

TUGAS AKHIR

ANALISIS RESPON SEISMIK STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT DENGAN METODE ANALISIS DINAMIK RESPON SPECTRUM (STUDI KASUS: Rumah Susun PUPR Provinsi Nusa Tenggara Barat)

SEISMIC RESPONSE ANALYSIS OF A MULTI-STORY BUILDING STRUCTURES USING THE ANALYSIS DYNAMIC RESPON SPECTRUM (Study case: PUPR Residential Building, West Nusa Tenggara Province)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**MARSYA IRISHA MEISELA
21511286**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2026**

TUGAS AKHIR

ANALISIS RESPON SEISMIC STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT DENGAN METODE ANALISIS DINAMIK RESPON SPECTRUM (STUDI KASUS: Rumah Susun PUPR Provinsi Nusa Tenggara Barat)

SEISMIC RESPONSE ANALYSIS A MULTI-STORY BUILDING STRCTURES USING THE ANALYSIS DYNAMIC RESPON SPECTRUM

*(Study case: PUPR Residential Building, West Nusa
Tenggara Province)*

Disusun oleh
Marsya Irisha Meisela
21511286

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana
Teknik Sipil

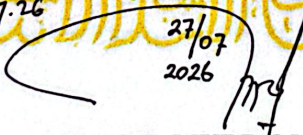
Diuji pada tanggal _____

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing


Astriana Hardawati,
S.T., M.Eng.
NIK:165111301

Penguji I


Jafar, S.T, MURP, M.T
NIK:185111305

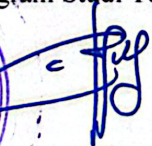
Penguji II


M. Irfan Marasabessy,
S.T., M.T.
NIK:245110502

Mengesahkan,

Pt. Ketua Program Studi Teknik Sipil




Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng.
NIK: 165110105

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya dengan penuh kesadaran menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil karya saya sendiri, disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian studi pada Program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Setiap bagian dalam laporan ini yang berasal dari karya pihak lain telah dicantumkan sumbernya secara jelas, sesuai dengan aturan, kaidah, dan etika penulisan ilmiah yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa laporan Tugas Akhir ini, baik sebagian maupun seluruhnya, bukan merupakan karya asli saya atau mengandung unsur plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan, termasuk pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, Juli 2026

Penulis,



Marsya Irisha Meisela

(21511286)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Respon Seismik Struktur Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Dinamik Respon *Spectrum* (Studi Kasus: Rumah Susun PUPR provinsi Nusa Tenggara Barat)”. Selawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi Wasallam*, keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat sara, kritik, bantuan, dan semangat dari berbagai pihak, *Alhamdulillah* Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng selaku Plt Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama penulis menempuh proses studi.
2. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas segala bimbingan, arahan, candaan semangat, dan masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak-bapak selaku dosen penguji, serta seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, atas segala saran, ilmu pengetahuan serta bimbingan yang telah diberikan selama masa perkuliahan hingga pelaksanaan sidang Tugas Akhir, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik

4. Keluarga penulis, yaitu Mama dan Aji serta Kakak Bila, Kakak Wawa dan Kakak Ghia beserta ketiga keponakan yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral dan materil kepada penulis, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada teman-teman "alanatower", "orang kaya", "DNN" dan "pasgabat" yang telah kebersamai penulis selama masa perkuliahan yang memberikan dukungan, semangat, dan bantuan selama proses Tugas Akhir ini.
6. Ucapan terima kasih penulis juga sampaikan kepada "trio AAS" yang telah menjadi saksi serta peneman penulis saat bimbingan dan revisian selama masa proses Tugas Akhir.
7. Untuk seseorang yang tidak bisa penulis sebutkan, penulis ucapkan terimakasih telah kebersamai penulis dari awal perkuliahan hingga sekarang masih tetap menemani, mendengar dan menjadi pendukung baik secara moral dan materil.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi inovasi untuk kedepannya dan bermanfaat bagi pihak-pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 28 Juli 2026

Penulis,



Marsya Irisha Meisela

(21511286)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	13
2.3 Keaslian Penelitian	18
BAB III LANDASAN TEORI	19
3.1 Tinjauan Umum Bangunan Bertingkat	19
3.2 Respon Struktur dan Standar Peraturan Ketahanan Gempa	19
3.3 Analisis Dinamik <i>Liniear</i>	19
3.4 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	20
3.5 Pembebanan Struktur	22
3.5.1 Beban Mati atau <i>Dead Load (D)</i>	22
3.5.2 Beban Hidup atau <i>Live Load (L)</i>	24
3.5.3 Beban Gempa atau <i>Earthquake Load</i>	26
3.6 Ketentuan Umum Terkait Pengaruh Gempa	26
3.6.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan	26

3.6.2	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	30
3.6.3	Klasifikasi Situs	30
3.6.4	Parameter Percepatan Gempa	31
3.6.5	Faktor Amplifikasi dan Parameter Respon Spektral Gempa Maksimum	33
3.6.6	Kategori Desain Seismik	34
3.6.7	Periode Fundamental Struktur	35
3.6.8	Penentuan Sistem Pemikul Gaya Seismik	37
3.7	Respons Spektrum Desain	38
3.8	Ketidakberaturan Struktur	40
3.9	Redundansi (ρ)	46
3.10	Penentuan Prosedur Analisis	48
3.11	Simpangan atau Perpindahan (<i>Displacement</i>)	49
3.12	Kombinasi Pembebanan	49
3.13	Gaya Geser Dasar Seismik	50
3.14	Penentuan Penskalaan Gaya	51
3.15	Simpangan Antar Lantai (<i>Story Drift</i>)	52
3.16	Efek P-Delta	53
BAB IV	METODE PENELITIAN	55
4.1	Lokasi Penelitian	55
4.2	Pengumpulan Data	55
4.2.1	Denah, Potongan, dan Tampak Bangunan	55
4.2.2	Data Bangunan	59
4.3	Tahapan Penelitian	61
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	64
5.1	Pemodelan Struktur	64
5.1.1	Elemen Struktur	65
5.2	Pembebanan Struktur	68
5.2.1	Beban Mati atau <i>Dead Load</i>	68
5.2.1.1	Beban Pelat	68
5.2.1.2	Beban Balok	70
5.2.1.3	Beban Kolom	81
5.2.1.4	Beban Dinding Geser (<i>Shearwall</i>)	84
5.2.2	Beban Mati Tambahan (QSIDL)	85

5.2.3	Beban Hidup atau <i>Live Load</i> (LL)	90
5.2.4	Beban Gravitasi	90
5.2.5	Kontrol Berat Seismik Efektif	95
5.3	Parameter Gempa dan Periode Fundamental Struktur	98
5.3.1	Parameter Gempa	98
5.3.2	Periode Fundamental Struktur	103
5.4	Gaya Geser Dasar Seismik	105
5.4.1	Pemenuhan Sistem Ganda	106
5.5	Analisis Beban Gempa Respon Spektrum	107
5.5.1	Input Respon Spektrum Desain	108
5.5.2	Setting Beban Gempa Respon Spektrum pada ETABS	108
5.5.3	Analisis Mass Ratio	109
5.5.4	Pendefinisian Pola Pembebanan	110
5.5.5	Kombinasi Pembebanan	111
5.6	Syarat <i>Mass Participant Ratio</i>	113
5.7	Syarat <i>Base Shear</i> Dinamik dan Statik	114
5.8	Cek Ketidakberaturan Struktur	115
5.8.1	Ketidakberaturan Horizontal	115
5.8.2	Ketidakberaturan Vertikal	118
5.9	Simpangan dan Simpangan antar Lantai	122
5.10	Pengaruh Efek P-Delta	125
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		130
6.1	Kesimpulan	130
6.2	Saran	130
DAFTAR PUSTAKA		132
LAMPIRAN		134

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	14
Tabel 3.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan	22
Tabel 3.2 Berat Sendiri Komponen Gedung	23
Tabel 3.3 Beban Hidup Terdistribus Merata Minimum, L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum	24
Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	27
Tabel 3.5 Faktor Keutamaan Gempa	30
Tabel 3.6 Klasifikasi Situs	31
Tabel 3.7 Koefisien Situs, F_a	33
Tabel 3.8 Koefisien Situs, F_v	33
Tabel 3.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek	35
Tabel 3.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik	35
Tabel 3.11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	36
Tabel 3.12 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	36
Tabel 3.13 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik	38
Tabel 3.14 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur	41
Tabel 3.15 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur	44
Tabel 3.16 Persyaratan untuk Setiap Tingkat yang Menahan Lebih dari 35% Gaya Geser Dasar	48
Tabel 3.17 Prosedur Analisis yang Diizinkan	49
Tabel 3.18 Simpangan Antar Tingkat (Δa)	53
Tabel 4.1 Dimensi dan Tipe Kolom	60
Tabel 4.2 Dimensi dan Tipe Balok	60
Tabel 4.3 Tebal dan Tipe Pelat	60
Tabel 4.4 Tebal dan Tipe Dinding Geser	61

Tabel 5.1 Dimensi Struktur Pelat Lantai	65
Tabel 5.2 Dimensi Struktur Balok Lantai	66
Tabel 5.3 Dimensi Struktur Kolom	67
Tabel 5.4 Rekapitulasi Beban Pelat Lantai	69
Tabel 5.5 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 2	74
Tabel 5.6 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 3	76
Tabel 5.7 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 4	78
Tabel 5.8 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 5-Lantai Atap	80
Tabel 5.9 Rekapitulasi Beban Balok Atap Lift	81
Tabel 5.10 Rekapitulasi Beban Kolom Lantai 1	83
Tabel 5.11 Rekapitulasi Beban Kolom Lantai 2	83
Tabel 5.12 Rekapitulasi Beban Kolom Lantai 3	83
Tabel 5.13 Rekapitulasi Beban Kolom Lantai 4-7	83
Tabel 5.14 Rekapitulasi Beban Kolom 8 (<i>Roof deck</i>)	84
Tabel 5.15 Rekapitulasi Beban Kolom Atap Lift	84
Tabel 5.16 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 1	85
Tabel 5.17 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 2	85
Tabel 5.18 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 3	85
Tabel 5.19 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 4-6	85
Tabel 5.20 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 7	85
Tabel 5.21 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 8 (<i>Roof deck</i>)	85
Tabel 5.22 Rekapitulasi Beban Dinding Bata	87
Tabel 5.23 Rekapitulasi Beban Dinding Kaca	88
Tabel 5.24 Rekapitulasi Beban Dinding Partisi	88
Tabel 5.25 Rekapitulasi Beban Hidup	90
Tabel 5.26 Rekapitulasi Beban Gravitasi Lantai 1	93
Tabel 5.27 Rekapitulasi Beban Gravitasi Lantai 2	94
Tabel 5.28 Rekapitulasi Beban Gravitasi Lantai 3	94
Tabel 5.29 Rekapitulasi Beban Gravitasi Lantai 4-7	94
Tabel 5.30 Rekapitulasi Beban Gravitasi Lantai 8 (<i>Roof deck</i>)	94
Tabel 5.31 Rekapitulasi Beban Gravitasi Atap Lift	94

Tabel 5.32 Massa Bangunan Lantai 1	95
Tabel 5.33 Massa Bangunan Lantai 2	95
Tabel 5.34 Massa Bangunan Lantai 3	96
Tabel 5.35 Massa Bangunan Lantai 4-6	96
Tabel 5.36 Massa Bangunan Lantai 7	96
Tabel 5.37 Massa Bangunan Lantai 8 (<i>Roof deck</i>)	97
Tabel 5.38 Massa Bangunan Atap Lift	97
Tabel 5.39 Rekapitulasi Jumlah Massa Bangunan	97
Tabel 5.40 Nilai Spektrum Respons Percepatan Desain (S_a)	101
Tabel 5.41 Hasil Pengecekan <i>Dual System</i>	106
Tabel 5.42 Hasil Penyesuaian <i>Dual System</i>	107
Tabel 5.43 <i>Modal Mass Participant Ratio</i>	113
Tabel 5.44 Hasil <i>Base Shear Non-Skalatis</i>	114
Tabel 5.45 Hasil <i>Base Shear Skalatis</i>	115
Tabel 5.46 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Arah X dan Y	116
Tabel 5.47 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Arah X dan Y	118
Tabel 5.48 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 Arah X dan Y	119
Tabel 5.49 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3	120
Tabel 5.50 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a dan 5b	121
Tabel 5.51 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal	121
Tabel 5.52 Rekapitulasi Nilai Simpangan dan Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Y	123
Tabel 5.53 Rekapitulasi Nilai Efek P-Delta Arah X dan Arah Y	127
Tabel 5.54 Rekapitulasi Hasil Respon Seismik	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Parameter S_s , Gempa Maksimum (MCER) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respon 0,2 detik (Rendaman Kritis 5%)	32
Gambar 3.2	Parameter S_1 , Gempa Maksimum (MCER) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respon 1,0 detik (Rendaman Kritis 5%)	32
Gambar 3.3	Parameter Transisi Panjang (TL)	40
Gambar 3.4	Spektrum Respons Desain	40
Gambar 3.5	Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal	43
Gambar 3.6	Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal	46
Gambar 3.7	Penentuan Nilai Simpangan Antar Lantai	52
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian	55
Gambar 4.2	Denah Lantai <i>Groundfloor</i>	56
Gambar 4.3	Denah Lantai 2-3	56
Gambar 4.4	Denah Lantai 4	57
Gambar 4.5	Denah Lantai 5-8	57
Gambar 4.6	Potongan X-X Rumah Susun	58
Gambar 4.7	Potongan Y-Y Rumah Susun	58
Gambar 4.8	<i>Flowchart</i> Penelitian	63
Gambar 5.1	Model 3D Bangunan Rumah Susun ASN PUPR NTB	64
Gambar 5.2	Pemodelan Denah Pelat Lantai 1	65
Gambar 5.3	Pemodelan Denah Balok Lantai 2	66
Gambar 5.4	Dimensi Dinding Geser SW1A dan SW1B	67
Gambar 5.5	Pemodelan Denah Dinding Geser Tipikal Lantai 1-8	68
Gambar 5.6	Nilai Parameter S_s dan S_1	99
Gambar 5.7	Kurva Respon Spektrum	102
Gambar 5.8	Response Spectrum Function Definition	108
Gambar 5.9	<i>Lateral Load</i> pada Beban Gempa Arah X	109
Gambar 5.10	<i>Lateral Load</i> pada Beban Gempa Arah Y	109
Gambar 5.11	<i>Mass Source Data</i>	110
Gambar 5.12	<i>Load Patterns</i>	111

Gambar 5.13	<i>Define Load Combination</i>	112
Gambar 5.14	<i>Data Load Combination</i>	112
Gambar 5.15	Grafik Simpangan Struktur Arah X dan Arah Y	124
Gambar 5.16	Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Arah Y	125
Gambar 5.17	Grafik Koefisien Stabilitas Arah X dan Arah Y Seismik	128

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Hasil Pengujian Tanah	135
Lampiran 2.	DED Struktur Rusun	140

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CP	: Collapse Prevention
IDA	: <i>Incremental Dynamic Analysis</i>
IDR	: <i>Interstory Drift Ratio</i>
PGA	: <i>Peak Ground Acceleration</i>
RKS	: Rencana Kerja dan Syarat-syarat
SNI	: Standar Nasional Indonesia
V_s	: Kecepatan gelombang geser tanah
N	: Nilai pukulan SPT (Standard Penetration Test)
SL	: Tekanan lateral (Soil Lateral Pressure) dalam kilopascal
S_s	: Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R untuk periode pendek
S_1	: Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R untuk periode 1,0 detik
S_{Ds}	: Parameter respons spektral percepatan desain periode pendek
S_{D1}	: Parameter respons spektral percepatan desain periode 1 detik
SRPMK	: Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
T	: Periode Getar Fundamental
T_L	: Transisi Periode Panjang
TB	: Tidak Dibatasi
TI	: Tidak Diizinkan
C_s	: Koefisien respon seismik
W	: Berat seismik gedung efektif
D	: Beban mati yang terjadi akibat berat konstruksi dan lain-lainnya yang bersifat permanen atau tetap.
L	: Beban hidup yang terjadi akibat pengguna atau penghuni bangunan.
E	: Beban gempa yang dibekerja pada bangunan
Q_x	: Beban gempa arah X

Q_y	: Beban gempa arah Y
T_a	: Periode fundamental pendekatan
C_t	: Koefisien periode pendekatan
h_n	: Ketinggian struktur
δ_{xe}	: Simpangan di tingkat-x yang disyaratkan
P_x	: Beban aksial total di tingkat-x
Δ	: Simpangan antar tingkat
V_x	: Gaya geser seismik di tingkat-x
I_e	: Faktor keutamaan gempa
C_d	: Faktor pembesaran defleksi
h_{sx}	: Tinggi tingkat

ABSTRAK

Gedung Rumah Susun ASN PUPR Provinsi Nusa Tenggara Barat merupakan bangunan hunian vertikal yang dibangun pada tahun 2024. Gedung ini berada di kawasan zona seismik yang tinggi berdasarkan peta zonasi gempa. Oleh karena itu, analisis respon seismik perlu dilakukan, salah satunya menggunakan metode analisis dinamik respons spektrum berdasarkan SNI 1726:2019. Respon seismik yang ditinjau, yaitu gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan (*displacement*), simpangan antar tingkat (*story drift*), dan pengaruh efek *P-Delta*.

Penelitian ini diawali dengan perhitungan pembebanan sesuai SNI 1727:2020 dan pemodelan struktur menggunakan ETABS berdasarkan data *Detailed Engineering Design* (DED), *shop drawing*, dan spesifikasi teknis. Tinggi total Gedung sebesar 34,18 m dengan jumlah tingkat 8.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *base shear* yaitu sebesar 8202,1929 kN pada arah X dan 8202,1925 kN pada arah Y. Nilai *displacement* maksimum terjadi pada lantai atap sebesar 46,550 mm (arah X) dan 67,038 mm (arah Y), sedangkan *story drift* maksimum sebesar 38,858 mm pada tingkat 2 arah X dan 72,094 mm pada tingkat 3 arah Y, dengan seluruh nilai masih berada dalam batas yang diizinkan. Nilai koefisien stabilitas (θ) berkisar 0,0023 s.d. 0,0170 pada arah X dan 0,0018 s.d. 0,0316 pada arah Y, yang menunjukkan bahwa pengaruh efek *P-Delta* tidak signifikan. Dengan demikian, struktur Gedung Rumah Susun ASN PUPR Provinsi Nusa Tenggara Barat dinyatakan memenuhi persyaratan ketahanan gempa sesuai SNI 1726:2019 dan memiliki kinerja seismik yang baik.

Kata kunci: analisis dinamik respons spektrum, ETABS, *base shear*, *displacement*, *story drift*, *P-Delta*, respon seismik.

ABSTRACT

The ASN PUPR Vertical Housing Building in West Nusa Tenggara Province was a vertical residential building constructed in 2024. This building was located in a high seismic zone area based on the earthquake zonation map. Therefore, a seismic response analysis was conducted, one of which used the response spectrum dynamic analysis method based on SNI 1726:2019. The seismic responses examined were base shear, displacement, story drift, and the P-Delta effect.

This research began with load calculations in accordance with SNI 1727:2020 and structural modeling using ETABS based on Detailed Engineering Design (DED) data, shop drawings, and technical specifications. The building had a total height of 34,18 m with 8 stories.

The analysis results showed that the base shear values were 8202,1929 kN in the X direction and 8202,1925 kN in the Y direction. The maximum displacement occurred at the roof level, amounting to 46,550 mm (X direction) and 67,038 mm (Y direction), while the maximum story drift values were 29,475 mm at story 2 in the X direction and 62,981 mm at story 3 in the Y direction, with all values remaining within the allowable limits. The stability coefficient (θ) values ranged from 0,0023 to 0,0170 in the X direction and from 0,0018 to 0,0316 in the Y direction, indicating that the P-Delta effect was not significant. Thus, the structure of the ASN PUPR Vertical Housing Building in West Nusa Tenggara Province was declared to meet the earthquake resistance requirements according to SNI 1726:2019 and demonstrated good seismic performance.

Keywords: response spectrum dynamic analysis, ETABS, base shear, displacement, story drift, P-Delta, seismic response

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat aktivitas seismik yang tinggi akibat terletak di pertemuan tiga lempeng litosferik dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik (Rumbyarso, 2024). Ketiga lempeng tersebut saling berinteraksi dan menyebabkan sering terjadinya gempa bumi dengan intensitas yang cukup besar. Kondisi ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan tingkat risiko gempa paling tinggi di dunia. Oleh karena itu, aspek ketahanan seismik struktur bangunan menjadi faktor yang sangat penting dalam perencanaan dan evaluasi bangunan di Indonesia.

Peningkatan jumlah penduduk serta kebutuhan akan hunian yang layak di daerah perkotaan menuntut adanya solusi yang baik dan efisien dalam pemanfaatan lahan, salah satunya pembangunan rumah susun. Rumah susun atau bangunan bertingkat tinggi menjadi alternatif hunian vertikal yang efektif, terutama bagi Aparatur Sipil Negara (ASN) di berbagai daerah. Namun, bangunan bertingkat seperti rumah susun memiliki kerentanan terhadap gaya gempa yang cukup tinggi apabila tidak dirancang dan dievaluasi dengan mempertimbangkan perilaku dinamik strukturnya.

Rumah Susun ASN PUPR Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan salah satu contoh bangunan yang relevan dalam konteks penelitian ini. Bangunan hunian vertikal yang dibangun pada tahun 2024 yang berada di kawasan yang zona *seismic* yang tinggi berdasarkan peta zonasi gempa SNI 1726:2019. Letak di wilayah timur Indonesia membuat struktur ini berhadapan dengan potensi gaya gempa yang cukup besar, baik yang bersumber dari aktivitas sesar lokal maupun gempa tektonik akibat subduksi aktif Lempeng Indo-Australia ke bawah Lempeng Eurasia di bagian selatan Pulau Lombok.

Untuk memastikan keamanan dan kinerja struktur bangunan terhadap gempa, perlu dilakukan analisis respons seismik struktur yang bertujuan untuk menilai

kemampuan bangunan dalam menahan gaya gempa tanpa mengalami kerusakan yang membahayakan penghuni. Penilaian analisis ini mempertimbangkan berbagai parameter respons dinamik, seperti gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan maksimum (*displacement*), simpangan antar lantai (*drift ratio*), serta nilai simpangan horisontal yang terjadi pada setiap lantai. Selain itu, evaluasi juga perlu memperhitungkan pengaruh P-Delta, yaitu efek sekunder akibat gaya aksial dan deformasi lateral yang dapat meningkatkan ketidakstabilan struktur. Seluruh parameter ini menjadi acuan penting dalam memahami perilaku dinamik bangunan terhadap beban gempa.

Dalam penelitian ini digunakan Metode Analisis Dinamik Respons Spektrum, yaitu salah satu metode analisis gempa yang memperhitungkan pengaruh multi-mode getar dari struktur terhadap spektrum respons gempa desain. Metode ini lebih akurat dibandingkan metode statik ekuivalen karena mampu menggambarkan pengaruh dinamik sebenarnya dari beban gempa terhadap bangunan bertingkat tinggi.

Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ETABS, yang mampu memodelkan perilaku tiga dimensi struktur bangunan dan menganalisis pengaruh beban dinamik secara detail. Hasil analisis berupa gaya geser dasar, periode getar alami, deformasi tiap lantai, dan nilai *drift* antar lantai akan dibandingkan dengan batas kinerja struktur yang diizinkan oleh SNI 1726:2019. Dengan cara ini, dapat diketahui apakah struktur Rumah Susun ASN PUPR NTB telah memenuhi standar kinerja seismik yang aman terhadap gempa.

Penelitian serupa pernah dilakukan Kusbianto, (2024) mengenai Respon Struktur Gedung Apartemen dan Perkantoran 20 Lantai Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum. Dengan menunjukkan bahwa metode respons spektrum memberikan gambaran respons struktur yang lebih tepat, terutama untuk bangunan bertingkat. Penelitian lain serupa dilakukan oleh Utami, (2019) juga membahas Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Metode Respon Spektrum ditinjau pada *Drift* dan *Displacement* Menggunakan *Software* ETABS.

Melalui analisis ini, diharapkan diperoleh gambaran yang jelas mengenai respon dinamik seismik bangunan terhadap beban gempa rencana. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi instansi pemerintah maupun perencana struktur dalam melakukan evaluasi dan peningkatan desain ketahanan gempa bangunan serupa di wilayah rawan gempa di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang perancangan, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut ini.

1. Bagaimana hasil nilai gaya geser dasar (*base shear*) pada struktur bangunan berdasarkan metode analisis dinamik respon *spectrum*?
2. Bagaimana hasil nilai Perpindahan (*displacement*) pada struktur berdasarkan metode analisis dinamik respon *spectrum*?
3. Bagaimana hasil nilai simpangan antar lantai (*story drift*) terhadap kriteria dalam SNI 1726:2019 berdasarkan metode analisis dinamik respon *spectrum*?
4. Bagaimanakah hasil nilai efek P-Delta berdasarkan metode analisis dinamik respon *spectrum*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) pada struktur bangunan berdasarkan hasil metode analisis dinamik respon *spectrum*.
2. Mengetahui nilai perpindahan (*displacement*) pada struktur bangunan berdasarkan hasil metode analisis dinamik respon *spectrum*.
3. Mengetahui nilai simpangan antar lantai (*story drift*) terhadap kriteria dalam SNI 1726:2019 berdasarkan hasil metode analisis dinamik respon *spectrum*.
4. Mengetahui nilai efek P-Delta pada struktur menurut SNI 1726:2019 berdasarkan hasil metode analisis dinamik respon *spectrum*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perkembangan konstruksi pada pembangunan gedung. Diantara beberapa manfaat adalah sebagai berikut ini.

1. Menyajikan hasil analisis yang dapat menjadi dasar dalam proses pembaruan dan peningkatan regulasi bangunan gedung tahan gempa di wilayah Lombok, Nusa Tenggara Barat.
2. Memberikan pengetahuan dalam pengaplikasian metode analisis dinamik respon *spectrum* yang memiliki kemampuan pendekatan faktual kejadian gempa.
3. Melalui hasil evaluasi ini diperoleh gambaran teknis tingkat ketahanan seismik struktur Gedung Rumah Susun ASN PUPR NTB 8 Lantai, yang dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam menentukan tindakan perbaikan atau perkuatan apabila elemen struktur tertentu tidak memenuhi kriteria kinerja seismik yang diharapkan.
4. Menjadi sebagai salah satu dasar pertimbangan atau dikaji lebih lanjut dalam penelitian berikutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Pada perencanaan struktur ini lebih mengarah pada rumusan masalah dan latar belakang, maka diperlukan batasan-batasan masalah. Beberapa batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Model struktur gedung beton bertulang 8 lantai dengan ketinggian 34.18 m.
2. Bangunan merupakan Rumah Susun ASN PUPR NTB.
3. Struktur gedung berfungsi sebagai Hunian tempat tinggal.
4. Gedung berada di wilayah Nusa Tenggara Barat dengan kondisi tanah Sedang (SD) sesuai dengan Lampiran 1.
5. Analisis struktur dilakukan menggunakan program ETABS
6. Struktur gedung dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi (3D).
7. Aspek nonstruktural seperti elemen arsitektur, tata ruang, estetika, serta efisiensi biaya tidak dianalisis dalam penelitian ini.

8. Beban yang diperhitungkan dalam analisis adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Peraturan yang digunakan, meliputi:
 1. Perencanaan beban hidup dan beban mati menggunakan peraturan SNI 1727:2020 mengenai beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.
 2. Perencanaan beban gempa menggunakan peraturan SNI 1726:2019 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung.
 3. Perencanaan beton bertulang menggunakan peraturan SNI 2847:2019 mengenai Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.
9. Analisis terbatas pada struktur atas , portal bangunan berupa kolom dan balok.
10. Tumpuan yang digunakan dalam analisis diasumsikan menggunakan tumpuan jepit.
11. Dinding geser ikut dimodelkan ke dalam pemodelan ETABS.
12. Analisis difokuskan pada respons seismik, berupa gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan (*displacement*), simpangan antar lantai, dan efek P-Delta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut ringkasan penelitian terdahulu yang menggunakan metode analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik untuk mengetahui tingkat kinerja struktur bangunan gedung berdasarkan respon seismik yang terjadi, sebagai berikut:

1. Evaluasi Respon Seismik Struktur Bangunan Universitas Terbuka Palu Terhadap Gempa Sulawesi Tengah 28 September 2018.

Penelitian ini bersumber dari jurnal karya Pinondang Simanjuntak, Sudarno P Tampubolon, dan Hari Putra Amsal (2022). Evaluasi Respon Seismik Struktur Bangunan Universitas Terbuka Palu mengalami keruntuhan akibat gempa Sulawesi Tengah 28 September 2018 oleh karena itu untuk mengetahui penyebab utama penelitian tersebut memilih menggunakan metode respon spektrum (Dinamik Linier) dengan simulasi *Software* SAP 2000 v20 untuk mengetahui Respon Seismik.

Berdasarkan hasil survei dari lapangan bangunan yang terlihat bahwa keruntuhan terjadi di keadaan dominasi leleh pada bagian kolom yang menyebabkan struktur tidak mampu berdiri dengan tegak. Maka dari itu penyebab utama kinerja struktur yang telah di evaluasi Gedung Universitas Terbuka Palu belum menyesuaikan dengan klasifikasi zona gempa wilayah Palu berdasarkan SNI-03-1726-2012 karena bangunan didirikan sebelum tahun 2012 dengan begitu dilakukan pemodelan struktur bangunan yang di pilih sistem struktur sesuai dengan eksisting SRPMK yaitu sistem rangka ruang dimana komponen struktur dan join dapat menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial untuk daerah resiko gempa tinggi.

Ouput analisis yang didapatkan dari hasil penelitian tersebut, sebagai berikut:

- a. Nilai maksimum gaya geser dasar (Dx) terjadi pada arah Y sebesar 258.535,37 kN, sedangkan pada arah X, nilai maksimum hanya 98.160,44 kN, atau sekitar 32% dari arah Y. maka dari itu respon

struktur lebih besar pada arah Y, sehingga pelelehan kolom didominasi oleh gaya gempa arah Y pada sumbu global bangunan.

- b. Nilai deformasi maksimum arah Y sebesar 0,025926 m terjadi pada lantai atap (tinggi 8 m) dan deformasi pada lantai 1 sebesar 0,015509 m. Keduanya melampaui deformasi izin, yaitu 0,0155 m untuk atap dan 0,00775 m untuk lantai 1. Hal ini menunjukkan bahwa struktur mengalami perpindahan lateral berlebih yang menyebabkan kolom leleh lebih dahulu daripada balok, karena rasio pada kolom–balok dan tulangan geser tidak memenuhi konsep “kolom kuat, balok lemah”.
- c. Nilai drift antar lantai masih di bawah batas izin, sehingga secara global masih stabil, meskipun deformasi total melampaui batas.
- d. Hasil analisis menggunakan SAP2000 v20 konsisten dengan survei lapangan dengan kerusakan nyata berupa leleh pada ujung kolom bagian bawah dan atas. Hal ini memperkuat bahwa kolom merupakan elemen kritis akibat deformasi lateral berlebih.

2. Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Rumah Susun di Surabaya dengan Analisis Dinamik Respon Spektra menggunakan ETABS.

Penelitian ini bersumber dari jurnal karya Mochammad Fathorrozyi dan Ir. Ali Mokhtar (2022). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja bangunan dari segi perpindahan, *drift*, dan gaya geser dasar berdasarkan kinerja struktur batas *ultimit* dan batas kinerja struktur batas layan.

Analisis yang digunakan merupakan analisis dinamik linier respon spektrum dengan bantuan perangkat lunak ETABS yang berbasis pada metode elemen hingga. Proses analisis dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari pengumpulan data primer dan sekunder serta telah studi literatur sebagai dasar permodelan. Selanjutnya dilakukan pembuatan model struktur bangunan tiga dimensi (3D), kemudian pemberian dan perhitungan beban-beban yang bekerja pada struktur. Setelah itu, dilakukan perhitungan respon spektra dan pembuatan kurva respon spektra gempa rencana yang kemudian diinput ke dalam model.

Melalui tahapan tersebut diperoleh hasil analisis berupa nilai perpindahan, (*drift*), dan gaya geser dasar (*base shear*).

Output analisis yang didapatkan dari hasil penelitian tersebut, sebagai berikut:

- a. Nilai perpindahan Maksimum (*Displacement*) terjadi dilantai atap dengan nilai arah X sebesar 0,0368 m dan arah Y sebesar 0,0435 m nilai tersebut semakin menurun kebawah lantai dasar dengan dihasilkan nilai arah X dan Y dilantai dasar 0. Hal ini menunjukkan perilaku elastik normal pada struktur bangunan akibat beban gempa.
 - b. Nilai gaya geser dasar (*Base Shear*) dari hasil perangkat lunak ETABS didapatkan nilai arah X sebesar 3750,67 kN dan arah Y sebesar 3565,95 kN. Perbandingan dengan analisis beban statik ekuivalen menunjukkan bahwa hasil dari analisis dinamik respon spektra memenuhi ketentuan SNI 1726:2019, yaitu nilai *base shear* $\geq 100\%$ dari nilai yang diperoleh melalui analisis statik ekuivalen. Dengan begitu, reaksi dasar bangunan sudah sesuai dan memenuhi syarat keamanan seismik.
 - c. Nilai perpindahan antar lantai pada arah X dan Y memenuhi kriteria batas layan dan batas ultimit, sehingga menunjukkan bahwa struktur mampu menahan beban gempa tanpa kerusakan signifikan dan, berdasarkan kriteria ATC-40, gedung rumah susun di Surabaya berada pada tingkat kinerja *Immediate Occupancy (IO)*, yang berarti struktur tetap stabil serta dapat digunakan kembali setelah gempa
3. Respon Struktur Gedung Apartemen dan Perkantoran 20 Lantai Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum.

Penelitian ini bersumber dari jurnal Arief Kusbiantoro, Rini Kusumawardan, Untoro Nugroho, Agung Sutarto, Muhammad Aidhil Dzikri, Moh Ari Restian Nugraha, Rakha Alfarizhi Yus, Bisma Garda Indonesia, Septindra Hafizh Al Furqon, Nisqiyah Firdaus, dan Mirara Khanza (2024). Respon Struktur Gedung Apartemen dan Perkantoran 20 Lantai Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum (Dinamik Linier).

Analisis yang dilakukan menggunakan program *3D Analysis of Building Systems* (ETABS) V.21 dengan menghitung beban-beban yang bekerja pada struktur dengan menambahkan *Response Spectrum Approach* dari RSA Cipta Karya) dengan parameter gempa: PGA, Ss, S₁, S_{Ds}, S_{D1}. Dengan melakukan Analisis kombinasi 18 pembebanan dengan Elemen yang akan dianalisis, yaitu 10 kolom dan 4 balok pada beberapa lantai. berdasarkan acuan SNI 1726:2019.

