

TUGAS AKHIR

**EVALUASI POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN
DATA N-SPT AKIBAT GEMPA FLORES DAN
GEMPA BLITAR**



Oleh :

UNCU SYAHRIAL

No. Mhs. : 94 310 141

NIRM : 940051013114120140

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999**

TUGAS AKHIR
EVALUASI POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA N-SPT AKIBAT
GEMPA FLORES dan GEMPA BLITAR

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

Oleh :

Nama : Uncu syahrial

No. Mhs. : 94 310 141

Nirm : 940051013114120140

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

1999

HIKMAH

Demi masa

Sesungguhnya manusia itu benar-benar berada dalam kerugian

Kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal saleh dan....

Nasihat-menasihati dalam kebenaran dan nasihat menasihati dalam kesabaran

(Q.S. Al'SHR;1-3)

..... Allahi meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang berilmu pengetahuan beberapa derajat (Q.S. Al'Mujaadalah;11)

..... katakanlah: " Adakah sama orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui? Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapt menerima pelajaran" (Q.S. Az-Zumar; 9)

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakaanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanlah hendaknya kamu berharap"

(Q.S. Alam Nasyrah; 6-8)

" Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat kecuali bagi orang-orang yang khusu'

(Q.S. Al Baqarah; 45)

Pergilah ke pangkuan Tuhan dan Tuhan akan memelukmu dan menciummu, dan menunjukkan.....

Bahwa ia tidak akan membiarkanmu lari dari-Nya

Ia akan menyimpan hatimu dalam hati-Nya

Siang dan malam.....

(Jalaluddin Rumi)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta selamat dan salam kepada nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Laporan Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai prasyarat untuk mencapai derajat sarjana jenjang strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penulisan Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data N-SPT Akibat Gempa Flores dan Gempa Blitar” bertujuan untuk menyampaikan teori tentang likuifaksi, mengevaluasi potensi likuifaksi yang terjadi akibat Gempa Flores dan Gempa Blitar berdasarkan data N-SPT sehingga dapat diketahui bagaimana likuifaksi terjadi. Penulisan ini dapat sebagai acuan bagi para ahli dan teknisi di bidang Teknik Sipil dalam merencanakan suatu struktur atau bangunan yang tahan terhadap likuifaksi sehingga dapat mengantisipasi agar kerugian dan kerusakan yang terjadi dapat diminimalisir.

Selama penyusunan laporan Tugas Akhir, tentunya penyusun tidak terlepas dari hambatan-hambatan. Berkat bimbingan, bantuan dan dorongan dari berbagai pihak sehingga penyusun dapat mengatasi hambatan-hambatan tersebut.

Untuk itu pada kesempatan ini penyusun menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Tadjuddin BM Aris, MS, selaku ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. A. Halim Hasmar, MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak DR. Ir. Edy Purwanto, Ces, DEA, selaku Dosen penguji Tugas Akhir.
6. Bapak Theo F Najooan yang telah memberikan data N-SPT untuk daerah Maumere Nusa Tenggara Timur.
7. Bapak Ir. Syafril yang telah memberikan data N-SPT untuk daerah Bali.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhirnya, besar harapan penyusun semoga laporan ini tidak hanya menjadi arsip yang tertumpuk dan terlupakan tetapi lebih dari itu dapat memberikan manfaat khususnya bagi penyusun dan umumnya bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wabillahitaufik Walhidayah

