.50$$

Tabel Hitungan Linier Dengan Transformasi ln

No	Jarak (km) Xi=qi	Tenggara	qi ² =xi ²	Pi= Inyi	qi.pi
1	113.03	4	12775.84	1.39	156.69
2	110.55	3.75	12221.60	1.32	146.12
3	114.54	4.25	13119.19	1.45	165.73
4	110.21	3.5	12147.01	1.25	138.07
5	109.80	3.75	12055.24	1.32	145.12
6	109.31	3.5	11949.32	1.25	136.94
7	115.86	4.25	13424.59	1.45	167.65
8	105.97	3.5	11228.88	1.25	132.75
9	104.09	3.75	10833.89	1.32	137.58
10	107.70	4	11600.07	1.39	149.31

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Tenggara	$q_i^2 = x_i^2$	$P_i = \text{Inyi}$	$q_i \cdot p_i$
11	60.22	5	3626.89	1.61	96.93
12	73.86	5	5455.37	1.61	118.87
13	89.47	5.25	8004.00	1.66	148.35
14	67.08	5.25	4499.11	1.66	111.23
15	73.04	5	5334.79	1.61	117.55
16	90.15	5	8127.46	1.61	145.09
17	101.73	3.75	10348.33	1.32	134.46
18	98.02	3.5	9606.94	1.25	122.79
19	94.64	3.5	8956.15	1.25	118.56
20	101.83	4	10369.22	1.39	141.17
21	94.56	3.75	8940.94	1.32	124.98
22	99.05	3.75	9810.95	1.32	130.92
23	111.15	3.75	12355.19	1.32	146.92
24	111.99	3.75	12541.74	1.32	148.02
25	111.90	3.75	12522.62	1.32	147.91
26	128.55	4.25	16524.32	1.45	186.00
27	141.71	4	20081.75	1.39	196.45
28	154.00	4	23716.08	1.39	213.49
29	131.86	3.75	17386.58	1.32	174.28
30	150.00	3.75	22500.58	1.32	198.27
31	166.00	4	27556.11	1.39	230.13
32	108.67	4	11809.53	1.39	150.65
33	104.43	4.25	10904.99	1.45	151.10
34	108.17	4	11700.37	1.39	149.95
35	109.38	4	11963.67	1.39	151.63
36	106.07	4.25	11250.53	1.45	153.47
37	103.83	3.75	10781.36	1.32	137.24
38	102.20	4	10445.53	1.39	141.68
39	104.41	3.75	10901.82	1.32	138.01
40	105.04	4	11034.07	1.39	145.62
41	110.43	4	12195.26	1.39	153.09
42	82.59	5.25	6821.24	1.66	136.95
43	72.76	5	5294.62	1.61	117.11
44	84.16	5.25	7082.19	1.66	139.55
45	84.95	4	7216.74	1.39	117.77
46	87.28	4	7617.28	1.39	120.99
47	91.20	4	8318.02	1.39	126.43
48	99.19	4.25	9839.07	1.45	143.52
49	105.26	4	11079.37	1.39	145.92
50	110.62	4.25	12236.33	1.45	160.06

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Tenggara	$q_i^2 = x_i^2$	$P_i = \text{Inyi}$	$q_i \cdot p_i$
51	112.92	3.75	12750.11	1.32	149.25
52	119.31	4	14234.28	1.39	165.40
53	125.60	4	15774.77	1.39	174.12
54	134.82	4.25	18176.55	1.45	195.07
55	128.65	4	16551.28	1.39	178.35
56	143.40	4	20564.35	1.39	198.80
57	17.70	6.75	313.29	1.91	33.80
58	18.07	6.5	326.50	1.87	33.82
59	17.93	6.5	321.31	1.87	33.55
60	18.90	7	357.27	1.95	36.78
61	18.92	6.75	357.84	1.91	36.12
62	23.98	7	575.22	1.95	46.67
63	24.35	6.75	593.08	1.91	46.50
64	23.26	7	541.17	1.95	45.27
65	26.73	7	714.26	1.95	52.01
66	26.90	6.75	723.55	1.91	51.36
67	21.11	6.5	445.73	1.87	39.52
68	22.23	6.5	494.28	1.87	41.61
69	22.22	6.75	493.52	1.91	42.42
70	21.49	6.75	461.97	1.91	41.04
71	20.38	7	415.16	1.95	39.65
72	27.31	7.25	745.82	1.98	54.10
73	25.61	7	655.74	1.95	49.83
74	28.29	7.25	800.59	1.98	56.05
75	27.64	7.25	764.11	1.98	54.76
76	28.47	7	810.60	1.95	55.40
77	25.99	7.25	675.56	1.98	51.49
78	224.13	4	50234.58	1.39	310.71
79	225.11	3.5	50676.24	1.25	282.01
80	225.09	3.5	50664.32	1.25	281.98
81	224.47	4	50388.82	1.39	311.19
82	225.13	3.5	50683.13	1.25	282.03
83	113.52	4	12885.84	1.39	157.37
84	107.00	4.25	11448.54	1.45	154.82
85	109.75	3.75	12044.04	1.32	145.06
86	114.46	4	13101.97	1.39	158.68
87	128.99	4.25	16639.51	1.45	186.64
88	127.22	4	16184.08	1.39	176.36
89	143.70	3.75	20649.82	1.32	189.94
90	138.91	4	19295.67	1.39	192.57

No	Jarak (km) Xi=qi	Tenggara	qi2=xi2	Pi= Inyi	qi.pi
91	136.67	3.5	18677.89	1.25	171.21
92	141.20	3.75	19936.68	1.32	186.63
93	144.47	3.25	20872.28	1.18	170.28
94	148.38	3.25	22015.33	1.18	174.88
95	152.11	3	23137.24	1.10	167.11
96	155.67	3	24232.13	1.10	171.02
	9470.66	444.75	1181518.73	143.98	13182.32

Koefisien A dan B dihitung dengan metode kuadrat terkecil untuk kurva linier dengan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{n\sum q_i p_i - \sum q_i \sum p_i}{n(\sum q_i^2) - n(\sum p_i^2)}$$

$$B = \frac{-98101.46123}{111435638.6} = -0.00088$$

Setelah nilai B di dapat kemudian dicari nilai A, yaitu :

$$A = \bar{p} - B\bar{q} = 1.50 - (-0.00088 \times 98.65) = 1.5867$$

Dengan demikian persamaan transportasi adalah :

$$P = 1.5867 - 0.00088q$$

$$A = \ln \alpha \rightarrow 1.5867 = \ln \alpha \rightarrow \alpha = 4.887$$

$$B = b \rightarrow b = -0.00088$$

Maka persamaan yang dicari adalah

$$y = 4.887e^{-0.00088x}$$

Perhitungan Koefisien Korelasi (r) dan Koefisien Determinasi (r²)

Perhitungan koefisien korelasi (r) antara dua perubah yaitu jarak (X) dan intensitas (Y) akan dilakukan dengan rumus koefisien korelasi momen – hasil kali pearson.

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Tenggara	$y_i = \ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	113.03	4	1.39	12775.84	1.92	156.69
2	110.55	3.75	1.32	12221.60	1.75	146.12
3	114.54	4.25	1.45	13119.19	2.09	165.73
4	110.21	3.5	1.25	12147.01	1.57	138.07
5	109.80	3.75	1.32	12055.24	1.75	145.12
6	109.31	3.5	1.25	11949.32	1.57	136.94
7	115.86	4.25	1.45	13424.59	2.09	167.65
8	105.97	3.5	1.25	11228.88	1.57	132.75
9	104.09	3.75	1.32	10833.89	1.75	137.58
10	107.70	4	1.39	11600.07	1.92	149.31
11	60.22	5	1.61	3626.89	2.59	96.93
12	73.86	5	1.61	5455.37	2.59	118.87
13	89.47	5.25	1.66	8004.00	2.75	148.35
14	67.08	5.25	1.66	4499.11	2.75	111.23
15	73.04	5	1.61	5334.79	2.59	117.55
16	90.15	5	1.61	8127.46	2.59	145.09
17	101.73	3.75	1.32	10348.33	1.75	134.46
18	98.02	3.5	1.25	9606.94	1.57	122.79
19	94.64	3.5	1.25	8956.15	1.57	118.56
20	101.83	4	1.39	10369.22	1.92	141.17
21	94.56	3.75	1.32	8940.94	1.75	124.98
22	99.05	3.75	1.32	9810.95	1.75	130.92
23	111.15	3.75	1.32	12355.19	1.75	146.92
24	111.99	3.75	1.32	12541.74	1.75	148.02
25	111.90	3.75	1.32	12522.62	1.75	147.91
26	128.55	4.25	1.45	16524.32	2.09	186.00
27	141.71	4	1.39	20081.75	1.92	196.45
28	154.00	4	1.39	23716.08	1.92	213.49
29	131.86	3.75	1.32	17386.58	1.75	174.28
30	150.00	3.75	1.32	22500.58	1.75	198.27
31	166.00	4	1.39	27556.11	1.92	230.13
32	108.67	4	1.39	11809.53	1.92	150.65
33	104.43	4.25	1.45	10904.99	2.09	151.10
34	108.17	4	1.39	11700.37	1.92	149.95
35	109.38	4	1.39	11963.67	1.92	151.63

No	Jarak (km) $X_i = q_i$	Tenggara	$y_i = \ln Y$	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
36	106.07	4.25	1.45	11250.53	2.09	153.47
37	103.83	3.75	1.32	10781.36	1.75	137.24
38	102.20	4	1.39	10445.53	1.92	141.68
39	104.41	3.75	1.32	10901.82	1.75	138.01
40	105.04	4	1.39	11034.07	1.92	145.62
41	110.43	4	1.39	12195.26	1.92	153.09
42	82.59	5.25	1.66	6821.24	2.75	136.95
43	72.76	5	1.61	5294.62	2.59	117.11
44	84.16	5.25	1.66	7082.19	2.75	139.55
45	84.95	4	1.39	7216.74	1.92	117.77
46	87.28	4	1.39	7617.28	1.92	120.99
47	91.20	4	1.39	8318.02	1.92	126.43
48	99.19	4.25	1.45	9839.07	2.09	143.52
49	105.26	4	1.39	11079.37	1.92	145.92
50	110.62	4.25	1.45	12236.33	2.09	160.06
51	112.92	3.75	1.32	12750.11	1.75	149.25
52	119.31	4	1.39	14234.28	1.92	165.40
53	125.60	4	1.39	15774.77	1.92	174.12
54	134.82	4.25	1.45	18176.55	2.09	195.07
55	128.65	4	1.39	16551.28	1.92	178.35
56	143.40	4	1.39	20564.35	1.92	198.80
57	17.70	6.75	1.91	313.29	3.65	33.80
58	18.07	6.5	1.87	326.50	3.50	33.82
59	17.93	6.5	1.87	321.31	3.50	33.55
60	18.90	7	1.95	357.27	3.79	36.78
61	18.92	6.75	1.91	357.84	3.65	36.12
62	23.98	7	1.95	575.22	3.79	46.67
63	24.35	6.75	1.91	593.08	3.65	46.50
64	23.26	7	1.95	541.17	3.79	45.27
65	26.73	7	1.95	714.26	3.79	52.01
66	26.90	6.75	1.91	723.55	3.65	51.36
67	21.11	6.5	1.87	445.73	3.50	39.52
68	22.23	6.5	1.87	494.28	3.50	41.61
69	22.22	6.75	1.91	493.52	3.65	42.42
70	21.49	6.75	1.91	461.97	3.65	41.04