Ouput analisis yang didapatkan dari hasil penelitian tersebut, sebagai berikut:

- a. Nilai *Displacement* dengan kombinasi beban tertinggi terjadi pada lantai 20 dengan nilai 1005,40 mm. *Displacement* yang meningkat secara bertahap dari lantai 1 sebesar 15,35 mm hingga lantai 7 sebesar 229,03 mm, sedikit mengalami penurunan di lantai 8 selisih sebesar 16,84 mm, kemudian meningkat kembali sampai puncak bangunan. *Displacement* yang meningkat signifikan di bagian atas bangunan, menandakan efek fleksibilitas struktur tinggi.
- b. Nilai *Drift* maksimum terjadi pada lantai 9 sebesar 125,92 mm. *Drift* mengalami kenaikan dari lantai 1–7, menurun pada lantai 8, kemudian melonjak tinggi di lantai 9 dan berubah hingga lantai 20. maka pada lantai 1–8 memenuhi batas standar *drift*, namun lantai 9–20 melebihi batas izin, yang berarti terjadi deformasi berlebih dan potensi kerusakan struktural lokal pada area tengah bangunan.
- c. Nilai *Base Shear* hasil analisis gaya geser dasar, diperoleh bahwa pada arah X nilai gaya geser statik sebesar 14.065,08 kN, sedangkan nilai gaya geser dinamik mencapai 14.065,09 kN. Sementara itu, pada arah Y, nilai gaya geser statik sebesar 14.065,08 kN dan nilai dinamik sebesar 14.605,12 kN. Hasil perbandingan antara gaya geser dinamik terhadap gaya geser statik menunjukkan rasio $V_{\text{dinamik}}/V_{\text{statis}} = 0,99$, memenuhi SNI 1726:2019 di mana $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statis}}$. Dengan begitu pada model bangunan memenuhi syarat minimum stabilitas lateral terhadap beban gempa.
- d. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai gaya geser dasar pada arah X dan arah Y memiliki perbedaan yang relatif kecil, atau dapat dikatakan

menghasilkan nilai yang hampir sama. Sementara itu, perbandingan antara ragam getar dan periode alami struktur memperlihatkan adanya penurunan nilai periode seiring meningkatnya mode getar. Sebaliknya, nilai frekuensi mengalami peningkatan pada setiap mode, yang menunjukkan hubungan berbanding terbalik antara periode getar dan frekuensi alami struktur.

4. Evaluasi Kinerja Seismik Nonlinier Struktur Rumah Susun POLDA Sumatera Utara dengan Pendekatan *Incremental Dynamic Analysis* (IDA).

Penelitian ini bersumber dari jurnal karya Wenni Is S Rajagukguk (2025). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja seismik nonlinier struktur Rumah Susun 8 Lantai dengan Tinggi 28 meter POLDA Sumatera Utara dengan menggunakan pendekatan *Incremental Dynamic Analysis (IDA)* (*Dinamik Non-linear*).

Metode *Incremental Dynamic Analysis (IDA)* memungkinkan analisis perilaku struktu terhadap berbagai tingkat intensitas gempa secara bertahap hingga mencapai kondisi batas tertentu seperti menggunakan parameter *Immediate Occupancy (IO)*, *Life Safety (LS)*, dan *Collapse Prevention (CP)* yang mengacu pada standar ASCE 41-17 dan SNI 1726:2019. Pemodelan struktur rumah susun penelitian ini menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan elemen nonlinear yang mewakili respons plastis struktur akibat gempa dan elemen balok, kolom serta sambungan yang dapat mengalami deformasi inelastis. Simulasi yang dilakukan dengan menerapkan rekamana gempa yang telah dinormalisasi berdasarkan spektrum desain yang sesuai dengan lokasi penelitian.

Ouput analisis yang didapatkan dari hasil penelitian tersebut, sebagai berikut:

- a. Hasil *Incremental Dynamic Analysis (IDA)* menunjukkan bahwa struktur rumah susun POLDA Sumatera Utara mengalami peningkatan *interstory drift ratio (IDR)* atau rasio perbedaan perpindahan antar lantai terhadap tinggi lantai yang meningkat signifikan seiring dengan naiknya intensitas gempa

- b. Bangunan mencapai tingkat kerusakan *Collapse Prevention (CP)* (kerusakan total struktur) berdasarkan hasil analisis grafik IDA pada titik 160 dengan PGA sebesar 0,3 g untuk gempa *Imperial*, dengan periode analisis 0,1 detik. Maka dari itu, bangunan ini tidak dapat digunakan apabila terjadi gempa dengan kekuatan 6,53 magnitudo
- c. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tingkat gempa rendah hingga sedang, struktur masih berada dalam kondisi aman dengan kriteria IO hingga LS. Namun, pada intensitas gempa yang lebih tinggi, beberapa elemen struktur mengalami deformasi signifikan yang mendekati batas CP, yang mengindikasikan potensi keruntuhan parsial pada elemen kritis. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan rekomendasi untuk meningkatkan ketahanan struktur terhadap gempa melalui perancangan ulang elemen kritis atau penerapan sistem peredam energi tambahan.

5. Analisis Kinerja Struktur Gedung Rumah Susun Mahasiswa (Studi Kasus: Gedung Museum BRI Purwokerto).

Penelitian ini bersumber dari jurnal karya Kiki Nurmala, Yanti Defiana, dan Uu Saepudin (2025). Penelitian ini bertujuan pada analisis kinerja struktur Gedung Museum BRI di Purwokerto untuk mengetahui kinerja struktur akibat beban seismik sesuai dengan SNI 1726-2019 menggunakan Metode Respon Spektrum (Dinamik Linier).

Penelitian ini bertujuan pada analisis kinerja struktur Gedung Museum BRI di Purwokerto untuk mengetahui kinerja struktur akibat beban seismik sesuai dengan SNI 1726-2019, dengan parameter yang ditinjau meliputi, dengan parameter yang ditinjau meliputi perpindahan (*displacement*), drift antar lantai (*story drift*), dan gaya geser dasar (*base shear*).

Ouput analisis yang didapatkan dari hasil penelitian tersebut, sebagai berikut:

- a. Nilai Perpindahan (*displacement*) maksimum terjadi pada atap tangga, yaitu 38,039 mm pada arah X dan 42,59 mm pada arah Y.

- b. Nilai *Drift* antar lantai (*story drift*) terbesar terjadi pada lantai 5 (lantai 3 bangunan) dengan nilai 55,91 mm pada arah X dan 60,59 mm pada arah Y.
- c. Nilai Gaya Geser Dasar (*base shear*) dinamik (VD) memiliki nilai $\geq$ 100% dari gaya geser dasar statik, yaitu 2881,396 kN pada arah X dan 2881,396 kN pada arah Y.
- d. Hasil nilai respon dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana sudah memenuhi syarat SNI 1726-2019.

2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Berikut adalah perbandingan antara penelitian yang dilakukan penulis dengan penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Aspek	Peneliti					
	Pinondang Simanjuntak, dkk (2022)	Mochammad Fathorroseyi, dkk (2022)	Arief Kusbiantoro, dkk (2024)	Wenni Is S Rajagukguk (2025)	Kiki Nurmala, dkk (2025)	Meisela (2026)
Judul	Evaluasi Respon Seismik Struktur Bangunan Universitas Terbuka Palu terhadap Gempa Sulawesi Tengah 28 September 2018	Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Rumah Susun di Surabaya dengan Analisis Dinamik Respon Spektra menggunakan ETABS	Respon Struktur Beton Gedung Apartemen dan Perkantoran 20 Lantai Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum	Evaluasi Kinerja Seismik Nonlinier Struktur Rumah Susun POLDA Sumatera Utara dengan Pendekatan <i>Incremental Dynamic Analysis</i> (IDA).	Analisis Kinerja Struktur Gedung Rumah Susun Mahasiswa (Studi Kasus: Gedung Museum BRI Purwokerto)	Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Dinamik Respon Spectrum (Studi Kasus: Rumah Susun 8 Lantai
Tujuan Penelitian	Mengetahui penyebab utama keruntuhan Gedung Universitas Terbuka Palu akibat gempa 28 September 2018 melalui analisis respon seismik struktur. Penelitian ini	Mengetahui kinerja struktur dari segi perpindahan, <i>drift</i> dan <i>base shear</i> akibat beban gempa berdasarkan batas ultimit dan batas layan sesuai SNI	Mengevaluasi respon struktur akibat beban gempa dengan metode respon spektrum yang sesuai dengan SNI 1726:2019 untuk mengetahui nilai	Mengevaluasi respons struktur Rumah Susun Poldas Sumatera Utara untuk berbagai intensitas gempa dengan mengidentifikasi.	Mengevaluasi kinerja struktur Gedung Museum BRI Purwokerto terhadap beban gempa untuk mengetahui nilai simpangan, <i>drift</i> dan	Mengetahui respons seismik struktur bangunan sesuai dengan nilai <i>base shear</i> , <i>displacement</i> dan <i>story drift</i> menggunakan metode analisis

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Aspek	Peneliti					
	Pinondang Simanjuntak, dkk (2022)	Mochammad Fathorroseyi, dkk (2022)	Arief Kusbiantoro, dkk (2024)	Wenni Is S Rajagukguk (2025)	Kiki Nurmala, dkk (2025)	Meisela (2026)
Tujuan Penelitian	bertujuan mengevaluasi deformasi, simpangan antar tingkat, dan gaya geser dasar agar dapat menilai stabilitas struktur serta kesesuaian bangunan terhadap standar gempa SNI 03-1726-2012	1726:2019 dan ATC-40	<i>displacement</i> dan nilai <i>drift</i> pada apartemen dan perkantoran 20 lantai agar dapat membandingkan gaya geser dasar (V-statik dengan V-dinamik) untuk menentukan kinerja struktur.	titik kritis saat <i>yielding</i> dan <i>collapse</i> , serta memberikan rekomendasi perbaikan struktur sesuai standar ASCE 41-17 dan FEMA 356 agar memenuhi ketahanan gempa.	<i>base shear</i> struktur Gedung untuk dapat menentukan level kinerja struktur berdasarkan acuan SNI 1726-2019.	dinamik <i>respon spectrum</i> serta mengidentifikasi efek P-Delta yang terjadi pada struktur akibat beban dinamik
Bentuk dan Tinggi Bangunan Gedung	Gedung Universitas Terbuka 3 Lantai dengan Tinggi 12 meter.	Gedung Rumah Susun (Rusun) 5 Lantai dengan Tinggi 16,8 meter.	Gedung Apartemen dan Perkantoran 20 Lantai.	Rumah Susun 8 Lantai dengan Tinggi 28 meter.	Gedung Museum BRI Purwokerto 5 Lantai + Atap tangga dengan tinggi 23,5 meter	Rumah Susun ASN PUPR NTB 8 Lantai.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Aspek	Peneliti					
	Pinondang Simanjuntak, dkk (2022)	Mochammad Fathorroseyi, dkk (2022)	Arief Kusbiantoro, dkk (2024)	Wenni Is S Rajagukguk (2025)	Kiki Nurmala, dkk (2025)	Meisela (2026)
Metode Penelitian	Studi literatur dan pengumpulan data. Melakukan pemodelan 3D struktur eksisting menggunakan SAP 2000 v20. Dengan Analisa dinamik Respon Spektrum (Dinamik Linier) dengan acuan SNI 1726:2012.	Analisis dinamik respon spektrum (Dinamik Linier) menggunakan ETABS mengacu SNI 1726:2019 dan pengumpulan data, pemodelan 3D. Analisis meliputi perpindahan, drift, dan base shear, serta evaluasi kinerja struktur berdasarkan batas layan, batas ultimit, dan level kinerja sesuai ATC-40.	Studi literatur dan pengumpulan data, Melakukan pemodelan 3D gedung menggunakan ETABS v21 dengan metode respon spektrum (Dinamik Linier). Analisis mencakup parameter gempa serta 18 kombinasi pembebanan, dengan evaluasi pada 10 kolom dan 4 balok di beberapa lantai sesuai SNI 1726:2019.	Studi literatur kuantitatif dan pengumpulan data, dengan metode analisis (Dinamik <i>Non-linear</i>), khususnya <i>Incremental Dynamic Analysis</i> (IDA). Dengan acuan IO, LS, CP berdasarkan ASCE 41-17 dan FEMA 356.	Pemodelan struktur 3D menggunakan ETABS v19 dengan pengumpulan data serta Analisis perancangan kolom, balok, dan pelat lantai, ditambah input beban dan kombinasi beban. menggunakan metode respon spektrum (Dinamik Linier)	Studi literatur dan pengumpulan data. Melakukan pemodelan menggunakan metode respons spektrum (Dinamik Linier) berdasarkan SNI 1726-2019 dengan bantuan <i>software</i> ETABS.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Aspek	Peneliti					
	Pinondang Simanjuntak, dkk (2022)	Mochammad Fathorroseyi, dkk (2022)	Arief Kusbiantoro, dkk (2024)	Wenni Is S Rajagukguk (2025)	Kiki Nurmala, dkk (2025)	Meisela (2026)
Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan respon seismik bangunan belum sesuai dengan beban gempa zonasi Palu menurut SNI 1726:2012. Terjadi deformasi melebihi batas izin, dan kondisi lapangan, kolom mengalami kelelahan serta runtuh lebih dulu dari balok..	Hasil yang didapatkan nilai Perpindahan, <i>Base Shear</i> dan <i>drift maksimum</i> arah Y dan arah X masih memenuhi syarat SNI, analisis statis ekuivalen serta batas layan dan ultimit dengan level kinerja ATC-40 masuk kedalam <i>level Immediate Occupancy</i> (IO).	Hasil yang didapatkan dari penelitian yaitu nilai <i>displacement</i> tertinggi: berada di lantai 20 dan nilai <i>Drift</i> tertinggi berada di lantai 9 dengan Gaya kolom terbesar: C1 lantai 5 arah X dan Y. Gaya balok terbesar: B53 lantai 15 dan nilai <i>Base shear</i> memenuhi SNI (rasio $V_{din}/V_{stat} = 0,99 \geq 0,85$).	Hasil IDA menunjukkan struktur mencapai <i>Collapse Prevention</i> (CP) pada PGA 0,3g, dengan deformasi melampaui batas Life Safety (LS) menurut ASCE 41-17 dan FEMA 356, sehingga struktur rentan terhadap gempa menengah hingga besar.	Hasil analisis menunjukkan <i>displacement</i> maksimum di atap tangga dan <i>story drift</i> tertinggi di lantai 3. Nilai <i>base shear</i> dinamik $\geq 100\%$ <i>base shear</i> statik (VD 2881,396 kN), sehingga struktur memenuhi SNI 1726:2019 terhadap pembebanan gempa rencana.	-

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan sumber dari penelitian-penelitian terdahulu yang telah tertera pada Tabel 2.1, penelitian ini merupakan hasil karya asli dan bukan merupakan plagiasi. Di bawah ini merupakan rincian pembeda untuk penelitian yang akan dilakukan penulis sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan objek pengamatan Gedung Rumah Susun ASN PUPR NTB yang berlokasi di Jalan TGH. Faesal No.555, Bengkel, Kec. Labuapi, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Bar. 83361, belum pernah menjadi objek penelitian yang lain.
2. Permodelan struktur disusun berdasarkan data pada shop drawing dan DED, serta dilengkapi dengan sejumlah parameter asumsi yang mengacu pada ketentuan dalam RKS proyek Gedung Rumah Susun ASN PUPR NTB.
3. Analisis yang dilakukan dengan metode *Respon Spectrum* dengan bantuan perangkat lunak ETABS, dimana seluruh data ukuran dan mutu sesuai dengan yang tertera pada *shop drawing* dan DED dari Gedung Rumah Susun ASN PUPR NTB.
4. Hasil evaluasi kinerja seismik mengacu pada SNI 1726:2019.
5. Hal yang sama dengan penelitian sebelumnya:
 - a. Menggunakan metode analisis dinamik *respon spectrum*
 - b. Pendekatan parameter kinerja seismiknya seperti gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan maksimum (*displacement*), simpangan antar lantai (*story drift*), serta penambahan nilai P-Delta.
 - c. Menganalisis respons struktur terhadap beban gempa berdasarkan karakteristik material, konfigurasi struktur, dan kondisi tapak bangunan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum Bangunan Bertingkat

Bangunan bertingkat merupakan struktur yang memiliki lebih dari satu lantai dan digunakan untuk berbagai fungsi, seperti hunian, perkantoran, pendidikan, maupun komersial. Dalam perencanaan teknik sipil, bangunan bertingkat dikategorikan sebagai struktur gedung vertikal yang harus mampu menahan beban vertikal (gravitasi) dan beban lateral (gempa dan angin) secara aman dan efisien.

Perencanaan struktur bangunan bertingkat melibatkan interaksi antara berbagai elemen struktur, yaitu balok, kolom, pelat lantai, dan sistem penahan gaya lateral seperti dinding geser (*shear wall*) atau rangka pemikul momen (*moment resisting frame*). Setiap elemen memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan dan kekakuan bangunan terhadap berbagai jenis beban yang bekerja.

3.2 Respon Struktur dan Standar Peraturan Ketahanan Gempa

Sebagai upaya dalam meminimalisir adanya korban jiwa dari runtuhnya sebuah bangunan akibat bencana gempa bumi, maka dibutuhkan perlakuan analisis respon struktur. Respon struktur merupakan bentuk dari evaluasi yang dilihat berdasarkan respon yang terjadi pada suatu bangunan akibat adanya beban, yang dimana dalam penelitian ini akan diberi beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan menggunakan analisis dinamik metode respon spektrum

Dengan begitu penelitian ini pada perhitungan gempa rencana dengan analisis dinamik metode respon *spectrum* yang mengacu pada standar peraturan SNI 1726-2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung serta juga mengacu pada peta kerentanan dari ISBN: 978- 602-5489-01-3 Tentang Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017.

3.3 Analisis Dinamik *Linier*

Analisis dinamik *linier* merupakan metode analisis struktur yang digunakan untuk menentukan respon dinamik (getaran) bangunan akibat beban gempa dengan

asumsi bahwa hubungan antara gaya dan perpindahan bersifat linier (elastis). Maka dari itu, selama analisis berlangsung, kekakuan struktur dianggap konstan, dan struktur belum mengalami kondisi leleh atau plastisitas.

Menurut Chopra (2017), analisis dinamik linier adalah pendekatan di mana respon struktur terhadap beban gempa dihitung dengan mempertimbangkan massa, kekakuan, dan redaman struktur, namun masih dalam batas elastis. Metode ini digunakan untuk memperkirakan perpindahan, gaya dalam, percepatan, serta periode getar alami struktur akibat beban gempa rencana.

Penerapan metode analisis dinamik pada perencanaan struktur tahan gempa dilakukan apabila diperlukan penilaian yang lebih presisi terhadap gaya-gaya seismik yang memengaruhi bangunan. Selain itu, metode ini bermanfaat untuk memahami karakteristik respons struktur yang lebih merepresentasikan kondisi aktual akibat pengaruh gempa. Analisis dinamik dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Analisis respon spektrum merupakan respon yang diterima oleh struktur dari gempa rencana yang kemudian diketahui respon dari struktur tersebut berdasarkan pengaruh gempa melalui superposisi hasil respons dari setiap getaran.
2. Analisis riwayat waktu merupakan metode yang menggunakan data hasil pencatatan atau rekaman percepatan tanah dari kejadian gempa sebelumnya, dengan tujuan untuk mengetahui respons struktur terhadap waktu, baik pada kondisi perilaku linier maupun nonlinier, akibat gerakan tanah yang ditimbulkan oleh gempa.

3.4 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Dalam konsep perencanaan struktur bangunan, ketahanan struktur terhadap gempa menjadi salah satu aspek yang harus diperhatikan selain dari fungsi, estetika, kestabilan dan efisiensi biaya. Menurut Tjokrodimulyo (2007), bangunan tahan gempa adalah bangunan yang memiliki kemampuan untuk tetap utuh dan tidak mudah mengalami kerusakan atau keruntuhan saat gempa terjadi. Ini tidak hanya berkaitan dengan perencanaan bangunan yang mempertimbangkan beban gempa,

tetapi lebih pada kemampuan aktual bangunan untuk mengatasi dampak gempa tanpa mengalami kerusakan yang signifikan.

Perencanaan bangunan tahan gempa didasarkan pada prinsip daktilitas, kekakuan, dan kekuatan struktur. Daktilitas menggambarkan kemampuan elemen struktur untuk mengalami deformasi plastis tanpa kehilangan kekuatan secara signifikan. Semakin tinggi daktilitas suatu struktur, semakin besar kemampuannya untuk menyerap energi gempa. Kekakuan berperan dalam mengontrol simpangan lateral bangunan agar tetap dalam batas yang diizinkan, sedangkan kekuatan struktur memastikan bahwa elemen-elemen utama mampu menahan gaya gempa yang bekerja.

Dalam SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung, dijelaskan bahwa setiap bangunan harus direncanakan berdasarkan tingkat risiko dan lokasi seismiknya. Pendekatan yang digunakan dalam perencanaan dapat berupa analisis statik ekuivalen untuk struktur sederhana dan analisis dinamik (*linear* maupun *non-linear*) untuk struktur dengan konfigurasi yang kompleks atau tinggi.

Selain itu, konsep kinerja struktur (*performance-based design*) juga menjadi landasan penting dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Konsep ini bertujuan untuk mengevaluasi perilaku struktur terhadap gempa berdasarkan tingkat kinerja yang diharapkan, seperti kondisi *operational*, *immediate occupancy*, *life safety*, hingga *collapse prevention*. Dengan demikian, perencanaan tidak hanya berfokus pada kekuatan, tetapi juga pada perilaku aktual struktur selama gempa berlangsung.

Secara umum, penerapan konsep perencanaan bangunan tahan gempa melibatkan integrasi antara peraturan teknis, pemahaman perilaku material, sistem struktur, dan ketepatan analisis dinamik. Melalui pendekatan ini, diharapkan struktur bangunan tidak hanya memenuhi standar keamanan, tetapi juga memiliki ketahanan yang optimal terhadap potensi gempa bumi yang mungkin terjadi di wilayah Indonesia.

3.5 Pembebanan Struktur

Dalam menganalisis kinerja struktur pada penelitian ini dilakukan melalui pemodelan bangunan yang disesuaikan dengan data yang sesuai dengan objek penelitian untuk dapat mengetahui besarnya gaya yang akan bekerja pada struktur. Dengan begitu dilakukan penentuan pembebanan yang dianalisis mencakup beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), serta beban gempa (*earthquake load*). Seluruh beban tersebut dihitung berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam standar peraturan dibawah ini.

1. SNI 1727:2020, untuk perhitungan beban mati.
2. SNI 1727:2020, untuk perhitungan beban hidup.
3. SNI 1726:2019, untuk perhitungan beban gempa.

3.5.1 Beban Mati atau *Dead Load (D)*

Beban mati merupakan beban yang ditimbulkan oleh berat sendiri seluruh komponen struktur maupun non-struktur yang sifatnya permanen dan tidak mengalami perubahan selama masa layanan bangunan. Berdasarkan ketentuan dalam SNI 1727:2020 mengenai beban minimum untuk perencanaan gedung dan struktur lainnya, penentuan beban mati pada suatu bangunan dapat dihitung dengan berat sendiri bahan bangunan dan berat sendiri komponen gedung yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 3.2

Tabel 3.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan

Bahan Bangunan	Beban	Satuan
Baja	7850	kg/m ³
Batu alam	2600	kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat bertumpuk)	1500	kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700	kg/m ³
Batu pecah	1450	kg/m ³
Besi tuang	7250	kg/m ³
Beton ⁽¹⁾	2200	kg/m ³
Beton bertulang ⁽²⁾	2400	kg/m ³
Kayu (kelas 1) ⁽³⁾	1000	kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampa lembap, tanpa diayak)	1650	kg/m ³
Pasangan batu merah	1700	kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200	kg/m ³

(Sumber : PPIUG Tahun 1983)

Lanjutan Tabel 3.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan

Bahan Bangunan	Beban	Satuan
Pasangan batu cetak	2200	kg/m ³
Pasangan batu karang	1450	kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembap)	1600	kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1800	kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembap)	1850	kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembap)	1700	kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000	kg/m ³
Timah hitam (timbel)	11400	kg/m ³

(Sumber : PPIUG Tahun 1983)

Tabel 3.2 Berat Sendiri Komponen Gedung

Komponen Gedung	Beban	Satuan
Adukan per cm tebal:		
- Dari semen	21	kg/m ²
- Dari kapur, semen merah atau tras	17	
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambahan, per cm tebal	14	kg/m ²
Dinding pasangan bata merah:		
- Satu batu	450	kg/m ²
- Setengah batu	250	
Dinding pasangan batako:		
Berlubang:		
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200	kg/m ²
- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120	
Tanpa lubang:		
- Tebal dinding 15 cm	300	
- Tebal dinding 10 cm	200	
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku terdiri dari:		
- Semen asbes (etemit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11	kg/m ²
- Kaca, dengan tebal 3-5 mm	10	
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40	kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7	kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	50	kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng usuk/kaso, per m ² bidang atap	40	kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10	kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24	kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11	kg/m ²
Ducting AC dan penerangan	30,6	kg/m ²

(Sumber : PPIUG Tahun 1983)

3.5.2 Beban Hidup atau *Live Load (L)*

Beban hidup merupakan beban gravitasi yang muncul akibat aktivitas dalam bangunan dan bersifat tidak tetap karena besarnya dapat berubah sesuai penggunaan tiap ruang. Beban ini meliputi pengaruh dari manusia, perabot, peralatan, serta benda bergerak lainnya yang tidak memiliki posisi permanen. Dalam proses perencanaan, beban hidup harus diperhitungkan secara menyeluruh agar mampu mewakili kondisi maksimum yang mungkin dialami bangunan selama beroperasi.

Berdasarkan ketentuan SNI 1727:2020, nilai beban hidup yang dipakai dalam desain tidak boleh lebih rendah dari batas minimum yang telah ditetapkan untuk tiap jenis ruang, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai acuan beban merata. Penerapan beban hidup sesuai ketentuan diperlukan untuk menjaga keamanan struktur, khususnya dalam menghadapi beban yang sifatnya tidak selalu dapat diprediksi namun dapat terjadi secara signifikan selama umur bangunan.

Tabel 3.3 Beban Hidup Terdistribus Merata Minimum, L_o dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan ? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan ? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)
Jalur Penyelamatan saat Kebakaran	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	
Tangga permanen		-	-	Lihat Pasal 4.5.4
Garasi/Parkir (Lihat Pasal 4.10)				
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Tidak (4.7.4)	Ya (4.7.4)	Lihat Pasal 4.10.1
Truk dan bus	Lihat Pasal 4.10.2	-	-	Lihat Pasal 4.10.2
Pegangan tangga dan pagar pengaman	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1
Batang pegangan				Lihat 4.5.1
Koridor				

(Sumber : 1727:2020)

**Lanjutan Tabel 3.3 Beban Hidup Terdistribus Merata Minimum, L_o dan
Beban Hidup Terpusat Minimum**

Hunian atau penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan ? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan ? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)
Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	
Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain			
Ruang makan dan restoran	100 (4,97)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)	
Hotel (lihat rumah tinggal)				
Perpustakaan				
Ruang baca	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)
Tempat rekreasi				
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)	
Ruang dansa dan <i>ballroom</i>	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)	
Gimnasium	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)	
Gedung perkantoran				
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian				
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)
Atap				
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-	4.8.1
Atap yang digunakan penghuni	Sama Dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-	
Atap vegetatif dan atap lansekap				
Atap bukan hunian	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-	
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama Dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-	

(Sumber : 1727:2020)

3.5.3 Beban Gempa atau *Earthquake Load*

Beban Gempa adalah pergerakan tanah yang diakibatkan karena adanya bencana alam yang di sebut Gempa Bumi yang berkerja pada struktur bangunan atau gedung tersebut. Saat bangunan bergetar atau muncul gaya-gaya struktur pada bangunan atau gedung tersebut karena adanya kecendrungan massa bangunan dalam mempertahankan struktur dari getaran yang terjadi akibat gempa bumi. Nilai-nilai yang digunakan dalam penentuan perhitungan beban gempa rencana, sebagai berikut:

1. Nilai
2. Kategori risiko dan faktor keutamaan bangunan
3. Kategori Desain Seismik
4. Metode analisis beban gempa
5. Gaya Lateral

3.6 Ketentuan Umum Terkait Pengaruh Gempa

Ketentuan-ketentuan dalam perancangan struktur bangunan terhadap gempa mencakup sejumlah parameter penting, antara lain wilayah seismik, kategori fungsi bangunan, spektrum respons, serta faktor pendukung lainnya yang akan dijelaskan pada bagian berikut ini.

3.6.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan

Berdasarkan acuan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, pengelompokan kategori risiko struktur bangunan dibagi menjadi 4 kategori utama. Pembagian ini didasarkan pada fungsi serta tingkat kepentingan bangunan terhadap keselamatan dan dampak kerusakan yang mungkin ditimbulkan apabila terjadi gempa bumi. Semakin besar potensi risiko dan peranan bangunan terhadap aktivitas sosial maupun ekonomi, maka semakin tinggi pula kategori risikonya. Oleh karena itu, klasifikasi ini menjadi dasar dalam menentukan tingkat kinerja seismik yang harus dipenuhi dalam perencanaan dan evaluasi struktur. Adapun rincian kategori risiko bangunan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perkebunan, perternakan dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion	III

(Sumber : SNI 1726-2019)

**Lanjutan Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung
untuk Beban Gempa**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

(Sumber : SNI 1726-2019)

**Lanjutan Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung
untuk Beban Gempa**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulan, dan kantor polisi, serta garasi keadaan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.6.2 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Faktor keutamaan gempa merupakan salah satu parameter utama dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa yang berfungsi sebagai pengali dalam perhitungan beban gempa rencana. Nilai faktor ini tidak bersifat seragam, melainkan disesuaikan dengan kategori risiko masing-masing bangunan berdasarkan fungsi, tingkat kepentingan, serta potensi dampak kerusakan yang dapat ditimbulkan apabila gempa terjadi. Bangunan dengan fungsi seperti rumah sakit, fasilitas darurat, atau infrastruktur penting umumnya memiliki faktor keutamaan yang lebih besar dibandingkan dengan bangunan umum karena memerlukan tingkat keamanan struktural yang lebih tinggi. Dengan demikian, penerapan faktor keutamaan gempa menjadi langkah penting dalam memastikan bahwa setiap jenis bangunan dirancang dengan tingkat ketahanan yang proporsional terhadap risikonya. Hubungan antara kategori risiko bangunan dan nilai faktor keutamaan gempa dapat dilihat secara lebih rinci pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I dan II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.6.3 Klasifikasi Situs

Penentuan klasifikasi situs perlu dilakukan terlebih dahulu sebagai tahapan awal dalam menetapkan standar desain seismik pada suatu bangunan yang berdiri di atas permukaan tanah. Langkah ini bertujuan untuk mengetahui besarnya amplifikasi percepatan gempa yang terjadi dari lapisan batuan dasar hingga mencapai permukaan tanah di lokasi tertentu. Melalui klasifikasi tersebut, kondisi geoteknik suatu wilayah dapat diidentifikasi sehingga perencanaan struktur bangunan dapat menyesuaikan dengan respons tanah terhadap guncangan gempa. Klasifikasi situs secara lengkap disajikan pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Klasifikasi Situs

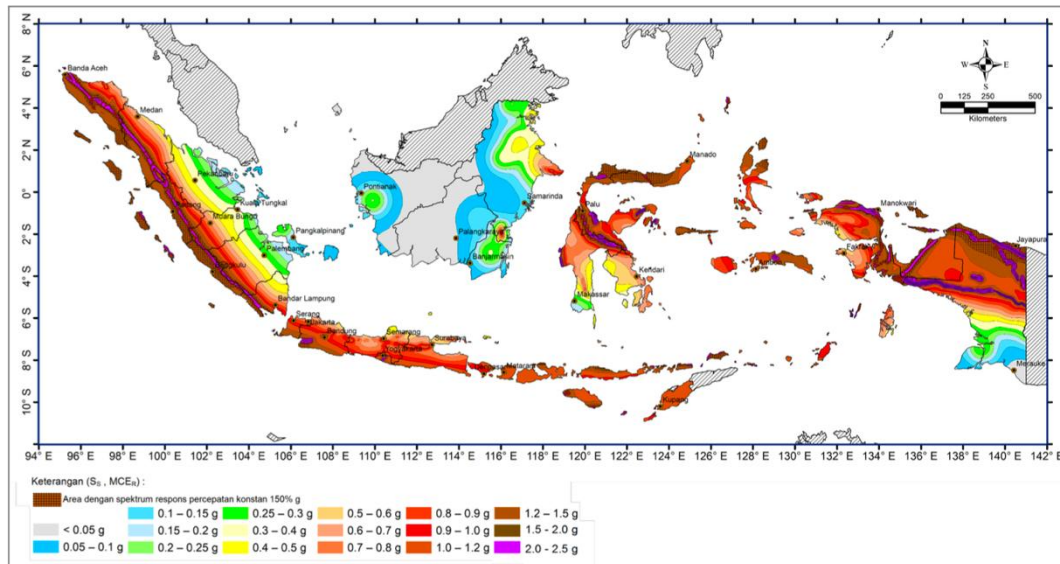
Kelas Situs	V_s (m/detik)	N	SL (kPa)
Sa (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat, batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	75 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir, < 25 kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.6.4 Parameter Percepatan Gempa

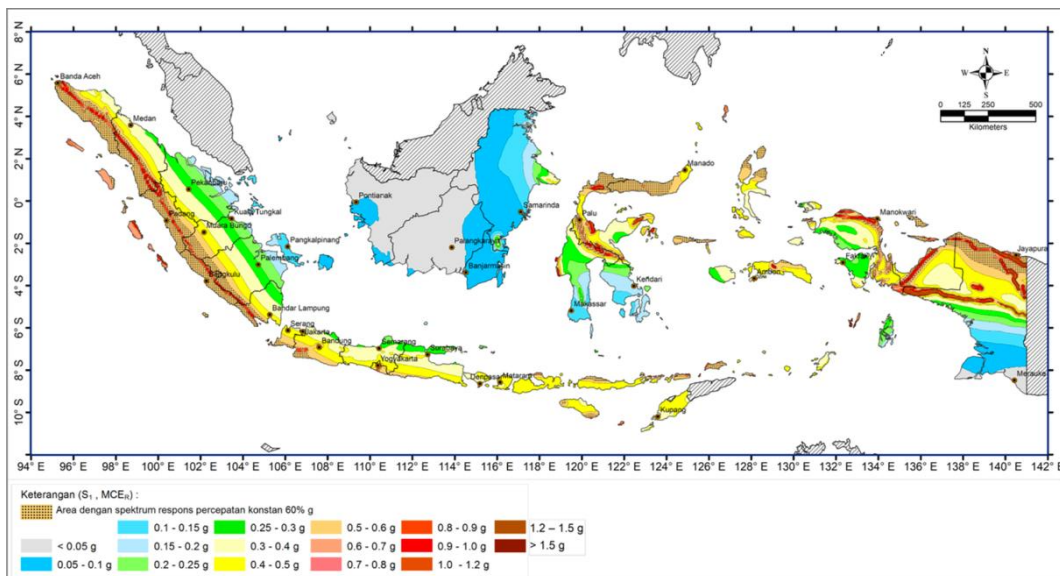
Parameter S_s dan S_1 menunjukkan besarnya percepatan gempa pada kondisi batuan dasar masing-masing untuk periode pendek 0,2 detik dan periode 1 detik. Nilai kedua parameter tersebut diperoleh dari peta spektrum percepatan gempa yang disusun berdasarkan tingkat gempa rencana MCER dengan kemungkinan terlampaui sebesar 2% dalam kurun waktu 50 tahun. Penentuan besaran S_s dan S_1

untuk sesuai wilayah pada peta zonasi percepatan gempa yang dapat lihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.1 Parameter S_s , Gempa Maksimum (MCE_R) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respon 0,2 detik (Rendaman Kritis 5%)

(Sumber : SNI 1726-2019)



Gambar 3.2 Parameter S_1 , Gempa Maksimum (MCE_R) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respon 1,0 detik (Rendaman Kritis 5%)

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.6.5 Faktor Amplifikasi dan Parameter Respon Spektral Gempa Maksimum

Koefisien situs digunakan untuk menentukan faktor amplifikasi getaran tanah terhadap percepatan gempa, yang terdiri atas faktor amplifikasi periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi periode panjang sekitar 1,0 detik (F_v). Kedua faktor ini menggambarkan respons tanah terhadap getaran gempa dengan frekuensi berbeda dan berperan penting dalam penentuan spektrum respons desain bangunan. Nilai F_a dan F_v mengikuti pada Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.7 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan untuk Periode Pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel 3.8 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan untuk Periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

(Sumber : SNI 1726-2019)

Untuk menentukan respon spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan lapisan, diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1,0 detik, meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran terkait percepatan mewakili getaran periode 1,0 detik (F_v). Adapun parameter respons spektral percepatan pada

periode pendek (S_{MS}) dan respons spektral percepatan pada periode 1,0 detik (S_{M1}) dapat ditentukan menggunakan persamaan 3.1 dan 3.2 sebagai berikut ini.