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Agustus 1999

Penyusun

3.3 Pengertian dan Mekanisme Terjadinya Likuifaksi	12
3.4 Prinsip Umum Evaluasi Potensi Likuifaksi	15
3.4.1 Sifat-sifat Tanah	16
3.4.2 Faktor Lingkungan	21
3.4.3 Karakteristik Gempa	22
3.5 Konsep Umum Tekanan Air Pori	23
3.6 Metode Rasio Tegangan Geser Siklik	23
3.7 Metode Evaluasi Potensi Likuifaksi	28
3.8 Metode Evaluasi Berdasarkan Data N-SPT	31
3.8.1 Metode Seed et al (1975)	32
3.8.2 Metode Castro (1975)	35
3.8.3 Metode Seed & Idriss (1971)	38
BAB IV METODE ANALISIS	
4.1 Umum	39
4.2 Pengumpulan Data di Lapangan	39
4.3 Studi Literatur	40
4.4 Perhitungan Evaluasi Potensi Likuifaksi	40
BAB V EVALUASI POTENSI LIKUIFAKSI	
5.1 Lokasi Gempa Blitar	42
5.2 Data Tanah di Bali	44
5.3 Lokasi Gempa Gores	48
5.4 Data Tanah di Maumere	48
5.5 Perhitungan Percepatan Gempa	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Macam tanah berdasarkan ukuran butiran	16
Tabel 3.2	Hubungan nilai skala Richter dengan nilai jumlah getaran	33
Tabel 5.1	Skala kekuatan gempa menurut Modifield Mercalli Intensity/MMI ..	43
Tabel 5.2	Sifat fisik tanah Bor-1 pada setiap kedalaman tanah di Bali	45
Tabel 5.3	Sifat fisik tanah Bor-2 pada setiap kedalaman tanah di Bali	45
Tabel 5.4	Sifat fisik tanah Bor-3 pada setiap kedalaman tanah di Bali	46
Tabel 5.5	Sifat fisik tanah Bor-21 pada setiap kedalaman tanah di Bali	47
Tabel 5.6	Sifat fisik tanah Bor-23 pada setiap kedalaman tanah di Bali	47
Tabel 5.7	Sifat fisik tanah Bor-1 pada setiap kedalaman tanah di Maumere ...	49
Tabel 5.8	Sifat fisik tanah Bor-5 pada setiap kedalaman tanah di Maumere ...	49
Tabel 5.9	Sifat fisik tanah Bor-12 pada setiap kedalaman tanah di Maumere ...	50
Tabel 5.10	Sifat fisik tanah Bor-15 pada setiap kedalaman tanah di Maumere ..	51
Tabel 5.11	Sifat fisik tanah Bor-16 pada setiap kedalaman tanah di Maumere ..	51
Tabel 5.12	Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Blitar dengan metode Seed et al (1975)	59
Tabel 5.13	Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Blitar dengan metode Castro (1975)	61
Tabel 5.14	Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Blitar dengan metode Seed & Idriss (1971)	63

Tabel 5.15 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Flores dengan metode Seed et al (1975)	65
Tabel 5.16 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Flores dengan metode Castro (1975)	68
Tabel 5.17 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Flores dengan metode Seed & Idriss (1971)	71
Tabel 6.1 Rangkuman evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Blitar dengan metode Seed et al (1975)	75
Tabel 6.2 Rangkuman evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Blitar dengan metode Castro (1975), metode Seed & Idriss (1971)	76
Tabel 6.3 Rangkuman evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Flores dengan metode Seed et al (1975)	78
Tabel 6.4 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Flores dengan metode Castro (1975), metode Seed & Idriss (1971)	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta lapisan kerak bumi (plat tektonik)	6
Gambar 3.2 Bentuk gerakan plat tektonik	7
Gambar 3.3 Posisi Indonesia antara dua plat benua	10
Gambar 3.4 Idealisasi kondisi tanah akibat beban siklik	15
Gambar 3.5 Gradasi tanah yang peka terhadap likuifaksi	19
Gambar 3.6 Metode untuk menentukan daerah potensi likuifaksi	24
Gambar 3.7 Variasi tegangan geser dari responsi gerakan tanah	25
Gambar 3.8 Faktor reduksi tegangan	27
Gambar 3.9 Probabilitas likuifaksi dari pasir yang jenuh air	28
Gambar 3.10 Nilai N yang tidak menyebabkan likuifaksi untuk setiap kondisi	29
Gambar 3.11 Interpretasi data di lapangan (after Whitman,1971)	29
Gambar 3.12 Hubungan antara rasio tegangan siklik dan <i>standard penetration resistance</i>	30
Gambar 3.13 Hubungan τ_{av}/σ_{vo}' dengan N'-SPT	37
Gambar 3.14 Grafik untuk evaluasi potensi likuifaksi	38
Gambar 4.1 Diagram alir penelitian	41