No	Jarak (km) Xi=qi	Tenggara	yi=ln Y	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
71	20.38	7	1.95	415.16	3.79	39.65
72	27.31	7.25	1.98	745.82	3.92	54.10
73	25.61	7	1.95	655.74	3.79	49.83
74	28.29	7.25	1.98	800.59	3.92	56.05
75	27.64	7.25	1.98	764.11	3.92	54.76
76	28.47	7	1.95	810.60	3.79	55.40
77	25.99	7.25	1.98	675.56	3.92	51.49
78	224.13	4	1.39	50234.58	1.92	310.71
79	225.11	3.5	1.25	50676.24	1.57	282.01
80	225.09	3.5	1.25	50664.32	1.57	281.98
81	224.47	4	1.39	50388.82	1.92	311.19
82	225.13	3.5	1.25	50683.13	1.57	282.03
83	113.52	4	1.39	12885.84	1.92	157.37
84	107.00	4.25	1.45	11448.54	2.09	154.82
85	109.75	3.75	1.32	12044.04	1.75	145.06
86	114.46	4	1.39	13101.97	1.92	158.68
87	128.99	4.25	1.45	16639.51	2.09	186.64
88	127.22	4	1.39	16184.08	1.92	176.36
89	143.70	3.75	1.32	20649.82	1.75	189.94
90	138.91	4	1.39	19295.67	1.92	192.57
91	136.67	3.5	1.25	18677.89	1.57	171.21
92	141.20	3.75	1.32	19936.68	1.75	186.63
93	144.47	3.25	1.18	20872.28	1.39	170.28
94	148.38	3.25	1.18	22015.33	1.39	174.88
95	152.11	3	1.10	23137.24	1.21	167.11
96	155.67	3	1.10	24232.13	1.21	171.02
	9470.66	444.75	143.98	1181518.73	441.52	13182.32

$$r = \frac{(96 \times 13182.32) - (9470.66 \times 143.98)}{\sqrt{((96 \times 1181518.73) - (9470.66)^2) \times (96 \times 441.52 - (143.98)^2)}}$$

$$r = \frac{-98101.5}{\sqrt{5.13924E + 11}} = -0.14 \text{ (koefisien korelasi)}$$

$$r^2 = -0.14^2 = 0.02 \text{ (koefisien determinasi)}$$

Persamaan Eksponensial Hubungan Antara Jarak (X) dan Intensitas (Y) (Timur)

Persamaan eksponensial secara umum:

$$y = a e^{bx}$$

Transformasi dengan menggunakan fungsi ln, sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\ln y = \ln a e^{bx} = \ln a + \ln e^{bx}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

Dilakukan Transformasi berikut

$$p = \ln y \quad A = \ln a$$

$$q = x \quad B = b$$

Sehingga persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk :

$$p = A + Bq$$

Hitungan selengkapnya dilakukan seperti pada tabel dibawah ini

$$\bar{q} = \frac{\sum qi}{n} = \frac{3893.29}{58} = 67.13$$

$$\bar{p} = \frac{\sum pi}{n} = \frac{100.51}{58} = 1.73$$

Tabel Hitungan Linier Dengan Transformasi ln

No	Jarak (km) Xi=qi	Timur	qi ² =xi ²	Pi= Inyi	qi.pi
1	73.83	6.5	5451.08	1.87	138.20
2	72.16	6.75	5207.24	1.91	137.79
3	80.67	6.5	6507.18	1.87	150.99
4	75.67	6.5	5725.35	1.87	141.63
5	74.48	7	5546.85	1.95	144.93
6	31.54	7	994.77	1.95	61.37
7	32.22	7.25	1037.90	1.98	63.82
8	30.40	6.75	924.35	1.91	58.06
9	31.17	7	971.72	1.95	60.66
10	29.93	7.25	895.96	1.98	59.30
11	72.26	6	5221.63	1.79	129.47
12	71.54	5.75	5118.57	1.75	125.15
13	69.87	6	4882.09	1.79	125.19
14	77.52	5.5	6009.65	1.70	132.16
15	78.10	6	6099.36	1.79	139.93
16	71.50	5.5	5112.46	1.70	121.89
17	66.94	5.75	4480.79	1.75	117.09
18	70.64	6	4989.83	1.79	126.57
19	70.43	5.5	4960.81	1.70	120.07
20	67.26	5.75	4523.76	1.75	117.65

No	Jarak (km) Xi=qi	Timur	qi ² =xi ²	Pi= Inyi	qi.pi
21	58.46	6	3417.40	1.79	104.74
22	60.14	6	3617.27	1.79	107.76
23	59.11	5.75	3493.61	1.75	103.39
24	54.68	5.5	2989.56	1.70	93.21
25	54.69	5.75	2990.90	1.75	95.66
26	85.48	5.5	7306.36	1.70	145.72
27	85.69	6	7342.50	1.79	153.53
28	85.12	5.5	7245.98	1.70	145.11
29	84.93	6	7213.18	1.79	152.17
30	86.88	5.75	7548.82	1.75	151.98
31	55.35	6	3063.42	1.79	99.17
32	52.99	6	2807.50	1.79	94.94
33	52.46	5.75	2751.90	1.75	91.76
34	49.47	5.75	2446.97	1.75	86.53
35	49.02	6	2402.95	1.79	87.83
36	49.43	6	2443.72	1.79	88.57
37	48.27	7.25	2330.45	1.98	95.63
38	44.79	6.75	2005.74	1.91	85.52
39	45.10	7	2033.60	1.95	87.75
40	34.19	7.25	1168.62	1.98	67.72
41	34.54	7	1193.02	1.95	67.21
42	37.26	7	1388.01	1.95	72.50
43	37.71	7.25	1422.07	1.98	74.70
44	33.72	7	1136.86	1.95	65.61
45	34.73	7	1206.29	1.95	67.58
46	42.11	7	1772.87	1.95	81.93
47	39.96	6.75	1597.17	1.91	76.31
48	40.98	7.25	1679.11	1.98	81.18
49	114.43	3.5	13095.11	1.25	143.36
50	115.90	3.75	13433.05	1.32	153.19
51	115.28	3.25	13290.06	1.18	135.88
52	116.02	3	13460.23	1.10	127.46
53	115.25	3.25	13281.70	1.18	135.84
54	116.51	3.75	13574.23	1.32	154.00
55	115.32	3	13299.63	1.10	126.70
56	111.02	3.25	12324.33	1.18	130.85
57	113.91	3.5	12975.66	1.25	142.70
58	114.28	3.5	13059.70	1.25	143.16
	3893.29	337.75	304470.88	100.51	6390.80

Koefisien A dan B dihitung dengan metode kuadrat terkecil untuk kurva linier dengan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{n\sum qi - \sum qi \sum pi}{n(\sum qi^2) - n(\sum pi^2)}$$

$$B = \frac{-20652.2}{17073368.8} = -0.00121$$

Setelah nilai B di dapat kemudian dicari nilai A, yaitu :

$$A = \bar{p} - B\bar{q} = 1.73 - (-0.00121 \times 67.13) = 1.8141$$

Dengan demikian persamaan transportasi adalah :

$$P = 1.8141 - 0.00121q$$

$$A = \ln \alpha \rightarrow 1.8141 = \ln \alpha \rightarrow \alpha = 6.136$$

$$B = b \rightarrow b = -0.00121$$

Maka persamaan yang dicari adalah

$$y = 6.136e^{-0.00121x}$$

Perhitungan Koefisien Korelasi (r) dan Koefisien Determinasi (r²)

Perhitungan koefisien korelasi (r) antara dua perubah yaitu jarak (X) dan intensitas (Y) akan dilakukan dengan rumus koefisien korelasi momen – hasil kali pearson.

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

No	Jarak (km) Xi=qi	Timur	yi=ln Y	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
1	73.83	6.5	1.87	5451.08	3.50	138.20
2	72.16	6.75	1.91	5207.24	3.65	137.79
3	80.67	6.5	1.87	6507.18	3.50	150.99
4	75.67	6.5	1.87	5725.35	3.50	141.63
5	74.48	7	1.95	5546.85	3.79	144.93
6	31.54	7	1.95	994.77	3.79	61.37
7	32.22	7.25	1.98	1037.90	3.92	63.82
8	30.40	6.75	1.91	924.35	3.65	58.06
9	31.17	7	1.95	971.72	3.79	60.66
10	29.93	7.25	1.98	895.96	3.92	59.30
11	72.26	6	1.79	5221.63	3.21	129.47
12	71.54	5.75	1.75	5118.57	3.06	125.15
13	69.87	6	1.79	4882.09	3.21	125.19
14	77.52	5.5	1.70	6009.65	2.91	132.16
15	78.10	6	1.79	6099.36	3.21	139.93

No	Jarak (km) Xi=qi	Timur	yi=ln Y	Xi^2	Yi^2	Xi. Yi
16	71.50	5.5	1.70	5112.46	2.91	121.89
17	66.94	5.75	1.75	4480.79	3.06	117.09
18	70.64	6	1.79	4989.83	3.21	126.57
19	70.43	5.5	1.70	4960.81	2.91	120.07
20	67.26	5.75	1.75	4523.76	3.06	117.65
21	58.46	6	1.79	3417.40	3.21	104.74
22	60.14	6	1.79	3617.27	3.21	107.76
23	59.11	5.75	1.75	3493.61	3.06	103.39
24	54.68	5.5	1.70	2989.56	2.91	93.21
25	54.69	5.75	1.75	2990.90	3.06	95.66
26	85.48	5.5	1.70	7306.36	2.91	145.72
27	85.69	6	1.79	7342.50	3.21	153.53
28	85.12	5.5	1.70	7245.98	2.91	145.11
29	84.93	6	1.79	7213.18	3.21	152.17
30	86.88	5.75	1.75	7548.82	3.06	151.98
31	55.35	6	1.79	3063.42	3.21	99.17
32	52.99	6	1.79	2807.50	3.21	94.94
33	52.46	5.75	1.75	2751.90	3.06	91.76
34	49.47	5.75	1.75	2446.97	3.06	86.53
35	49.02	6	1.79	2402.95	3.21	87.83
36	49.43	6	1.79	2443.72	3.21	88.57
37	48.27	7.25	1.98	2330.45	3.92	95.63
38	44.79	6.75	1.91	2005.74	3.65	85.52
39	45.10	7	1.95	2033.60	3.79	87.75
40	34.19	7.25	1.98	1168.62	3.92	67.72
41	34.54	7	1.95	1193.02	3.79	67.21
42	37.26	7	1.95	1388.01	3.79	72.50
43	37.71	7.25	1.98	1422.07	3.92	74.70
44	33.72	7	1.95	1136.86	3.79	65.61
45	34.73	7	1.95	1206.29	3.79	67.58