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3.1)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3.2)$$

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek.

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Berikutnya menghitung nilai parameter percepatan spektral desain yang akan digunakan untuk membuat respon spektrum desain menggunakan persamaan 3.3 dan 3.4 sebagai berikut.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.4)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain periode pendek.

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain periode 1 detik.

3.6.6 Kategori Desain Seismik

Struktur bangunan harus termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) sesuai SNI 1726:2019 pasal 6.5. Adapun ketentuan yang ditetapkan pada pasal tersebut terkait kategori desain seismik sebagai berikut.

1. Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III dengan $S_1 \geq 0,75$ ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E.
2. Struktur dengan kategori resiko IV dengan $S_1 \geq 0,75$ ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Selain dari ketentuan diatas, kategori desain seismik untuk struktur lainnya dapat ditentukan berdasarkan kategori resiko bangunan dengan nilai respon spektral percepatan desainnya (S_{DS} dan S_{D1}) yang dapat dilihat pada Tabel 3.9 dan 3.10 sebagai berikut.

**Tabel 3.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons
Percepatan pada Periode Pendek**

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,133$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber : SNI 1726-2019)

**Tabel 3.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons
Percepatan pada Periode 1 Detik**

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.6.7 Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur (T) merupakan waktu yang diperlukan bangunan untuk menyelesaikan satu siklus getaran alami, yaitu sejak struktur mengalami gangguan dari posisi keseimbangan statis hingga kembali ke posisi semula. Nilai periode ini dipengaruhi oleh massa dan kekakuan struktur yang terjadi tanpa adanya pengaruh dari gaya luar.

Dalam menghitung nilai periode fundamental pendekatan (T_a) dibutuhkan parameter periode pendekatan C_t dan x berdasarkan tipe struktur yang digunakan. Nilai parameter C_t dan x dapat dilihat pada Tabel 3.11 sebagai berikut.

Tabel 3.11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul, rangka pemikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupkan atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi		
- Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
- Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber : SNI 1726-2019)

Maka nilai periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik dapat dihitung menggunakan persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.5)$$

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur (m)

C_t = koefisien periode pendekatan

Periode fundamental (T) harus tetap di bawah hasil perkalian antara koefisien batasan atas pada periode yang dihitung (C_u). Nilai koefisien batas atas dapat dilihat pada Tabel 3.12 sebagai berikut.

Tabel 3.12 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter Percepatan Respon Spektral Desain pada 1 Detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber : SNI 1726-2019)

Dengan demikian, dapat ditentukan nilai periode pendekatan maksimum (T_{max}) dalam detik menggunakan persamaan 3.6 berikut ini.

$$T_{max} = C_u \times T_a \quad (3.6)$$

3.6.8 Penentuan Sistem Pemikul Gaya Seismik

Berdasarkan FEMA P-2082-2 (2020), Sistem struktur bangunan umumnya dirancang dengan pembagian fungsi yang jelas antara pemikul beban vertikal dan penahan gaya lateral. Beban gravitasi, termasuk berat struktur sendiri dan beban penggunaan akan ditopang oleh rangka kolom dan gaya lateral akibat gempa ditopang oleh elemen khusus seperti dinding geser yang memiliki kekakuan tinggi sehingga mampu mengontrol deformasi horizontal bangunan. Maka dari itu, telah ditetapkan dalam SNI 1726:2019 yang mewajibkan setiap bangunan Gedung memiliki sistem pemikul beban vertikal dan sistem penahan gaya lateral untuk memenuhi kriteria kekuatan, kekakuan, serta kapasitas disipasi energi yang cukup untuk merespons gerakan tanah akibat gempa.

Dapat dilihat pada Tabel 12 SNI 1726:2019 terdapat beberapa jenis sistem pemikul gaya seismik. Namun pada kategori desain seismik tinggi dibutuhkan penggunaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang sudah dirancang khusus untuk mampu memberikan perilaku daktail serta menyerap energi gempa secara efektif tanpa mengalami kerusakan struktural langsung.

Pada sistem ganda (*dual system*), kolom dan balok akan berfungsi sebagai penopang utama beban gravitasi, sehingga dinding geser akan berperan sebagai penopang gaya lateral dan rangka momen sebagai lateral sekunder. Pada penggunaan sistem ganda terdapat persyaratan sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.5.2.1, bahwa rangka pemikul momen harus mampu menahan 25% gaya lateral, sehingga tercapai tingkat daktilitas dan redundansi struktur yang memadai.

Setiap sistem struktur diklasifikasikan berdasarkan jenis elemen vertikal yang digunakan sebagai pemikul gaya lateral, dengan mempertimbangkan kategori desain seismik serta tinggi maksimum bangunan (h_n) yang diizinkan, yang dapat dilihat pada tabel 3.13 sebagai berikut.

Tabel 3.13 Faktor R , C_d , Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

No	Sistem Pemikul Gaya Seismik	R^a	Ω_0^b	C_d^c	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, $h_n(m)^d$				
					Kategori Desain Seismik				
					B	C	D	E	F
C.	Sistem rangka pemikul momen								
1.	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
2.	Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
3.	Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
D.	Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan								
1.	Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	7	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
2.	Dinding geser beton bertulang biasa ^g	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	TI	TI	TI

(Sumber : SNI 1726-2019)

Catatan:

TB = Tidak Dibatasi

TI = Tidak Diizinkan

3.7 Respons Spektrum Desain

Respons spektrum merupakan grafik yang menunjukkan hubungan periode getar alami struktur (T) dengan respons maksimum yang mungkin timbul, seperti simpangan, kecepatan, atau percepatan, pada tingkat redaman tertentu dan kondisi gempa yang telah ditentukan (Pawirodikromo, 2017). Grafik respons spektrum (Gambar 3.4) dapat diperoleh dengan memasukkan informasi Lokasi dan kondisi situs yang ditinjau melalui laman <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> atau dengan perhitungan manual berdasarkan SNI 1726:2019.

Berdasarkan SNI 1726:2019 jika spektrum respon diperlukan dan prosedur Gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respon desain harus dikembangkan dengan mengikuti ketentuan-ketentuan sebagai berikut.

1. Untuk $T < T_0$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) dapat diambil dari persamaan berikut ini.

$$S_a = S_{DS}(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \quad (3.7)$$

2. Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a), sama dengan S_{DS} .
3. Untuk $T_s < T \leq T_L$, maka nilai spektral percepatan desain (S_a) dapat diambil berdasarkan dari persamaan berikut ini.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.8)$$

4. Untuk $T > T_L$, maka nilai spektrum respons percepatan desain (S_a) dapat diambil dari persamaan berikut ini.

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \quad (3.9)$$

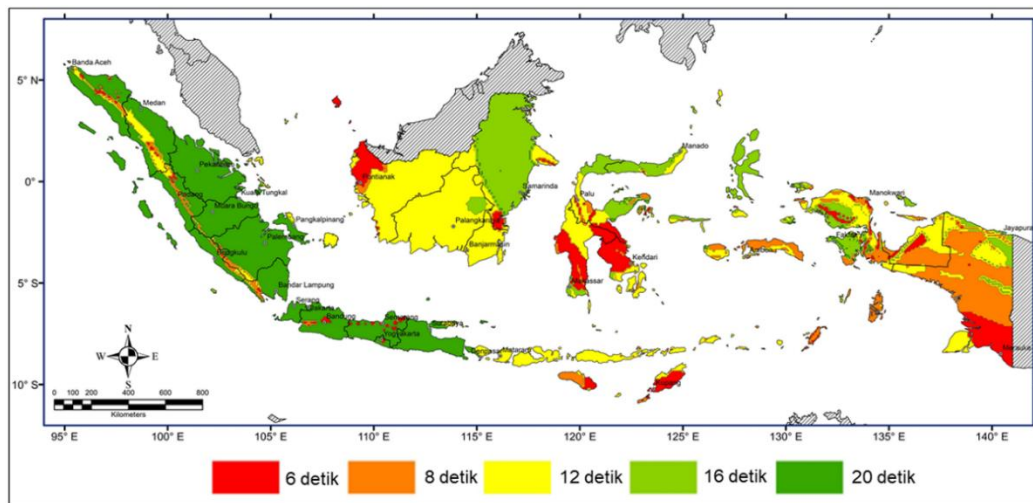
5. Periode puncak awal (T_0) ditentukan menggunakan persamaan berikut ini.

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.10)$$

6. Periode puncak akhir (T_s) ditentukan dengan persamaan berikut ini.

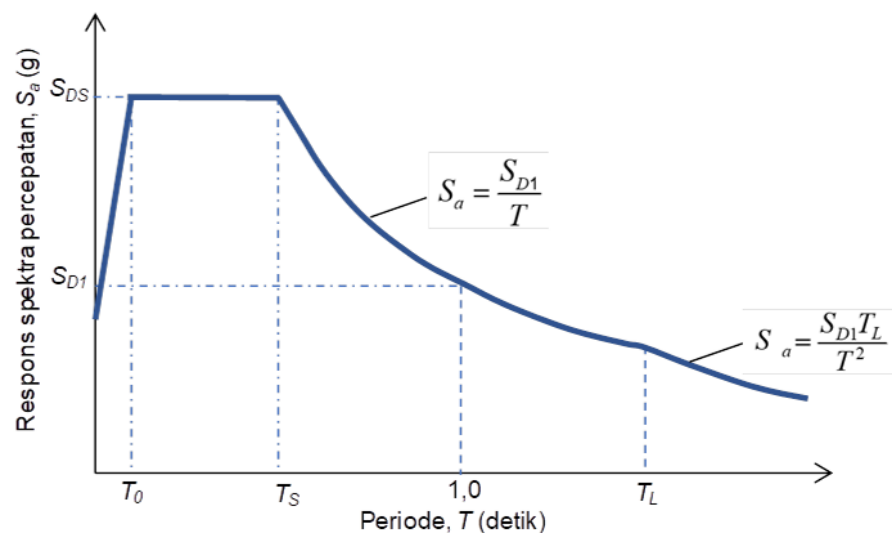
$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.11)$$

7. Transisi periode Panjang (T_L) diambil nilainya berdasarkan T_L yang telah ditetapkan untuk wilayah indonesia yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Parameter Transisi Panjang (T_L)

(Sumber : SNI 1726-2019)



Gambar 3.4 Spektrum Respons Desain

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.8 Ketidakberaturan Struktur

Berdasarkan SNI 1726:2019, setiap bangunan harus ditentukan terlebih dahulu apakah termasuk struktur beraturan atau tidak beraturan. Ketidakberaturan tersebut dikelompokkan ke dalam dua jenis yang berkaitan dengan susunan dan bentuk konfigurasi struktural bangunan, dapat lihat sebagai berikut.

1. Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

Struktur bangunan yang termasuk dalam Tabel 13 SNI 1726:2019 dikategorikan memiliki ketidakberaturan pada arah horizontal. Terutama bangunan yang dirancang masuk kedalam kategori desain seismik D, E, atau F, ketidakberaturan baik secara horizontal maupun vertikal penting untuk di perhatikan sesuai dengan ketentuan yang telah tercantum kedalam standar terkait yang dapat dilihat pada Tabel 3.14 berikut

Tabel 3.14 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
1a	Ketidakberaturan Torsi didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata dikedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b	Ketidakberaturan Torsi Berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.3.4.2 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2	Ketidakberaturan Sudut Dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F

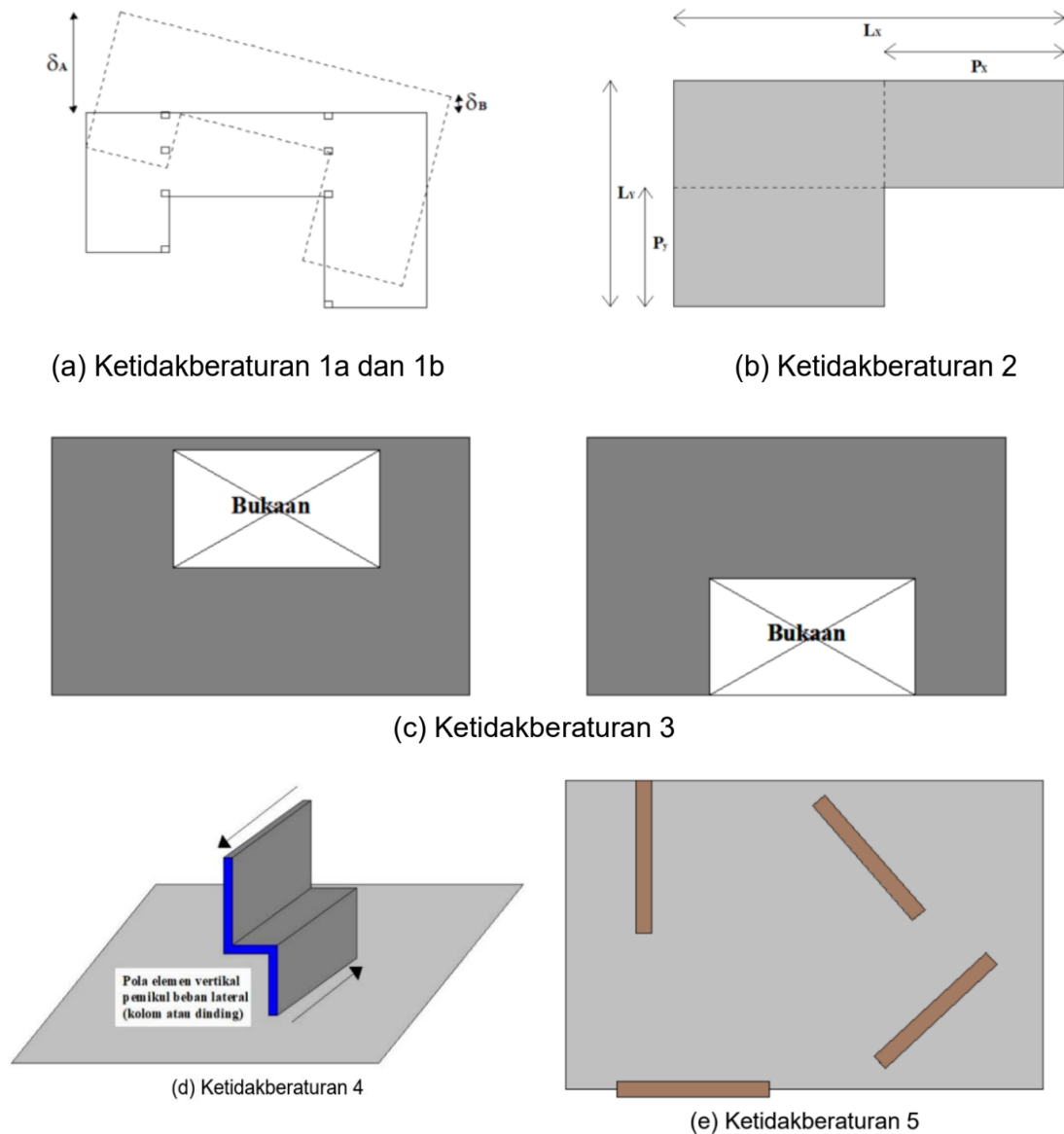
(Sumber : SNI 1726-2019)

Lanjutan Tabel 3.14 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
3	Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekuatan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
4	Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus terhadap Bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5	Ketidakberaturan Sistem Non-paralel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	7.5.3 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

(Sumber : SNI 1726-2019)

Struktur yang memiliki ketidakberaturan horizontal Tipe 1b atau ketidakberaturan vertikal Tipe 1b, 5a, dan 5b tidak diperkenankan untuk kategori E dan F. Pada kategori D, ketidakberaturan vertikal Tipe 5b juga tidak diizinkan. Apabila suatu bangunan menunjukkan ketidakberaturan horizontal (Tipe 1a, 1b, 2, 3, atau 4), maka gaya desain perlu dinaikkan sebesar 25% pada komponen tertentu, termasuk sambungan antara diafragma dan elemen vertikal, serta pada elemen kolektor berikut sambungannya. Ilustrasi pada masing-masing tipe ketidakberaturan dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal

(Sumber : SNI 1726-2019)

2. Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur

Struktur yang terdapat pada Tabel 14 SNI 1726:2019 dianggap memiliki ketidakberaturan vertikal dan wajib memenuhi persyaratan yang dijelaskan dalam pasal-pasal terkait pada tabel tersebut, khususnya apabila bangunan berada dalam

kategori desain seismik tertentu sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3.15 berikut ini.

Tabel 3.15 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
1a	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. ⁴	Tabel 16	D, E, dan F
1b	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
2	Ketidakberaturan Berat (Massa) didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 16	D, E, dan F
3	Ketidakberaturan Geometri Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.	Tabel 16	D, E, dan F
4	Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	7.3.3.3 7.3.3.4 Tabel 16	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F

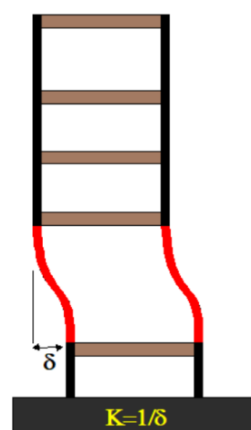
(Sumber : SNI 1726-2019)

Lanjutan Tabel 3.15 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur

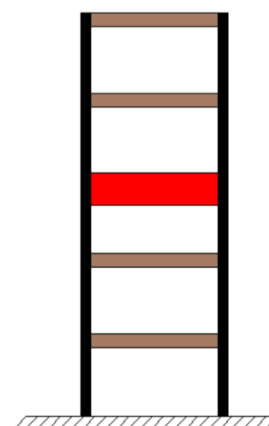
	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
5a	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F

(Sumber : SNI 1726-2019)

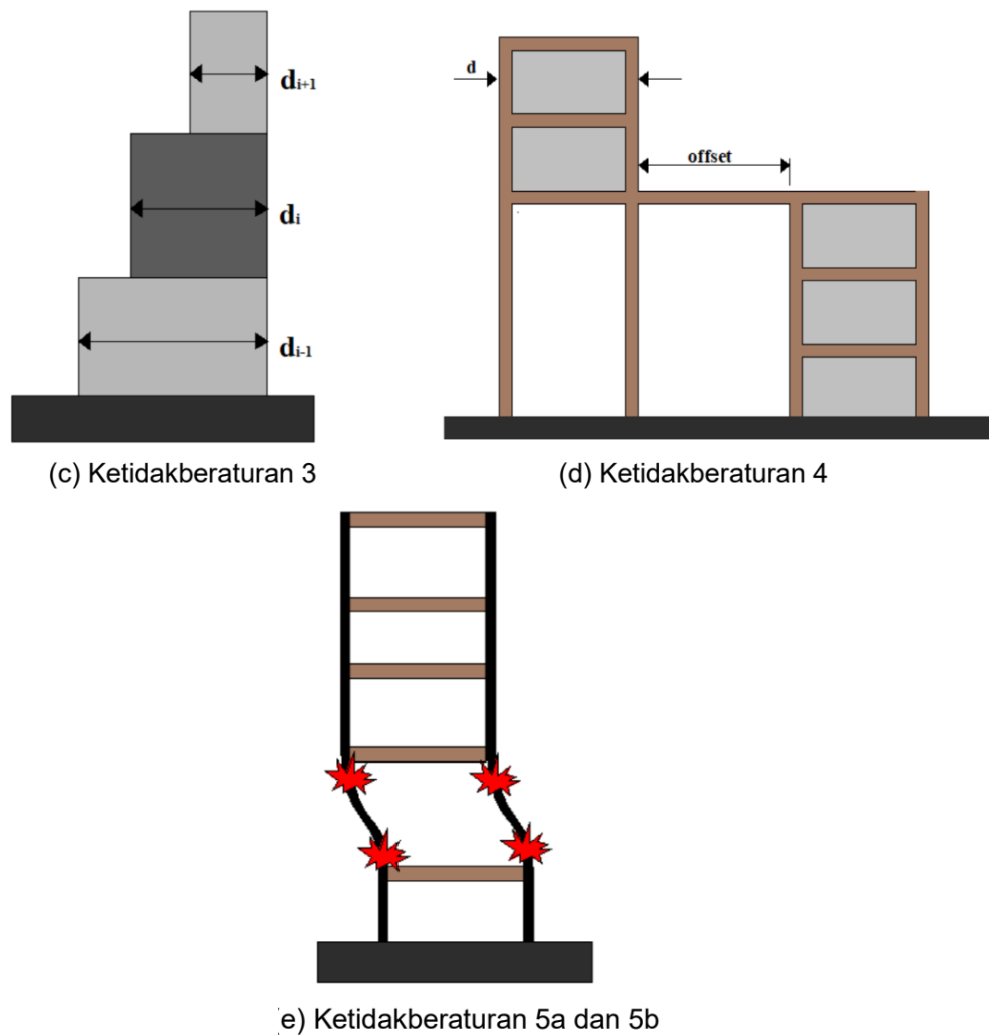
Beberapa bentuk ketidakberaturan vertikal pada struktur tidak diperkenankan digunakan pada kategori desain seismik D, E, atau F. Secara khusus, ketidakberaturan vertikal Tipe 1b, 5a, dan 5b tidak diperbolehkan pada kategori E dan F, sementara Tipe 5b juga tidak diizinkan untuk kategori D. Selain itu, apabila struktur menunjukkan ketidakberaturan vertikal Tipe 4 seperti yang tercantum pada Tabel 14, maka gaya desain pada elemen-elemen sistem penahan beban gempa termasuk sambungan kolektor dan elemen vertikal harus ditambah sebesar 25% sesuai ketentuan pasal 7.10.1.1 dalam SNI 1726:2019. Ilustrasi tiap masing-masing tipe ketidakberaturan vertikal dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



(a) Ketidakberaturan 1a dan 1b



(b) Ketidakberaturan 2



Gambar 3.6 Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.9 Redundansi (ρ)

Faktor redundan digunakan pada struktur yang masuk dalam kategori desain seismik D hingga F sebagai parameter seberapa baik distribusi pada elemen penahan gaya lateral dalam struktur. Nilai ρ ditetapkan sebesar 1,0 dan 1,3 dalam SNI 1726-2019 dengan ketentuan sebagai berikut.

3. Nilai ρ adalah 1,0
 - a Desain struktur untuk kategori desain *seismic* B atau C;
 - b Perhitungan simpangan antar tingkat dan pengaruh P-Delta;
 - c Desain komponen nonstruktural;

- d Desain struktur nongedung yang tidak sam dengan bangunan gedung;
 - e Desain struktur kolektor, sambungan lewatan, dan sambungan yang memperhitungkan kombinasi pengaruh beban seismik termasuk faktor kuat lebih;
 - f Desain elemen struktur atau sambungan yang memperhitungkan kombinasi pengaruh beban seismik termasuk faktor kuat lebih;
 - g Beban diafragma yang ditentukan menggunakan persamaan 51 pada SNI 1726:2019, termasuk batasan yang disyaratkan oleh persamaan 52 dan persamaan 53 pada aturan yang sama;
 - h Desain struktur dengan sistem peredam;
 - i Desain dinding struktural terhadap gaya keluar bidang, termasuk angkurnya.
4. Pada struktur dalam Kategori Desain Seismik E dan F tidak diperkenankan dalam ketidakberaturan torsi berlebih. Sedangkan, Kategori Desain Seismik D dengan ketidakberaturan torsi pada Tipe 1b serta struktur yang ada pada Kategori D hingga F tanpa ketidakberaturan torsi berlebihan, maka ditetapkan nilai faktor reduksi (ρ) sebesar 1,3. Meskipun demikian, pada kondisi tertentu diizinkan tetap menggunakan nilai (ρ) sebesar 1,0.
- a Pada tiap tingkat yang mampu menahan lebih dari 35% geser dasar dalam arah yang ditinjau harus sesuai dengan ketentuan pada Tabel 15.
 - b Pada struktur denah yang beraturan pada seluruh tingkat dengan menggunakan sistem pemikul gaya seismik yang harus terdiri dari minimal dua bentang elemen perimeter gaya lateral pada setiap sisi struktur dan setiap arah orthogonal di tiap tingkat yang akan memikul lebih dari 35% gaya geser dasar yang dapat dilihat pada Tabel 3.16. Untuk sistem dinding geser, jumlah bentang ditentukan berdasarkan panjang total dinding dibagi tinggi tingkat. Sementara itu, pada konstruksi rangka ringan, jumlah bentang dihitung dari dua kali panjang dinding geser yang dibagi dengan tinggi tingkat (h_{sx}).

Tabel 3.16 Persyaratan untuk Setiap Tingkat yang Menahan Lebih dari 35% Gaya Geser Dasar

Elemen pemikul gaya lateral	Persyaratan
Rangka dengan bresing	Penghilangan suatu bresing individu, atau sambungan yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33 %, dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).
Rangka pemikul momen	Kehilangan tahanan momen di sambungan balok-kolom di kedua ujung suatu balok tunggal tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33% dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b)
Dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0	Penghilangan suatu dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0 di sebarang tingkat, atau sambungan kolektor yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33% dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b)
Kolom kantilever	Kehilangan tahanan momen di sambungan dasar pada sebarang kolom kantilever tunggal tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33% dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).
Lainnya	Tidak ada persyaratan

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.10 Penentuan Prosedur Analisis

Prosedur analisis yang digunakan harus disesuaikan dengan ketentuan berdasarkan kategori desain seismik serta karakteristik struktur bangunan.

Ketentuan mengenai pemilihan prosedur analisis dijelaskan pada Tabel 3.17 berikut.

Tabel 3.17 Prosedur Analisis yang Diizinkan

Kategori Desain Seismik	Karakteristik Struktur	Analisis Gaya Lateral Ekuivalen	Analisis Spektrum Respons Ragam	Prosedur Respons Riwayat Waktu Seismik
B, C	Semua Struktur	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak melebihi 2 tingkat diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan structural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan strkturandengan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_S$	I	I	I
	memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2, 3, 4 atau 5 atau ketidakberaturan vertical tipe 4, 5a, atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

(Sumber : SNI 1726-2019)

Catatan:

I = Diizinkan

TI = Tidak Diizinkan

3.11 Simpangan atau Perpindahan (*Displacement*)

Perpindahan lateral atau displacement, yaitu perubahan posisi absolut suatu tingkat akibat getaran seismik. Pada nilai perpindahan yang dikombinasi telah diatur dalam SNI 1726:2019 atau pada pasal 3.3.11 Nomor 4 bagian D.

3.12 Kombinasi Pembebanan

Desain struktur bangunan harus mematuhi kombinasi pembebanan sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam peraturan SNI 1726-2019. Kekuatan rencana struktur harus setara atau lebih besar dari pengaruh yang ditimbulkan oleh

berbagai kombinasi beban, sebagaimana diuraikan dalam berbagai kombinasi pembebanan berikut.

1. $1,4D$
2. $1,4D + 1,6L$
3. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 1,0L \pm 1,0EQ_X \pm 0,3EQ_Y$
4. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + 1,0L \pm 0,3EQ_X \pm 1,0EQ_Y$
5. $(0,9 - 0,2S_{DS})D \pm 1,0EQ_X \pm 0,3EQ_Y$
6. $(0,9 - 0,2S_{DS})D \pm 0,3EQ_X \pm 1,0EQ_Y$

Keterangan:

D = beban mati yang terjadi akibat berat konstruksi dan lain-lainnya yang bersifat permanen atau tetap.

L = beban hidup yang terjadi akibat pengguna atau penghuni bangunan.

E = beban gempa yang dibekerja pada bangunan

Q_X = beban gempa arah X

Q_Y = beban gempa arah Y

3.13 Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar (*base shear*) seismik (V) adalah gaya lateral ekuivalen yang timbul akibat gaya gempa dan diterima oleh struktur bangunan. Penentuan gaya geser dasar seismik dapat dihitung dan disesuaikan menggunakan persamaan 3.12 dan 3.13 berikut.

$$V = C_S \times W \quad (3.11)$$

$$C_S = \frac{SD_S}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.12)$$

Keterangan:

C_S = koefisien respon seismik

W = berat seismik gedung efektif

S_{DS} = percepatan respon spektral desain dalam rentang periode pendek

R = koefisien modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

Adapun nilai C_S yang dihitung sesuai dengan persamaan (3.11) tidak perlu melebihi hasil berikut ini.

$$- \text{ Untuk } T \leq T_L, \text{ maka } C_S = \frac{SD_I}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.13)$$

$$- \text{ Untuk } T \geq T_L, \text{ maka } C_S = \frac{SD_I T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.14)$$

$$- \text{ Tidak kurang dari, } C_S = 0,0044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3.15)$$

Jika berlokasi di daerah dengan S_I sama dengan atau lebih dari $0,6g$, maka C_S harus tidak kurang dari :

$$C_S = \frac{0,5 S_I}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.16)$$

Keterangan:

- R = koefisien modifikasi respons
- I_e = faktor keutamaan gempa
- SD_I = percepatan respon spektral desain dalam rentang periode 1,0 detik
- T = periode fundamental struktur
- S_I = respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik

3.14 Penentuan Penskalaan Gaya

Menurut ketentuan dalam Pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726:2019, apabila hasil analisis menunjukkan bahwa periode fundamental suatu struktur melebihi nilai $C_u T_a$ pada arah tertentu, maka periode fundamental struktur tersebut (T) wajib disesuaikan hingga mencapai nilai $C_u T_a$. Apabila pada gaya geser dasar hasil kombinasi respons ragam (V_t) dari analisis dinamik memberikan nilai yang lebih kecil dari 100% gaya geser dasar (V) yang diperoleh melalui metode statik ekuivalen, maka nilai gaya geser tersebut harus dikalikan dengan faktor $\frac{V_t}{V}$. Dalam hal ini, V menyatakan gaya geser dasar dari metode statik ekuivalen, sedangkan V_t merupakan gaya geser dasar yang diperoleh dari hasil analisis kombinasi ragam.

3.15 Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

Dalam perencanaan struktur bangunan, diperlukan kekakuan yang cukup untuk membatasi terjadinya perpindahan yang berlebihan. Tingkat kekakuan tersebut dapat diketahui dari besarnya simpangan antar lantai (*story drift*). Semakin kecil nilai *story drift* yang muncul, maka semakin stabil dan aman struktur bangunan yang bersangkutan. Penentuan simpangan antar lantai (*story drift*) mengacu pada ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.6, dengan persamaan sesuai 3.17 dan 3.18 yang digunakan sebagai berikut.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a \quad (3.17)$$

$$\Delta_a = \delta_x - \delta_{x-1} \quad (3.18)$$

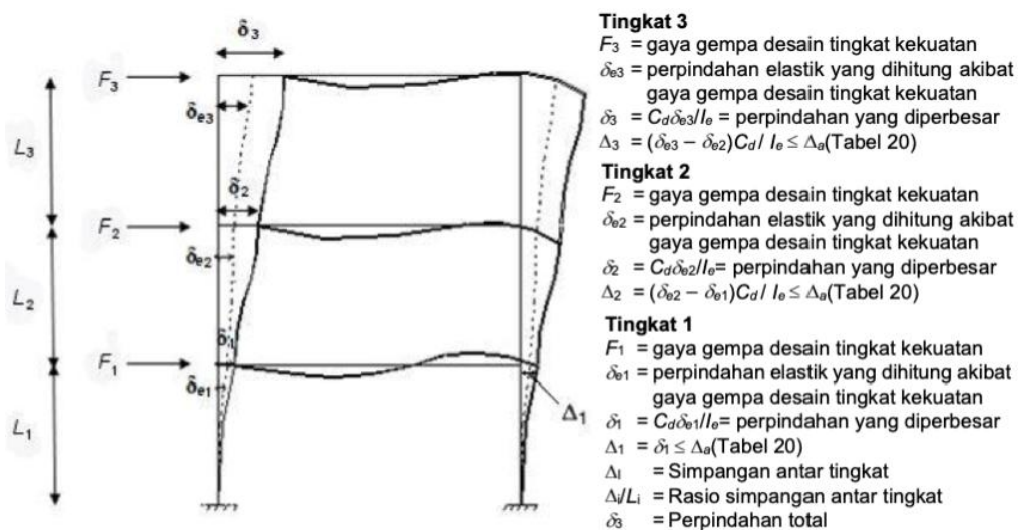
Keterangan :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral

δ_{xe} = simpangan syarat di tingkat-x yang, ditentukan dengan analisis elastik

I_e = faktor keutamaan gempa

Pada struktur KDS C sampai F dengan ketidakberaturan horizontal Tipe 1a atau 1b, simpangan antar lantai ditentukan dari selisih nilai maksimum simpangan titik segaris pada tepi struktur. Penentuan simpangan antar lantai dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Penentuan Nilai Simpangan Antar Lantai

(Sumber : SNI 1726-2019)

Berdasarkan SNI 1726:2019, nilai simpangan antar lantai hasil analisis harus lebih kecil atau sama dengan simpangan batas yang diperkenankan (Δ_{izin}). Ketentuan lebih rinci dijelaskan pada Pasal 7.12.1.1, yang menyatakan bahwa untuk sistem penahan gaya gempa pada Kategori Desain Seismik D sampai F yang menggunakan rangka momen sebagai satu-satunya sistem penahan lateral, nilai *story drift* antar tingkat (Δ) pada setiap lantai tidak boleh melampaui Δ_a/ρ .

Adapun simpangan antar tingkat izin (Δ_a) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.18 untuk semua tingkat berikut ini.

Tabel 3.18 Simpangan Antar Tingkat (Δ_a)

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eskterior yang telag didesain untuk mengakomodasi simpang antar tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

CATATAN

^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat-x: ^bSistem pemikul gaya seismik yang terdiri dari hanya rangka momen kategori desain seismik, D, E, dan F, simpangan antar tingkat izin harus sesuai dengan persyaratan pada pasal 7.12.1.1

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.16 Efek P-Delta

Efek P-Delta merupakan suatu kondisi ketika struktur mengalami perpindahan ke arah lateral akibat pengaruh gempa, sehingga beban vertikal (P_x) ikut bergeser sesuai deformasi yang terjadi. Pergeseran tersebut menyebabkan beban (P_x) tidak lagi bekerja tegak lurus pada dasar struktur, tetapi menimbulkan

eksentrisitas yang menghasilkan momen tambahan. Nilai efek ini dapat diperoleh melalui perhitungan pada persamaan 3.19.

Berdasarkan SNI 1726:2019 (BSN, 2019), efek P-delta terhadap geser tingkat, momen, gaya dalam elemen struktur, serta simpangan antar lantai dapat diabaikan apabila nilai koefisien stabilitas (θ) yang dihitung melalui persamaan terkait berada pada atau di bawah 0,10.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{SX} C_d} \quad (3.19)$$

Keterangan:

P_x	= Beban aksial total di tingkat-x
Δ	= Simpangan antar tingkat (mm)
V_x	= Gaya geser seismik di tingkat-x
I_e	= Faktor keutamaan gempa
C_d	= Faktor pembesaran defleksi
h_{SX}	= Tinggi tingkat

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Bangunan Rumah Susun Aparatur Sipil Negara Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nusa Tenggara Barat (Rumah Susun ASN PUPR NTB) sebagai objek penelitian pada tugas akhir ini terletak di Jl. TGH. Faesal No.555, Bengkel, Kecamatan Labuapi, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Lokasi bangunan gedung dapat dilihat melalui citra satelit pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



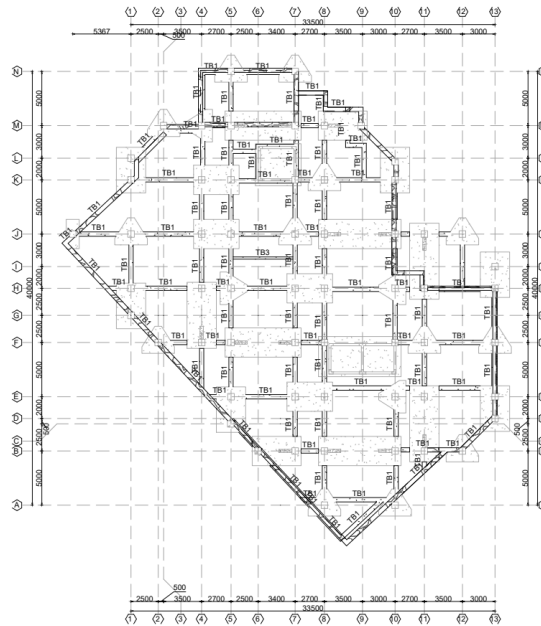
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

(Sumber : Google Earth, 2025)

4.2 Pengumpulan Data

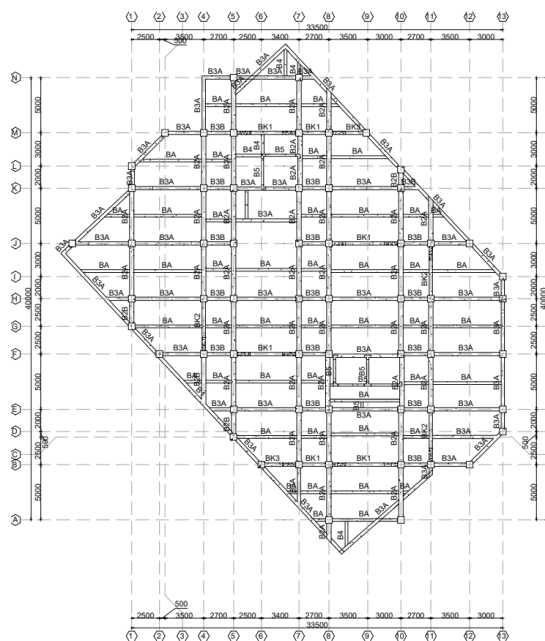
4.2.1 Denah, Potongan, dan Tampak Bangunan

Bangunan Rumah Susun ASN PUPR NTB memiliki luas bangunan 7615 m² dan tinggi 34,18 m (delapan lantai + atap lift). Denah bangunan dapat dilihat pada Gambar 4.2 s.d Gambar 4.5 berikut ini.



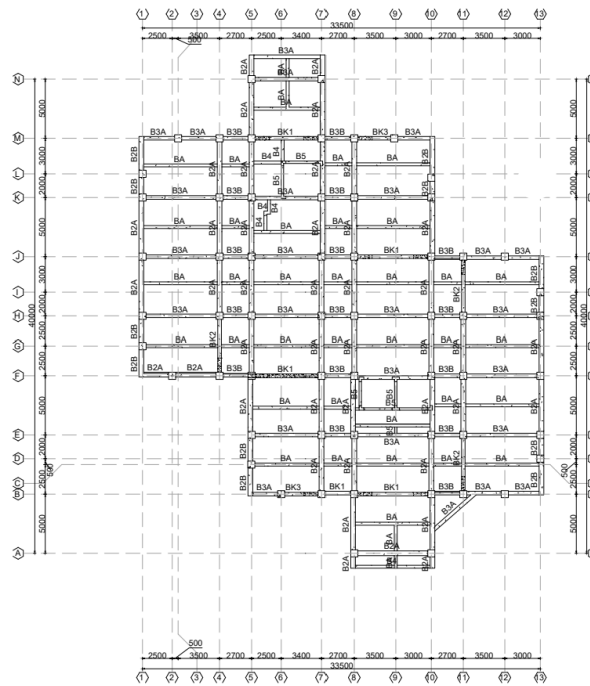
Gambar 4.2 Denah Lantai *Groundfloor*

(Sumber : *Detail Engineering Design*)



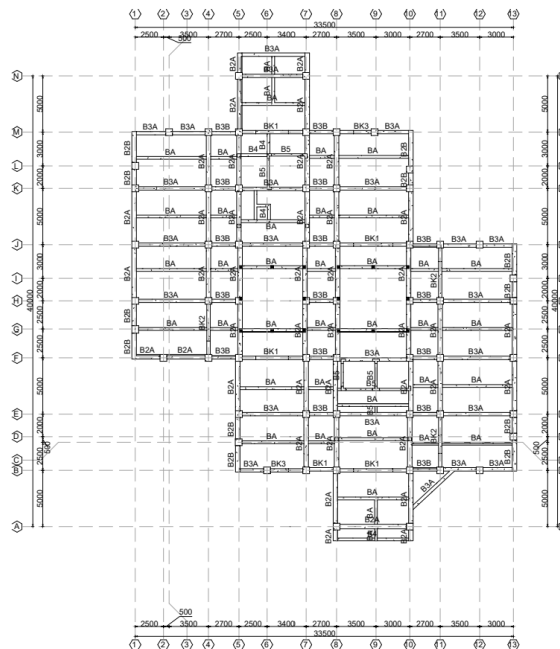
Gambar 4.3 Denah Lantai 2-3

(Sumber : *Detail Engineering Design*)



Gambar 4.4 Denah Lantai 4

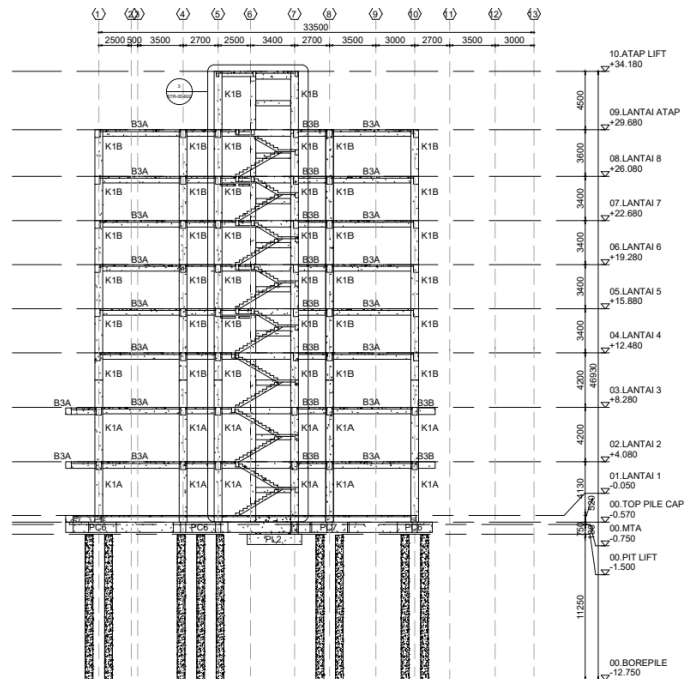
(Sumber : *Detail Engineering Design*)



Gambar 4.5 Denah Lantai 5-8

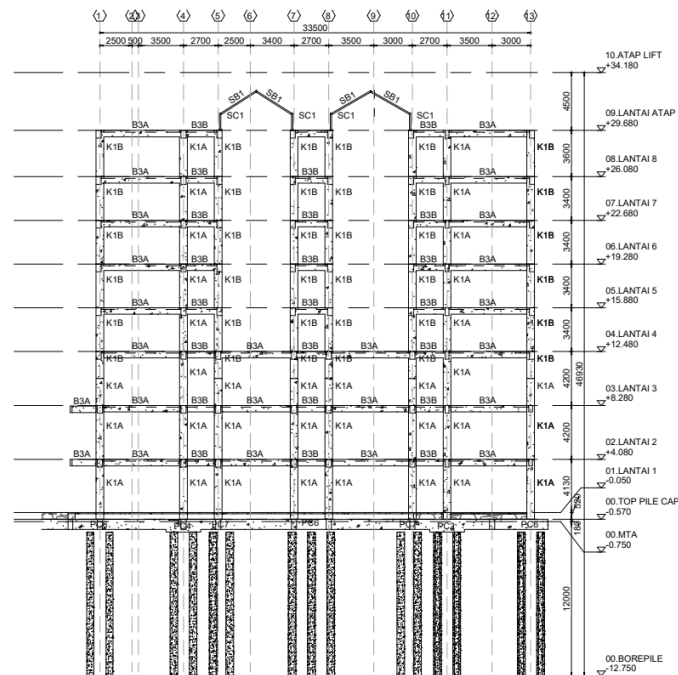
(Sumber : *Detail Engineering Design*)

Gambar potongan X dan Y dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.6 Potongan X-X Rumah Susun

(Sumber : *Detail Engineering Design*)



Gambar 4.7 Potongan Y-Y Rumah Susun

(Sumber : *Detail Engineering Design*)

4.2.2 Data Bangunan

1. Lokasi bangunan : Nusa Tenggara Barat (NTB)
2. Fungsi bangunan : Rumah Susun
3. Kontruksi bangunan : Beton Bertulang
4. Tinggi total bangunan : 34,18 m
5. Jumlah lantai : 8 Lantai
6. Tinggi tipikal lantai
 - a. Lantai 1 : 4,13 m
 - b. Lantai 2-3 : 4,20 m
 - c. Lantai 4-7 : 3,40 m
 - d. Lantai 8 : 3,60 m
 - e. Atap : 4,50 m
7. Jenis tanah : Sedang (SD)
8. Mutu beton (f'_c) : 30 MPa
9. Mutu baja tulang (f_y)
 - a. Tulangan polos : 280 MPa
 - b. Tulangan ulir : 420 MPa
10. Modulus elastisitas
 - a. Beton : $4700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{30} = 25742,960 \text{ MPa}$
 - b. Baja tulangan : 200000 MPa
11. Berat volume
 - a. Beton : 2400 kg/m^3
 - b. Baja tulangan : 7850 kg/m^3
12. Sistem Pemikul Momen Ganda
 - a. R : 7
 - b. Ω_0 : 2,5
 - c. C_d : 5,5
13. Dimensi elemen struktur
 - a. Kolom
Struktur kolom pada gedung memiliki beberapa tipe dengan dimensi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Dimensi dan Tipe Kolom

No	Tipe Kolom	Dimensi
1	K1A	600 x 600
2	K1B	600 x 600
3	K3	300 x 300
4	KL	200 x 400
5	KT	200 x 400

(Sumber : *Shop Drawing*)

b. Balok

Struktur balok pada gedung memiliki beberapa tipe dengan dimensi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Dimensi dan Tipe Balok

No	Tipe Balok	Dimensi
1	B1	300 x 600
2	B2A	400 x 600
3	B2B	400 x 600
4	B3A	300 x 500
5	B3B	300 x 500
6	B4	250 x 450
7	B5	200 x 400
8	B6	200 x 500
9	BA	250 x 450
10	BK1	300 x 800
11	BK2	300 x 600
12	BK3	300 x 500

c. Pelat

Struktur pelat pada gedung memiliki beberapa tipe dengan tebal yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Tebal dan Tipe Pelat

No	Tipe Pelat	Tebal
1	B	130
2	C	150

d. Dinding Geser (*Shearwall*)

Struktur dinding geser memiliki beberapa tipe dinding geser dengan perbedaan tulangan dengan ketebalan yang sama dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Tebal dan Tipe Dinding Geser

No	Tipe Pelat	Tebal
1	SWIA	300
2	SWIB	300

4.3 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode analisis dinamik linear *respon spectrum* untuk mengetahui kinerja seismik bangunan rumah susun yang ditinjau. Pada tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur, dilakukan pengumpulan informasi yang berkaitan dengan analisis dinamik *respon spectrum* yang bersumber dari jurnal, buku, maupun tugas akhir yang berkaitan dengan metode analisis tersebut. Aturan-aturan yang digunakan sebagai standar acuan dalam pemodelan struktur bangunan, yaitu SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Sedangkan untuk pembebanan menggunakan SNI 1727-2020 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain.

2. Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) Pembangunan Rumah Susun ASN PUPR NTB serta *Detail Engineering Design* (DED) dan *Shop Drawing*. Data-data yang didapat dari objek penelitian yang diamati dapat digunakan sebagai acuan pemodelan struktur bangunan pada perangkat lunak ETABS untuk dapat dievaluasi kinerja seismik bangunan menggunakan metode analisis dinamik *respon spectrum*.

3. Program dan Perangkat Lunak yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan beberapa program ataupun perangkat lunak yang membantu proses dalam analisis. Perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis struktur sebagai berikut.

- a. ETABS, *software* ini digunakan sebagai sarana dalam pemodelan dengan menginput pembebanan struktur bangunan seperti beban mati,

beban hidup dan beban gempa dalam format 3D serta menganalisis menggunakan metode respon *spectrum*

- b. Microsoft Excel, program ini digunakan untuk membantu proses awal perhitungan yang dibutuhkan untuk dimasukan kedalam pemodelan ETABS dan menganalisis data yang telah didapatkan dari *output software* ETABS.
- c. Autocad, *software* ini digunakan untuk melihat informasi berupa data struktur bangunan dari DED dan *Shop Drawing* bangunan yang ditinjau.

4. Pembebanan Struktur

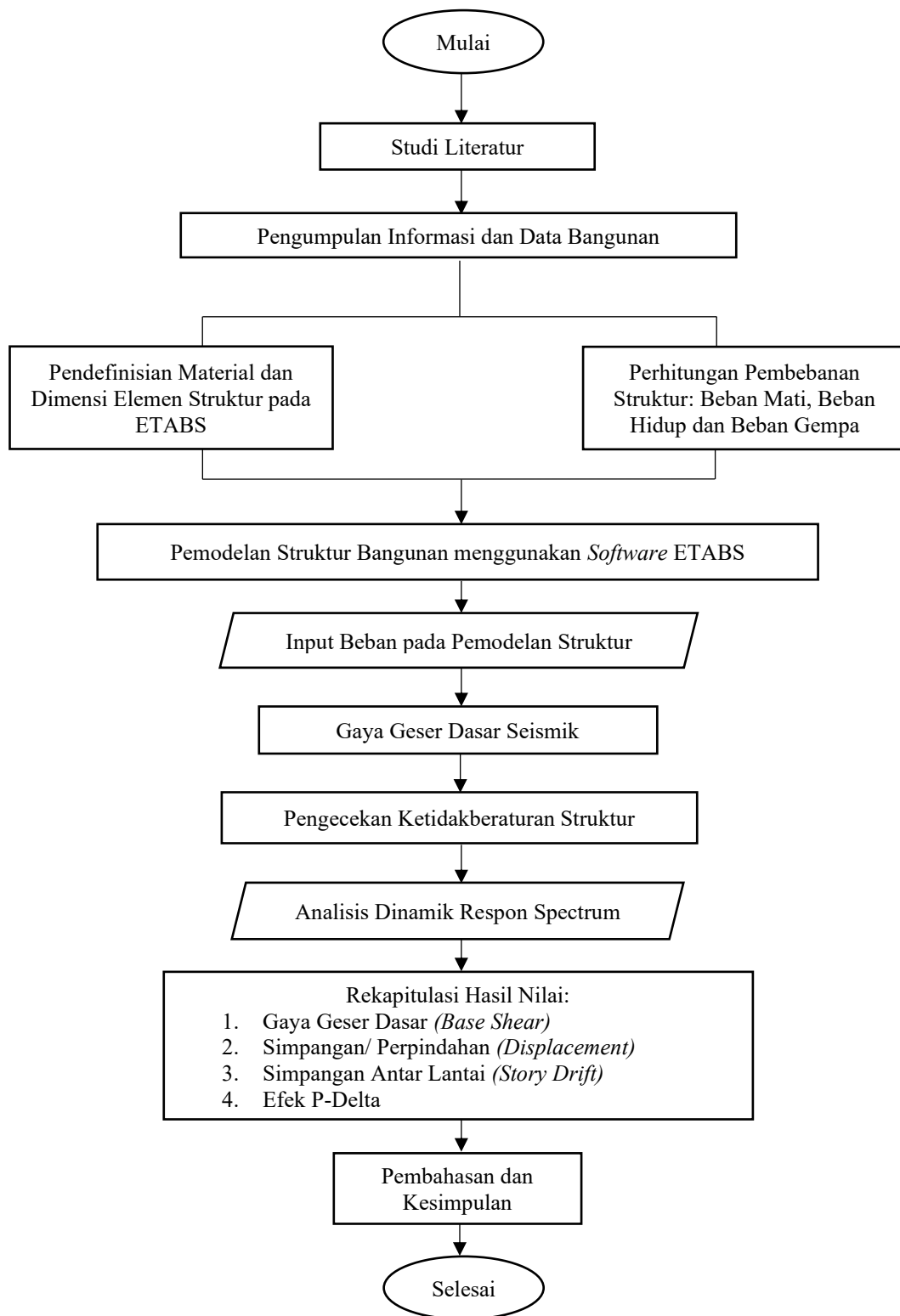
Pembebanan pada struktur bangunan dalam penelitian ini ditetapkan menggunakan perangkat lunak ETABS. Jenis beban yang dianalisis mencakup beban mati, beban hidup, serta beban lateral akibat gempa, yang seluruhnya disesuaikan dengan ketentuan SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020. Setelah seluruh beban diterapkan pada model struktur, proses analisis kemudian dilakukan dengan tersedia pada ETABS.

5. Analisis Dinamik Linear Respon *Spectrum*

Pada penelitian ini menggunakan analisis respon *spectrum* yang dilakukan menggunakan pedoman SNI 1726:2019. Analisis respon *spectrum* dilakukan dengan bantuan perangkat lunak. Dengan output data analisis yang diperoleh melalui analisis respon spectrum berupa nilai gaya geser dasar (*base shear*), perpindahan (*displacement*), simpangan antar lantai (*drift ratio*) dan juga efek P-Delta dengan hasil tersebut dapat menjadi penilaian kinerja yang tidak hanya menitikberatkan pada aspek kekuatan elemen struktur, tetapi juga mempertimbangkan berbagai parameter respons dinamik yang menjadi acuan penting dalam memahami perilaku dinamik bangunan terhadap beban gempa.

6. Membuat Kesimpulan dari Analisis yang Dilakukan

Tahapan penelitian yang dirincikan di atas juga dapat dilihat melalui Gambaran *Flowchart* seperti pada Gambar 4.8 berikut.

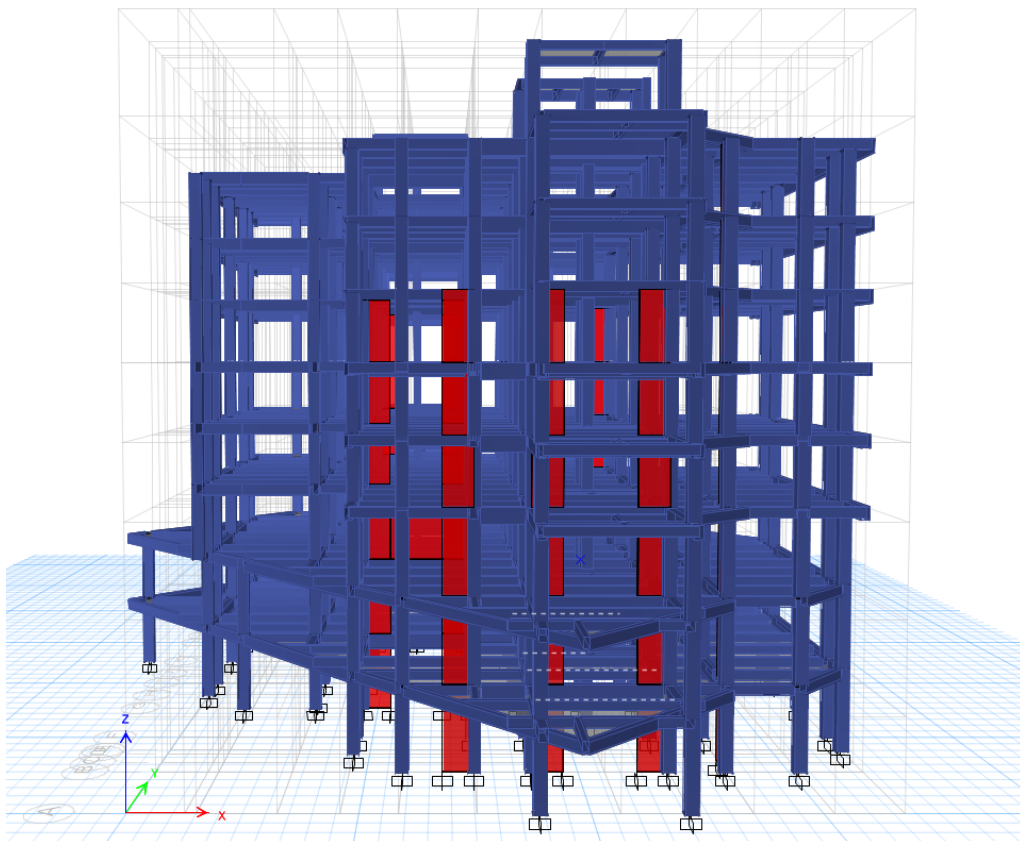


Gambar 4.8 Flowchart Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur yang ditinjau pada penelitian tugas akhir ini merupakan Bangunan Rumah Susun ASN PUPR NTB yang memiliki luas bangunan 7615 m² dan tinggi 34,18 m (delapan lantai termasuk atap lift) dilakukan dengan pemodelan geometri struktur 3D menggunakan bantuan *software* ETABS. Proses pemodelan struktur diawali dengan pendefinisian *material properties* dan elemen struktur, selanjutnya dilakukan pemodelan pada elemen kolom, balok, dan pelat serta penerapan beban-beban pada struktur. Dapat dilihat pada Gambar 5.1 hasil pemodelan struktur 3D dari ETABS.



Gambar 5. 1 Model 3D Bangunan Rumah Susun ASN PUPR NTB

(Sumber: *Software* ETABS)

5.1.1 Elemen Struktur

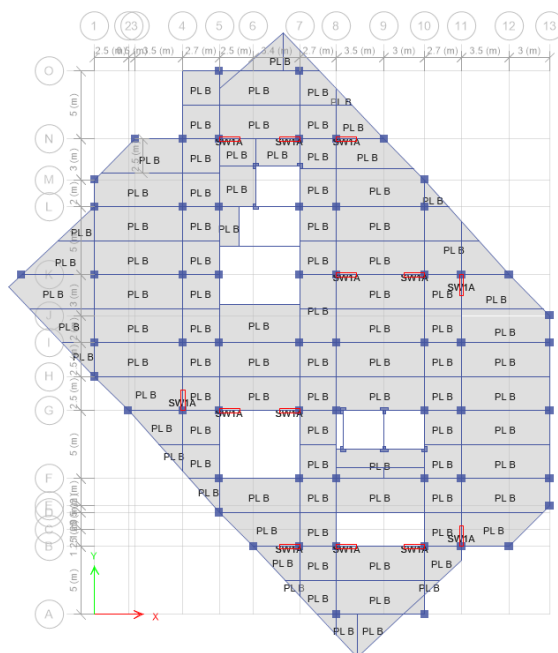
Elemen struktur yang ditinjau pada penelitian ini merupakan elemen struktur utama yang meliputi pelat, balok, kolom, dan dinding geser diantara lain sebagai berikut.

1. Pelat

Bangunan Rumah Susun ASN PUPR NTB menggunakan 2 tipe pelat dengan ketebalan yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 5.1. Pelat dengan ketebalan 130 mm diberi kode PL B yang digunakan pada lantai 1 hingga lantai 7. Sedangkan pelat kode PL C dengan ketebalan 150 mm digunakan pada lantai 8 (*roof deck*) serta atap *lift*. Berikut contoh pemodelan denah pelat dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 5. 1 Dimensi Struktur Pelat Lantai

Dimensi Pelat	
Kode Pelat	Tebal (mm)
B	130
C	150



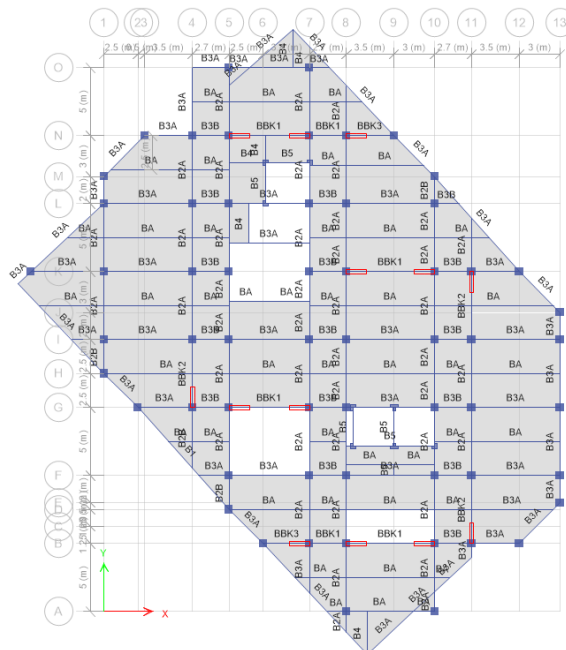
Gambar 5. 2 Pemodelan Denah Pelat Lantai 1

2. Balok

Balok yang digunakan 2 Tipe balok dengan variasi dimensi yang disajikan pada Tabel 5.2. Denah pemodelan balok lantai 1 dapat dilihat pada gambar 5.3 dan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 5. 2 Dimensi Struktur Balok Lantai

Kode Balok	Dimensi (mm)
Balok Induk	
B1	300 x 600
B2A	400 x 600
B2B	400 x 600
B3A	300 x 500
B3B	300 x 500
BK1	300 x 800
BK2	300 x 600
BK3	300 x 500
Balok Anak	
B4	250 x 450
B5	200 x 400
B6	200 x 500
BA	250 x 450



Gambar 5.3 Pemodelan Denah Balok Lantai 2

3. Kolom

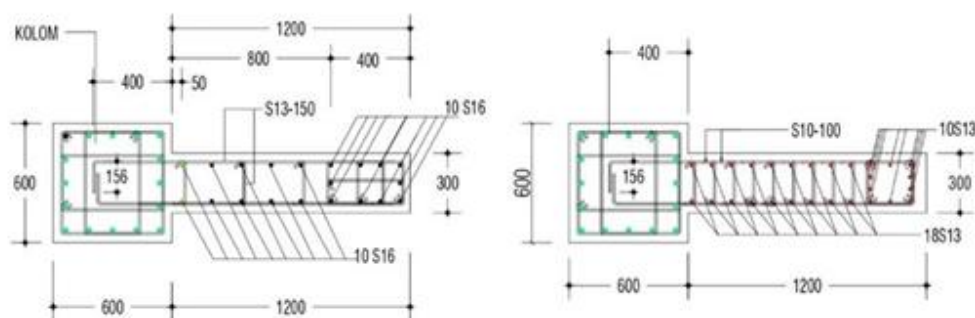
Kolom yang digunakan memiliki tipe yang berbeda berdasarkan dimensi yang dapat dilihat pada Tabel 5.3. Pada kolom KL dan KT digunakan pada *lift*., sedangkan kolom K3 digunakan pada atap *lift*. Denah kolom dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 5. 3 Dimensi Struktur Kolom

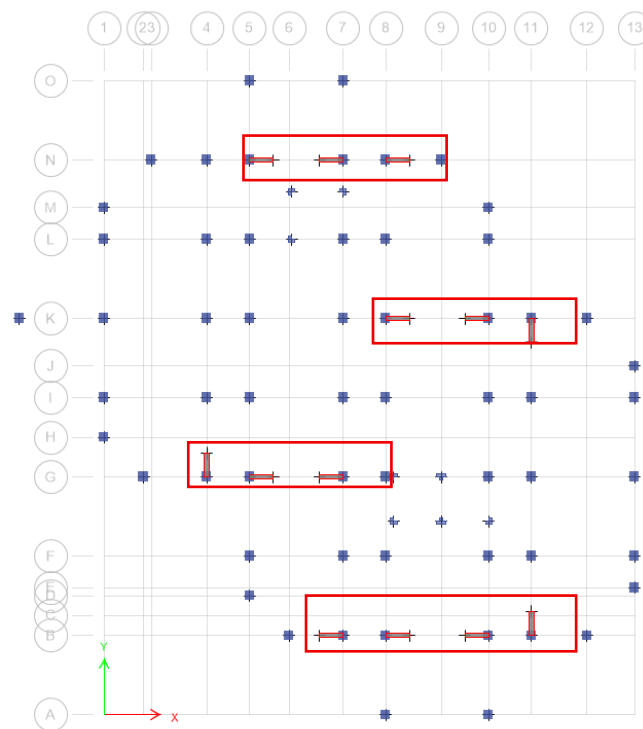
Type Kolom	Dimensi
K1A	600 x 600
K1B	600 x 600
K3	300 x 300
KL	200 x 400
KT	200 x 400

4. Dinding Geser

Pada dinding geser terdapat 2 tipe dinding geser dengan perbedaan tulangan serta tambahan tulangan dan ketebalan yang sama sebesar 300 mm yang dapat lihat pada Gambar 5.3. Terdapat 4 titik penempatan yang tipikal menurun hingga *roof deck* dengan Tipe SW1A digunakan pada lantai 1 dan 2, sedangkan tipe SW1B digunakan pada lantai 3 menerus hingga (*roof deck*).



Gambar 5. 4 Dimensi Dinding Geser SW1A dan SW1B



Gambar 5. 5 Pemodelan Denah Dinding Geser Tipikal Lantai 1-8

5.2 Pembebanan Struktur

Perencanaan pembebanan pada struktur bangunan ini mempertimbangkan beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Penjelasan rinci mengenai metode dan hasil perhitungan masing-masing jenis beban disajikan pada subbab berikut.

5.2.1 Beban Mati atau *Dead Load*

Beban mati atau berat sendiri elemen struktur yang bersifat tetap atau permanen harus diperhitungkan untuk mengetahui suatu massa bangunan. Beban mati pada elemen struktur yang diperhitungkan meliputi berat sendiri pelat lantai, pelat atap, balok, kolom, dan dinding geser (*shearwall*).

5.2.1.1 Beban Pelat

Tipe pelat lantai yang digunakan pada bangunan ini yaitu meliputi 2 tipe pelat lantai dengan tebal pelat B 130 mm dan pelat C 150mm.

1. Pelat Lantai B

Berikut contoh perhitungan beban pelat di lantai 1

$$\begin{aligned}
 L &= 908,7500 \text{ m}^2 \\
 H &= 0,13 \text{ m} \\
 \text{Berat volume} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 1 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= \text{Luas} \times h \times \text{Berat Volume} \times n \\
 &= 908,7500 \times 0,13 \times 2400 \times 1 \\
 &= 283530,00 \text{ kg} \\
 &= 2781,43 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Pelat Lantai C

Berikut contoh perhitungan beban pelat di lantai atap

$$\begin{aligned}
 L &= 773,7300 \text{ m}^2 \\
 H &= 0,15 \text{ m} \\
 \text{Berat volume} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 1 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= \text{Luas} \times h \times \text{Berat Volume} \times n \\
 &= 773,7300 \times 0,15 \times 2400 \times 1 \\
 &= 278542,80 \text{ kg} \\
 &= 2732,50 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil analisis perhitungan pelat lantai pada setiap lantai disajikan pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Beban Pelat Lantai

Kode	Luas (m ²)	h (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
PL B Lantai 1	908,7500	0,13	118,14	2400	1	283530,00	2781,43
PL B Lantai 2	938,2500	0,13	121,97	2400	1	292734,00	2871,72
PL B Lantai 3	849,3700	0,13	110,42	2400	1	265003,44	2599,68
PL B Lantai 4	773,7300	0,13	100,58	2400	1	241403,76	2368,17
PL B Lantai 5	773,7300	0,13	100,58	2400	1	241403,76	2368,17
PL B Lantai 6	773,7300	0,13	100,58	2400	1	241403,76	2368,17

Lanjutan Tabel 5. 4 Rekapitulasi Beban Pelat Lantai

Kode	Luas (m ²)	h (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
PL B Lantai 7	773,7300	0,13	100,58	2400	1	241403,76	2368,17
PL C Lantai 8 (Roof deck)	773,7300	0,15	116,06	2400	1	278542,80	2732,50
PL C Atap Lift	71,15	0,15	10,67	2400	1	25614,00	251,27
TOTAL						211039,28	20709,295

5.2.1.2 Beban Balok

Pada struktur Rumah Susun ASN PUPR NTB diterapkan 8 tipe balok induk dan 4 balok anak yang dibedakan berdasarkan variasi ukuran penampang, dimana pada beberapa tipe balok bentang Panjang untuk setiap tipenya juga bervariasi. Tata letak balok bangunan diperlihatkan pada Gambar 4.2 – 4.5. Perhitungan beban balok dilakukan pada balok sesuai dengan contoh tahapan sebagai berikut.