No	Jarak (km) Xi=qj	Timur	yi=ln Y	Xi^2	Yi^2	Xi.Yi
46	42.11	7	1.95	1772.87	3.79	81.93
47	39.96	6.75	1.91	1597.17	3.65	76.31
48	40.98	7.25	1.98	1679.11	3.92	81.18
49	114.43	3.5	1.25	13095.11	1.57	143.36
50	115.90	3.75	1.32	13433.05	1.75	153.19
51	115.28	3.25	1.18	13290.06	1.39	135.88
52	116.02	3	1.10	13460.23	1.21	127.46
53	115.25	3.25	1.18	13281.70	1.39	135.84
54	116.51	3.75	1.32	13574.23	1.75	154.00
55	115.32	3	1.10	13299.63	1.21	126.70
56	111.02	3.25	1.18	12324.33	1.39	130.85
57	113.91	3.5	1.25	12975.66	1.57	142.70
58	114.28	3.5	1.25	13059.70	1.57	143.16
	3893.29	337.75	100.51	304470.88	177.94	6390.80

$$r = \frac{(58 \times 6390.80) - (3893.29 \times 100.51)}{\sqrt{((58 \times 304470.88) - (3893.29)^2) \times ((58 \times 177.94) - (100.51)^2)}}$$

$$r = \frac{-20652.2}{\sqrt{546233902.8}} = -0.88 \text{ (koefisien korelasi)}$$

$$r^2 = -0.88^2 = 0.781 \text{ (koefisien determinasi)}$$

A. klasifikasi skala MMI untuk gempa bumi (Wood dan Neumann, 1931) adalah sebagai berikut

Skala	Deskripsi
I	Sangat jarang / hampir tidak ada orang yang merasakan , tidak menyadari kalau terjadi gempa, tidak terjadi kerusakan. Namun tercatat pada alat seismograf.
II	Terasa oleh sedikit sekali orang terutama yang ada di gedung tinggi, sebagian besar orang tidak dapat merasakan. Tidak menyadari terjadi gempa, tidak ada kerusakan
III	Terasa oleh sedikit orang, namun tidak menyadari sebagai gempa, khususnya yang berada di gedung tinggi. Tidak terjadi kerusakan. Mobil yang parkir sedikit bergetar, getaran seperti akibat truk yang lewat.
IV	Terasa oleh cukup banyak orang, di dalam ruangan terasa seperti ada hantaman keras, tidak terjadi kerusakan, pada siang hari akan terasa oleh banyak orang dalam ruangan, diluar ruangan hanya sedikit yang dapat merasakan. Pada malam hari sebagian orang dapat terbangun. Piring, jendela, pintu, dinding, mengeluarkan bunyi retakan, lampu gantung bergoyang.
V	Terasa hampir oleh setiap orang, yang tidur terjaga, pohon terayun, tiang bergoyang, kerusakan ringan terjadi. Pada malam hari sebagian besar orang tidur akan terbangun, barang diatas meja terjatuh, plesteran tembok retak, barang - barang yang tidak stabil akan roboh.
VI	Dirasakan oleh semua orang, banyak orang ketakutan / panik, orang - orang berlarian / berhamburan keluar ruangan, perabot bergerak, kerusakan ringan terjadi, banyak perabot yang besar bergeser, plesteran dinding retak dan terkelupas, cerobong asap pabrik rusak
VII	Semua orang lari / berhamburan keluar ruangan, bangunan - bangunan berstruktur lemah rusak, kerusakan ringan terjadi dimana-mana, kerusakan terjadi pada bangunan yang didesain konstruksinya jelek, kerusakan sedikit sampai sedang terjadi pada bangunan dengan desain konstruksi biasa. Bangunan dengan konstruksi yang baik tidak mengalami kerusakan yang berarti
VIII	Dirasakan oleh semua orang, kerusakan pada bangunan dengan desain yang jelek, kerusakan berarti pada bangunan dengan desain biasa dan sedikit kerusakan pada bangunan dengan desain yang baik. Dinding panel akan pecah dan lepas dari framenya, cerobong asap pabrik runtuh, perabot yang berat akan terguling, pengendara mobil terganggu.
IX	Dirasakan oleh semua orang, seluruh gedung mengalami kerusakan cukup parah, banyak yang bergeser dari pondasinya, tanah mengalami keretakan. Kerusakan berarti pada bangunan dengan desain konstruksi yang baik, pipa bawah tanah putus, timbul keretakan pada tanah.
X	Dirasakan semua orang, sebagian besar struktur bangunan rusak parah, sejumlah bangunan kayu dengan desain yang baik rusak, sebagian besar bangunan tembok rusak termasuk pondasinya. Retakan pada tanah akan semakin banyak, tanah longsor pada tebing - tebing sungai dan bukit, air sungai akan melimpas di atas tanggul
XI	Hampir seluruh struktur bangunan runtuh, jembatan patah, sangat sedikit bangunan tembok yang masih berdiri, rekahan pada tanah sangat banyak / luas, jaringan pipa bawah tanah hancur dan tidak berfungsi, rel KA bengkok dan bergeser.
XII	Kerusakan total, objek - objek berhamburan. Gerakan gempa terlihat bergelombang di atas tanah, benda - benda beterbangan ke udara.

B. Skala MMI yang dipakai untuk New Zealand (Dowrick, 2003) sudah lebih detail lagi dengan memisahkan respon orang, kerusakan perabot, kerusakan struktur, dan kerusakan lingkungan.

Skala	Deskripsi
MMI 1	Tidak terasa kecuali oleh sedikit orang
MMI 2	Dirasakan oleh orang yang sedang beristirahat, dan berada di bangunan tinggi
MMI 3	Dirasakan didalam ruangan, objek yang menggantung bergoyang, terjadi getaran yang mirip dengan truk ringan, lamanya getaran dapat dihitung.
MMI 4	<ul style="list-style-type: none"> • Pada umumnya terasa di dalam ruangan tetapi tidak diluar. Orang yang tertidur terbangun. Getaran menyerupai kendaraan berat yang sedang lewat atau seperti ada objek berat yang menumbuk bangunan. • Perabotan: Pintu dan jendela bergetar, Gelas dan keramik bergetar. Cairan yang berada dalam wadah terbuka bergerak. Mobil dan motor yang berdiri bergetar • Struktur: Tembok dan rangka bangunan, dinding partisi dan langit-langit pada bangunan komersial terdengar menggetak
MMI 5	<ul style="list-style-type: none"> • Umumnya terasa diluar ruangan, dan hampir setiap orang yang berada dalam ruangan. Banyak orang tidur terbangun. Sedikit orang memberi peringatan bahaya. • Perabotan: Sedikit objek yang bergeser dari tempatnya. Beberapa barang yang terbuat dari kaca dan keramik pecah. Pigura foto membentur dinding, pintu yang terbuka bergoyang. Pintu dengan magnet terbuka sendiri. Pendulum jam berhenti dan mulai lagi. • Struktur: Beberapa jendela tipe I menggetak. Sedikit dari toilet yang terpasang tetap retak - retak.
MMI 6	<ul style="list-style-type: none"> • Dirasakan semua orang. Orang dan binatang memberi peringatantanda bahaya. Banyak orang berlarian di luar. Sangat sulit untuk berjalan stabil. • Perabotan: Objek berjatuhan dari rak. Pigura berjatuhan dari dinding. Beberapa furniture bergerak pada lantai yang licin. Barang yang terbuat dari kaca dan keramik pecah. Beberapa furniture yang tidak stabil terjungkir. Peralatan - peralatan yang ada di atas meja bergerak. Isi lemari atau laci terbuka. • Struktur: Kerusakan ringan pada bangunan tipe I. Beberapa plesteran semen jatuh. Jendela tipe I rusak. Kerusakan pada sedikit cerobong asap yang lemah dan beberapa diantaranya jatuh. • Lingkungan: Pohon dan semak-semak bergoyang terdengar mendesir. Material lepas kemungkinan lepas dari lereng.
MMI 7	<ul style="list-style-type: none"> • Umumnya semua memberi peringatan tanda bahaya. Susah untuk berdiri. Pengendara mobil dan motor berhenti. • Perabotan: Bel yang besar berdering. Furniture bergerak di lantai yang licin dan mungkin juga bergerak diatas lantai karpet. Kerusakan yang serius dengan pecahnya komponen bangunan • Struktur: Pasangan batu kali dan batu bata yang tidak diperkuat pecah. Bangunan tipe I pecah, beberapa bangunan tembokkan jatuh. Sedikit kejadian untuk kerusakan bangunan tipe II. Parapets yang tidak dikait/diikat dan ornamen arsitektur jatuh. Atap tegel, khususnya bubungan mungkin tercabut. Banyak cerobong rumah yang tidak diperkuat rusak, sering terjatuh. Penampungan air tipe I retak. Sedikit kejadian untuk kerusakan pada lapisan tembok batu bata dan plesteran semen. Water tank tipe II bergerak dan bocor. Beberapa jendela tipe II pecah. Langit langit rusak. • Lingkungan: Air menjadi keruh mengeluarkan lumpur. Luncuran kecil-kecil seperti pasir dan kerikil dari tebing, dan batu - batu kecil jatuh dari lereng yang curam dan terpotong. Kejadian penurunan / settlement pada tanah yang belum stabil atau pada tanah jelek. Beberapa retakan tampak dari lereng yang miring. Sedikit kejadian likuifaksi.

Skala	Deskripsi
MMI 8	<ul style="list-style-type: none"> • Tanda peringatan bahaya mendekati panik. Pengemudi motor sangat terpengaruh. • Struktur: Bangunan tipe I rusak berat dan beberapa roboh. Bangunan tipe II rusak dan beberapa bagian mengalami roboh. • Lingkungan: Retak tampak pada lereng curam dan tanah basah, Keluar air kecil dan pasir dan lokasinya menyebar yang berdekatan dengan sungai, danau, dan lainnya, Terjadi longsor kecil hingga sedang pada tebing jalan dan penggalian tanpa dukungan.
MMI 9	<ul style="list-style-type: none"> • Struktur: Beberapa bangunan tipe I hancur, Beberapa bangunan tipe II rusak berat dan beberapa hancur, Bangunan tipe III rusak dan sebagian bangunan roboh, Struktur tipe IV rusak untuk beberapa kasus, beberapa yang berangka fleksibel mengalami rusak serius, Rusak dan terjadi distorsi tetap untuk beberapa bangunan tipe IV, Rumah tanpa pengamanan untuk pondasi bergeser, Tembok bata dengan pelapis kayu jatuh dan kelihatan rangkanya • Lingkungan: Retak pada tanah tampak mencolok, Longsor tanah yang umum pada lereng yang curam, Efek liquifaksi yang intensif dan luas dengan sebaran dan aliran longsor berdekatan dengan sungai, danau, dan lainnya.
MMI 10	<ul style="list-style-type: none"> • Struktur: Banyak bangunan tipe I hancur, Beberapa bangunan tipe II hancur, Bangunan tipe III rusak berat, beberapa diantaranya roboh, Struktur tipe IV rusak, sebagian bangunan diantaranya roboh, Struktur tipe V rusak sedang, tetapi sedikit yang sebagian yang roboh, Sedikit kejadian kerusakan untuk struktur tipe VI, Beberapa bangunan kayu yang dibangun dengan baik mengalami rusak sedang (tidak termasuk kerusakan jatuhnya cerobong) • Lingkungan: Longsor tanah yang sangat luas dalam tanah yang peka, dengan banyaknya batu yang bergeser pada tebing yang curam, Longsor pada dam mungkin terjadi, Efek liquifaksi yang luas dan hebat
MMI 11	<ul style="list-style-type: none"> • Struktur: Banyak sekali bangunan tipe II hancur, Banyak bangunan tipe III hancur, Struktur tipe IV rusak berat, beberapa roboh, Struktur tipe V rusak, sebagian roboh, Struktur tipe VI terjadi rusak ringan, sedikit yang rusak sedang
MMI 12	<ul style="list-style-type: none"> • Struktur: Banyak bangunan tipe III hancur, Struktur tipe IV rusak berat, beberapa roboh, Struktur tipe V rusak, sebagian roboh, Struktur tipe VI terjadi rusak ringan, sedikit yang rusak sedang

Beberapa tipe bangunan tersebut diatas, oleh Dowrick sudah diklarifikasi dengan spesifikasi tertentu, yaitu :

a) Bangunan Tipe I (Masonry D dalam NZ 1965 MM skala)

Bangunan dengan standar pengerjaan yang rendah, sedikit mortar, dan dibangun dengan material yang jelek seperti mud brick atau melemparkan tanah lunak, material komposit lainnya (beberapa dinding dari kayu dan sebagian dari batu bata). Bangunan yang dibangun dengan struktur kayu dengan kualitas kayu dan pengerjaan yang rendah juga masuk dalam bangunan tipe I.

b) Bangunan Tipe II (Masonry C dalam NZ 1966 MM skala)

Bangunan dengan pengerjaan yang biasa, dengan mortar kualitas rata-rata. Tidak terlalu lemah, seperti tidak cukup ikatan di sudut-sudut bangunan, tetapi tidak didesain maupun diperkuat untuk tahan terhadap gaya lateral.

c) Bangunan Tipe III (Masonry B dalam NZ 1966 MM skala)

Tembok dengan beton bertulang atau bangunan beton dengan pengerjaan yang baik dan dengan mortar yang baik, tetapi tidak didesain secara formal untuk tahan terhadap gaya gempa

d) Bangunan Tipe IV (Masonry A dalam NZ 1996 MM skala)

Bangunan dan jembatan yang didesain dan dibangun untuk tahan terhadap gempa untuk pemakaian standar / normal, tidak ada pembatasan ukuran kerusakan yang dipakai (pertengahan 1930 sampai c.1970 untuk beton dan c.1980 untuk material yang lain).

e) Struktur Tipe V

Bangunan dan jembatan yang didesain dan dibangun untuk pemakaian standar, tidak ada pembatasan ukuran kerusakan yang dipakai, yang lain dari peraturan yang disyaratkan, sejak dari c.1970 untuk beton dan c.1980 untuk material yang lain

f) Struktur Tipe VI

Struktur sejak dari c. 1980, dengan gambaran yang baik tentang perilaku pondasi, yang mana khusus didesain untuk kerusakan yang minimal, dengan fasilitas isolasi terhadap gempa, beberapa struktur dengan tingkat resiko yang tinggi, atau generasi baru untuk struktur dengan sedikit kerusakan.

g) Jendela

- Tipe I - Jendela besar, khususnya jendela toko
- Tipe II - Jendela dorong

h) Penampungan Air

- Tipe I - Diluar, berdiri menjulang, tangki besi bergelombang
- Tipe II - Pemanas air rumah tangga berbentuk silinder, kecuali dengan yang display dengan pipa.

BLANGKO SURVEY
MAGISTER REKAYASA KEGEMPAAN, Fak. Teknik Sipil
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA (UII), YOGYAKARTA
RASIO KERUSAKAN RUMAH TINGGAL SEMI PERMANEN
AKIBAT GEMPA PIDIE JAYA ACEH 7 DESEMBER 2017

Nama pemilik :

Alamat : Gampeng Paru Got.
.....

Koordinat :

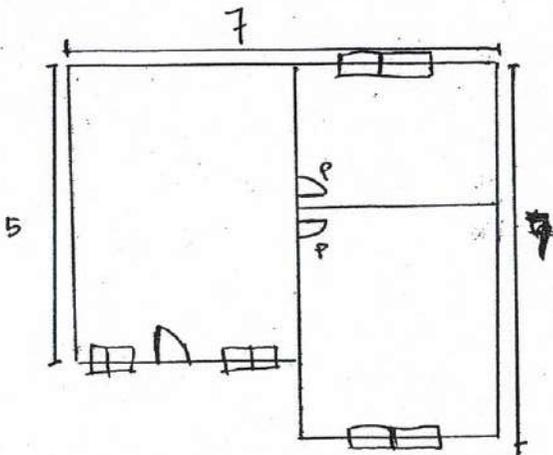
Type Bangunan : Bangunan bata tanpa beton bertulang / Bangunan bata beton bertulang

Tahun Bangunan : 2014

Tingkat Kerusakan : Rusak Berat / Rusak Sedang / Rusak Ringan

A. DENAH RUMAH

Sket Gambar :



Keterangan :

$P = 90 / 220$

$J = 120 / 150$

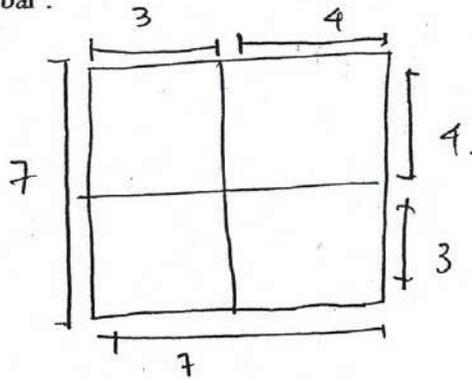
B. PONDASI

B.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Pondasi : Batu Gunung / Batu Kali /

Spesi Pondasi : 1 Pc : 4 ps / 1 Pc : 3 ps : 5 Kpr /

Sket Gambar :

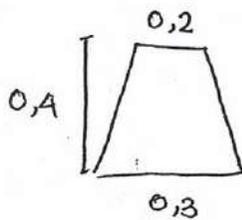


$$P = 3 + 4 + 3 + 4 + 7 + 7 \\ = 49. m$$

Panjang Pondasi Total (P) = 49 m

Ukuran Pondasi

Sket Gambar :



$$L = \left(\frac{0,2 + 0,3}{2} \right) \times 0,4 = 0,1$$

Luas Tampang Pondasi = 0,1 m²

Volume Tampang Pondasi : P X A = 49 x 0,1 = 4,9 m³

B.2. DATA SETELAH GEMPA

Apakah terjadi kerusakan pada pondasi ? Tidak.

Panjang Pondasi yang rusak

Sket Gambar :

Panjang Total Rusak (Pt) = m

Volume Pondasi Rusak : $Pr \times A = \dots\dots\dots m^3$

B.3. LAMPIRAN FOTO PONDASI

C. DINDING / TEMBOK

C.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Dinding : Batu Bata / Batako /

Spesi Dinding : 1 Pc : 4 ps / 1 Pc : 3 ps : 5 Kpr /

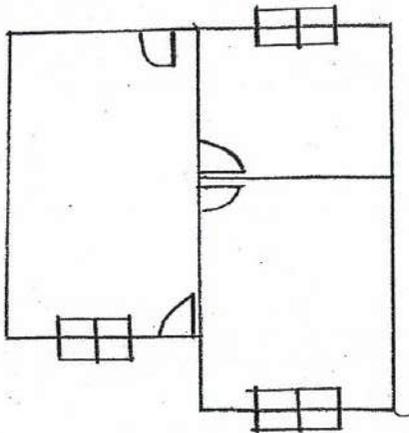
Plasteran dinding : Displaster / Tidak Diplaster /

Tebal Dinding : 1/2 Bata / 1 Bata /

Tinggi Dinding (h) :3..... m

Panjang Dinding

Sket Gambar :



$$\begin{aligned} \text{kolom} &= 0,25 \times 0,75 \times 3,5 \times 10 \\ &= 0,7875 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 7 + 7 + 7 + 6 + 7 + 3,5 + 1 \\ &= 38,5 \end{aligned}$$

Panjang Dinding Total (P) =38,5..... m

Pengurangan Luasan Dinding (A-)

Pintu : 0,9 m x 2,2 m x 3 · bh = 5,94 m²

Jendela : 1,5 m x 1,2 m x 4 bh = 7,2 m²

Bovenlight : m x m x bh = m²

Lain - lain : m x m x bh = m²

Luas Dinding Total (A) : h x p - A- = (38,5 x 3,5) - 13,14 = 121,61 m²

C.2. DATA SETELAH GEMPA

Apakah terjadi kerusakan pada dinding rumah ?

 A AK

Apakah terjadi kerusakan pada dinding rumah ?

 A AK

Rata – rata lebar retakan : 2 cm

Panjang Retakan : m

Apakah dinding rumah anda miring?

 AK

Luas dinding yang miring : cm

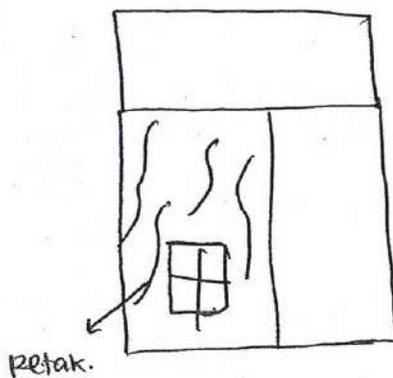
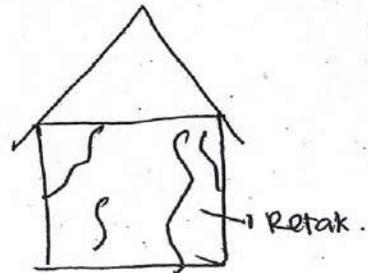
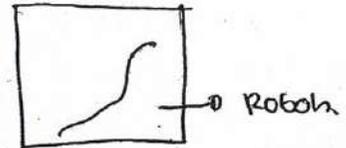
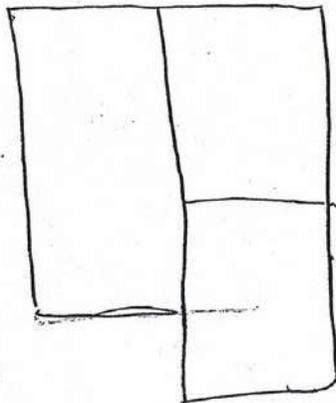
Apakah dinding rumah ada yang roboh ?