1. Balok induk B1 lantai 1

$$\begin{aligned}
 L &= 10,0568 \text{ m} \\
 B &= 0,3 \text{ m} \\
 H &= 0,6 \text{ m} \\
 \text{Berat volume} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 1 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\
 &= 10,0568 \times 0,6 \times 0,3 \times 2400 \times 1 \\
 &= 4344,54 \text{ kg} \\
 &= 42,62 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Balok induk B2A lantai 1

$$\begin{aligned}
 L &= 5 \text{ m} \\
 B &= 0,4 \text{ m} \\
 H &= 0,6 \text{ m} \\
 \text{Berat volume} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 33 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\
 &= 5 \times 0,6 \times 0,4 \times 2400 \times 33
 \end{aligned}$$

$$= 95040,00 \text{ kg}$$

$$= 932,34 \text{ kN}$$

3. Balok Induk B2B lantai 1

$$L = 2,5 \text{ m}$$

$$B = 0,4 \text{ m}$$

$$H = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 2 \text{ unit}$$

$$\text{Massa Total} = L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n$$

$$= 2,5 \times 0,6 \times 0,4 \times 2400 \times 2$$

$$= 2880,0 \text{ kg}$$

$$= 28,25 \text{ kN}$$

4. Balok induk B3A lantai 1

$$L = 5 \text{ m}$$

$$B = 0,3 \text{ m}$$

$$H = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 3 \text{ unit}$$

$$\text{Massa Total} = L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n$$

$$= 5 \times 0,5 \times 0,3 \times 2400 \times 3$$

$$= 5400,00 \text{ kg}$$

$$= 52,97 \text{ kN}$$

5. Balok induk B3B lantai 1

$$L = 2,7 \text{ m}$$

$$B = 0,3 \text{ m}$$

$$H = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 15 \text{ unit}$$

$$\text{Massa Total} = L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n$$

$$= 2,7 \times 0,5 \times 0,3 \times 2400 \times 15$$

$$= 14580,00 \text{ kg}$$

$$= 143,03 \text{ kN}$$

6. Balok anak B4 lantai 1

$$L = 2,8 \text{ m}$$

$$B = 0,25 \text{ m}$$

$$H = 0,45 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 1 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\ &= 2,8 \times 0,45 \times 0,25 \times 2400 \times 1 \\ &= 756,00 \text{ kg} \\ &= 7,42 \text{ kN} \end{aligned}$$

7. Balok anak B5 lantai 1

$$L = 2,81 \text{ m}$$

$$B = 0,2 \text{ m}$$

$$H = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 2 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\ &= 2,81 \times 0,4 \times 0,2 \times 2400 \times 2 \\ &= 1079,04 \text{ kg} \\ &= 10,59 \text{ kN} \end{aligned}$$

8. Balok anak BA lantai 1

$$L = 6,5 \text{ m}$$

$$B = 0,25 \text{ m}$$

$$H = 0,45 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 10 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\ &= 6,5 \times 0,45 \times 0,25 \times 2400 \times 10 \\ &= 17550,00 \text{ kg} \\ &= 172,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

9. Balok induk BK1 lantai 1

$$L = 5,9 \text{ m}$$

$$B = 0,3 \text{ m}$$

$$H = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 2 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\ &= 5,9 \times 0,8 \times 0,3 \times 2400 \times 2 \\ &= 6796,80 \text{ kg} \\ &= 66,68 \text{ kN} \\ &= 10,03 \text{ kN} \end{aligned}$$

10. Balok induk BK 2 lantai 1

$$L = 5 \text{ m}$$

$$B = 0,3 \text{ m}$$

$$H = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 3 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\ &= 5 \times 0,8 \times 0,3 \times 2400 \times 3 \\ &= 8640,00 \text{ kg} \\ &= 84,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

11. Balok induk BK3 lantai 1

$$L = 3,5 \text{ m}$$

$$B = 0,3 \text{ m}$$

$$H = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah (n)} = 1 \text{ unit}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\ &= 3,5 \times 0,5 \times 0,3 \times 2400 \times 1 \\ &= 1260 \text{ kg} \\ &= 12,36 \text{ kN} \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil analisis perhitungan elemen struktur balok pada setiap lantai disajikan pada Tabel 5.5 – 5.9 berikut.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 2

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
B1	0,3	0,6	10,0568	1,8102	2400	1	4344,54	42,62
B2A	0,4	0,6	5	1,2	2400	33	95040,00	932,34
B2A	0,4	0,6	3,675	0,8820	2400	1	2116,80	20,77
B2A	0,4	0,6	1,47	0,3528	2400	1	846,72	8,31
B2A	0,4	0,6	3,9495	0,9479	2400	1	2274,91	22,32
B2B	0,4	0,6	2,5	0,6	2400	2	2880,00	28,25
B2B	0,4	0,6	2	0,48	2400	1	1152,00	11,30
B2B	0,4	0,6	4,4797	1,0751	2400	1	2580,31	25,31
B3A	0,3	0,5	6,237	0,9356	2400	1	2245,32	22,03
B3A	0,3	0,5	10,7518	1,6128	2400	1	3870,65	37,97
B3A	0,3	0,5	4,2426	0,6364	2400	4	6109,34	59,93
B3A	0,3	0,5	9,3509	1,4026	2400	1	3366,32	33,02
B3A	0,3	0,5	2	0,3	2400	3	2160,00	21,19
B3A	0,3	0,5	5	0,75	2400	3	5400,00	52,97
B3A	0,3	0,5	3,5	0,5250	2400	3	3780,00	37,08
B3A	0,3	0,5	1	0,15	2400	1	360,00	3,53
B3A	0,3	0,5	10,4565	1,5685	2400	1	3764,34	36,93
B3A	0,3	0,5	11,1916	1,6787	2400	1	4028,98	39,52
B3A	0,3	0,5	3,5355	0,5303	2400	2	2545,56	24,97
B3A	0,3	0,5	9,1329	1,3699	2400	1	3287,84	32,25
B3A	0,3	0,5	1,3	0,1950	2400	1	468,00	4,59
B3A	0,3	0,5	7,3227	1,0984	2400	1	2636,17	25,86
B3A	0,3	0,5	2,7	0,4050	2400	1	972,00	9,54
B3A	0,3	0,5	5,9	0,8850	2400	5	10620,00	104,18

Lanjutan Tabel 5. 5 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 2

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
B3A	0,3	0,5	1,4532	0,2180	2400	1	523,15	5,13
B3A	0,3	0,5	6,5	0,9750	2400	10	23400,00	229,55
B3A	0,3	0,5	5,35	0,8025	2400	1	1926,00	18,89
B3A	0,3	0,5	2,3763	0,3564	2400	1	855,47	8,39
B3A	0,3	0,5	4	0,6	2400	1	1440,00	14,13
B3A	0,3	0,5	8,7015	1,3052	2400	1	3132,54	30,73
B3A	0,3	0,5	3,65	0,5475	2400	1	1314,00	12,89
B3A	0,3	0,5	2,2318	0,3348	2400	1	803,45	7,88
B3B	0,3	0,5	1,736	0,2604	2400	1	624,96	6,13
B3B	0,3	0,5	2,7	0,4050	2400	15	14580,00	143,03
B4	0,25	0,45	2,8	0,3150	2400	1	756,00	7,42
B4	0,25	0,45	1,5304	0,1722	2400	1	413,21	4,05
B4	0,25	0,45	2	0,2250	2400	1	540,00	5,30
B4	0,25	0,45	2,65	0,2981	2400	1	715,50	7,02
B4	0,25	0,45	2,91	0,3274	2400	1	785,70	7,71
B4	0,25	0,45	3,15	0,3544	2400	1	850,50	8,34
B5	0,2	0,4	3,25	0,2600	2400	1	624,00	6,12
B5	0,2	0,4	3	0,2400	2400	1	576,00	5,65
B5	0,2	0,4	2,81	0,2248	2400	2	1079,04	10,59
B5	0,2	0,4	0,796	0,0637	2400	1	152,83	1,50
B5	0,2	0,4	6,5	0,5200	2400	1	1248,00	12,24
BA	0,25	0,45	3,825	0,4303	2400	1	1032,75	10,13
BA	0,25	0,45	5,7001	0,6413	2400	1	1539,03	15,10
BA	0,25	0,45	6	0,6750	2400	1	1620,00	15,89
BA	0,25	0,45	3,99	0,4489	2400	1	1077,30	10,57
BA	0,25	0,45	2,7016	0,3039	2400	1	729,43	7,16
BA	0,25	0,45	8,71	0,9799	2400	1	2351,70	23,07
BA	0,25	0,45	4,7616	0,5357	2400	1	1285,63	12,61
BA	0,25	0,45	1,7682	0,1989	2400	1	477,41	4,68
BA	0,25	0,45	1,095	0,1232	2400	1	295,65	2,90
BA	0,25	0,45	3,7699	0,4241	2400	1	1017,87	9,99
BA	0,25	0,45	1,565	0,1761	2400	1	422,55	4,15
BA	0,25	0,45	1,41	0,1586	2400	1	380,70	3,73

Lanjutan Tabel 5. 5 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 2

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
BA	0,25	0,45	4,935	0,5552	2400	1	1332,45	13,07
BA	0,25	0,45	6,5	0,7313	2400	10	17550,00	172,17
BA	0,25	0,45	9,2	1,0350	2400	1	2484,00	24,37
BA	0,25	0,45	5,9	0,6638	2400	4	6372,00	62,51
BA	0,25	0,45	2,7	0,3038	2400	13	9477,00	92,97
BK1	0,3	0,8	5,9	1,4160	2400	2	6796,80	66,68
BK1	0,3	0,8	2,7	0,6480	2400	2	3110,40	30,51
BK1	0,3	0,8	6,5	1,5600	2400	2	7488,00	73,46
BK2	0,3	0,8	5	1,2000	2400	3	8640,00	84,76
BK3	0,3	0,5	3,5	0,5250	2400	1	1260,00	12,36
BK3	0,3	0,5	3,4	0,5100	2400	1	1224,00	12,01
TOTAL							301154,83	2954,33

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 3

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
B1	0,3	0,6	10,0568	1,8102	2400	1	4344,54	42,62
B2A	0,4	0,6	5	1,2	2400	33	95040,00	932,34
B2A	0,4	0,6	3,675	0,8820	2400	1	2116,80	20,77
B2A	0,4	0,6	1,47	0,3528	2400	1	846,72	8,31
B2A	0,4	0,6	3,9495	0,9479	2400	1	2274,91	22,32
B2B	0,4	0,6	2,5	0,6	2400	2	2880,00	28,25
B2B	0,4	0,6	2	0,48	2400	1	1152,00	11,30
B2B	0,4	0,6	4,4797	1,0751	2400	1	2580,31	25,31
B3A	0,3	0,5	6,237	0,9356	2400	1	2245,32	22,03
B3A	0,3	0,5	10,7518	1,6128	2400	1	3870,65	37,97
B3A	0,3	0,5	4,2426	0,6364	2400	4	6109,34	59,93
B3A	0,3	0,5	9,3509	1,4026	2400	1	3366,32	33,02
B3A	0,3	0,5	2	0,3	2400	3	2160,00	21,19
B3A	0,3	0,5	5	0,75	2400	3	5400,00	52,97
B3A	0,3	0,5	3,5	0,5250	2400	3	3780,00	37,08

Lanjutan Tabel 5. 6 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 3

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
B3A	0,3	0,5	1	0,1500	2400	1	360,00	3,53
B3A	0,3	0,5	10,4565	1,5685	2400	1	3764,34	36,93
B3A	0,3	0,5	11,1916	1,6787	2400	1	4028,98	39,52
B3A	0,3	0,5	3,5355	0,5303	2400	2	2545,56	24,97
B3A	0,3	0,5	9,1329	1,3699	2400	1	3287,84	32,25
B3A	0,3	0,5	1,3	0,1950	2400	1	468,00	4,59
B3A	0,3	0,5	7,3227	1,0984	2400	1	2636,17	25,86
B3A	0,3	0,5	2,7	0,4050	2400	1	972,00	9,54
B3A	0,3	0,5	5,9	0,8850	2400	5	10620,00	104,18
B3A	0,3	0,5	1,4532	0,2180	2400	1	523,15	5,13
B3A	0,3	0,5	6,5	0,9750	2400	10	23400,00	229,55
B3A	0,3	0,5	5,35	0,8025	2400	1	1926,00	18,89
B3A	0,3	0,5	2,3763	0,3564	2400	1	855,47	8,39
B3A	0,3	0,5	4	0,6000	2400	1	1440,00	14,13
B3A	0,3	0,5	8,7015	1,3052	2400	1	3132,54	30,73
B3A	0,3	0,5	3,65	0,5475	2400	1	1314,00	12,89
B3A	0,3	0,5	2,2318	0,3348	2400	1	803,45	7,88
B3B	0,3	0,5	1,736	0,2604	2400	1	624,96	6,13
B3B	0,3	0,5	2,7	0,4050	2400	15	14580,00	143,03
B4	0,25	0,45	2,8	0,3150	2400	1	756,00	7,42
B4	0,25	0,45	1,5304	0,1722	2400	1	413,21	4,05
B4	0,25	0,45	2	0,2250	2400	1	540,00	5,30
B4	0,25	0,45	2,65	0,2981	2400	1	715,50	7,02
B4	0,25	0,45	2,91	0,3274	2400	1	785,70	7,71
B4	0,25	0,45	3,15	0,3544	2400	1	850,50	8,34
B5	0,2	0,4	3,25	0,2600	2400	1	624,00	6,12
B5	0,2	0,4	3,	0,2400	2400	1	576,00	5,65
B5	0,2	0,4	2,81	0,2248	2400	2	1079,04	10,59
B5	0,2	0,4	0,796	0,0637	2400	1	152,83	1,50
B5	0,2	0,4	6,5	0,5200	2400	1	1248,00	12,24
BA	0,25	0,45	3,825	0,4303	2400	1	1032,75	10,13
BA	0,25	0,45	5,7001	0,6413	2400	1	1539,03	15,10

Lanjutan Tabel 5. 6 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 3

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
BA	0,25	0,45	6	0,6750	2400	1	1620,00	15,89
BA	0,25	0,45	3,99	0,4489	2400	1	1077,30	10,57
BA	0,25	0,45	2,7016	0,3039	2400	1	729,43	7,16
BA	0,25	0,45	8,71	0,9799	2400	1	2351,70	23,07
BA	0,25	0,45	4,7616	0,5357	2400	1	1285,63	12,61
BA	0,25	0,45	1,7682	0,1989	2400	1	477,41	4,68
BA	0,25	0,45	1,095	0,1232	2400	1	295,65	2,90
BA	0,25	0,45	3,7699	0,4241	2400	1	1017,87	9,99
BA	0,25	0,45	1,565	0,1761	2400	1	422,55	4,15
BA	0,25	0,45	1,41	0,1586	2400	1	380,70	3,73
BA	0,25	0,45	4,935	0,5552	2400	1	1332,45	13,07
BA	0,25	0,45	6,5	0,7313	2400	10	17550,00	172,17
BA	0,25	0,45	9,2	1,0350	2400	1	2484,00	24,37
BA	0,25	0,45	5,9	0,6638	2400	5	7965,00	78,14
BA	0,25	0,45	2,7	0,3038	2400	13	9477,00	92,97
BK1	0,3	0,8	5,9	1,4160	2400	2	6796,80	66,68
BK1	0,3	0,8	2,7	0,6480	2400	2	3110,40	30,51
BK1	0,3	0,8	6,5	1,5600	2400	2	7488,00	73,46
BK2	0,3	0,8	5	1,2000	2400	3	8640,00	84,76
BK3	0,3	0,5	3,5	0,5250	2400	1	1260,00	12,36
BK3	0,3	0,5	3,4	0,5100	2400	1	1224,00	12,01
TOTAL							302747,83	2969,96

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 4

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
B2A	0,4	0,6	2,5	0,6000	2400	1	1440,00	14,13
B2A	0,4	0,6	4	0,9600	2400	1	2304,00	22,60
B2A	0,4	0,6	6,5	1,5600	2400	1	3744,00	36,73
B2A	0,4	0,6	1,9	0,4560	2400	2	2188,80	21,47
B2A	0,4	0,6	1,1	0,2640	2400	2	1267,20	12,43

Lanjutan Tabel 5. 7 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 4

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
B2A	0,4	0,6	5	1,2000	2400	35	100800,00	988,85
B2B	0,4	0,6	5	1,2000	2400	6	17280,00	169,52
B3A	0,3	0,5	3	0,4500	2400	1	1080,00	10,59
B3A	0,3	0,5	4,6228	0,6934	2400	1	1664,21	16,33
B3A	0,3	0,5	2,5	0,3750	2400	1	900,00	8,83
B3A	0,3	0,5	5,9	0,8850	2400	6	12744,00	125,02
B3A	0,3	0,5	6,5	0,9750	2400	13	30420,00	298,42
B3B	0,3	0,5	2,7	0,4050	2400	16	15552,00	152,57
B4	0,25	0,45	6,5	0,7313	2400	1	1755,00	17,22
B4	0,25	0,45	2,91	0,3274	2400	1	785,70	7,71
B4	0,25	0,45	2	0,2250	2400	1	540,00	5,30
B4	0,25	0,45	2,65	0,2981	2400	1	715,50	7,02
B5	0,2	0,4	3,25	0,2600	2400	1	624,00	6,12
B5	0,2	0,4	3	0,2400	2400	1	576,00	5,65
B5	0,2	0,4	2,81	0,2248	2400	2	1079,04	10,59
B5	0,2	0,4	6,5	0,5200	2400	1	1248,00	12,24
B5	0,2	0,4	0,796	0,0637	2400	1	152,83	1,50
BA	0,25	0,45	1,9	0,2138	2400	1	513,00	5,03
BA	0,25	0,45	1,1	0,1238	2400	1	297,00	2,91
BA	0,25	0,45	2,5	0,2813	2400	2	1350,00	13,24
BA	0,25	0,45	6,5	0,7313	2400	15	26325,00	258,25
BA	0,25	0,45	6	0,6638	2400	6	9558,00	93,76
BA	0,25	0,45	2,7	0,3038	2400	14	10206,00	100,12
BK1	0,3	0,8	2,7	0,6480	2400	1	1555,20	15,26
BK1	0,3	0,8	6,5	1,5600	2400	2	7488,00	73,46
BK1	0,3	0,8	5,9	1,4160	2400	2	6796,80	66,68
BK2	0,3	0,8	5	1,2000	2400	3	8640,00	84,76
BK3	0,3	0,5	3,5	0,5250	2400	1	1260,00	12,36
BK3	0,3	0,5	3,4	0,5100	2400	1	1224,00	12,01
TOTAL							274073,28	2688,66

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 5-Lantai Atap

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
B2A	0,4	0,6	2,5	0,6000	2400	1	1440,00	14,13
B2A	0,4	0,6	4	0,9600	2400	1	2304,00	22,60
B2A	0,4	0,6	6,5	1,5600	2400	1	3744,00	36,73
B2A	0,4	0,6	1,9	0,4560	2400	2	2188,80	21,47
B2A	0,4	0,6	1,1	0,2640	2400	2	1267,20	12,43
B2A	0,4	0,6	5	1,2000	2400	35	100800,00	988,85
B2B	0,4	0,6	5	1,2000	2400	6	17280,00	169,52
B3A	0,3	0,5	3	0,4500	2400	1	1080,00	10,59
B3A	0,3	0,5	4,6228	0,6934	2400	1	1664,21	16,33
B3A	0,3	0,5	2,5	0,3750	2400	1	900,00	8,83
B3A	0,3	0,5	5,9	0,8850	2400	4	8496,00	83,35
B3A	0,3	0,5	6,5	0,9750	2400	13	30420,00	298,42
B3B	0,3	0,5	2,7	0,4050	2400	16	15552,00	152,57
B4	0,25	0,45	6,5	0,7313	2400	1	1755,00	17,22
B4	0,25	0,45	2,91	0,3274	2400	1	785,70	7,71
B4	0,25	0,45	2	0,2250	2400	1	540,00	5,30
B4	0,25	0,45	2,65	0,2981	2400	1	715,50	7,02
B5	0,2	0,4	3,25	0,2600	2400	1	624,00	6,12
B5	0,2	0,4	3	0,2400	2400	1	576,00	5,65
B5	0,2	0,4	2,81	0,2248	2400	2	1079,04	10,59
B5	0,2	0,4	6,5	0,5200	2400	1	1248,00	12,24
B5	0,2	0,4	0,796	0,0637	2400	1	152,83	1,50
BA	0,25	0,45	1,9	0,2138	2400	1	513,00	5,03
BA	0,25	0,45	1,1	0,1238	2400	1	297,00	2,91
BA	0,25	0,45	2,5	0,2813	2400	2	1350,00	13,24
BA	0,25	0,45	6,5	0,7313	2400	15	26325,00	258,25
BA	0,25	0,45	6	0,6638	2400	6	9558,00	93,76
BA	0,25	0,45	2,7	0,3038	2400	14	10206,00	100,12
BK1	0,3	0,8	2,7	0,6480	2400	1	1555,20	15,26
BK1	0,3	0,8	6,5	1,5600	2400	2	7488,00	73,46
BK1	0,3	0,8	5,9	1,4160	2400	2	6796,80	66,68
BK2	0,3	0,8	5	1,2000	2400	3	8640,00	84,76
BK3	0,3	0,5	3,5	0,5250	2400	1	1260,00	12,36

Lanjutan Tabel 5. 8 Rekapitulasi Beban Balok Lantai 5-Lantai Atap

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
BK3	0,3	0,5	3,4	0,5100	2400	1	1224,00	12,01
TOTAL							269825,28	2646,99

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Beban Balok Atap Lift

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
B2A	0,25	0,45	4,935	0,5552	2400	1	1332,45	13,07
B5	0,2	0,4	6,5	0,52	2400	1	1248,00	12,24
B5	0,2	0,4	3,25	0,26	2400	2	1248,00	12,24
B5	0,2	0,4	2,78	0,2224	2400	3	1601,28	15,71
B5	0,2	0,4	5,9	0,472	2400	1	1132,80	11,11
B5	0,2	0,4	3	0,24	2400	1	576,00	5,65
B5	0,2	0,4	2,9	0,232	2400	3	1670,40	16,39
B5	0,2	0,4	2,65	0,212	2400	2	1017,60	9,98
B6	0,2	0,5	6,5	0,65	2400	2	3120,00	30,61
B6	0,2	0,5	2,81	0,281	2400	5	3372,00	33,08
B6	0,2	0,5	3	0,3	2400	3	2160,00	21,19
B6	0,2	0,5	3,25	0,325	2400	2	1560,00	15,30
TOTAL							20324,64	199,38

5.2.1.3 Beban Kolom

Pada struktur Rumah Susun ASN PUPR NTB diterapkan 5 tipe kolom yang dibedakan berdasarkan variasi ukuran penampang. Tata letak kolom bangunan diperlihatkan pada Gambar 5.1 – 5.4. Perhitungan beban kolom dilakukan pada kolom sesuai dengan contoh tahapan sebagai berikut.

1. Kolom K1A lantai 1

$$L = 4,13 \text{ m}$$

$$B = 0,6 \text{ m}$$

$$H = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah (n)} &= 59 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\
 &= 4,13 \times 0,6 \times 0,6 \times 2400 \times 59 \\
 &= 210530,88 \text{ kg} \\
 &= 2065,31 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Kolom KL lantai 1

$$\begin{aligned}
 L &= 4,13 \text{ m} \\
 B &= 0,08 \text{ m} \\
 H &= 0,04 \text{ m} \\
 \text{Berat volume} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 6 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\
 &= 4,13 \times 0,04 \times 0,08 \times 2400 \times 6 \\
 &= 7136,64 \text{ kg} \\
 &= 70,01 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Kolom KT lantai 1

$$\begin{aligned}
 L &= 4,13 \text{ m} \\
 B &= 0,04 \text{ m} \\
 H &= 0,12 \text{ m} \\
 \text{Berat volume} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 2 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\
 &= 4,13 \times 0,12 \times 0,04 \times 2400 \times 2 \\
 &= 3171,84 \text{ kg} \\
 &= 31,12 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Kolom K1B lantai 3

$$\begin{aligned}
 L &= 4,2 \text{ m} \\
 B &= 0,6 \text{ m} \\
 H &= 0,6 \text{ m} \\
 \text{Berat volume} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 41 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Total} &= L \times H \times B \times \text{Berat volume} \times n \\
 &= 4,2 \times 0,6 \times 0,6 \times 2400 \times 2 \\
 &= 148780,80 \text{ kg} \\
 &= 1459,54 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan elemen struktur kolom pada setiap lantai disajikan pada Tabel 5.10 – 5.15 berikut.

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Beban Kolom Lantai 1

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
K1A	0,6	0,6	4,13	1,4868	2400	59	210530,88	2065,31
KL	0,08	0,04	4,13	0,4956	2400	6	7136,64	70,01
KT	0,12	0,04	4,13	0,6608	2400	2	3171,84	31,12
TOTAL							220839,36	2166,43

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Beban Kolom Lantai 2

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
K1A	0,6	0,6	4,2	1,512	2400	59	214099,20	2100,31
KL	0,08	0,04	4,2	0,504	2400	6	7257,60	71,20
KT	0,12	0,04	4,2	0,672	2400	2	3225,60	31,64
TOTAL							224582,40	2203,15

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Beban Kolom Lantai 3

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
K1A	0,6	0,6	4,2	1,512	2400	16	58060,80	569,58
K1B	0,6	0,6	4,2	1,512	2400	41	148780,80	1459,54
KL	0,08	0,04	4,2	0,504	2400	6	7257,60	71,20
KT	0,12	0,04	4,2	0,672	2400	2	3225,60	31,64
TOTAL							217324,80	2100,31

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Beban Kolom Lantai 4-7

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
K1A	0,6	0,6	3,4	1,224	2400	16	47001,60	461,09
K1B	0,6	0,6	3,4	1,224	2400	41	120441,60	1181,53
KL	0,08	0,04	3,4	0,408	2400	6	5875,20	57,64
KT	0,12	0,04	3,4	0,544	2400	2	2611,20	25,62
TOTAL							175929,60	1700,25

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Beban Kolom 8 (Roof deck)

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
K1A	0,6	0,6	3,6	1,296	2400	16	49766,40	488,21
K1B	0,6	0,6	3,6	1,296	2400	41	127526,40	1251,03
KL	0,08	0,04	3,6	0,432	2400	6	6220,80	61,03
KT	0,12	0,04	3,6	0,576	2400	2	2764,80	27,12
TOTAL							186278,40	1800,27

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Beban Kolom Atap Lift

Kode	B (m)	H (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
K1A	0,6	0,6	4,5	1,62	2400	2	7776,00	76,28
K1B	0,6	0,6	4,5	1,62	2400	4	15552,00	152,57
K3	0,3	0,3	4,5	0,405	2400	5	4860,00	47,68
KL	0,08	0,04	4,5	0,54	2400	6	7776,00	76,28
KT	0,12	0,04	4,5	0,72	2400	2	3456,00	33,90
TOTAL							39420,00	276,52

5.2.1.4 Beban Dinding Geser (*Shearwall*)

Perhitungan untuk beban dinding geser lantai 1 sebagai contoh dapat dilihat sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 L &= 1,5 \text{ m} \\
 T &= 0,15 \text{ m} \\
 H &= 4,13 \text{ m} \\
 \text{Berat volume} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah (n)} &= 13 \text{ unit} \\
 \text{Massa Total} &= L \times H \times T \times \text{Berat volume} \times n \\
 &= 1,5 \times 4,13 \times 0,15 \times 2400 \times 13 \\
 &= 28992,60 \text{ kg} \\
 &= 284,42 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan elemen beban dinding geser pada setiap lantai disajikan pada Tabel 5.16 – 5.21 berikut.

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 1

Kode	H (m)	T (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
SW1A	4,13	0,15	1,5	1,86	2400	13	28992,60	284,42
TOTAL							28992,60	284,42

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 2

Kode	H (m)	T (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
SW1A	4,2	0,15	1,5	1,89	2400	13	29484,00	289,24
TOTAL							29484,00	289,24

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 3

Kode	H (m)	T (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
SW1A	4,2	0,3	5,9	7,43	2400	1	8920,80	87,51
SW1A	4,2	0,3	1,5	1,89	2400	11	24948,00	244,74
TOTAL							33868,80	332,25

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 4-6

Kode	H (m)	T (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
SW1B	3,4	0,15	1,5	1,53	2400	13	23868,00	234,15
TOTAL							23868,00	234,15

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 7

Kode	H (m)	T (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
SW1B	3,4	0,15	1,5	1,53	2400	3	5508,00	54,03
TOTAL							5508,00	54,03

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Beban Dinding Geser Lantai 8 (Roof deck)

Kode	H (m)	T (m)	L (m)	V (m ³)	Berat Volume (kg/m ³)	Qty (unit)	M (kg)	M (kN)
SW1B	3,6	0,15	1,5	1,62	2400	3	5832,00	57,21
TOTAL							5832,00	57,21

5.2.2 Beban Mati Tambahan (Q_{SIDL})

Perhitungan beban mati pada analisis ini difokuskan pada beban mati tambahan, yang mencakup beban dinding (dinding bata, dinding kaca, dan dinding

partisi), penutup lantai berupa keramik, plafon, sistem MEP, serta spesi pada pelat lantai dan pelat atap. Dalam penelitian ini berat volume tiap material diambil berdasarkan SNI 1727 Tabel C3. 1-1 dan C3. 1-2. Hasil perhitungan beban mati tambahan akan diinput sebagai beban gravitasi.

1. Beban Mati Tambahan (SIDL) Dinding Bata

$$\begin{aligned} \text{a. Bata ringan} &= 700 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Tebal} &= 0,1 \text{ m} \\ \text{Berat dinding bata} &= 700 \text{ kg/m}^3 \times 0,1 \text{ m} \\ &= 70 \text{ kg/m}^2 \\ &= 0,69 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Plesteran

Berdasarkan SNI 1727:2020 pada komponen dinding, berat plesteran perlu ditambahkan 0,24 kN/m² disetiap permukaan, sedangkan untuk plesteran terdapat 2 sisi maka berat plesteran sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Berat plesteran} &= 2 \times 0,24 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,48 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga total beban dinding sebagai beban mati tambahan (SIDL) sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{SIDL dinding bata} &= 0,69 + 0,48 \\ &= 1,17 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Beban dinding tersebut masi dalam satuan kN/m² sehingga perlu dikonversi menjadi satuan kN/m untuk diinput sebagai beban terdistribusi merata pada ETABS. Konversi dilakukan dengan mengalikan SIDL dinding dengan tinggi dinding. Berikut contoh perhitungan beban dinding lantai 2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{SIDL dinding bata} &= 1,17 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Tinggi Lantai} &= 4,2 \text{ m} \\ \text{Tinggi balok rerata} &= 0,542 \text{ m} \\ \text{Tinggi dinding} &= \text{Tinggi lantai} - \text{Tinggi balok} \\ &= 4,2 \text{ m} - 0,542 \text{ m} \\ &= 3,66 \text{ m} \\ \text{Berat dinding bata} &= \text{SIDL} \times \text{Tinggi dinding} \end{aligned}$$

$$= 1,17 \text{ kN/m}^2 \times 3,66 \text{ m}$$

$$= 4,27 \text{ kN/m}$$

Rekapitulasi perhitungan beban dinding pada masing-masing lantai dapat dilihat pada table 5.22 sebagai berikut.

Tabel 5. 22 Rekapitulasi Beban Dinding Bata

Lantai	Tinggi Lantai (m)	Tinggi Balok (m)	Tinggi Dinding (m)	Berat (kN/m)
1	4,2	0,542	3,66	4,27
2	4,2	0,542	3,66	4,27
3	3,4	0,542	2,86	3,33
4	3,4	0,542	2,86	3,33
5	3,4	0,542	2,86	3,33
6	3,4	0,542	2,86	3,33
7	3,6	0,542	3,06	3,57

2. Beban Mati Tambahan (SIDL) Dinding Kaca

a. Kaca 10 mm

$$\begin{aligned} \text{Berat volume} &= 2550 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Tebal} &= 0,01 \text{ m} \\ \text{SIDL dinding kaca} &= 2550 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m} \\ &= 25,5 \text{ kg/m}^2 \\ &= 0,25 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Berikut contoh perhitungan konversi menjadi beban terdistribusi merata untuk dinding kaca pada lantai 2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{SIDL dinding kaca} &= 0,25 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Tinggi Lantai} &= 4,2 \text{ m} \\ \text{Tinggi balok rerata} &= 0,542 \text{ m} \\ \text{Tinggi dinding} &= \text{Tinggi lantai} - \text{Tinggi balok} \\ &= 4,2 \text{ m} - 0,542 \text{ m} \\ &= 3,66 \text{ m} \\ \text{Berat dinding bata} &= \text{SIDL} \times \text{Tinggi dinding} \\ &= 0,25 \text{ kN/m}^2 \times 3,66 \text{ m} \\ &= 0,90 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan beban dinding pada masing-masing lantai dapat dilihat pada table 5.23 sebagai berikut.

Tabel 5. 23 Rekapitulasi Beban Dinding Kaca

Lantai	Tinggi Lantai (m)	Tinggi Balok (m)	Tinggi Dinding (m)	Berat (kN/m)
1	4,2	0,542	3,66	0,90
2	4,2	0,542	3,66	0,90
3	3,4	0,542	2,86	0,70
4	3,4	0,542	2,86	0,70
5	3,4	0,542	2,86	0,70
6	3,4	0,542	2,86	0,70
7	3,6	0,542	3,06	0,75

3. Beban Mati Tambahan (SIDL) Dinding Partisi

$$\text{SIDL Partisi} = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

Berikut contoh perhitungan konversi menjadi beban terdistribusi merata untuk dinding partisi pada lantai 2 sebagai berikut.

$$\text{SIDL dinding kaca} = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tinggi Lantai} = 4,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi balok rerata} = 0,542 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi dinding} = \text{Tinggi lantai} - \text{Tinggi balok}$$

$$= 4,2 \text{ m} - 0,542 \text{ m}$$

$$= 3,66 \text{ m}$$

$$\text{Berat dinding bata} = \text{SIDL} \times \text{Tinggi dinding}$$

$$= 0,72 \text{ kN/m}^2 \times 3,66 \text{ m}$$

$$= 2,63 \text{ kN/m}$$

Rekapitulasi perhitungan beban dinding pada masing-masing lantai dapat dilihat pada table 5.24 sebagai berikut.

Tabel 5. 24 Rekapitulasi Beban Dinding Partisi

Lantai	Tinggi Lantai (m)	Tinggi Balok (m)	Tinggi Dinding (m)	Berat (kN/m)
1	4,2	0,542	3,66	2,63
2	4,2	0,542	3,66	2,63

Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Beban Dinding Partisi

Lantai	Tinggi Lantai (m)	Tinggi Balok (m)	Tinggi Dinding (m)	Berat (kN/m)
3	3,4	0,542	2,86	2,06
4	3,4	0,542	2,86	2,06
5	3,4	0,542	2,86	2,06
6	3,4	0,542	2,86	2,06
7	3,6	0,542	3,06	2,20

4. Beban Mati Tambahan (SIDL) Pelat Lantai

a. Partisi $= 0,72 \text{ kN/m}^2$

b. Pasir

Berat Volume $= 1600 \text{ kg/m}^3$

Tebal $= 0,01 \text{ m}$

Berat spesi $= 1600 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m}$

$= 16 \text{ kg/m}^2$

$= 0,16 \text{ kN/m}^2$

c. Spesi

Berat Volume $= 2100 \text{ kg/m}^3$

Tebal $= 0,03 \text{ m}$

Berat spesi $= 2100 \text{ kg/m}^3 \times 0,03 \text{ m}$

$= 63 \text{ kg/m}^2$

$= 0,62 \text{ kN/m}^2$

d. Keramik

Berat Volume $= 2400 \text{ kg/m}^3$

Tebal $= 0,01 \text{ m}$

Berat spesi $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m}$

$= 24 \text{ kg/m}^2$

$= 0,24 \text{ kN/m}^2$

e. Plafon + Rangka $= 0,48 \text{ kN/m}^2$

f. MEP $= 0,19 \text{ kN/m}^2$

Berdasarkan SNI 1727:2020 pasal 4.3.2 untuk fungsi ruangan yang memiliki beban hidup $\geq 3,83 \text{ kN/m}^2$, maka beban partisi tidak perlu ikut sertakan sehingga pada total beban mati tambahan (SIDL) pelat lantai sebagai berikut.

SIDL Pelat lantai dengan partisi = $2,40 \text{ kN/m}^2$

SIDL Pelat lantai tanpa partisi = $1,68 \text{ kN/m}^2$

5.2.3 Beban Hidup atau *Live Load* (LL)

Beban hidup seperti yang telah disebutkan pada subbab 3.5.2 yang menentukan beban hidup sesuai dengan fungsi ruangan yang nilainya diinput kedalam ETABS sebagai beban terdistribusi merata pada pelat. Nilai beban hidup digunakan dan diambil berdasarkan SNI 1727:2020 pada Tabel 4.3.1 dan C4.3-1. Pada struktur bangunan yang dianalisis berfungsi sebagai rumah susun yang memiliki karakteristik ruang yang serupa hingga penetapan beban hidup yang digunakan telah dirangkum pada Tabel 5.25 sebagai berikut.

Tabel 5. 25 Rekapitulasi Beban Hidup

No	Keterangan	Q Live (kN/m ²)
1	<i>Lobby</i>	4,79
2	Koridor di atas lantai pertama	3,83
3	Toilet <i>rooms</i>	2,87
4	Unit hunian	1,92
5	Ruang Bersama / Balkon	4,79
6	Dak Atap	0,96
7	Ruang Penyimpanan/ ME	7,18

5.2.4 Beban Gravitasi

Beban gravitasi pada struktur meliputi beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup yang bekerja pada elemen struktur. Akan tetapi, mengacu pada SNI 1726:2019, beban hidup tidak perlu diperhitungkan apabila beban penyimpanan memiliki nilai kurang dari 5% terhadap massa total lantai yang ditinjau. Pada penelitian ini, beban penyimpanan tersebut berasal dari ruang utilitas dengan persentase kurang dari 5%. Perhitungan pembebanan gravitasi tambahan

berdasarkan dengan kode denah tipe ruang pada bangunan Rumah Susun ASN PUPR NTB adalah sebagai berikut.