 A AK

Luas dinding yang roboh : cm

Sket Gambar Kerusakan Dinding :

Pada bagian Ruang tamu dinding roboh.



D. GUNUNGAN / GAWEL / SHOPI – SHOPI

D.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Gunungan Batu Bata / Batako /

Spesi Gunungan 1 Pc : 4 ps / 1 Pc : 3 ps : 5 Kpr /

Plasteran Gunungan Displaster / Tidak Diplaster /

Tebal Gunungan 1/2 Bata / 1 Bata /

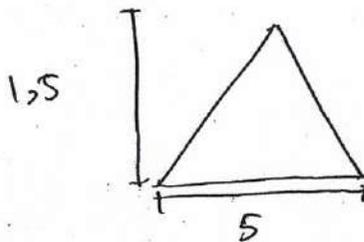
Tinggi Gunungan (h) : 1,5 m

Lebar Gunungan (l) : 5 m

Jumlah Gunungan (n) : 2 bh

Luas Gunungan (A)

Sket Gambar :



$$A = 1,5 \times 5 \times 0,5 \times 2$$
$$= 7,5$$

Luas Gunungan (A) = 7,5 m²

D.2. DATA SETELAH GEMPA

Apakah terjadi kerusakan pada Gunungan rumah ?

 AK

Apakah terjadi kerusakan pada Gunungan rumah ?

 AK

Rata – rata lebar retakan : cm

Panjang Retakan : m

Apakah Gunungan rumah anda miring?

 AK

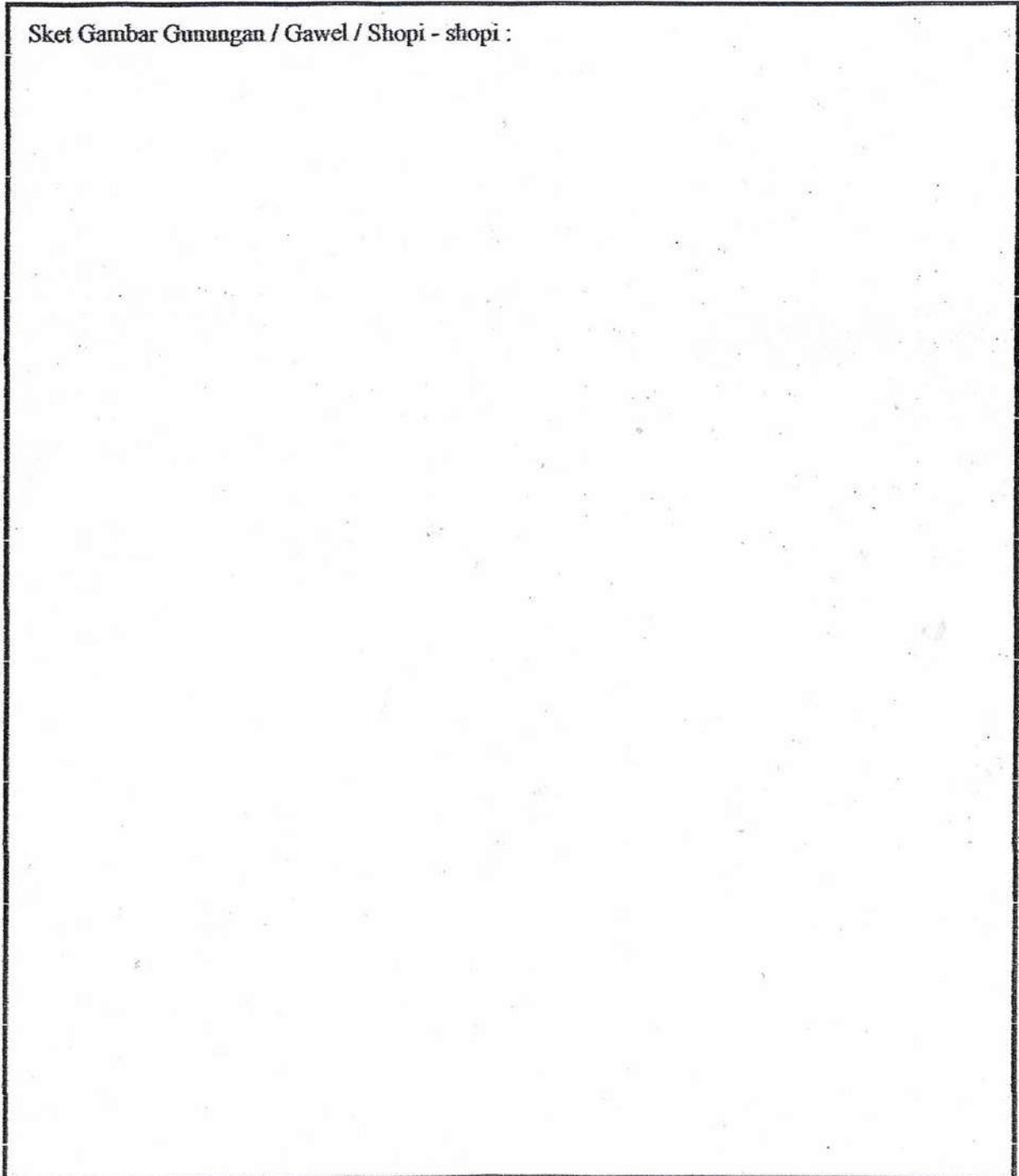
Luas Gunungan yang miring : cm

Apakah Gunungan rumah ada yang roboh ?

 AK

Luas Gunungan yang roboh : cm

Sket Gambar Gunungan / Gawel / Shopi - shopi :



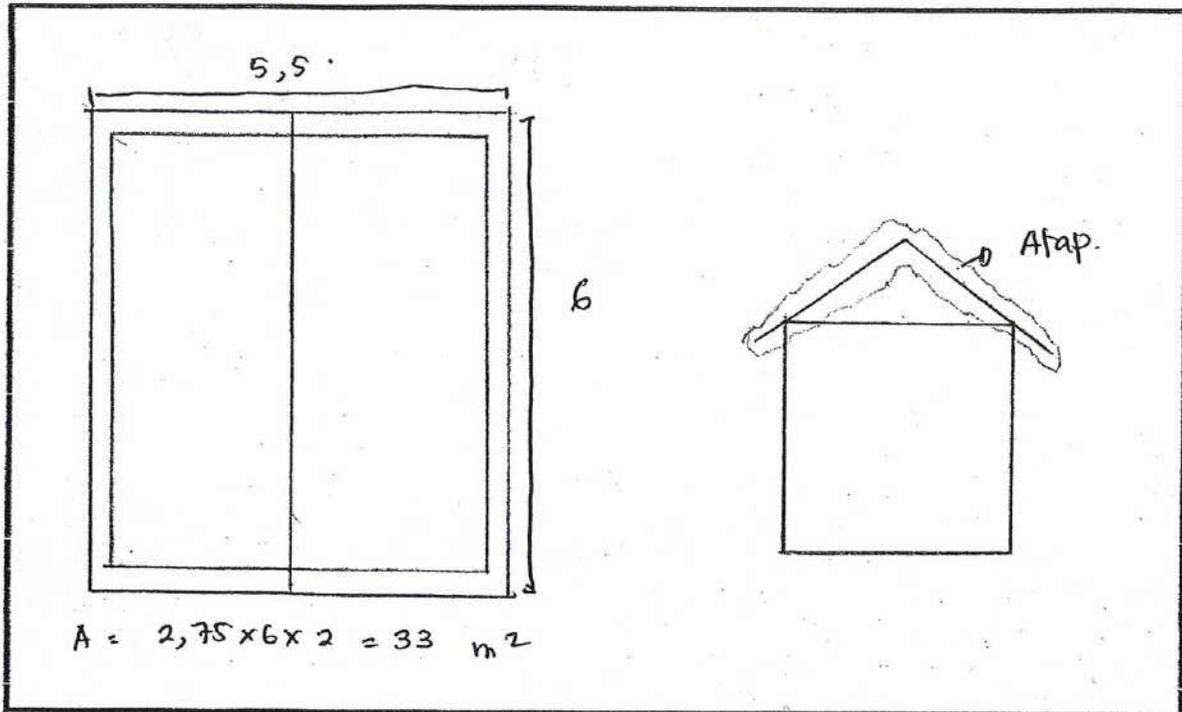
E. ATAP

E.1. DATA SEBELUM GEMPA

Penutup Atap : Seng / Genteng / Asbes /

Reng : Kayu Marsawa (Kelas II) / Kayu Meranti (Kelas III)

Luas Atap (A)



E.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas Atap yang rusak (A)

Sket Gambar :

Tidak Rusak.

Luas Penutup Atap yang rusak (Pr) = m^2

F. RANGKA ATAP (KUDA – KUDA, GORDING, MURPLAT, dll)

F.1. DATA SEBELUM GEMPA

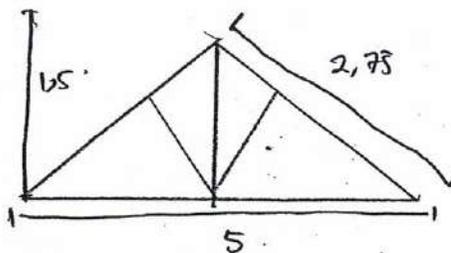
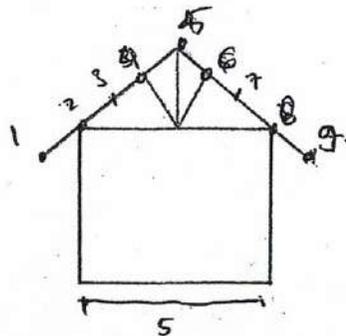
Lebar Bentang :

Jenis Kayu : Kayu Marsawa (Kelas II) / Kayu Meranti (Kelas III)

Ukuran Kayu : 8/12 / 6/12 /

Panjang Gording + Murplat total :

Sket Gambar :



Panjang Total Kayu Kuda – kuda (P1)

$$= 15,2 \text{ m}$$

Volume Kayu Kuda – kuda : $b \times h \times P1$

$$= 0,145 \text{ m}^3 \quad 0,08 \times 0,12 \times 15,2$$

Panjang Total Kau Gording + Murplat (P2)

$$= 54 \text{ m}$$

Volume Kau Gording + Murplat : $b \times h \times P2$

$$= 0,518 \text{ m}^3 \quad 0,08 \times 0,12 \times 54$$

F.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas Rangka Atap yang rusak (A)

Sket Gambar :

Tidak Rusak.

Panjang Total Kayu Kuda – kuda (P1)

$$= \text{ m}$$

Volume Kayu Kuda – kuda : $b \times h \times P1$

$$= \text{ m}^3$$

Panjang Total Kau Gording + Murplat (P2)

$$= \text{ m}$$

Volume Kau Gording + Murplat : $b \times h \times P2$

$$= \text{ m}^3$$

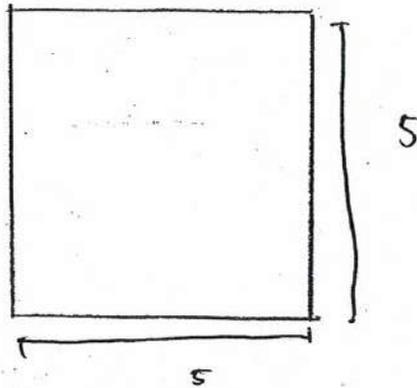
G. PLAFOND

G.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Plafond : Eternit Asbes / Gypsum (Triplek)

Kayu Rangka Plafond : Kayu Marsawa (Kelas II) / Kayu Meranti (Kelas III)

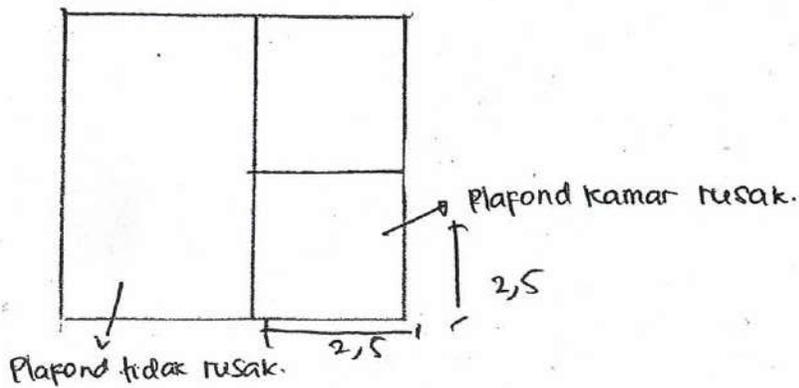
Sket Gambar :



$$\text{Luas Plafond Total (A)} = 25 \text{ m}^2$$

G.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas Plafond / Langit - langit yang rusak



$$\text{LA: } 2,5 \times 2,5 = 5 = 1,1 = 1. \quad \int 5 + 1 = 6 \text{ m}$$

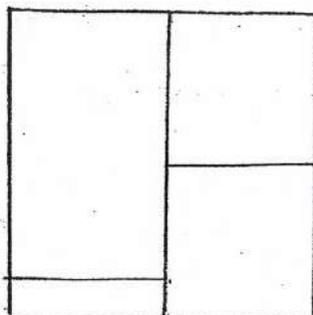
H. LANTAI

H.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Lantai : Plesteran / Tegel / Keramik /

Luas Lantai :

Sket Gambar :



$$\text{Luas Lantai Total (A)} = 7 \times 7 = 49 \text{ m}^2$$

H.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas lantai rusak

Sket Gambar :

Tidak rusak.

$$\text{Luas Lantai Total (A)} = \quad \text{m}^2$$

I. KUSEN

I.1 DATA SEBELUM GEMPA

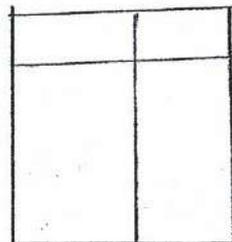
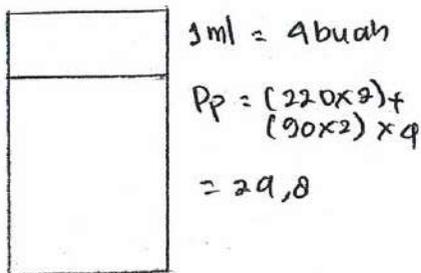
Kusen Kayu : Jati (kelas I) / Kayu Marsawa (kelas II) / Kayu Meranti (kelas III)
Ukuran Kusen (b/h) : 6/10 / 5/7 /
Ukuran Kusen Pintu :
Jumlah Kusen Pintu : ...4... bh
Ukuran Kusen Jendela :
Jumlah Kusen Jendela : ...2... bh
Panjang Total Kusen (P) : 52,7 m
Volume Kusen (V) : $P \times b \times h : 52,7 \times 0,06 \times 0,1 = 0,3162 \text{ m}^3$

PINTU

Kayu Pintu : Jati (kelas I) / Kayu Marsawa (kelas II) / Kayu Meranti (kelas III)
Ukuran Pintu : 80/200 / 90/200
Jenis Pintu : Panil Kayu / Panil Kaca /
Jumlah Pintu : ...4... bh

JENDELA

Kayu Jendela : Jati (kelas I) / Kayu Marsawa (kelas II) / Kayu Meranti (kelas III)
Ukuran Jendela : 160/50
Jenis Jendela : Panil Kayu / Panil Kaca /
Jumlah Jendela : ...3... bh



$$\text{Total} = 29,8 + 27,9$$
$$= 52,7$$

I.2 DATA SETELAH GEMPA

Apakah terjadi kerusakan pada Kusen Pintu Rumah ?

AK

Berapa Jumlah Kusen Pintu Rumah yang rusak ?

Apakah terjadi kerusakan pada Kusen Jendela Rumah ?

AK

Berapa Jumlah Kusen Jendela Rumah yang rusak ?

Apakah terjadi kerusakan pada Pintu Rumah ?

AK

Berapa Jumlah Pintu Rumah yang rusak ?

Apakah terjadi kerusakan pada Jendela Rumah ?

AK

Berapa Jumlah Jendela Rumah yang rusak ?

Sket Gambar Kerusakan Kusen, Pintu, Jendela :

BLANGKO SURVEY

MAGISTER REKAYASA KEGEMPAAN, Fak. Teknik Sipil
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA (UII), YOGYAKARTA
RASIO KERUSAKAN RUMAH TINGGAL SEMI PERMANEN
AKIBAT GEMPA PIDIE JAYA ACEH 7 DESEMBER 2017

Nama pemilik :

Alamat :

Koordinat :

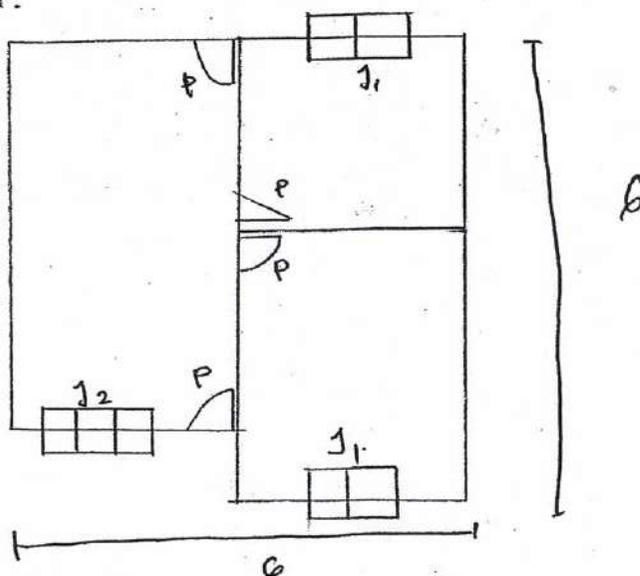
Type Bangunan : Bangunan bata tanpa beton bertulang / Bangunan bata beton bertulang

Tahun Bangunan : 2003.....

Tingkat Kerusakan : Rusak Berat / Rusak Sedang / Rusak Ringan

A. DENAH RUMAH

Sket Gambar :



Keterangan :

P = Pintu

J = Jendela

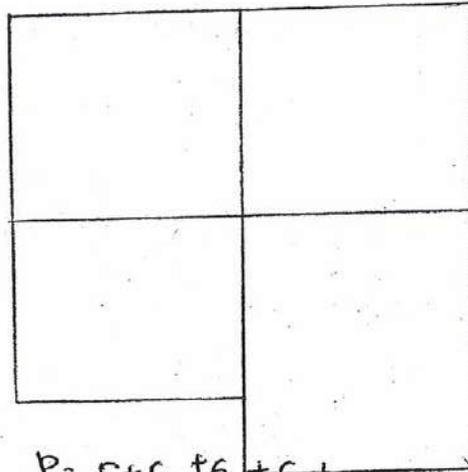
B. PONDASI

B.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Pondasi : Batu Gunung / Batu Kali /

Spesi Pondasi : 1 Pc : 4 ps / 1 Pc : 3 ps : 5 Kpr /

Sket Gambar :

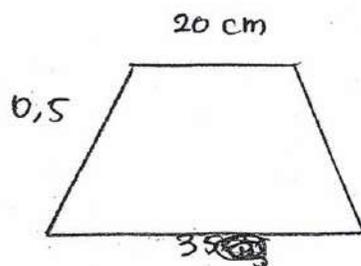


Panjang Pondasi Total (P) = 35,5 m

$$P = 5 + 6 + 6 + 6 + 6 + 6 \\ = 35,5$$

Ukuran Pondasi

Sket Gambar :



$$L = \frac{(0,2 + 0,3)}{2} \times 0,45 \\ = 0,1125$$

Luas Tampang Pondasi = 0,1125 m²

Volume Tampang Pondasi : P X A = 35,5 x 0,1125 = 3,993

B.2. DATA SETELAH GEMPA

Apakah terjadi kerusakan pada pondasi? *Tidak*

Panjang Pondasi yang rusak

Sket Gambar :

Panjang Total Rusak (Pt) = m

Volume Pondasi Rusak : $Pr \times A = \dots\dots\dots m^3$

B.3. LAMPIRAN FOTO PONDASI

C. DINDING / TEMBOK

C.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Dinding : Batu Bata / Batako /

Spesi Dinding : 1 Pc : 4 ps 1 Pc : 3 ps : 5 Kpr /

Plasteran dinding : Displaster / Tidak Diplaster /

Tebal Dinding : ½ Bata / 1 Bata /

Tinggi Dinding (h) : m

Panjang Dinding

Sket Gambar :

$k_{d \text{ om}} = 0,15 \times 0,15 \times 2,25 \times 9$
 $= 0,5568$

$A = 6 + 6 + 6 + 6 + 3 \times 8,5$
 $= 32,5$

Panjang Dinding Total (P) = $32,5$ m

Pengurangan Luasan Dinding (A-)