1. Lobby

$$\begin{aligned}
 \text{Luas ruang} &= 43 \text{ m}^2 \\
 Q_{\text{SIDL}} &= 1,68 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{LL}} &= 4,79 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{TOTAL}} &= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}} \\
 &= 1,68 + 0,00 \text{ (tidak disertakan)} \\
 &= 1,68 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Massa Total} &= \text{Luas Ruang} \times Q_{\text{TOTAL}} \\
 &= 4,8 \times 1,68 \\
 &= 72,26 \text{ kN} \\
 &= 7365,80 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Koridor diatas lantai pertama

$$\begin{aligned}
 \text{Luas ruang} &= 768,25 \text{ m}^2 \\
 Q_{\text{SIDL}} &= 1,68 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{LL}} &= 3,83 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{TOTAL}} &= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}} \\
 &= 1,68 + 0,00 \text{ (tidak disertakan)} \\
 &= 1,68 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Massa Total} &= \text{Luas Ruang} \times Q_{\text{TOTAL}} \\
 &= 765,25 \times 1,68 \\
 &= 1290,99 \text{ kN} \\
 &= 131599,42 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Toilet Rooms

$$\begin{aligned}
 \text{Luas ruang} &= 48,75 \text{ m}^2 \\
 Q_{\text{SIDL}} &= 2,40 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{LL}} &= 2,87 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{TOTAL}} &= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}} \\
 &= 2,40 + 0,00 \text{ (tidak disertakan)}
 \end{aligned}$$

- | | |
|-------------|---|
| | $= 2,40 \text{ kN/m}^2$ |
| Massa Total | $= \text{Luas Ruang} \times Q_{\text{TOTAL}}$ |
| | $= 48,75 \times 2,40$ |
| | $= 117,02 \text{ kN}$ |
| | $= 11928,74 \text{ kg}$ |
4. Unit Hunian
- | | |
|--------------------|---|
| Luas ruang | $= 469,58 \text{ m}^2$ |
| Q_{SIDL} | $= 2,40 \text{ kN/m}^2$ |
| Q_{LL} | $= 1,92 \text{ kN/m}^2$ |
| Q_{TOTAL} | $= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}}$ |
| | $= 2,40 + 0,00 \text{ (tidak disertakan)}$ |
| | $= 2,40 \text{ kN/m}^2$ |
| Massa Total | $= \text{Luas Ruang} \times Q_{\text{TOTAL}}$ |
| | $= 469,58 \times 2,40$ |
| | $= 1127,19 \text{ kN}$ |
| | $= 114902,54 \text{ kg}$ |
5. Ruang Bersama/ Balkon
- | | |
|--------------------|---|
| Luas ruang | $= 32,5 \text{ m}^2$ |
| Q_{SIDL} | $= 2,40 \text{ kN/m}^2$ |
| Q_{LL} | $= 4,79 \text{ kN/m}^2$ |
| Q_{TOTAL} | $= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}}$ |
| | $= 2,40 + 0,00 \text{ (tidak disertakan)}$ |
| | $= 2,40 \text{ kN/m}^2$ |
| Massa Total | $= \text{Luas Ruang} \times Q_{\text{TOTAL}}$ |
| | $= 32,5 \times 2,40$ |
| | $= 54,61 \text{ kN}$ |
| | $= 5567,17 \text{ kg}$ |
6. Dak Atap
- | | |
|-------------------|-------------------------|
| Luas ruang | $= 773,73 \text{ m}^2$ |
| Q_{SIDL} | $= 2,40 \text{ kN/m}^2$ |
| Q_{LL} | $= 0,96 \text{ kN/m}^2$ |

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{TOTAL}} &= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}} \\
 &= 2,40 + 0,00 \text{ (tidak disertakan)} \\
 &= 2,40 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Total} &= \text{Luas Ruang} \times Q_{\text{TOTAL}} \\
 &= 773,73 \times 2,40 \\
 &= 1857,28 \text{ kN} \\
 &= 189325,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

7. Ruang Penyimpanan/ ME

$$\begin{aligned}
 \text{Luas ruang} &= 16,25 \text{ m}^2 \\
 Q_{\text{SIDL}} &= 1,68 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{LL}} &= 7,18 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{TOTAL}} &= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}} \\
 &= 1,68 + 0,00 \text{ (tidak disertakan)} \\
 &= 1,68 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Total} &= \text{Luas Ruang} \times Q_{\text{TOTAL}} \\
 &= 16,25 \times 1,68 \\
 &= 27,31 \text{ kN} \\
 &= 2783,59 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan beban gravitasi pada setiap lantai disajikan pada Tabel 5.26 – 5.31 berikut.

Tabel 5. 26 Rekapitulasi Beban Gravitasi Lantai 1

No	Keterangan	Luas Total (m ²)	Q LL (kN/m ²)	Q SIDL (kN/m ²)	Q Total (kN/m ²)	M (kg)
1	Lobi	43	4,79	1,68	1,68	7365,80
2	Koridor di atas lantai pertama	768,25	3,83	1,68	1,68	131599,42
3	Toilet	48,75	2,87	2,40	2,40	11928,74
4	Ruang Bersama / Balkon	32,5	4,79	1,68	1,68	5567,17
5	Ruang Penyimpanan/ ME	16,25	7,18	1,68	1,68	2783,59
Total						159244,73

Tabel 5. 27 Rekapitulasi Beban Gravitasi Lantai 2

No	Keterangan	Luas Total (m ²)	Q LL (kN/m ²)	Q SIDL (kN/m ²)	Q Total (kN/m ²)	M (kg)
1	Koridor di atas lantai pertama	840,75	3,83	1,68	1,68	144018,50
2	Toilet	48,75	2,87	2,40	2,40	11928,74
3	Ruang Bersama / Balkon	32,5	4,79	1,68	1,68	5567,17
4	Ruang Penyimpanan/ ME	16,25	7,18	1,68	1,68	2783,59
Total						164298,01

Tabel 5. 28 Rekapitulasi Beban Gravitasi Lantai 3

No	Keterangan	Luas Total (m ²)	Q LL (kN/m ²)	Q SIDL (kN/m ²)	Q Total (kN/m ²)	M (kg)
1	Koridor di atas lantai pertama	363,54	3,83	1,68	1,68	62273,55
2	Unit hunian	469,58	1,92	2,40	2,40	114902,54
3	Ruang Penyimpanan/ ME	16,25	7,18	1,68	1,68	2783,59
Total						179959,68

Tabel 5. 29 Rekapitulasi Beban Gravitasi Lantai 4-7

No	Keterangan	Luas Total (m ²)	Q LL (kN/m ²)	Q SIDL (kN/m ²)	Q Total (kN/m ²)	M (kg)
1	Koridor di atas lantai pertama	359,88	3,83	1,68	1,68	61646,60
2	Unit hunian	397,6	1,92	2,40	2,40	97289,60
3	Ruang Penyimpanan/ ME	16,25	7,18	1,68	1,68	2783,59
Total						161719,79

Tabel 5. 30 Rekapitulasi Beban Gravitasi Lantai 8 (Roof deck)

No	Keterangan	Luas Total (m ²)	Q LL (kN/m ²)	Q SIDL (kN/m ²)	Q Total (kN/m ²)	M (kg)
1	Dak Atap	773,73	0,96	2,40	2,40	189325,66
Total						189325,66

Tabel 5. 31 Rekapitulasi Beban Gravitasi Atap Lift

No	Keterangan	Luas Total (m ²)	Q LL (kN/m ²)	Q SIDL (kN/m ²)	Q Total (kN/m ²)	M (kg)
1	Dak Atap	71,15	0,96	2,40	2,40	17409,85
Total						17409,85

5.2.5 Kontrol Berat Seismik Efektif

Berat massa bangunan merupakan total beban dari elemen-elemen struktur yang memengaruhi respons gempa pada bangunan. Perhitungan massa bangunan mencakup beban sendiri struktur, beban mati, serta beban mati tambahan yang bekerja pada setiap elemen struktur. Nilai massa bangunan diperoleh dari penjumlahan beban mati pelat, balok, kolom, dinding, dan beban gravitasi lainnya. Rekapitulasi hasil perhitungan massa pada masing-masing lantai disajikan pada Tabel 5.32- 5.38 berikut ini.

Tabel 5. 32 Massa Bangunan Lantai 1

No	Elemen	Massa (kg)
1	Balok	301154,83
2	Pelat	283530,00
3	Kolom	220839,36
4	Beban Dinding Bata	16871,75
5	Beban Dinding Kaca	2246,42
6	Beban Dinding Partisi	3723,00
7	<i>Shearwall</i>	28992,60
8	Beban Gravitasi	159244,73
Total		1016602,69

Tabel 5. 33 Massa Bangunan Lantai 2

No	Elemen	Massa (kg)
1	Balok	302747,83
2	Pelat	292734,00
3	Kolom	224582,40
4	Beban Dinding Bata	16871,75
5	Beban Dinding Kaca	2246,42
6	Beban Dinding Partisi	3723,00
7	<i>Shearwall</i>	29484,00
8	Beban Gravitasi	164298,01
Total		1036687,41

Tabel 5. 34 Massa Bangunan Lantai 3

No	Elemen	Massa (kg)
1	Balok	274073,28
2	Pelat	265003,44
3	Kolom	217324,80
4	Beban Dinding Bata	17542,13
5	Beban Dinding Kaca	485,00
6	Beban Dinding Partisi	11716,50
7	<i>Shearwall</i>	33868,80
8	Beban Gravitasi	179959,68
Total		999973,62

Tabel 5. 35 Massa Bangunan Lantai 4-6

No	Elemen	Massa (kg)
1	Balok	269825,28
2	Pelat	241403,76
3	Kolom	175929,60
4	Beban Dinding Bata	17542,13
5	Beban Dinding Kaca	485,00
6	Beban Dinding Partisi	11716,50
7	<i>Shearwall</i>	23868,00
8	Beban Gravitasi	161719,79
Total		902490,05

Tabel 5. 36 Massa Bangunan Lantai 7

No	Elemen	Massa (kg)
1	Balok	269825,28
2	Pelat	241403,76
3	Kolom	175929,60
4	Beban Dinding Bata	17542,13
5	Beban Dinding Kaca	485,00
6	Beban Dinding Partisi	11716,50
7	<i>Shearwall</i>	5508,00
8	Beban Gravitasi	161719,79
Total		884130,05

Tabel 5. 37 Massa Bangunan Lantai 8 (Roof deck)

No	Elemen	Massa (kg)
1	Balok	269825,28
2	Pelat	278542,80
3	Kolom	186278,40
7	<i>Shearwall</i>	5832,00
8	Beban Gravitasi	189325,66
Total		929804,14

Tabel 5. 38 Massa Bangunan Atap Lift

No	Elemen	Massa (kg)
1	Balok	20324,64
2	Pelat	25614,00
3	Kolom	39420,00
8	Beban Gravitasi	17409,85
Total		102768,49

Nilai pada setiap masing- masing tingkat dijumlahkan untuk memperoleh berat total bangunan sebagai parameter perbandingan dalam analisis respon struktur. Kemudian bangunan dimodelkan pada software ETABS dan seluruh beban yang telah diinput sesuai dengan kondisi eksisting. Maka didapatkan hasil pemodelan untuk berat total bangunan yang dapat dilihat pada Tabel 5.39 sebagai berikut.

Tabel 5. 39 Rekapitulasi Jumlah Massa Bangunan

Tingkat	Massa Manual (Kg)	Massa Software (Kg)
1	1016602,69	1074239,05
2	1036687,41	1089183,16
3	999973,62	1022103,67
4	902490,05	953665,24
5	902490,05	953665,24
6	902490,05	943856,77
7	884130,05	939395,79
8	929804,14	780702,82
9 (Atap Lift)	102768,49	77031,02
Total	7677436,55	7833842,76

Perhitungan massa bangunan menggunakan software ETABS didapatkan sebesar 7833842,76 kg yang kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan manual sebesar 7677436,55 kg. kemudian kedua hasil tersebut di bandingkan dengan perhitungan persentase perbandingannya disajikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Perbandingan Massa} &= \frac{\text{Massa ETABS} - \text{Massa Manual}}{\text{Massa Manual}} \\ &= \frac{7833842,76 - 7677436,55}{7677436,55} \\ &= 0,0204\end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan Massa \%} = 2,04 \%$$

Hasil dari perbandingan massa telah menunjukkan selisih kurang dari 5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada pemodelan ini telah merepresentasikan kondisi bangunan eksisting dengan baik.

5.3 Parameter Gempa dan Periode Fundamental Struktur

5.3.1 Parameter Gempa

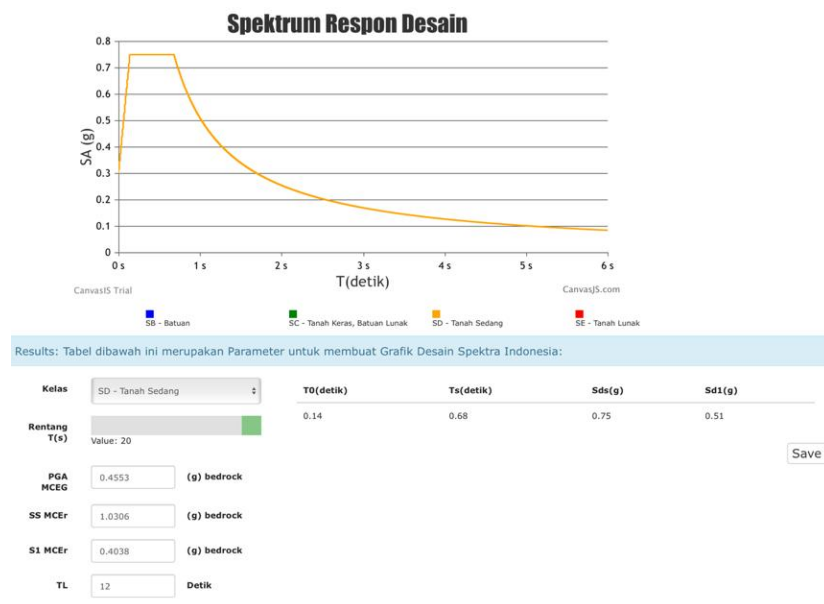
Bangunan gedung yang dianalisis berdiri di atas kondisi tanah kategori sedang (SD). Struktur gedung tersebut direncanakan memiliki 8 lantai dengan tinggi keseluruhan mencapai 34,18 meter.

1. Kategori A Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan klasifikasi pada Tabel 3.4, bangunan yang dianalisis difungsikan sebagai rumah susun. Dengan mengacu pada fungsi tersebut, Bangunan Rumah Susun ASN PUPR NTB termasuk dalam kelompok kategori risiko II. Selanjutnya, penentuan faktor keutamaan gempa mengacu pada Tabel 3.5, di mana untuk bangunan dengan kategori risiko II ditetapkan nilai faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1,0 yang digunakan dalam perhitungan analisis struktur.

2. Kelas Situs dan Parameter Percepatan Gempa

Nilai parameter percepatan gempa untuk periode pendek (S_s) dan periode panjang (S_l) ditentukan dengan mengacu pada sumber resmi yang tersedia pada laman <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5. 6 Nilai Parameter S_s dan S_I
(Sumber: website <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>)

Dapat diketahui bahwa nilai parameter S_s dan S_I berdasarkan website ciptakarya adalah sebagai berikut:

$$S_s = 1,0306 \text{ g}$$

$$S_I = 0,4038 \text{ g}$$

3. Koefisien Situs

Dengan mempertimbangkan klasifikasi jenis tanah serta nilai parameter S_s dan S_I yang telah ditetapkan sebelumnya, selanjutnya dapat dihitung faktor amplifikasi percepatan gempa, yaitu faktor F_a untuk rentang getaran periode pendek dan faktor F_v untuk getaran dengan periode panjang. Mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 pada subsubab 3.6.5, diperoleh nilai faktor amplifikasi sebagai berikut.

$$F_a = 1,0878$$

$$F_v = 1,8962.$$

4. Parameter Percepatan Respon Spektrum MCE_R

Besarnya respon spektrum untuk periode 0,2 detik (S_{MS}) serta respon spektrum pada periode panjang 1 detik (S_{MI}) diperoleh melalui tahapan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
S_{MS} &= Fa \times S_s \\
&= 1,0878 \times 1,0306 \\
&= 1,121 \\
S_{MI} &= F_v \times S_I \\
&= 1,8962 \times 0,4038 \\
&= 0,7657
\end{aligned}$$

5. Parameter Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek 0,2 detik (S_{DS}) serta untuk periode panjang 1 detik (S_{DI}) ditentukan dengan perhitungan yang dijabarkan pada tahapan berikut.

$$\begin{aligned}
S_{DS} &= \frac{2}{3} S_{MS} \\
&= \frac{2}{3} \times 1,1210 \\
&= 0,7474 \\
S_{DI} &= \frac{2}{3} S_{MI} \\
&= \frac{2}{3} \times 0,7657 \\
&= 0,5105
\end{aligned}$$

6. Parameter Percepatan Spektrum Respon Desain

Dalam penyusunan kurva spektrum respon desain, diperlukan penentuan nilai batas periode T_s , T_0 , dan T_L . Nilai T_s dan T_0 didapatkan berdasarkan perhitungan di bawah berikut ini, sementara nilai T_L ditetapkan berdasarkan Gambar 3.4 dengan mengacu pada ketentuan SNI 1726:2019. Berdasarkan ketentuan tersebut, diperoleh nilai-nilai periode sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
&= \frac{0,5105}{0,7474} \\
&= 0,683 \text{ detik} \\
T_0 &= 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
&= 0,2 \frac{0,5105}{0,7474} \\
&= 0,1366 \text{ detik}
\end{aligned}$$

$$T_L = 12 \text{ detik}$$

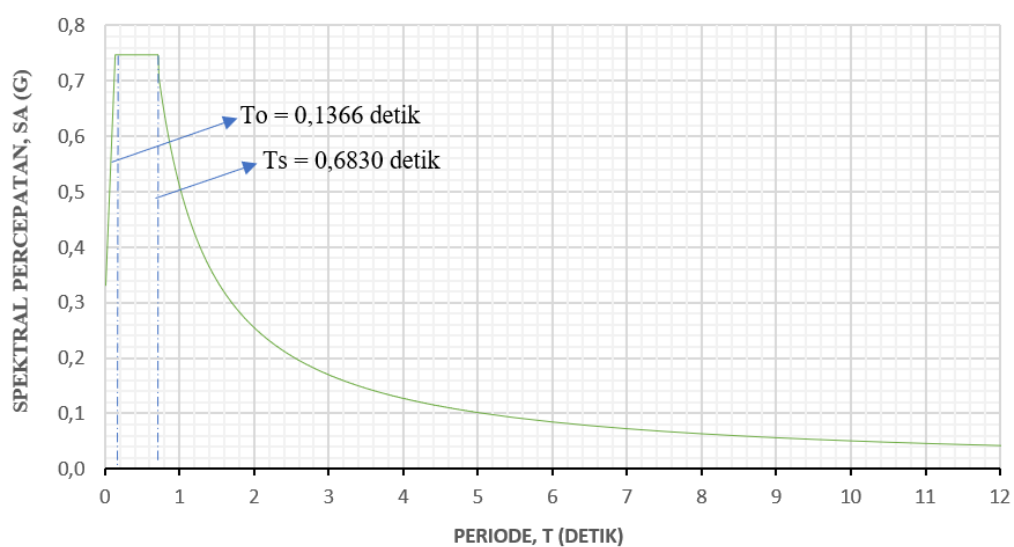
Dilakukan perhitungan nilai parameter percepatan respon (S_a) yang sesuai dengan Gambar 3.3 dengan hasil perhitungan nilai (S_a) dapat dilihat pada Tabel 5.40 dan diperoleh kurva respon spektrum seperti pada Gambar 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5. 40 Nilai Spektrum Respons Percepatan Desain (S_a)

T (detik)	S_a (g)
0,01	0,3318
0,1	0,6272
0,11	0,6600
0,12	0,6929
0,13	0,7257
0,1366	0,7474
0,1466	0,7474
0,1566	0,7474
0,1666	0,7474
0,1766	0,7474
0,1866	0,7474
0,1966	0,7474
0,2	0,7474
0,3	0,7474
0,4	0,7474
0,5	0,7474
0,6	0,7474
0,6166	0,7474
0,6266	0,7474
0,6366	0,7474
0,6466	0,7474
0,6566	0,7474
0,6666	0,7474
0,6830	0,7474
0,70	0,74736363
0,71	0,74736363
0,72	0,7060163056
0,733	0,6963845674
0,743	0,687
0,753	0,6778885496
0,763	0,669
0,773	0,66

Lanjutan Tabel 5.40 Nilai Spektrum Respons Percepatan Desain (S_a)

T (detik)	S_a (g)
0,783	0,6519161489
0,793	0,6436953708
0,8	0,6357
0,9	0,5653
1	0,5089
1,1	0,4628
2	0,2548
3	0,1700
4	0,1275
5	0,1020
6	0,0850
7	0,0729
8	0,0638
9	0,0567
10	0,0510
11	0,0464
11,	0,0444
12	0,0425
13	0,0362



Gambar 5. 7 Kurva Respon Spektrum

7. Kategori Desain Seismik (KDS)

Struktur bangunan harus termasuk dalam kategori desain seismik dalam penggunaan alternatif prosedur penyederhanaan desain, yang dapat ditentukan melalui Tabel 3.9 dan Tabel 3.10 dengan memperhatikan nilai S_{DS} sebesar 0,7474 dan S_{D1} sebesar 0,5105 maka diketahui bahwa kategori desain seismik bangunan ditinjau yaitu pada kategori D.

8. Nilai Parameter Struktur

Parameter struktur yang diperlukan dalam analisis meliputi nilai faktor reduksi gempa (R), faktor pembesaran simpangan (C_d), dan faktor kuat lebih (Ω_0) yang ditetapkan berdasarkan SNI 1726:2019. Mengingat sistem penahan gaya lateral yang digunakan pada bangunan yang dianalisis adalah dinding geser beton bertulang khusus, maka diperoleh nilai parameter struktur sebagai berikut.

$$R = 7$$

$$C_d = 5,5$$

$$\Omega_0 = 2,5$$

5.3.2 Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur (T) harus tetap di bawah hasil perkalian antara koefisien batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dengan periode fundamental pendekatan (T_a), yang dihitung menggunakan persamaan 3.8. Berikut perhitungan periode struktur bangunan Rumah Susun PUPR Provinsi Nusa Tenggara Barat.

1. Koefisien untuk Batas Periode, C_u

Koefisien C_u diambil berdasarkan nilai percepatan respons spectral desain pada 1 detik $S_{DS} \geq 0,4$, sehingga diperoleh nilai $C_u = 1,4$.

2. Parameter Periode Pendekatan, C_t dan x

Nilai parameter periode pendekatan diperoleh berdasarkan tipe struktur yang dimiliki. Pada Bangunan ini tipe struktur termasuk pada sistem struktur lainnya sehingga nilai $C_t = 0,0488$ dan $x = 0,75$.

3. Periode Fundamental Pendekatan (T_a)

Nilai periode fundamental pendekatan dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_a &= C_t h_n^x \\ &= 0,0488 \times 34,18^{0,75} \\ &= 0,6898 \text{ detik} \end{aligned}$$

4. Periode Fundamental Maksimal (T_{max})

Periode fundamental struktur (T) disyaratkan tidak melebihi nilai T_{max} . Oleh karena itu, penentuan nilai T_{max} dilakukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_{max} &= C_u \times T_a \\ &= 1,4 \times 0,6898 \\ &= 0,9658 \text{ detik} \end{aligned}$$

5. Periode Getar Alami Output ETABS (T_c)

Periode getar alami merupakan parameter dinamis yang mencerminkan perilaku struktur bangunan ketika menerima pengaruh beban gempa, sehingga berperan penting dalam penilaian kinerja seismik. Pada penelitian ini, nilai periode getar alami struktur diperoleh melalui analisis dinamis menggunakan *software* ETABS, dengan hasil sebesar 0,945 detik pada arah X dan 1,243 detik pada arah Y.

Penetapan periode struktur yang digunakan dalam analisis dilakukan dengan mengacu pada ketentuan sebagai berikut:

- 1) Nilai $T_c > T_{max}$, nilai periode struktur pakai (T) = T_{max}
- 2) Nilai $T_a < T_c < T_{max}$, nilai periode struktur pakai (T) = T_c
- 3) Nilai $T_c < T_a$, nilai periode struktur pakai (T) = T_a

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh pada arah x $T_a \leq T_{comp-x} \leq T_{max}$, maka digunakan nilai T_{comp-x} sebesar 0,945 detik. Sedangkan, pada arah y diperoleh $T_a \leq T_{max} \leq T_{comp-y}$, sehingga nilai periode yang digunakan nilai T_{max} sebesar 0,9658 detik.

5.4 Gaya Geser Dasar Seismik

Untuk menentukan besarnya gaya geser dasar akibat gempa, terlebih dahulu harus dihitung koefisien respons seismik (C_s). Perhitungan nilai C_s tersebut memerlukan penetapan beberapa parameter pendukung yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Koefisien Respon Seismik (C_s)

$$\begin{aligned} C_{s \text{ hitung}} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,747}{\left(\frac{7}{1,00}\right)} \\ &= 0,1068 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s \text{ max-x}} &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,5105}{0,945\left(\frac{7}{1,00}\right)} \\ &= 0,0772 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s \text{ max-y}} &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,5105}{0,9658\left(\frac{7}{1,00}\right)} \\ &= 0,0755 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s \text{ min}} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,001 \\ &= 0,44 \times 0,7474 \times 1,00 \geq 0,001 \\ &= 0,0329 \geq 0,001 \end{aligned}$$

Nilai C_s yang memenuhi dalam analisis ini adalah $C_{s-pakai x}$ sebesar 0,0772 dan $C_{s-pakai y}$ sebesar 0,0755.

2. Gaya Geser dasar Seismik (V)

Berdasarkan nilai koefisien respons seismik (C_s) yang telah diperoleh sebelumnya, selanjutnya besarnya gaya geser dasar seismik (V) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Berat seismik efektif, } W = 76850,00 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_x &= C_s \times W \\ &= 0,0772 \times 76850,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5930,2528 \text{ kN} \\
 V_y &= C_s \times W \\
 &= 0,0755 \times 76850,00 \\
 &= 5802,6732 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5.4.1 Pemenuhan Sistem Ganda

Dalam penelitian ini, sistem pemikul gaya seismik yang digunakan merupakan sistem ganda. Dimana pada rangka momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain sebagaimana telah dijelaskan pada 3.6.8 serta mengacu pada ketentuan ASCE 7-22 Pasal C12.2.5.1. Oleh karena itu, dilakukan pengecekan untuk memastikan bahwa struktur yang dimodelkan benar-benar memenuhi kriteria sebagai *dual system*. Proses verifikasi dilakukan dengan membandingkan kontribusi gaya geser dasar yang dihasilkan dinding geser dan rangka terhadap reaksi joint pada elemen dinding geser. Rekapitulasi hasil pengecekan dual system dengan rangka pemikul momen khusus mampu menahan paling sedikit 25% dari gaya seismik dapat dilihat pada Tabel 5.41.

Tabel 5. 41 Hasil Pengecekan *Dual System*

Gaya Geser Dasar	Rangka + Dinding Geser	Dinding Geser	%	Rangka	%	Cek
Vx (kN)	10047,1671	8115,9735	81%	1931,1936	19%	Tidak Memenuhi
Vy (kN)	8871,514	5289,3299	61%	3582,1841	40%	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengecekan *base reactions* dan *joint reaction* pada pemodelan ETABS menunjukkan bahwa sistem rangka pada arah X sebesar 19% dan 40% pada arah Y gaya seismik. Sedangkan, dinding geser pada arah X sebesar 81% dan arah Y sebesar 61%. Sesuai dengan SNI 1726:2019, sistem rangka pada arah X belum memenuhi persyaratan sebagai sistem ganda.

Perbedaan kontribusi gaya geser dasar pada kedua arah tersebut menunjukkan adanya ketidakseimbangan distribusi kekakuan struktur. Pada arah X, kekakuan dinding geser lebih dominan sebesar 81% sehingga Sebagian besar gaya gempa dialihkan ke elemen tersebut. Sedangkan kontribusi rangka pemikul momen

menjadi relatif kecil. Sebaliknya pada arah Y pembagian gaya gempa antara dinding geser dan rangka pemikul momen berlangsung lebih proposional sehingga dapat memenuhi syarat minimum. Oleh karena itu, dilakukan penyesuaian ulang terhadap sistem struktur untuk memperoleh distribusi kekakuan yang lebih seimbang. Penyesuaian tersebut dilakukan dengan mengurangi ketebalan dinding geser sebesar 50% dari sebelumnya pada arah X dan Y, serta mengurangi jumlah dinding geser pada arah X di dua lantai paling atas.

Modifikasi ini bertujuan mengurangi dominasi kekakuan dinding geser sehingga distribusi kekakuan struktur menjadi lebih seimbang dengan kontribusi rangka pemikul momen dalam menahan gaya gempa dapat meningkat.

Maka analisis selanjutnya, struktur dimodelkan kembali dan dianalisis ulang menggunakan konfigurasi hasil penyesuaian tersebut untuk mengevaluasi respons *seismic* serta memastikan kesesuaian dengan persyaratan telah memenuhi minimum. Hasil analisis setelah dilakukan penyesuaian terhadap sistem struktur dapat dilihat pada Tabel 5.40 sebagai berikut.

Tabel 5. 42 Hasil Penyesuaian *Dual System*

Gaya Geser Dasar	Rangka + Dinding Geser	Dinding Geser	%	Rangka	%	Cek
V _x (kN)	13011,5141	7204,7507	55%	5806,7634	45%	Memenuhi
V _y (kN)	8602,0771	4560,009	53%	4042,0681	47%	Memenuhi

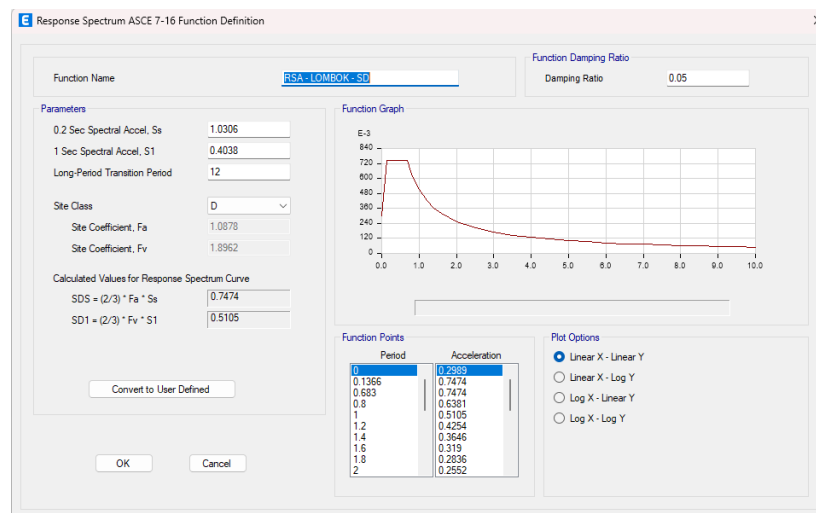
Berdasarkan Tabel 5.42, setelah dilakukan penyesuaian terhadap sistem struktur, distribusi gaya geser dasar menjadi lebih seimbang antara dinding geser dan rangka pemikul momen. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kontribusi rangka pemikul momen pada kedua arah telah melebihi persyaratan minimum 25%, sehingga sistem ganda (*dual system*) dinyatakan memenuhi ketentuan SNI 1726:2019.

5.5 Analisis Beban Gempa Respon Spektrum

Analisis beban gempa respon spektrum pada penelitian ini dilakukan dengan menginput beban gempa respon spektrum pada *software* ETABS, dengan tahapan sebagai berikut.

5.5.1 Input Respon Spektrum Desain

Data respon spektrum gempa dibutuhkan sebagai input utama dalam analisis struktur menggunakan perangkat lunak ETABS. Proses input data respon spektrum pada ETABS dilakukan melalui menu *Define - Function - Response Spectrum*. Pada jendela *Define Response Spectrum Functions*, dipilih opsi ASCE 7-16 kemudian dilanjutkan dengan memilih *Add New Function*. Selanjutnya, parameter respon spektrum yang digunakan dalam analisis didefinisikan pada menu *Response Spectrum ASCE 7-16 Function Definition*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5. 8 Response Spectrum Function Definition
(Sumber: Software ETABS)

5.5.2 Setting Beban Gempa Respon Spektrum pada ETABS

Beban gempa untuk arah X (EQ_x) dan arah Y (EQ_y) didefinisikan secara terpisah melalui fitur *Auto Lateral Load*. Dalam penentuan beban gempa pada kedua arah tersebut, digunakan acuan standar ASCE 7-10 karena standar ini telah terintegrasi dan mengikuti ketentuan terbaru yang tersedia pada perangkat lunak ETABS. Meskipun demikian, parameter pembebanan gempa yang diterapkan tetap perlu dilakukan penyesuaian atau modifikasi sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Rincian data yang digunakan dalam pendefinisian beban gempa arah X dan arah Y ditunjukkan pada Gambar 3.11 dan Gambar 3.12.

ASCE 7-16 Seismic Loading

Direction and Eccentricity

- ☒ X Dir
- ☐ Y Dir
- ☒ X Dir + Eccentricity
- ☐ Y Dir + Eccentricity
- ☒ X Dir - Eccentricity
- ☐ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Time Period

- ☐ Approximate
- ☒ Program Calculated
- ☐ User Defined

Ct (ft), x =

T = sec

Story Range

Top Story for Seismic Loads

Bottom Story for Seismic Loads

Seismic Coefficients

0.2 Sec Spectral Accel, Ss

1 Sec Spectral Accel, S1

Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fa

Site Coefficient, Fv

Calculated Coefficients

SDS = (2/3) * Fa * Ss

SD1 = (2/3) * Fv * S1

Factors

Response Modification, R

System Overstrength, Omega

Deflection Amplification, Cd

Occupancy Importance, I

Gambar 5. 9 Lateral Load pada Beban Gempa Arah X
(Sumber: *Software ETABS*)

ASCE 7-16 Seismic Loading

Direction and Eccentricity

- ☐ X Dir
- ☒ Y Dir
- ☐ X Dir + Eccentricity
- ☒ Y Dir + Eccentricity
- ☐ X Dir - Eccentricity
- ☒ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Time Period

- ☐ Approximate
- ☒ Program Calculated
- ☐ User Defined

Ct (ft), x =

T = sec

Story Range

Top Story for Seismic Loads

Bottom Story for Seismic Loads

Seismic Coefficients

0.2 Sec Spectral Accel, Ss

1 Sec Spectral Accel, S1

Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fa

Site Coefficient, Fv

Calculated Coefficients

SDS = (2/3) * Fa * Ss

SD1 = (2/3) * Fv * S1

Factors

Response Modification, R

System Overstrength, Omega

Deflection Amplification, Cd

Occupancy Importance, I

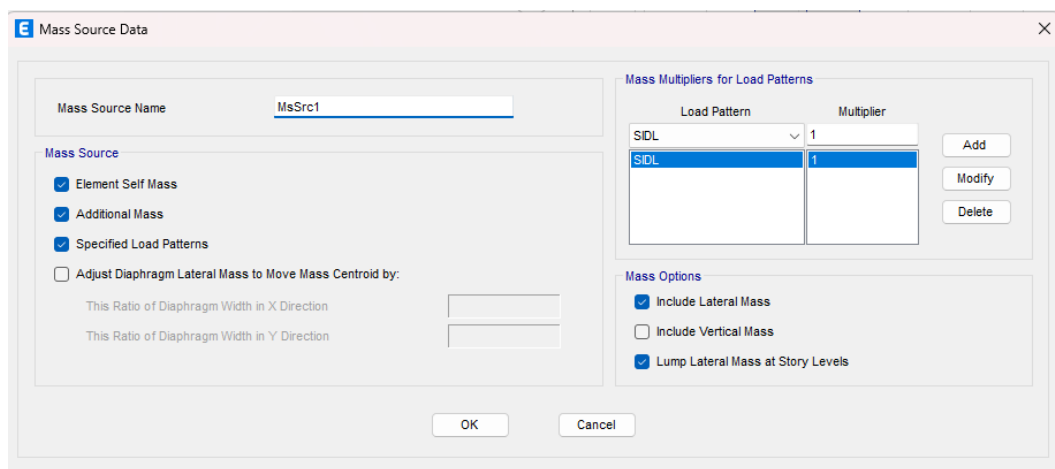
Gambar 5. 10 Lateral Load pada Beban Gempa Arah Y
(Sumber: *Software ETABS*)

5.5.3 Analisis Mass Ratio

Pendefinisian *mass source* merupakan tahapan penting dalam analisis struktur untuk memperoleh besaran beban gempa yang akurat. Hal ini disebabkan beban gempa ditentukan berdasarkan hasil interaksi antara percepatan gempa dan massa bangunan. Dengan demikian, ketepatan dalam mendefinisikan *mass source*

akan memengaruhi nilai periode getar struktur (T_c), yang selanjutnya berpengaruh pada perhitungan gaya geser dasar baik dalam analisis statik maupun dinamik.