Pintu : $0,9 \text{ m} \times \text{m} \times 1 \text{ bh} = 3,9 \text{ m}^2$

Jendela : $1,6 \text{ m} \times \text{m} \times 2 \text{ bh} = 4,8 \text{ m}^2$

Bovenlight : $\text{m} \times \text{m} \times \text{bh} = \text{m}^2$

Lain - lain : $\text{m} \times \text{m} \times \text{bh} = \text{m}^2$

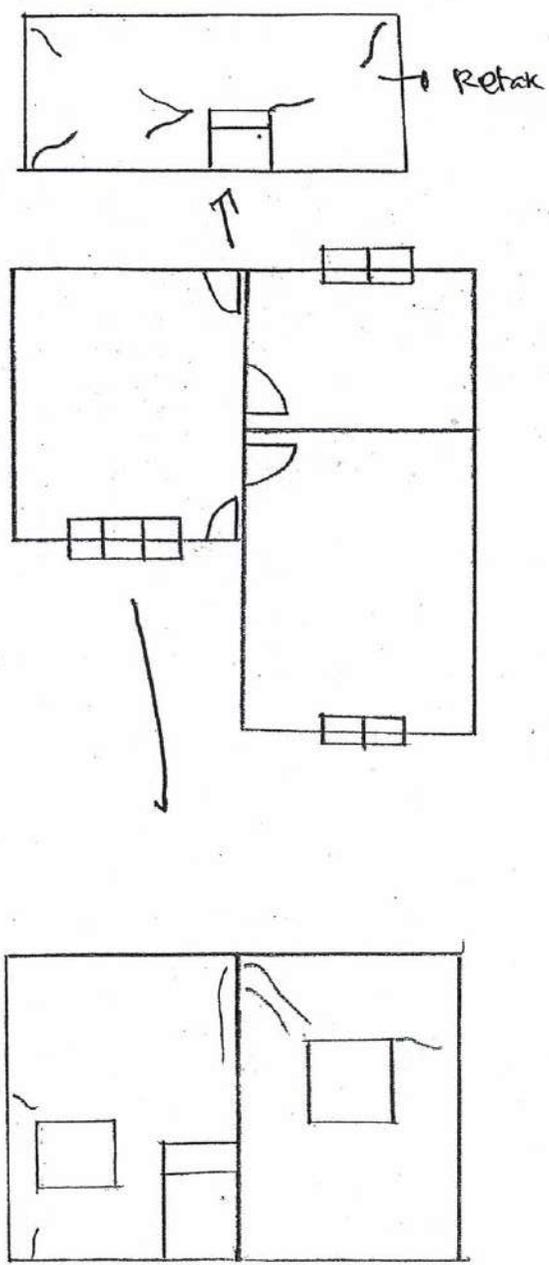
Luas Dinding Total (A) : $h \times p - A = 73,055 \text{ m}^2$

$$(32,5 \times 27,5) - 16,32$$

C.2. DATA SETELAH GEMPA

- Apakah terjadi kerusakan pada dinding rumah ? YA TIDAK
- Apakah terjadi kerusakan pada dinding rumah ? YA TIDAK
- Rata – rata lebar retakan : 1 cm
- Panjang Retakan : 3 m
- Apakah dinding rumah anda miring? YA TIDAK
- Luas dinding yang miring : cm
- Apakah dinding rumah ada yang roboh ? YA TIDAK
- Luas dinding yang roboh : cm

Sket Gambar Kerusakan Dinding :



D. GUNUNGAN / GAWEL / SHOPI – SHOPI

D.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Gunungan : Batu Bata / Batako /

Spesi Gunungan : 1 Pc : 4 ps / 1 Pc : 3 ps : 5 Kpr /

Plasteran Gunungan : Displaster / Tidak Diplaster /

Tebal Gunungan : ½ Bata / 1 Bata /

Tinggi Gunungan (h) : m

Lebar Gunungan (l) : m

Jumlah Gunungan (n) : bh

Luas Gunungan (A)

Sket Gambar :

tidak ada gunung

Luas Gunungan (A) = m²

D.2. DATA SETELAH GEMPA

Apakah terjadi kerusakan pada Gunungan rumah ?

AK

Apakah terjadi kerusakan pada Gunungan rumah ?

AK

Rata – rata lebar retakan : cm

Panjang Retakan : m

Apakah Gunungan rumah anda miring?

AK

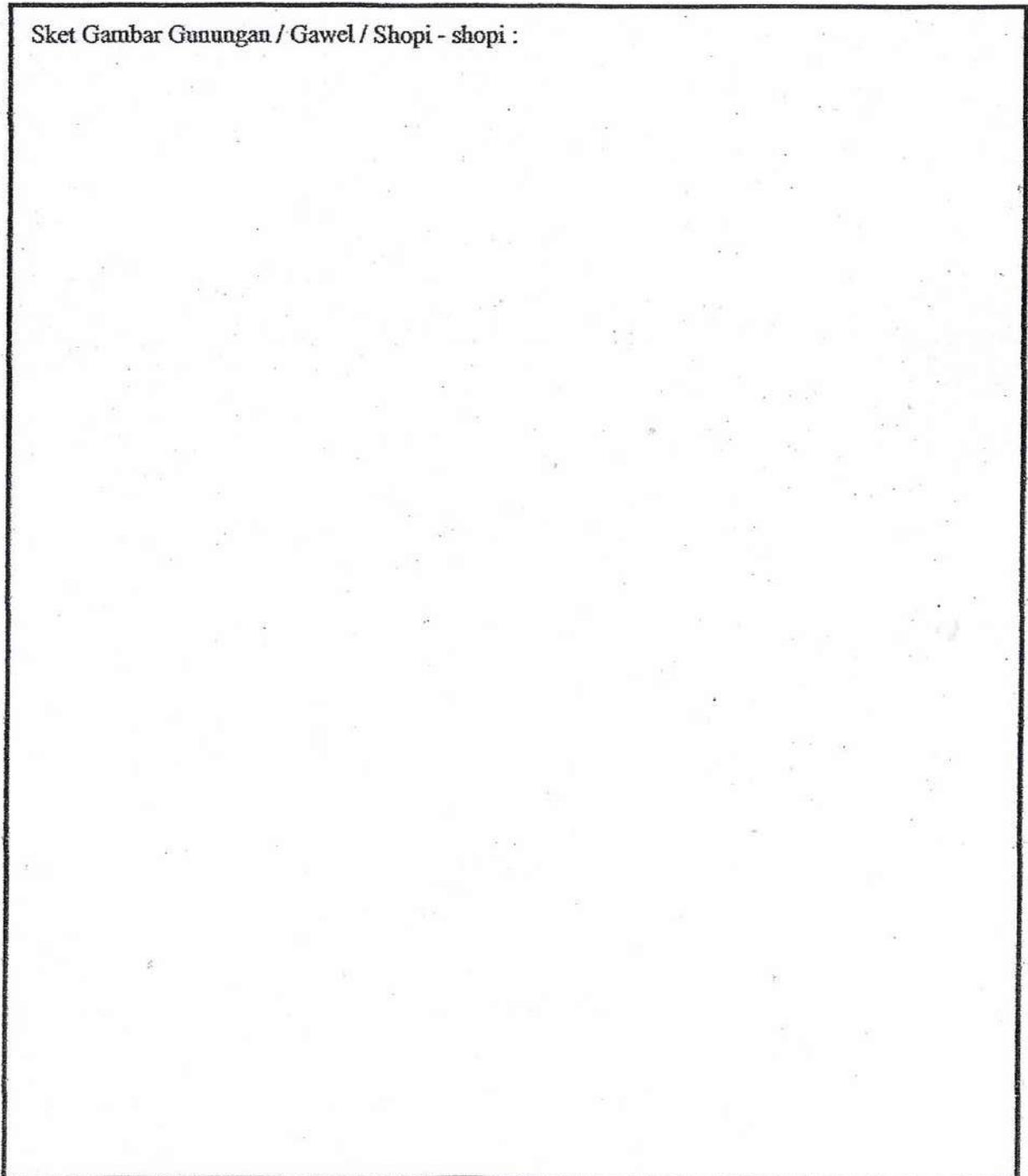
Luas Gunungan yang miring : cm

Apakah Gunungan rumah ada yang roboh ?

AK

Luas Gunungan yang roboh : cm

Sket Gambar Gunungan / Gawel / Shopi - shopi :



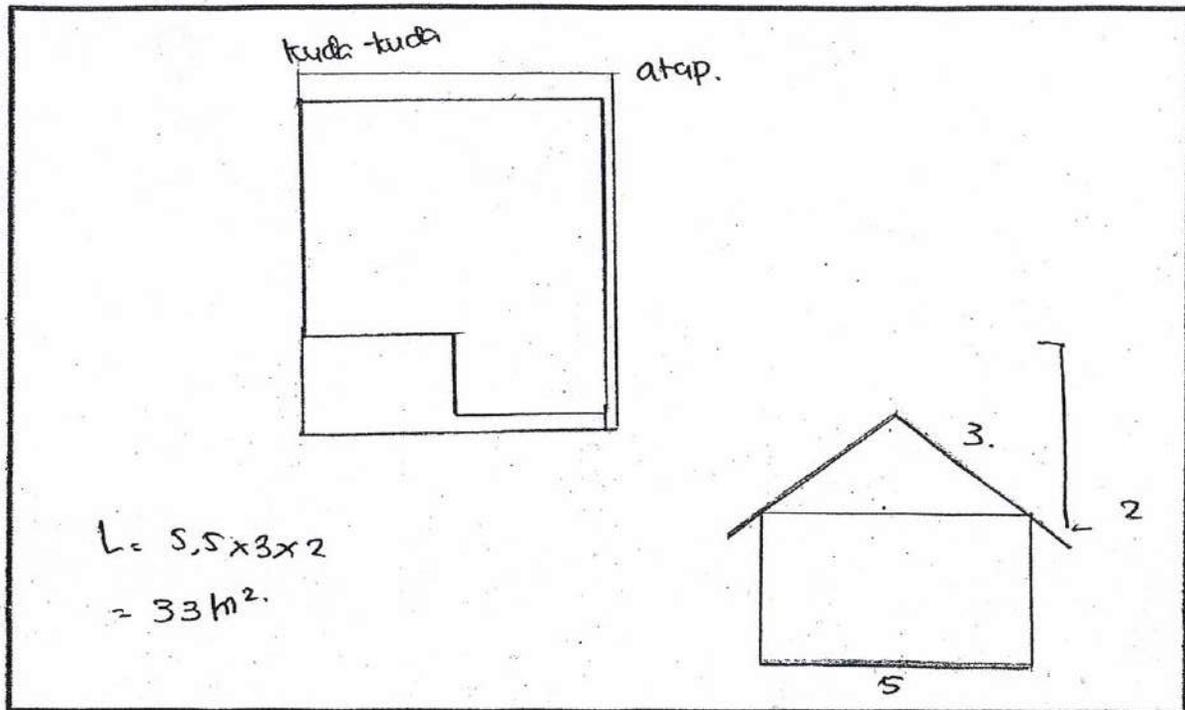
E. ATAP

E.1. DATA SEBELUM GEMPA

Penutup Atap : Seng / Genteng / Asbes /

Reng : Kayu Marsawa (Kelas II) / Kayu Meranti (Kelas III)

Luas Atap (A)



E.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas Atap yang rusak (A)

Sket Gambar :

Tidak rusak

Luas Penutup Atap yang rusak (Pr) = m^2

F. RANGKA ATAP (KUDA – KUDA, GORDING, MURPLAT, dll)

F.1. DATA SEBELUM GEMPA

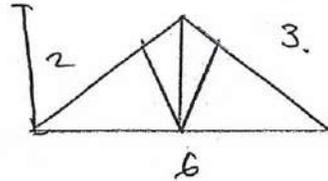
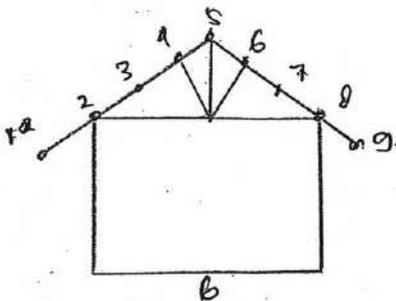
Lebar Bentang :

Jenis Kayu : Kayu Marsawa (Kelas II) / Kayu Meranti (Kelas III)

Ukuran Kayu 8/12 / 6/12 /

Panjang Gording + Murplat total : $9 \times 6,5 = 58,5$

Sket Gambar :



Panjang Total Kayu Kuda – kuda (P1) = 17,5 m

Volume Kayu Kuda – kuda : $b \times h \times P1 = 0,168 \text{ m}^3$

Panjang Total Kau Gording + Murplat (P2) = 58,5 m

Volume Kau Gording + Murplat : $b \times h \times P2 = 0,5616 \text{ m}^3$

F.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas Rangka Atap yang rusak (A)

Sket Gambar :

Tidak rusak.

Panjang Total Kayu Kuda – kuda (P1) = m

Volume Kayu Kuda – kuda : $b \times h \times P1 = \text{m}^3$

Panjang Total Kau Gording + Murplat (P2) = m

Volume Kau Gording + Murplat : $b \times h \times P2 = \text{m}^3$

G. PLAFOND

G.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Plafond : Eternit Asbes / Gypsum / Triplek

Kayu Rangka Plafond : Kayu Marsawa (Kelas II) / Kayu Meranti (Kelas III) /

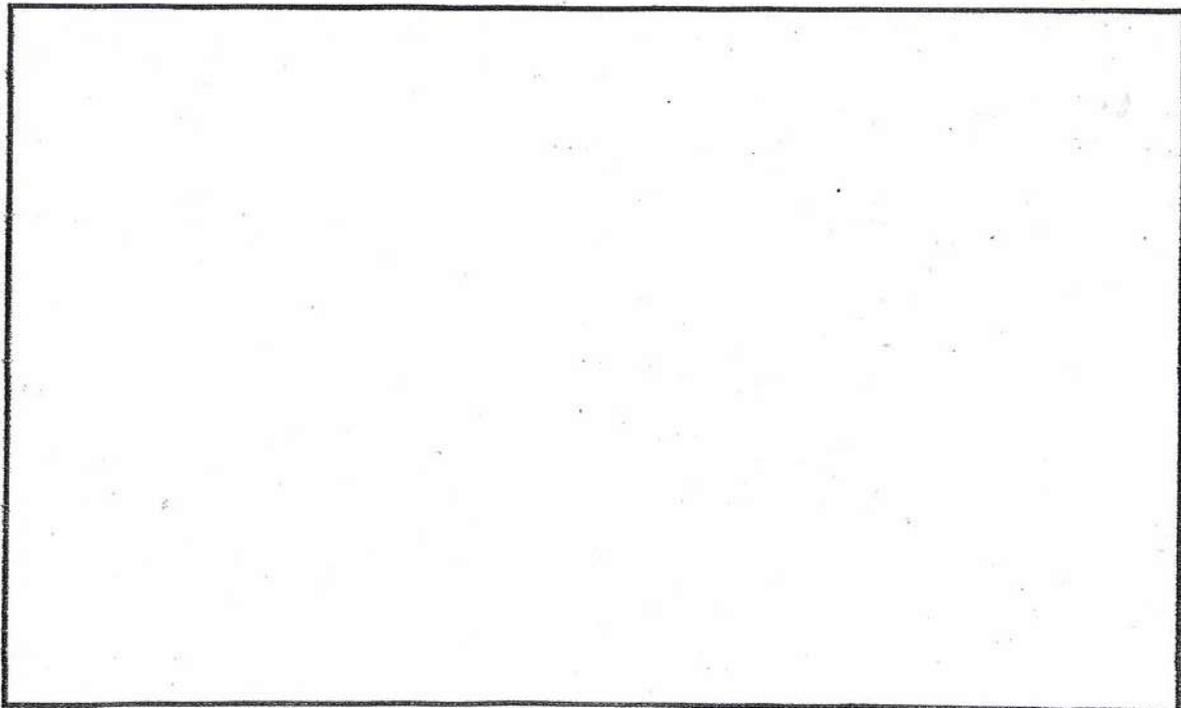
Sket Gambar :

Tidak ada plafond.

Luas Plafond Total (A) = m^2

G.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas Plafond / Langit - langit yang rusak



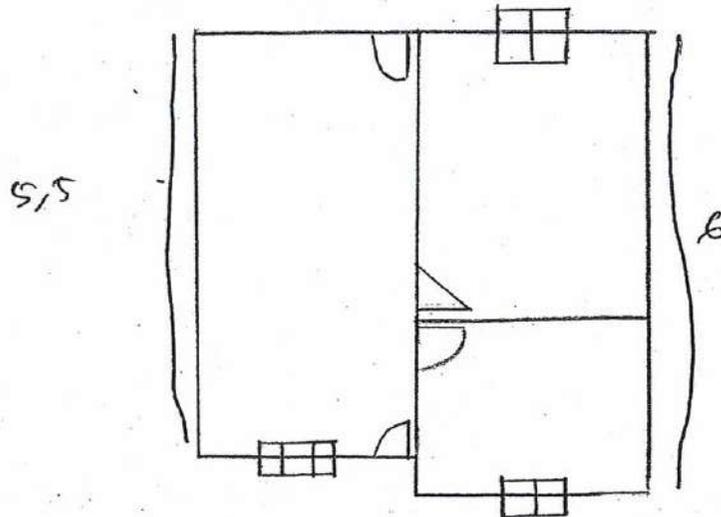
H. LANTAI

H.1. DATA SEBELUM GEMPA

Bahan Lantai : Plesteran / Tegel / Keramik /

Luas Lantai :

Sket Gambar :



Luas Lantai Total (A) = $34,5 \text{ m}^2$

H.2. DATA SETELAH GEMPA

Luas lantai rusak

Sket Gambar :

tidak rusak.

Luas Lantai Total (A) = m^2

I. KUSEN

LI DATA SEBELUM GEMPA

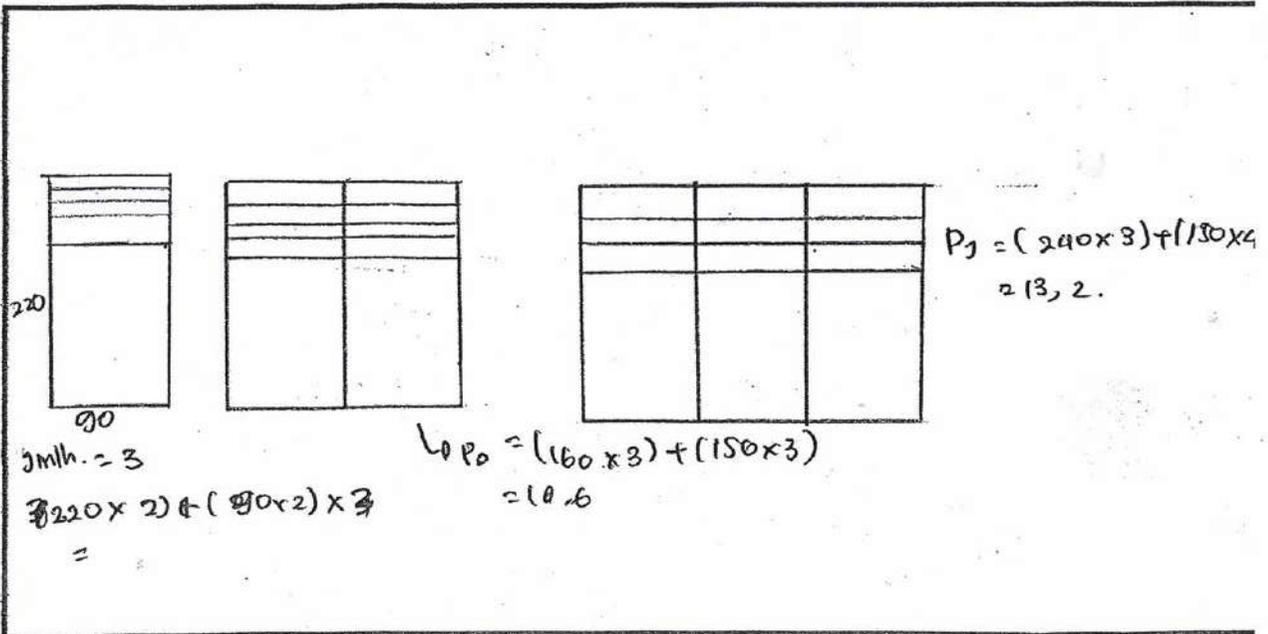
Kusen Kayu : Jati (kelas I) / Kayu Marsawa (kelas II) / Kayu Meranti (kelas III)
 Ukuran Kusen (b/h) : 6/10 / 5/7 /
 Ukuran Kusen Pintu : 90 / 220-
 Jumlah Kusen Pintu : 3 bh
 Ukuran Kusen Jendela : 160 / 150 / 240 / 150.
 Jumlah Kusen Jendela : 4 bh
 Panjang Total Kusen (P) : m
 Volume Kusen (V) : $P \times b \times h$: m³

PINTU

Kayu Pintu : Jati (kelas I) / Kayu Marsawa (kelas II) / Kayu Meranti (kelas III)
 Ukuran Pintu : 80/200 /
 Jenis Pintu : Panil Kayu / Panil Kaca /
 Jumlah Pintu : 3 bh

JENDELA

Kayu Jendela : Jati (kelas I) / Kayu Marsawa (kelas II) / Kayu Meranti (kelas III)
 Ukuran Jendela :
 Jenis Jendela : Panil Kayu / Panil Kaca /
 Jumlah Jendela : 6 bh



I.2 DATA SETELAH GEMPA

Apakah terjadi kerusakan pada Kusen Pintu Rumah ? AK

Berapa Jumlah Kusen Pintu Rumah yang rusak ?

Apakah terjadi kerusakan pada Kusen Jendela Rumah ? AK

Berapa Jumlah Kusen Jendela Rumah yang rusak ?

Apakah terjadi kerusakan pada Pintu Rumah ? AK

Berapa Jumlah Pintu Rumah yang rusak ?

Apakah terjadi kerusakan pada Jendela Rumah ? AK

Berapa Jumlah Jendela Rumah yang rusak ?

Sket Gambar Kerusakan Kusen, Pintu, Jendela :