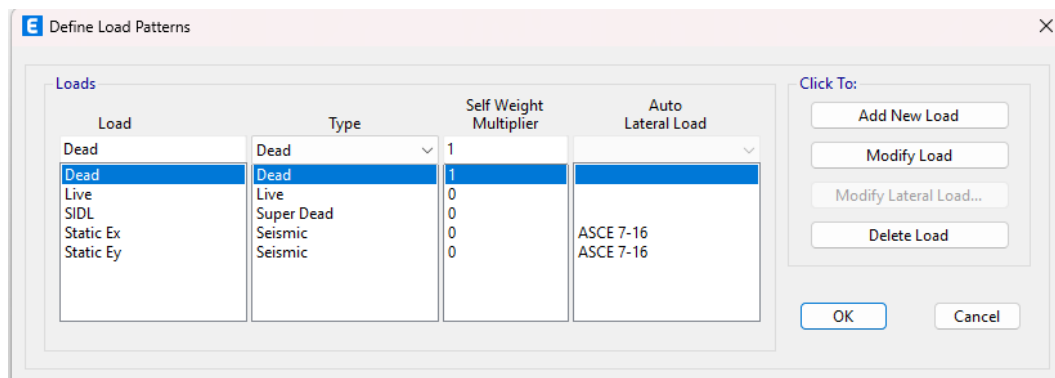
Pada perangkat lunak ETABS, proses pendefinisian massa struktur dilakukan melalui menu *Define - Mass Source - Add New Mass Source*. Setelah itu, pengaturan parameter massa dilakukan pada jendela *Mass Source Data* sesuai dengan komponen massa struktur yang digunakan dalam analisis. Pengaturan tersebut ditunjukkan secara rinci pada Gambar 5.12.



Gambar 5. 11 *Mass Source Data*
(Sumber: *Software ETABS*)

5.5.4 Pendefinisian Pola Pembebanan

Pendefinisian jenis pembebanan pada struktur bangunan dilakukan melalui menu *Load Patterns*. Tahapan ini diawali dengan memilih perintah *Define - Load Pattern*, kemudian memasukkan parameter pembebanan sesuai dengan ketentuan yang ditampilkan pada jendela *Define Load Patterns*. Rincian pengaturan pembebanan tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.14.



Gambar 5. 12 Load Patterns

(Sumber: *Software ETABS*)

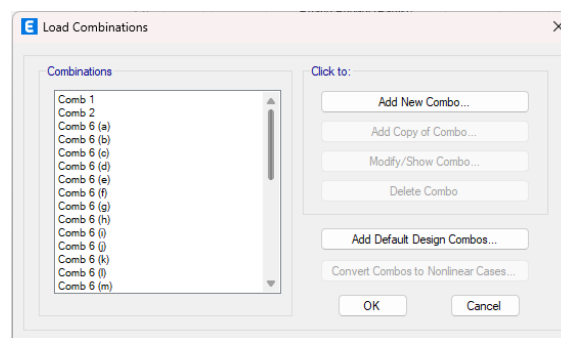
5.5.5 Kombinasi Pembebanan

Sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019, analisis dinamik respons spektrum pada penelitian ini dilakukan dengan menerapkan kombinasi pembebanan ultimit pada model struktur di ETABS. Kombinasi pembebanan tersebut digunakan untuk merepresentasikan kondisi pembebanan yang mungkin terjadi akibat kombinasi beban gravitasi dan beban gempa, sehingga dapat diperoleh respons struktur berupa gaya geser dasar (base shear), perpindahan (displacement), simpangan antar tingkat (story drift), serta pengaruh P-Delta. Karena penelitian ini merupakan evaluasi respons seismik struktur eksisting, kombinasi pembebanan tersebut tidak dimaksudkan untuk perancangan atau pemeriksaan kekuatan elemen struktur, melainkan sebagai dasar dalam mengevaluasi perilaku struktur terhadap beban gempa. Dalam penelitian ini menerapkan total 18 kombinasi pembebanan ultimit yang digunakan sebagai acuan dalam analisis struktur sebagai berikut.

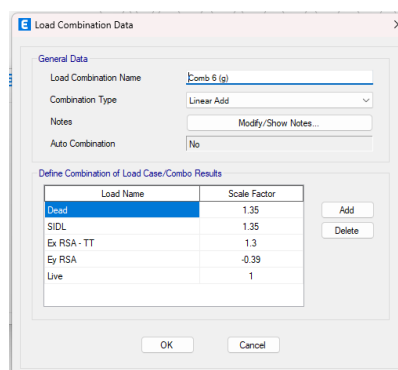
1. Combo 1 : $1,4 D$
2. Combo 2 : $1,4 D + 1,6 L$
3. Combo 3 : $1,325 D + 1,3 EQ_x + 0,39 EQ_y + 1 L$
4. Combo 4 : $1,325 D - 1,3 EQ_x + 0,39 EQ_y + 1 L$
5. Combo 5 : $1,325 D + 1,3 EQ_x - 0,39 EQ_y + 1 L$
6. Combo 6 : $1,325 D - 1,3 EQ_x - 0,39 EQ_y + 1 L$
7. Combo 7 : $1,325 D + 1,3 EQ_y + 0,39 EQ_x + 1 L$
8. Combo 8 : $1,325 D - 1,3 EQ_y + 0,39 EQ_x + 1 L$
9. Combo 9 : $1,325 D + 1,3 EQ_y - 0,39 EQ_x + 1 L$

10. Combo 10 : $1,325 D - 1,3 EQ_y - 0,39 EQ_x + 1 L$
11. Combo 11 : $0,775 D + 1,3 EQ_x + 0,39 EQ_y$
12. Combo 12 : $0,775 D - 1,3 EQ_x + 0,39 EQ_y$
13. Combo 13 : $0,775 D + 1,3 EQ_x - 0,39 EQ_y$
14. Combo 14 : $0,775 D - 1,3 EQ_x - 0,39 EQ_y$
15. Combo 15 : $0,775 D + 1,3 EQ_y + 0,39 EQ_x$
16. Combo 16 : $0,775 D - 1,3 EQ_y + 0,39 EQ_x$
17. Combo 17 : $0,775 D + 1,3 EQ_y - 0,39 EQ_x$
18. Combo 18 : $0,775 D - 1,3 EQ_y - 0,39 EQ_x$

Proses input kombinasi pembebanan ke dalam *software* ETABS dilakukan melalui menu *Define - Load Combination*, kemudian memilih *Add New Combo* hingga tampilan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.15. Selanjutnya, pada jendela *Define Combination of Load Case Results*, setiap *Load Case Name* beserta nilai *Scale Factor* diisikan sesuai dengan kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan sebelumnya, kemudian dipilih *Add* dan diakhiri dengan menekan OK. Rangkaian langkah tersebut ditampilkan secara lengkap pada Gambar 5.16.



Gambar 5. 13 Define Load Combination



Gambar 5. 14 Data Load Combination

5.6 Syarat *Mass Participant Ratio*

Sesuai pada ketentuan SNI 1726:2019, analisis struktur harus melibatkan jumlah ragam getar yang memadai sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi mencapai 100% dari total massa struktur. Namun demikian, standar tersebut masih memberikan toleransi dengan memperbolehkan analisis dilakukan hingga tingkat partisipasi massa ragam terkombinasi minimum sebesar 90% dari massa struktur. Nilai rasio partisipasi massa ragam (*modal mass participation ratio*) hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5. 43 *Modal Mass Participant Ratio*

<i>StepNum</i>	<i>Period</i>	<i>SumUX</i>	<i>SumUY</i>
1	1,243	0,0008	0,8107
2	1,043	0,1626	0,8108
3	0,945	0,7796	0,8117
↓	↓	↓	↓
19	0,127	0,9394	0,9692
20	0,119	0,9394	0,9692
21	0,116	0,9394	0,9692
22	0,111	0,9509	0,9699
23	0,106	0,9628	0,9701
24	0,087	0,9628	0,9806
25	0,079	0,9739	0,9808
26	0,076	0,9766	0,9814
27	0,07	0,9766	0,9814
28	0,066	0,9766	0,9814
29	0,066	0,9767	0,9845
30	0,065	0,9767	0,9894

Hasil analisis menggunakan *software* ETABS menunjukkan bahwa nilai *modal mass participation ratio* sebesar 97,67% pada arah X dan 98,94% pada arah Y, yang diperoleh pada StepNum ke-30. Dengan capaian tersebut, persyaratan minimum partisipasi massa sebesar 90% sebagaimana ditetapkan dalam ketentuan yang berlaku telah terpenuhi.

5.7 Syarat *Base Shear* Dinamik dan Statik

Nilai gaya geser dasar hasil analisis dinamik dan statik pada penelitian ini harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019, yaitu mensyaratkan agar besarnya gaya geser dasar dinamik ($V_{dinamik}$) setara dengan 100% gaya geser dasar statik (V_{statik}). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh nilai gaya geser dasar sebagaimana disajikan pada Tabel 5.44.

Tabel 5. 44 Hasil *Base Shear Non-Skalatis*

	Vstatik (kN)	Vdinamik (kN)	Kontrol
Arah X	8202,1831	4323,3999	Tidak Memenuhi
Arah Y	8202,1831	3767,1497	Tidak Memenuhi

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada tabel sebelumnya, dapat diketahui bahwa besaran gaya geser dasar dinamik ($V_{dinamik}$) dan gaya geser dasar statik (V_{statik}) belum memenuhi ketentuan yang dipersyaratkan dalam SNI 1726:2019. Oleh karena itu, diperlukan proses penskalaan beban gempa agar kedua nilai tersebut memenuhi kriteria yang ditetapkan. Penentuan faktor skala dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Skala arah x} &= \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}} \\
 &= \frac{8202,1831}{4323,3999} \times 1400,95 \\
 &= 2657,83 \text{ mm/s}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Skala arah y} &= \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}} \\
 &= \frac{8202,1831}{3767,1497} \times 1400,95 \\
 &= 3050,28 \text{ mm/s}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan faktor skala yang telah diperoleh sebelumnya, analisis ulang terhadap gaya geser dasar dinamik ($V_{dinamik}$) dilakukan dengan memasukkan nilai faktor skala tersebut ke dalam tabel *Loads Applied*. Setelah proses penskalaan beban gempa diterapkan, diperoleh nilai gaya geser dasar dinamik ($V_{dinamik}$) yang telah disesuaikan, sebagaimana ditunjukkan pada hasil Tabel 5.45 berikut.

Tabel 5. 45 Hasil *Base Shear Skalatis*

	Vstatik (kN)	Vdinamik (kN)	Kontrol
Arah X	8202,1831	8202,1929	Memenuhi
Arah Y	8202,1831	8202,1925	Memenuhi

Berdasarkan hasil gaya geser dasar (*Base Shear*) pada Tabel 5.45 diperoleh gaya geser dasar dinamik ($V_{dinamik}$) lebih besar dari gaya geser dasar statik (V_{statik}), dengan begitu telah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 1726:2019.

5.8 Cek Ketidakberaturan Struktur

Suatu struktur bangunan perlu diklasifikasikan berdasarkan kriteria ketidakberaturan berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.3.2. Adapun klasifikasi ketidakberaturan yang dibagi menjadi 2 tipe konfigurasi yaitu horizontal dan vertikal.

5.8.1 Ketidakberaturan Horizontal

Ketidakberaturan horizontal terbagi menjadi 5 tipe. Adapun detail pemeriksaan yang dapat dilihat sebagai berikut

1. Ketidakberaturan Torsi (Tipe 1)

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tabel 13, ketidakberaturan horizontal torsi (tipe 1) didefinisikan dalam 2 tipe, dimana tingkat ketidakberaturan torsi tipe 1a ditinjau berdasarkan perbandingan antara simpangan maksimum antar tingkat (Δ_{max}) terhadap simpangan rata-rata antar tingkat (Δ_{avg}) yang bernilai lebih dari 1,2, sedangkan ketidakberaturan torsi tipe 1b terjadi apabila rasio tersebut melebihi 1,4. Nilai Δ_{max} dan Δ_{avg} diperoleh dari hasil analisis struktur menggunakan ETABS. Hasil identifikasi ketidakberaturan torsi tipe 1a dan tipe 1b pada tingkat 3 arah X disajikan sebagai berikut.

$$\Delta_{max} = 10,838 \text{ mm}$$

$$\Delta_{average} = 8,247 \text{ mm}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{average}} = \frac{10,838}{8,247} = 1,314$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rasio sebesar 1,314 dimana nilai tersebut lebih dari 1,2 sehingga struktur dikategorikan Irregular atau memenuhi ketentuan ketidakberaturan torsi tipe 1a. Rekapitulasi hasil perhitungan pada kedua arah disajikan pada Tabel 5.46 berikut.

Tabel 5. 46 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1 Arah X dan Y

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
9 (Atap lift)	8,191	6,248	1,311	Irregular H.1a	6,387	5,434	1,175	Regular
8	5,272	4,562	1,156	Regular	4,377	4,091	1,070	Regular
7	7,143	6,093	1,172	Regular	5,665	5,419	1,045	Regular
6	7,664	6,477	1,183	Regular	7,102	6,727	1,056	Regular
5	8,462	7,117	1,189	Regular	8,590	8,169	1,052	Regular
4	8,667	7,193	1,205	Irregular H.1a	10,042	9,638	1,042	Regular
3	10,838	8,247	1,314	Irregular H.1a	14,629	12,572	1,164	Regular
2	12,014	9,519	1,262	Irregular H.1a	14,539	13,805	1,053	Regular
1	6,181	5,113	1,209	Irregular H.1a	7,811	7,274	1,074	Regular

2. Ketidakberaturan Sudut Dalam (Tipe 2)

Ketidakberaturan sudut dalam terjadi apabila panjang sudut dalam pada struktur melebihi 15% dari dimensi keseluruhan bangunan pada arah yang ditinjau. Pemeriksaan dilakukan dengan menentukan panjang bentang sudut dalam terbesar pada bangunan. Perhitungan sudut dalam pada tingkat 1 dilakukan untuk mengetahui apakah struktur memenuhi kriteria ketidakberaturan sudut dalam sesuai ketentuan yang berlaku. Hasil identifikasi dan perhitungan bentang sudut dalam pada tingkat tersebut disajikan sebagai berikut.

$$L_x = 33,5 \text{ m}$$

$$P_x = 9,2 \text{ m}$$

$$\frac{P_x}{L_x} = \frac{9,2}{33,5}$$

$$= 27\%$$

$$L_y = 40 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 P_y &= 10 \text{ m} \\
 \frac{P_y}{L_y} &= \frac{10}{40} \\
 &= 25\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai rasio melebihi 15% dimana ketidakberaturan sudut dalam terpenuhi

3. Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma (Tipe 3)

Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma terjadi apabila luas bukaan pada lantai melebihi 50% dari luas total diafragma pada tingkat yang ditinjau. Pemeriksaan dilakukan dengan menghitung luas keseluruhan denah lantai dan membandingkannya terhadap total luas bukaan (*void*) pada struktur. Berdasarkan denah pada Gambar 5.1, bukaan bangunan tersebar pada beberapa bagian bangunan. Hasil perhitungan luas bukaan dan luas total lantai digunakan untuk menentukan terpenuhi atau tidaknya ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.

$$\begin{aligned}
 A_{\text{bukaan}} &= 97,32 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{total}} &= 995,92 \text{ m}^2 \\
 &= A_{\text{bukaan}} < 50\% A_{\text{Total}} \\
 &= 97,32 < 50\% \times 995,92 \\
 &= 97,32 < 497,96
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai rasio luas bukaan terhadap luas total lantai lebih kecil 50%, sehingga struktur tidak memenuhi kriteria ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.

4. Ketidakberaturan Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang (Tipe 4)

Ketidakberaturan tipe 4 terjadi apabila terdapat pergeseran atau ketidaksinambungan posisi elemen vertikal pemikul gaya seismik pada arah tegak lurus antar tingkat. Berdasarkan hasil identifikasi pada bangunan Rumah Susun ASN PUPR NTB, elemen vertikal pemikul gaya seismik tersusun secara menerus dan konsisten hingga lantai atap. Oleh karena itu, struktur gedung tidak termasuk dalam kategori ketidakberaturan tipe 4.

5. Ketidakberaturan Nonparalel (Tipe 5)

Ketidakberaturan tipe 5 terjadi apabila elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak tersusun sejajar terhadap sumbu X dan sumbu Y sehingga dapat memengaruhi respons struktur akibat beban gempa. Berdasarkan hasil identifikasi pada gambar DED, bangunan tidak memiliki elemen vertikal pemikul gaya lateral berupa dinding geser yang posisinya tidak sejajar terhadap kedua sumbu utama bangunan. Oleh karena itu, struktur gedung tidak termasuk dalam ketidakberaturan horizontal tipe 5.

5.8.2 Ketidakberaturan Vertikal

Ketidakberaturan vertikal terbagi menjadi 5 tipe. Adapun detail pemeriksaan yang dapat dilihat sebagai berikut

1. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (Tipe 1)

Ketidakberaturan tipe ini terjadi apabila suatu tingkat memiliki kekakuan kurang dari 70% terhadap tingkat di atasnya atau kurang dari 80% terhadap rata-rata kekakuan tiga tingkat di atasnya. Evaluasi kekakuan struktur pada setiap tingkat dilakukan menggunakan ETABS untuk arah X dan arah Y. Hasil pemeriksaan ketidakberaturan kekakuan struktur disajikan pada Tabel 5.47 berikut.

Tabel 5. 47 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1 Arah X dan Y

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekakuan	Cek	Kekakuan	Cek
	kN/m		kN/m	
9 (Atap lift)	45450,46		45940,199	
8	458528,203	Regular	427613,449	Regular
7	647563,749	Regular	623542,756	Regular
6	879888,605	Regular	696661,828	Regular
5	1007074,273	Regular	713976,338	Regular
4	1149367,574	Regular	707226,885	Regular
3	1063743,673	Regular	625144,983	Regular
2	1124565,72	Regular	603017,154	Regular
1	2054709,357	Regular	1197036,29	Regular

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang telah dilakukan, struktur Rumah Susun ASN PUPR NTB tidak memenuhi kriteria ketidakberaturan vertikal tipe 1a maupun tipe 1b.

2. Ketidakberaturan Massa (Tipe 2)

Ketidakberaturan vertikal tipe 2 terjadi apabila massa pada suatu tingkat melebihi 150% dari massa tingkat yang berdekatan, baik tingkat di atas maupun di bawahnya. Namun, tingkat atap yang memiliki massa lebih kecil dibandingkan tingkat di bawahnya tidak perlu diperhitungkan dalam pengecekan. Analisis massa struktur dilakukan menggunakan ETABS, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan rasio massa antar tingkat. Contoh perhitungan disajikan sebagai berikut.

Massa tingkat 1 = 1074239,05 kg

Massa tingkat 2 = 1089183,16 kg

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Massa tingkat 1}}{\text{Massa tingkat 2}} \times 100\% \leq 150\% \\
 &= \frac{1074239,05}{1089183,16} \times 100\% \leq 150\% \\
 &= 99\% \leq 150\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada setiap tingkat, struktur Rumah Susun ASN PUPR NTB tidak memenuhi kriteria ketidakberaturan vertikal tipe 2. Rekapitulasi hasil perhitungan ketidakberaturan vertikal tipe 2 disajikan pada Tabel 5.48 berikut.

Tabel 5. 48 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 Arah X dan Y

Lantai	Massa (kg)	Cek
9 (Atap lift)	77031,02	Regular
8	780702,82	Regular
7	939395,79	Regular
6	943856,77	Regular
5	953665,24	Regular
4	953665,24	Regular
3	1022103,67	Regular
2	1089183,16	Regular
1	1074239,05	Regular

3. Ketidakberaturan Geometri Vertikal (Tipe 3)

Ketidakberaturan vertikal tipe 3 terjadi apabila dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik pada suatu tingkat melebihi 130% dari dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik pada tingkat yang berdekatan. Pada penelitian ini, sistem pemikul gaya seismik yang ditinjau berupa dinding geser pada setiap lantai bangunan. Berdasarkan hasil identifikasi, dimensi dan tata letak dinding geser pada gedung bersifat tipikal dan menerus dari lantai dasar hingga lantai teratas, sehingga struktur tidak memenuhi ketentuan ketidakberaturan vertikal tipe 3. Rekapitulasi hasil pengecekan disajikan pada Tabel 5.49.

Tabel 5. 49 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3

Lantai	L (mm)	Cek
9 (Atap lift)	600	Regular
8	600	Regular
7	600	Regular
6	600	Regular
5	600	Regular
4	600	Regular
3	600	Regular
2	600	Regular
1	600	Regular

4. Ketidakberaturan Diskontinuitas Bidang Vertikal Pemikul gaya Lateral (Tipe 4)

Ketidakberaturan vertikal tipe 4 terjadi apabila terdapat pergeseran posisi (*offset*) pada elemen vertikal pemikul gaya lateral dengan nilai melebihi dimensi horizontal elemen tersebut. Berdasarkan hasil identifikasi pada gambar DED, dinding geser pada bangunan tersusun secara menerus tanpa adanya diskontinuitas antar tingkat. Oleh karena itu, struktur gedung tidak memenuhi kriteria ketidakberaturan vertikal tipe 4.

5. Ketidakberaturan Tingkat Lemah (Tipe 5)

Ketidakberaturan vertikal tingkat lemah terjadi apabila kekuatan lateral pada suatu tingkat mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan tingkat di

atasnya, yaitu kurang dari 80% untuk tipe 5a dan kurang dari 65% untuk tipe 5b. Analisis kapasitas gaya lateral pada setiap tingkat dilakukan menggunakan ETABS untuk arah X dan arah Y. Berdasarkan hasil pengecekan, struktur gedung tidak memenuhi kriteria ketidakberaturan vertikal tipe 5a maupun tipe 5b. Rekapitulasi hasil pemeriksaan disajikan pada Tabel 5. 50 sebagai berikut.

Tabel 5. 50 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a dan 5b

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekuatan	Cek	Kekuatan	Cek
	kN		kN	
9 (Atap lift)	262,4472		257,5899	
8	1865,2159	Regular	1749,5669	Regular
7	3394,4276	Regular	3237,9872	Regular
6	4621,2355	Regular	4477,617	Regular
5	5673,7048	Regular	5537,4541	Regular
4	6557,2993	Regular	6448,8357	Regular
3	7345,8405	Regular	7295,4248	Regular
2	7947,9481	Regular	7927,649	Regular
1	8202,1929	Regular	8202,1925	Regular

Tabel 5. 51 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal

Ketidakberaturan Horizontal	Hasil
Tipe 1a	Irregular H.1a
Tipe 1b	Reguler
Tipe 2	Irregular H.2
Tipe 3.	Reguler
Tipe 4	Reguler
Tipe 5a dan 5b	Reguler
Ketidakberaturan Vertikal	Hasil
Tipe 1a dan 1b	Reguler
Tipe 2	Reguler
Tipe 3.	Regular
Tipe 4	Reguler
Tipe 5a dan 5b	Regular

5.9 Simpangan dan Simpangan antar Lantai

Analisis simpangan struktur dilakukan menggunakan ETABS. Nilai simpangan pusat massa pada setiap tingkat dihitung menggunakan Persamaan 3.17, sedangkan simpangan antar tingkat dihitung berdasarkan Persamaan 3.18. Nilai simpangan antar tingkat yang diperoleh harus memenuhi batas izin sesuai ketentuan pada Tabel 3.18 untuk Kategori Risiko II. Contoh perhitungan simpangan antar tingkat pada arah X disajikan sebagai berikut.

$$\delta e_{3,x} = 17,432 \text{ mm}$$

$$\delta e_{2,x} = 11,194 \text{ mm}$$

$$h = 4200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \delta_{3,x} &= \frac{17,432 \times 5,5}{1,0} \\ &= 95,876 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{2,x} &= \frac{11,194 \times 5,5}{1,0} \\ &= 61,567 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{3,x} &= \delta_{3,x} - \delta_{2,x} \\ &= 95,876 - 61,567 \\ &= 34,309 \text{ mm} \end{aligned}$$

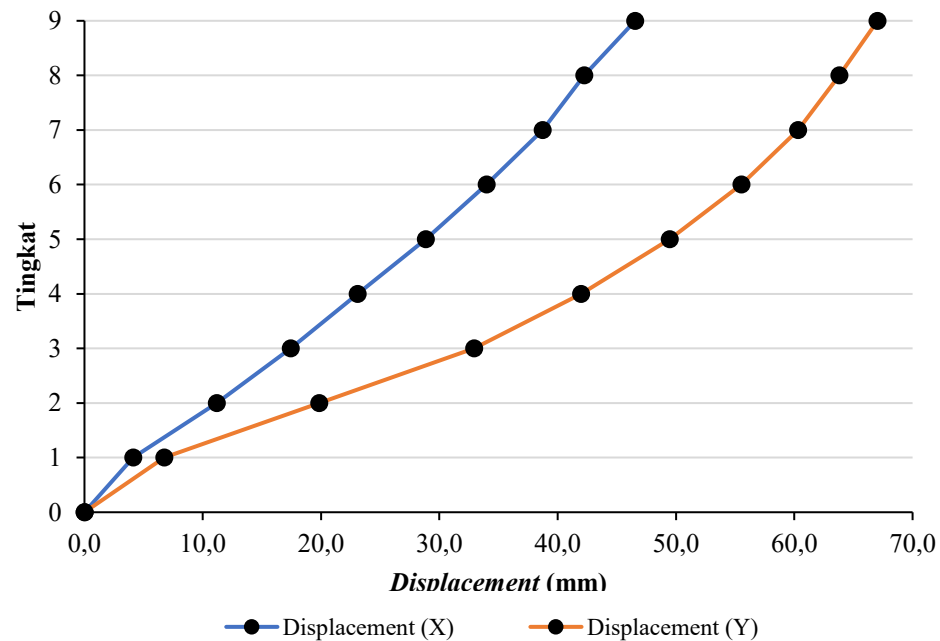
Cek syarat simpangan antar tingkat:

$$\begin{aligned} \Delta \leq \Delta_a &= 34,309 < 0,020h \\ &= 34,309 < 84 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil analisis simpangan antar tingkat pada arah X dan arah Y akibat pengaruh beban gempa statik disajikan pada Tabel 5.52, serta grafik simpangan struktur bangunan dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16.

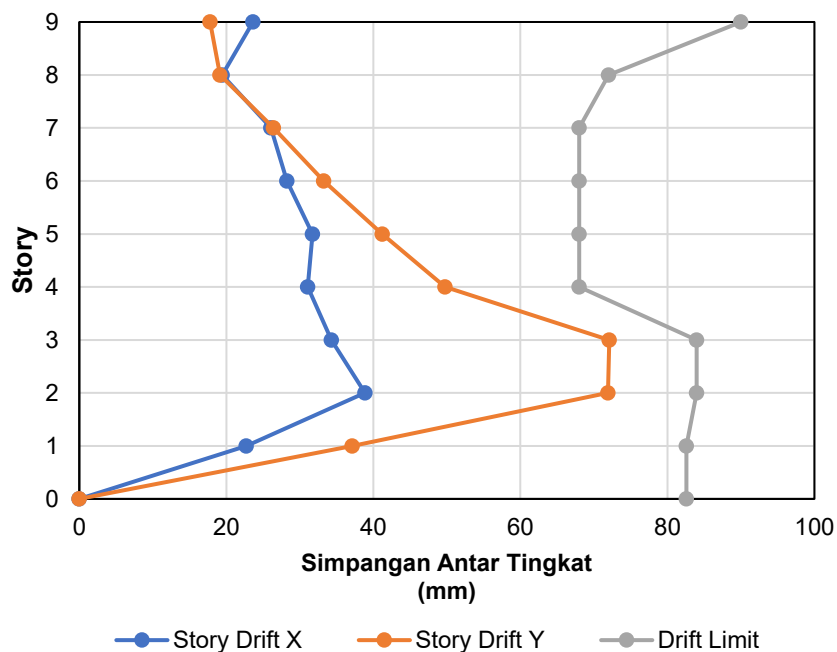
Tabel 5. 52 Rekapitulasi Nilai Simpangan dan Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Y

Story	Displacement		Inelastic Drift		h	StoryDrift		Drift Limit	Cek
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	
9 (Atap lift)	46,550	67,038	256,025	368,709	4500	23,628	17,787	90	OK
8	42,254	63,804	232,397	350,922	3600	19,432	19,124	72	OK
7	38,721	60,327	212,966	331,799	3400	26,048	26,422	68	OK
6	33,985	55,523	186,918	305,377	3400	28,254	33,231	68	OK
5	28,848	49,481	158,664	272,146	3400	31,735	41,228	68	OK
4	23,078	41,985	126,929	230,918	3400	31,053	49,759	68	OK
3	17,432	32,938	95,876	181,159	4200	34,309	72,094	84	OK
2	11,194	19,830	61,567	109,065	4200	38,858	71,918	84	OK
1	4,129	6,754	22,710	37,147	4130	22,710	37,147	83	OK



Gambar 5. 15 Grafik Simpangan Struktur Arah X dan Arah Y

Berdasarkan hasil rekapitulasi dan grafik analisis pada Gambar 5.15, nilai perpindahan total (*displacement*) meningkat secara bertahap seiring meningkatnya elevasi bangunan. Hal ini terjadi karena perpindahan total pada setiap lantai yang merupakan akumulasi simpangan dari tingkat-tingkat di bawahnya terhadap dasar struktur, sehingga nilai perpindahan total terus meningkat dan mencapai nilai maksimum pada lantai atap sebesar 46,550 mm pada arah X dan 67,038 mm untuk arah Y.



Gambar 5. 16 Grafik Simpangan Antar Tingkat Arah X dan Arah Y

Sedangkan hasil rekapitulasi dan grafik analisis pada Gambar 5.16, simpangan antar tingkat (*Story Drift*) menunjukkan selisih perpindahan antara dua lantai yang berurutan. Nilai *story drift* maksimum pada arah X terjadi di tingkat 2 sebesar 38,858 mm, sedangkan arah Y terjadi di tingkat 3 sebesar 72,094 mm. Perbedaan letak tingkat dan besarnya simpangan antar tingkat pada kedua arah menunjukkan bahwa respon struktur terhadap pembebanan gempa berbeda pada masing-masing arah. Kondisi ini dipengaruhi oleh perbedaan distribusi kekakuan, massa, serta konfigurasi elemen struktur pada bangunan.

5.10 Pengaruh Efek P-Delta

Pengaruh efek P-Delta perlu diperhitungkan apabila nilai koefisien stabilitas yang diperoleh dari Persamaan 3.17 lebih besar dari 0,1. Evaluasi koefisien stabilitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh efek orde kedua terhadap perilaku struktur. Contoh perhitungan koefisien stabilitas pada tingkat 3 disajikan sebagai berikut.

$$\beta = 1$$

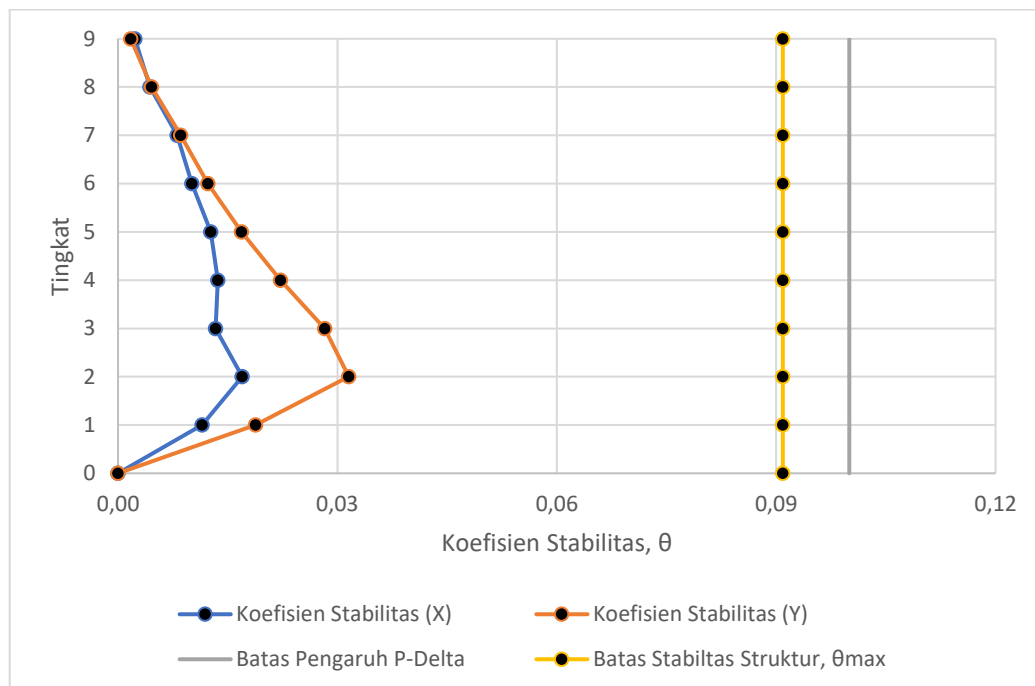
$$I_e = 1$$

$$\begin{aligned}
 \Delta x &= 34,309 \text{ mm} \\
 V_x &= 7347,42 \text{ kN} \\
 C_d &= 5,5 \\
 H &= 4200 \text{ mm} \\
 P_x &= 66070,10 \text{ kN} \\
 \theta &= \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \\
 &= \frac{66070,10 \times 34,309 \times 1,0}{7347,42 \times 4200 \times 5,5} \\
 &= 0,0134
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil evaluasi koefisien stabilitas pada arah X dan arah Y berdasarkan hasil analisis dinamik respon spektrum disajikan pada Tabel 5.53, sedangkan hubungan nilai koefisien stabilitas setiap tingkat ditunjukkan pada Gambar 5.17.

Tabel 5. 53 Rekapitulasi Nilai Efek P-Delta Arah X dan Arah Y

Story	h	Story Drift		Story Forces			Koefisien Stabilitas		Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas, $\theta_{\max}$	Cek X	Cek Y
		Δ_X	Δ_Y	P	V_x	V_y	θX	θY				
	(mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)						
9 (Atap lift)	4500	23,628	17,787	630,43	262,32	257,61	0,0023	0,0018	0,1	0,0909	OK	OK
8	3600	19,432	19,124	8278,63	1853,75	1743,88	0,0044	0,0046	0,1	0,0909	OK	OK
7	3400	26,048	26,422	19664,31	3395,19	3237,15	0,0081	0,0086	0,1	0,0909	OK	OK
6	3400	28,254	33,231	30945,10	4619,32	4477,31	0,0101	0,0123	0,1	0,0909	OK	OK
5	3400	31,735	41,228	42418,27	5678,29	5538,59	0,0127	0,0169	0,1	0,0909	OK	OK
4	3400	31,053	49,759	53891,44	6561,42	6449,61	0,0136	0,0222	0,1	0,0909	OK	OK
3	4200	34,309	72,094	66070,10	7347,42	7297,52	0,0134	0,0283	0,1	0,0909	OK	OK
2	4200	38,858	71,918	80371,93	7957,19	7930,32	0,0170	0,0316	0,1	0,0909	OK	OK
1	4130	22,710	37,147	94469,14	8202,18	8202,18	0,0115	0,0188	0,1	0,0909	OK	OK



Gambar 5. 17 Grafik Koefisien Stabilitas Arah X dan Arah Y Seismik

Berdasarkan hasil rekapitulasi dan grafik pada Gambar 5.17, nilai koefisien stabilitas struktur (θ) yang diperoleh pada arah X berkisar antara 0,0023 s.d 0,0170, sedangkan pada arah Y berkisar di antara 0,0018 s.d 0,0316. Nilai koefisien terbesar terjadi pada tingkat 2, kemudian cenderung menurun pada tingkat-tingkat di atasnya hingga mencapai nilai terkecil pada lantai atap. seluruh nilai (θ) masih berada di bawah batas stabilitas maksimum (θ_{max}) dan batas pengaruh *P-Delta*. Sehingga pengaruh efek *P-Delta* terhadap respons struktur tidak berpengaruh signifikan terhadap stabilitas struktur. Oleh karena itu, struktur dinyatakan memenuhi persyaratan stabilitas sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 dan pengaruh efek *P-Delta* tidak memerlukan analisis lanjutan.

Tabel 5. 54 Rekapitulasi Hasil Respon Seismik

Parameter Respon Seismik	Hasil	Unit	Keterangan
Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>)			
Gaya Geser Statik			Gaya geser dasar dinamik (V_{dinamik}) lebih besar dari gaya geser dasar statik (V_{statik}), maka telah memenuhi syarat 100% sesuai dengan SNI 1726:2019.
Arah X	8202,1831	kN	
Arah Y	8202,1831	kN	
Gaya Geser Dinamik RSA			
Arah X	8202,1929	kN	
Arah Y	8202,1925	kN	
Simpangan (<i>Displacement</i>)			
Terbesar Arah X	46,550	mm	Nilai perpindahan total terus meningkat dan mencapai nilai maksimum pada lantai atap.
Terbesar Arah Y	67,038	mm	
Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Drift</i>)			
Terbesar Arah X	38,858	mm	Nilai keseluruhan <i>Story drift</i> tidak melebihi simpangan antar tingkat izin (<i>drift limit</i>) sesuai disyaratkan pada Tabel 3.18.
Terbesar Arah Y	72,094	mm	
Efek P-Delta			
Terbesar Arah X	0,0170	-	Seluruh nilai (θ) tidak melebihi batas maksimum (θ_{max}) dan batas pengaruh <i>P-Delta</i> , maka dinyatakan memenuhi persyaratan stabilitas sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019
Terbesar Arah Y	0,0316	-	

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Hasil yang didapat setelah dilakukan evaluasi terhadap struktur bangunan bertingkat Rumah Susun ASN PUPR NTB menggunakan analisi dinamik dengan metode respon spektrum diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil nilai gaya geser dasar (*base shear*) dinamik diperoleh pada arah X sebesar 8202,1929 kN dan pada arah Y sebesar 8202,1925 kN dan hasil kedua arah tersebut telah sesuai dengan persyaratan SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4., sehingga gaya gempa yang digunakan dalam evaluasi telah merepresentasikan gaya gempa rencana.
2. Hasil evaluasi simpangan struktur menunjukkan bahwa perpindahan total (*displacement*) meningkat seiring bertambahnya elevasi bangunan dan mencapai nilai maksimum sebesar 46,550 mm pada arah X dan 67,038 mm untuk arah Y pada lantai atap.
3. Simpangan antar lantai (*story drift*) terbesar terjadi pada tingkat 2 untuk arah X sebesar 38,858 mm dan tingkat 3 untuk arah Y sebesar 72,094 mm. Nilai tersebut dikatakan aman karena tidak melebihi nilai simpangan antar tingkat izin.
4. Hasil nilai koefisien stabilitas struktur (θ) yang diperoleh pada arah X berkisar antara 0,0023 s.d 0,0170, sedangkan pada arah Y berkisar di 0,0018 s.d 0,0316. Seluruh nilai (θ) masih berada di bawah batas stabilitas maksimum (θ_{max}) dan batas pengaruh *P-Delta*, sehingga pengaruh efek *P-Delta* terhadap respons struktur tidak berpengaruh signifikan. Oleh karena itu, struktur dinyatakan memenuhi persyaratan stabilitas sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Penelitian dapat dikembangkan dengan membandingkan beberapa sistem struktur seperti, SRPMK, sistem ganda, atau sistem dinding geser penuh,

sehingga dapat mengetahui lebih lanjut sistem struktur yang mampu memberikan kinerja seismik paling efektif untuk bangunan bertingkat.

2. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan pengaruh ketidakberaturan struktur, variasi konfigurasi dinding geser, maupun perubahan dimensi elemen struktur terhadap respon seismik bangunan.
3. Penelitian serupa dapat dilakukan untuk wilayah dengan kategori gempa yang lebih tinggi dan bangunan bertingkat yang lebih berisiko.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1983). *Peraturan pembebanan Indonesia untuk bangunan gedung (PPIUG 1983)*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019—Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020—Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. BSN.
- Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering* (5th ed.). Pearson. https://books.google.co.id/books?id=R8_XjwEACAAJ
- Fathorrozyi, M., & Mokhtar, A. (2022). Analisis kinerja struktur pada gedung rumah susun di Surabaya dengan analisis dinamik respon spektra menggunakan ETABS. *Seminar Keinsinyuran Program Studi Program Profesi Insinyur*, 2(1).
- Kusbiantoro, A., Kusumawardani, R., Nugroho, U., Dzikri, M. A., Ari, M., Nugraha, R., Yus, A., Hafizh, S., Furqon, A., Firdaus, N., & Khanza, M. (2024). Respon struktur beton gedung apartemen dan perkantoran 20 lantai akibat beban gempa dengan menggunakan metode respon spektrum. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 29(1), 273–286.
- Nurmala, K., Defiana, Y., & Saepudin, U. (2025). Analisis kinerja struktur gedung beton bertulang dengan metode respon spektrum menggunakan software SAP2000: Studi kasus Gedung Museum BRI Purwokerto. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(2), 31–41.
- Rajagukguk, W. I. S. (2025). *Evaluasi kinerja seismik nonlinier struktur pada proyek pembangunan rumah susun Polda Sumatera Utara dengan pendekatan incremental dynamic analysis (IDA)* (Disertasi doctoral). Universitas Medan Area.
- Rumbyarso, Y. P. A. (2020). *Kinerja struktur gedung office 36 lantai: Analisis time history dan pushover*. Amerta Media.
- Pangestu, Ivan Bayu. 2025. *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Rumah Susun ASN Kementerian PUPR Provinsi NTB Menggunakan Analisis Nonlinear Static Pushover dan Nonlinear Time History (Structural Performance Evaluation of the ASN Apartment Building of PUPR NTB Province Using Nonlinear Static Pushover and Nonlinear Time History Analysis)*. Skripsi. Universitas Mataram.

- Simanjuntak, P., & Tampubolon, S. P. (2022). Evaluasi respon seismik struktur bangunan Universitas Terbuka Palu terhadap gempa Sulteng 28 September 2018. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan (CENTECH)*, 3(2), 119–129.
- Tjokrodimulyo, S. (2007). *Bangunan tahan gempa*. Amerta Media.
- Utami, M. D. A. (2019). Analisis kinerja struktur gedung bertingkat dengan metode respon spektrum ditinjau pada drift dan displacement menggunakan software ETABS. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1), 65–71.
<https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v4i1.721>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengujian Tanah

BORING LOG										BORING NO : BH - 1											
										LEMBAR : 2											
										TOTAL KEDALAMAN : 30 m											
PROJECT : PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG RUSUN ASN PUPR NTB										TANGGAL MULAI KEGIATAN : 07 SEPTEMBER 2023											
LOCATION : MATARAM, NUSA TENGGARA BARAT										TANGGAL SELESAI KEGIATAN : 07 SEPTEMBER 2023											
COORDINATES : -8.911460°, 116.14901°										JURU BOR : 2											
AIR PERMUKAAN : 3.25 m										LOGGED :											
MUKA AIR TANAH : 10.00 m										Owner : SATKER PENYEDIAAN PERUMAHAN PROV. NUSA TENGGARA BARAT											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15							
DATE	SCALE	DEPTH IN METER	GWL IN METER	CORE BARREL & BIT TYPE	CASING TYPE	DEPTH OF WATER LOSS	METHOD OF SAMPLING	DESCRIPTION OF LITHOLOGY	ROCK CLASSIFICATION	SOIL CLASS (USCS)	JOINT INTERVAL (cm)	Field Soil Test - SPT	REMARKS	SKETSA LOKASI							
27 - 28 Februari 2023				SINGLE BARREL - NO - AE 73" - wide bit				15,0 – 20,5 m, Coklat, keras, kemas terbuka, semen tuff, matrix berupa tufa litik dengan fragmen menyudut berukuran kerikil - krakal berkomporsi andesit dan lava skoria, fraktur kuat/hancur (BREKSI VULKANIK) lapuk kuat - sedang				23/15	26/15	50/5 cm	>50						
												20,5 – 21,5 m, Hitam, lekas, ukuran butir pasir halus s.d kerikil, dominan pasir kasar, membentuk tanggung, sortasi sedang porositas sangat baik, komposisi pasir; kuarsa, homblende, magnetit, kerikil; andesit									
												21,5 – 25,0 m, coklat cerah, padat, ukuran butir lempung, lanau s.d KRIKIL. Dominan lempung dan lanau, sortasi baik, porositas rendah. Komposisi krikil fragmen Andesit. (LEMPUNG LANAUAN)									
												25,0 – 28,0 m, Coklat cerah, lekas, ukuran butir lempung sampai dengan kerakal, dominan lempung, bentuk butir menyudut tanggung, sortasi buruk, porositas sedang, komposisi kerikil dan kerakal didominasi breksi vulkanik dan andesit lava									
												28,0 – 29,0 m, Coklat Abu-abu, keras, kemas terbuka, semen tuff, matrix berupa tufa litik dengan fragmen menyudut berukuran kerikil - krakal berkomporsi andesit dan lava skoria, fraktur kuat/hancur (BREKSI VULKANIK) lapuk kuat -									
												29,0 – 30,0 m, Coklat, lekas, ukuran butir lempung lanau s.d kerikil, dominan lanau dan pasir sedang, menyudut tanggung, sortasi buruk, porositas buruk, komposisi kerikil; andesit vulkanik (PASIR LANAUAN)									
LEGEND : SPT CORING MAT Tm Satuan Batuan Gunung api Tua										App.											

[illegible]

BORING LOG												BORING NO : BH_2			
												LEMBAR : 2			
												TOTAL KEDALAMAN : 30 m			
PROJECT : PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG RUSUN ASN PUPR NTB												TANGGAL MULAI KEGIATAN : 07 SEPTEMBER 2023			
												TANGGAL SELESAI KEGIATAN : 07 SEPTEMBER 2023			
LOCATION : MATARAM, NUSA TENGGARA BARAT												JURU BOR :			
COORDINATES : -8.911460°, 116.14901°												LOGGED :			
AIR PERMUKAAN : 3.25 m															
MUKA AIR TANAH : 10.00 m												Owner : SATKER PENYEDIAAN PERUMAHAN PROV. NUSA TENGGARA BARAT			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
DATE	SCALE	DEPTH IN METER	GWL IN METER	CORE BARREL & BIT TYPE	CASSING TYPE	DEPTH OF WATER	METHOD OF SAMPLING	DESCRIPTION OF LITHOLOGY	ROCK CLASSIFICATION	SOIL CLASS (SCS)	JOINT INTERVAL (cm)	Field Soil Test - SPT	REMARKS	SKETSA LOKASI	
01 - 03 Februari 2023				SINGLE BARREL - NO. J.E 73°, width bit	HQ J.E 80 mm			11,0 - 21,0 m, Coklat, keras, kemas terbuka, semen tuff, matrix berupa tufa litik dengan fragmen menyudut berukuran lempung pasir sedang s.d krakal berkominasi andesit dan lava skoria, fraktur kuat/hancur (BREKSI VULKANIK) lapuk kuat - sedang				15 cm pertama 20/15			
								21,0 - 25,9 m, coklat cerah, padat, ukuran butir lempung, lanau s.d KRKIL. Dominan lempung dan lanau, sortasi baik, porositas rendah. Komposisi krikil fragmen Andesit. (LEMPUNG LANAUAN)				15 cm kedua 25/15			Penanggung Jawab Lapangan.  Muzakir
								25,9 - 29,0 m, Coklat, keras, kemas terbuka, semen tuff, matrix berupa tufa litik dengan fragmen menyudut berukuran lempung pasir sedang s.d krakal berkominasi andesit dan lava skoria, fraktur kuat/hancur (BREKSI VULKANIK) lapuk kuat - sedang				15 cm ketiga 5/15			Diperiksa.  Muzakir
								29,0 - 30,0 m, Coklat, lepas, ukuran butir lempung lanau s.d kerikil, dominan lanau dan pasir sedang, menyudut tanggung, sortasi buruk, porositas buruk, komposisi kerikil: andesit vulkanik (LANAU PASIRAN)				24/15			CV. INDOGED MANDIRI CONSULTANT
												20/15			PROYEK : PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG RUSUN ASN PUPR NTB
												27/15			LOKASI : MATARAM, NUSA TENGGARA BARAT
												20/15		Koordinat : -8.911460°, 116.14901°	
												27/15		LEGENDA	
												20/15		ts : Top Soil	
												35/15		tr : Alluvial Terrace Deposit	
														LD : Lake Deposit	
														VB : Volcanic Breccia	
														YVB : Young Volcanic Deposit	
														MH : Lanau Plastisitas Tinggi	
														ML : Lanau Plastisitas Rendah	
														CL : Lempung Plastisitas Rendah	
														CM : Lempung Lanauan	
														SM : Pasir Lanauan	
														SW : Pasir Kerikil Gradasi Bagus	
														SP : Pasir Kerikil Gradasi Jelek	
														GW : Kerikil Pasiran	
														GM : Kerikil Lanauan	
LEGEND : SPT ☒ CORING ☒ MAT ☒  Satuan Batuan Gunung api Tua												App.			

[illegible]

Elv. Kedalaman	Tebal Lapisan (d_i)	B01		B02	
(m)	(m)	N-spt	d_i/N_i	N-spt	d_i/N_i
0	0	0	0,000	0	0,000
2	2	18	0,111	27	0,074
4	2	21	0,095	28	0,071
6	2	28	0,071	26	0,077
8	2	43	0,047	46	0,043
10	2	50	0,040	50	0,040
12	2	50	0,040	50	0,040
14	2	50	0,040	50	0,040
16	2	50	0,040	50	0,040
18	2	50	0,040	50	0,040
20	2	50	0,040	50	0,040
22	2	50	0,040	50	0,040
24	2	50	0,040	50	0,040
26	2	50	0,040	50	0,040
28	2	50	0,040	50	0,040
30	2	50	0,040	50	0,040
Total	30		0,764		0,706
		$\bar{N}$	39,252	$\bar{N}$	42,499

Lampiran 2. DED Struktur Rusun



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL PERUMAHAN
BALAI PELAKSANA PENYEDIAAN NUSA TENGGARA I
SATUAN KERJA PENYEDIA PERUMAHAN PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT
Jl. Dr. Sudjono No. 369 Jempong Baru, Sekarbela, Mataram 83116; Telp 0370-7506104; Email:snvtperumntb16@gmail.com

ALBUM GAMBAR KERJA

SATUAN KERJA
PENYEDIAAN PERUMAHAN PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

KEGIATAN
PERENCANAAN RUMAH SUSUN

PEKERJAAN
PERENCANAAN STRUKTUR RUMAH SUSUN ASN PUPR PROVINSI NTB

LOKASI
KEC. LABUAPI, KAB. LOMBOK BARAT, NTB

TAHUN ANGGARAN
2023

KONSULTAN PERENCANA



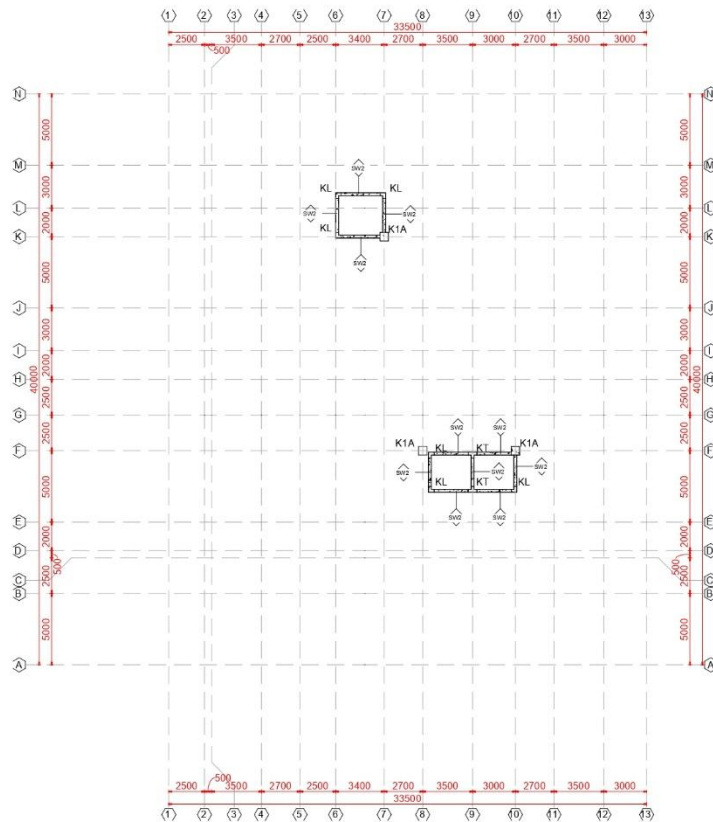
**WASTU
ANOPAMA**
Jl. PERBINTI No 11 LOMBOK BARAT, MATARAM
Telp. (0271) 371037 Fax. (0271) 371037

[illegible]



SCHEDULE SLOOF	
KODE	KETERANGAN
TB1	TB1 400 x 800
TB2	TB2 300 x 500
TB3	TB3 200 x 400

144



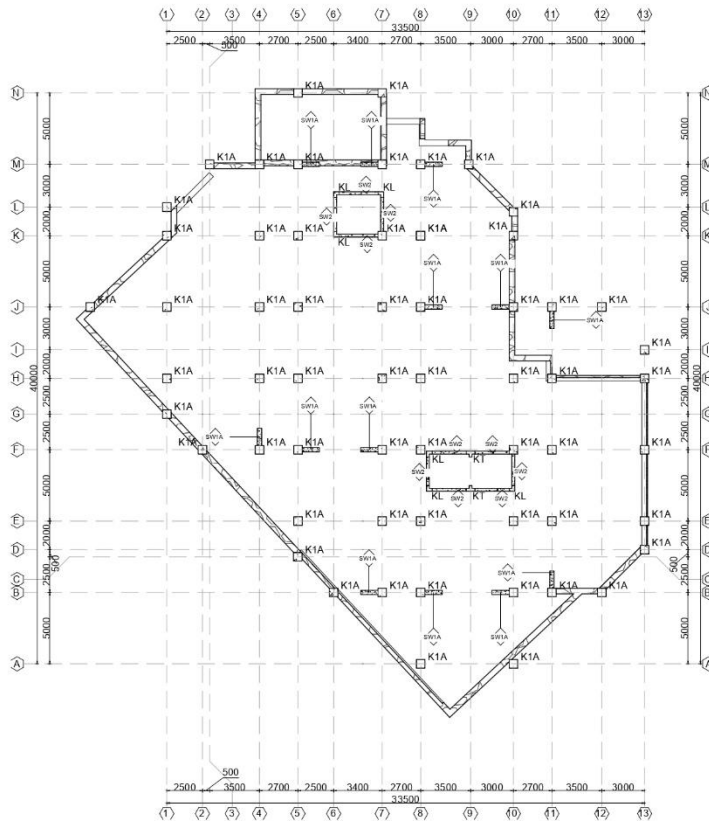
00.DENAH KOLOM PIT LIFT ELV.-1.500
SKALA: 1:250

SPESIFIKASI	
MUTU BETON (f _c)	30 MPa
MUTU BAJA TULANGAN ULIR (f _y)	420 MPa
MUTU BAJA TULANGAN POLOS (f _y)	280 MPa
MUTU BAJA PROFIL	A36

SCHEDUL KOLOM BETON	
KODE	KETERANGAN
K1A	K1A 600 x 600
K1B	K1B 600 x 600
K3	K3 300 x 300
KL	KOLOM LIFT L
KT	KOLOM LIFT T

SCHEDULE DINDING BETON	
KODE	KETERANGAN
SW1A	Dinding Beton SW1A 300 mm
SW1B	Dinding Beton SW1B 300 mm
SW2	Dinding Beton SW2 200 mm
SW3	Dinding Beton SW3 150 mm

 KENDERAAN PERUSAHAAN DAN PERUSAHAAN BAYAR DIBERIKAN JALUR PRIORITY KENDERAAN PERUSAHAAN DAN PERUSAHAAN BAYAR DIBERIKAN JALUR PRIORITY	
SATUKERUA	
PERBEDAAN PERUSAHAAN PROVISI KUSA TENGGARA BARAT	
KEDAHAN	
PERBEDAAN RUMAH SUSUN	
PERBEDAAN	
PERBEDAAN STRUKTUR RUMAH SUSUNAN RUMAH SUSUN NTS	
LOKASI	
KEDAHAN LAMAR, KABUPATEN LOMBOK BARAT, KUSA TENGGARA BARAT	
TAMBAH ANDA	
2023	
KEPERLUAN	
PERJANJIAN PERUSAHAAN KONTAK PERUSAHAAN RUMAH SUSUN PERBEDAAN PERUSAHAAN PROVISI NTS (PRT)	
 THOMAS REESE, S.T. NIP. 200001200011101	
CATATAN	
DINDING K1A DINDING K1B DINDING K3 DINDING KL DINDING KT	
STATUS PERUSAHAAN	
KONSTRUKSI	
 PT. WASTU ANOPAMA	
 F. H. H. NIP. 200001200011101	
00.DENAH KOLOM PIT LIFT ELV.-1.500	
DINDING K1A DINDING K1B DINDING K3 DINDING KL DINDING KT	DINDING K1A DINDING K1B DINDING K3 DINDING KL DINDING KT
DINDING K1A DINDING K1B DINDING K3 DINDING KL DINDING KT	DINDING K1A DINDING K1B DINDING K3 DINDING KL DINDING KT
DINDING K1A DINDING K1B DINDING K3 DINDING KL DINDING KT	DINDING K1A DINDING K1B DINDING K3 DINDING KL DINDING KT



01.DENAH KOLOM LANTAI 1 ELV.-0.050
SKALA: 1:250

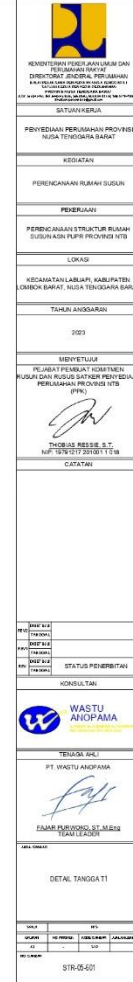
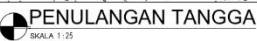
SPESIFIKASI	
MUTU BETON (K)	30 MPa
MUTU BAJA TULANGAN ULIR (fy)	420 MPa
MUTU BAJA TULANGAN POLOS (fy)	280 MPa
MUTU BAJA PROFIL	A36

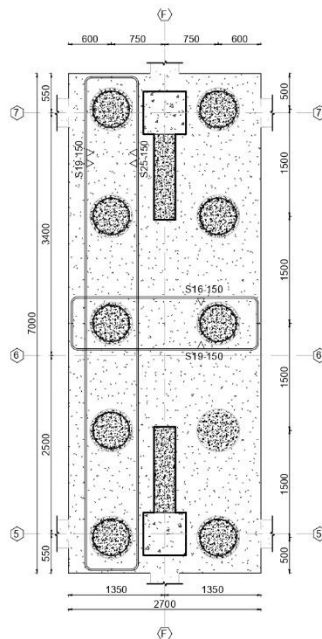
SCHEDUL KOLOM BETON	
KODE	KETERANGAN
K1A	K1A 600 x 600
K1B	K1B 600 x 600
K3	K3 300 x 300
KL	KOLOM LIFT L
KT	KOLOM LIFT T

SCHEDULE DINDING BETON	
KODE	KETERANGAN
SW1A	Dinding Beton SW1A 300 mm
SW1B	Dinding Beton SW1B 300 mm
SW2	Dinding Beton SW2 200 mm
SW3	Dinding Beton SW3 150 mm

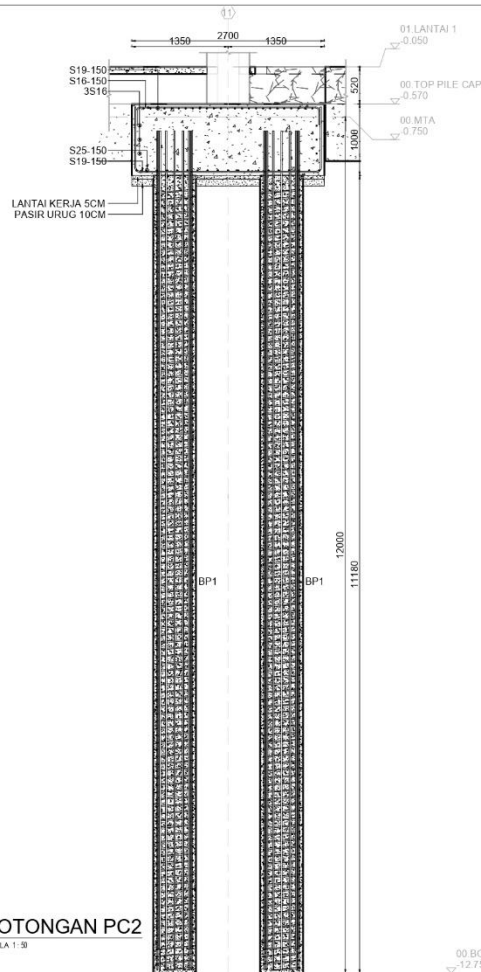
 KENDERAAN PERUSAHAAN DAN PERUSAHAAN BAYAT DISTRIBUSI JALAN, PERUSAHAAN KENDERAAN PERUSAHAAN DAN PERUSAHAAN BAYAT KENDERAAN PERUSAHAAN DAN PERUSAHAAN BAYAT KENDERAAN PERUSAHAAN DAN PERUSAHAAN BAYAT	
SATUKERJA	
PERBEDAAN PERUSAHAAN PROJEKSI KUDA TENGGARA BARAT	
KEDIRAN	
PERBEDAAN PERUSAHAAN PERUSAHAAN	
PERUSAHAAN	
PERBEDAAN PERUSAHAAN PERUSAHAAN PERUSAHAAN PERUSAHAAN PERUSAHAAN	
LOKASI	
KENDERAAN PERUSAHAAN, KABUPATEN KENDERAAN PERUSAHAAN, KABUPATEN	
TAMBAH ANDA	
2023	
KENDERAAN PERUSAHAAN KENDERAAN PERUSAHAAN KENDERAAN KENDERAAN PERUSAHAAN KENDERAAN KENDERAAN PERUSAHAAN KENDERAAN	
 PT. WASTU ANOPAMA KENDERAAN PERUSAHAAN, KABUPATEN KENDERAAN PERUSAHAAN, KABUPATEN	
CATATAN	
SW1A K1A SW1B K1B SW2 K3 SW3 K3	
STATUS PERUSAHAAN	
KENDERAAN	
 PT. WASTU ANOPAMA KENDERAAN PERUSAHAAN, KABUPATEN KENDERAAN PERUSAHAAN, KABUPATEN	
 PT. WASTU ANOPAMA KENDERAAN PERUSAHAAN, KABUPATEN KENDERAAN PERUSAHAAN, KABUPATEN	
1. DENAH KOLOM LANTAI 1 ELV. 0.050	
SW1A K1A SW1B K1B SW2 K3 SW3 K3	
STR. 03-301	







DETAIL PC2
SKALA 1:50



POTONGAN PC2
SKALA 1:50

TYPE	BOREPILE
TUL UTAMA	12D19
SENGKANG	Ø10-100

00 BOREPILE
12.750

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENJANG, PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN KUALITAS DIREKTORAT PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN KUALITAS	
SATUKORVIR	
PERENCANAAN PERUMAHAN PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT	
KEKATANI	
PERENCANAAN RUMAH SUSUN	
PENERJARAN	
PERENCANAAN STRUKTUR RUMAH SUSUN RUMAH PUPPI PROVINSI NTB	
LOKASI	
KECAMATAN LABUHAN, KABUPATEN LOMBOK BARAT, NUSA TENGGARA BARAT	
TAMBUK ANDAMARI	
3003	
KEPERTILIKAN	
PEJABAT PEMBAK KONTAK	
PUSAT DAN RUMAH SUSUN PERENCANAAN PERUMAHAN PROVINSI NTB (PPN)	
THOMAS RESSE, S.T.	
NIP. 70101 20031 11 01	
CATATAN	
DOK. KIR (KIR) DOK. KIR (KIR) DOK. KIR (KIR)	
STATUS PERENCANAAN	
KONSTRUKSI	
WASTU ANOPAMA PT. WASTU ANOPAMA 	
FAUZAN NURROBBILILLAH, S.T. NIP. 70101 20031 11 01	
DETAIL PC2	
DOK. KIR (KIR)	DOK. KIR (KIR)
DOK. KIR (KIR)	DOK. KIR (KIR)
015-07-102	



TYPE	BOREPILE
	
12D19 SENGKANG	600 12D19 D10-100



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT PERENCANAAN, PERUMAHAN DAN KAWASAN PERKOTAAN
KANTOR WILAYAH KOTA SURABAYA
Jl. Pahlawan Revolusi No. 100
Kec. Kuningan, Kota Surabaya 60132
Telp. (031) 84841000
E-mail: korpri@korpri.go.id

SATUNGERA

PEMERINTAH PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT

KEDIRAN

PERENCANAAN KAWASAN KOTA

PERENCANAAN

PERENCANAAN STRUKTUR RUANG
SUDUKAN RUMAH PRODUKSI LRT

LOKASI

KECAMATAN LAMAR, KABUPATEN
CENDOK BARAT, NUSA TENGGARA BARU

TAHAN ANGGARAN

2023

MEDELITUM

PELAKU PERUMAHAN KAWASAN
RUANG DAN RUMAH PRODUKSI PERENCANAAN
PERUMAHAN RUMAH PRODUKSI LRT

IPN



NUZUL HUSEIN S.T.
NIP. 070712020121018

CACATAN

KONDISI TANAH



**WASTU
AKRIFIA**

REVISI KAWA

PET. PERENCANAAN



FANAN PURNOMO, ST. MARS
SIAM LAMAR

DATA LOKASI

DETAIL PCS

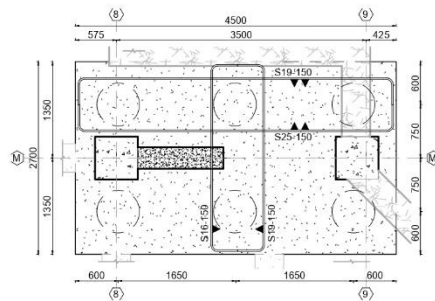
NO. URUT	KAWA	REVISI	KAWA	REVISI	KAWA	REVISI
1						

3/10/07-03/23

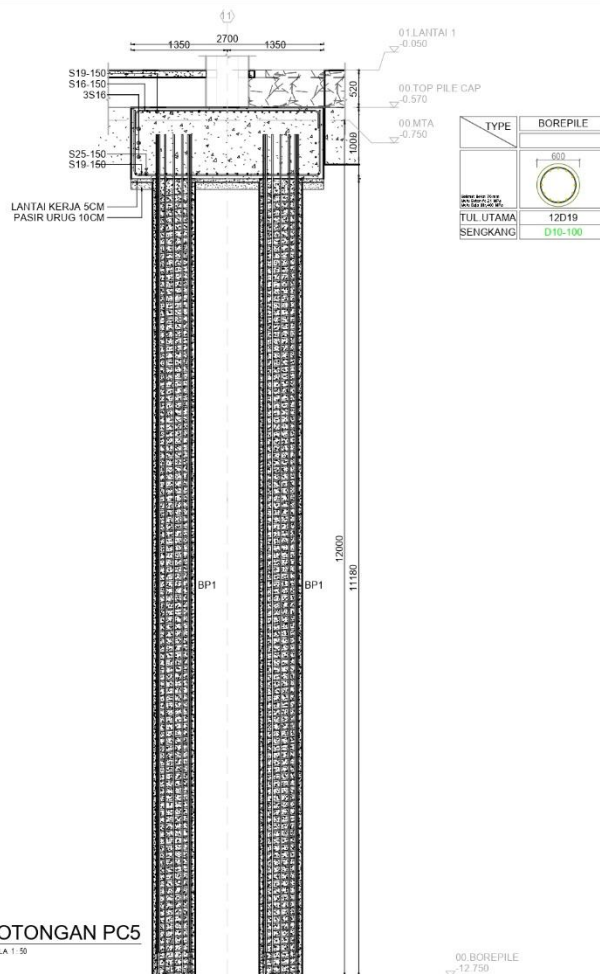


TYPE	BOREPILE
	
TULUTAMA SENGKANG	12D19 D10-100

192



DETAIL PC5
SKALA 1:50



POTONGAN PC5
SKALA 1:50

00.BOREPILE
12.750

TYPE	BOREPIL
TUL UTAMA	12D19
SENGKANG	D10-100

 KENDERAAN POKOK JAJARAN DAN PERUSAHAAN BUKIT DISTRIK JONGGOL, PERUSAHAAN KENDERAAN POKOK JAJARAN DAN PERUSAHAAN BUKIT KENDERAAN POKOK JAJARAN DAN PERUSAHAAN BUKIT									
SATUKERJA									
PERBEDAAN PERUSAHAAN PROVISI KUSA TENDAHAN BARAT									
KEKATAN									
PERENCANAAN RUMAH SUSUN									
PENERJAN									
PERENCANAAN STRUKTUR RUMAH SUSUNAN RUMAH PROVISI NTS									
LOKAS									
KEKATANAN LABUPT, KABUPATEN LOMBOK BARAT, KUSA TENDAHAN BARAT									
TAMU ANDAHAN									
2023									
KEPERSTILAN									
PERJANJIAN PEMILIT KONTAK PUSAT DAN RUMAH SUSUN PERBEDAAN PERUSAHAAN PROVISI NTS (PRT)									
 THOMAS REESE, S.T. NIP. 200101200111111111									
CATATAN									
<table border="1"> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> </table>		NO. KRS		NO. KRS		NO. KRS		NO. KRS	
NO. KRS									
NO. KRS									
NO. KRS									
NO. KRS									
STATUS PERENCANAAN									
KONSULTAN									
 PT. WASTU ANOPAMA									
 FANUS PURWONO, S.T. NIP. 200101200111111111									
DETAIL PC5									
<table border="1"> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> </table>		NO. KRS		NO. KRS		NO. KRS		NO. KRS	
NO. KRS									
NO. KRS									
NO. KRS									
NO. KRS									
<table border="1"> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO. KRS</td> <td></td> </tr> </table>		NO. KRS		NO. KRS		NO. KRS		NO. KRS	
NO. KRS									
NO. KRS									
NO. KRS									
NO. KRS									



	BOREPILE
	
UTAMA	12D19
SEKANG	D10-100

194



TYPE	BOREPILE
	
TULUTAMA SENGKANG	12D19 D10-100

[illegible]



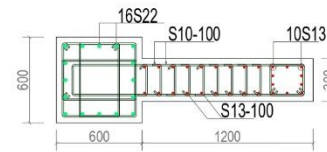
TYPE	BOREPILE
	
TUL. UTAMA SENGKANG	12D19 D10-100

196

TYPE	KOLOM K1A (600 x 600)
------	-----------------------

TYPE KET	KOLOM KL (200 x 400)			
	BAWAH	TEGAH	ATAS	JOINT
				
REINFORCEMENT BY NO. 12 TUL. UTAMA SENGANG	12S16 S10-100	12S16 S10-150	12S16 S10-100	12S16 S10-100

TYPE KET	KOLOM G2 (200 x 300)			
	BAWAH	TENGAH	ATAS	JOINT
				
TULUTAMA SANGKANG	4S13 2510-100	4S13 2510-150	4S13 2510-100	4S13 2510-100



DETAIL SW 1B
1:20

[illegible]



DATE	REV		
APPROVED	NO. PREPARED	DATE SUBMITTED	DATE REVIEWED
AS	-	5/10	
REV. COMMENTS			
STR-05-104			



TABLE	REV		
QUANTITY	NO. OF PAGES	ASSET NUMBER	ASSET VALUE
43	-	100	
NO. OF PAGES			

STR-05-106



DATE	REV		
DESCRIPTION	REV	DATE	BY
1	-	1/10	
REV 1/10/07			
STR-05-107			



STR-10-1000

[illegible]