DAFTAR NOTASI

- a_{\max} = percepatan horizontal maksimum permukaan tanah (m/det^2)
- C = kandungan tanah yang lolos saringan no.200 (%)
- C_N = nilai koreksi N-SPT
- D_r = kepadatan relatif tanah (%)
- D_{50} = ukuran butiran dalam satuan mm yang banyaknya 50%
- d_s = kedalaman lapisan tanah dibawah permukaan tanah (m)
- d_w = kedalaman permukaan air tanah di bawah permukaan tanah (m)
- g = percepatan gravitasi bumi (m/det^2)
- h = kedalaman di bawah permukaan tanah (m)
- N = jumlah pukulan dalam uji N-SPT (blow/feet)
- N' = jumlah pukulan dalam uji N-SPT yang sudah dikoreksi (blow/feet)
- N_{crit} = jumlah pukulan kritis dalam uji N-SPT (blow/feet)
- N_{eq} = nilai jumlah getaran ekuivalen akibat gempa
- N_L = nilai jumlah getaran yang diperlukan untuk mencapai likuifaksi
- r_d = faktor reduksi permukaan tanah
- u = tekanan air pori tanah (t/m^2 atau kg/m^2)
- $\sigma_{\text{VO}'}$ = tekanan efektif vertikal tanah (t/m^2 atau kg/m^2)
- σ_{VO} = tekanan total vertikal tanah (t/m^2 atau kg/m^2)
- τ_{av} = tegangan geser siklik (t/m^2 atau kg/m^2)

τ_{eq} = tegangan geser siklik equivalen (t/m^2 atau kg/m^2)

τ_{max} = tegangan geser siklik maksimum (t/m^2 atau kg/m^2)

γ_{sat} = berat volume tanah jenuh air (t/m^3 atau kg/m^3)

γ' = berat volume tanah efektif (t/m^3 atau kg/m^3)

τ_d/σ_{VO}' = rasio tegangan geser siklik yang timbul di lapangan akibat gempa

τ_l/σ_{VO}' = rasio tegangan geser siklik yang diperoleh dari uji laboratorium yang menyebabkan terjadinya likuifaksi



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran hasil penelitian tanah di laboratorium dan di lapangan :

A-1 Hasil pengujian tanah di Bali

A-2 Hasil pengujian tanah di Maumere



INTISARI

Likuifaksi adalah suatu proses perubahan kondisi tanah pasiran yang jenuh air menjadi cair, akibat meningkatnya tegangan air pori yang nilainya menyamai tegangan total tanah karena adanya beban dinamik sehingga tegangan efektif tanah menjadi nol. Dengan kecilnya nilai tegangan efektif tanah maka daya dukung tanah akan hilang (Seed, 1971).

Evaluasi potensi likuifaksi dilakukan berdasarkan data N-SPT dan parameter gempa pada Gempa Blitar dan Gempa Flores tanggal dengan metode Seed et al (1975), metode Castro (1975) dan metode Seed & Idriss (1971). Data tanah yang dievaluasi berada di Bali untuk Gempa Blitar dan Maumere untuk Gempa Flores. Data gempa berasal dari laporan yang dikeluarkan Badan Meteorologi dan Geofisika Jakarta. PNG-BMG memberikan parameter Gempa Blitar yaitu : waktu gempa $20^h34^m28,3^s$ BBI, pusat gempa pada koordinat $8,85^0$ LS – $112,38^0$ BT, kedalaman gempa 117 km, kekuatan gempa 6,3 skala Richter dan percepatan gempa $0,1996m/det^2$. Sedangkan parameter gempa Flores yaitu : waktu gempa $05^h29^m27,1^s$, pusat gempa pada koordinat $8,4^0$ LS – $121,93^0$ BT, kedalaman gempa 36 km, kekuatan gempa 6,8 skala Richter) dan percepatan gempa $1,0151m/det^2$.

Evaluasi potensi likuifaksi yang dianalisis pada Gembap Blitar didapatkan bahwa Gempa Blitar dapat menimbulkan likuifaksi dengan menggunakan metode Seed et al (1975) pada Bor-2 dengan kedalaman 2,7 m dengan N-SPT sebesar 15. Untuk metode Castro (1975) dan Seed & Idriss (1971) tidak terjadi likuifaksi pada semua lokasi Bor. Pada Gempa Flores untuk metode Seed et al (1975) semua lokasi Bor mengalami likuifaksi, yaitu Bor-1 (kedalaman 2m-4m dengan N-SPT lebih kecil sama dengan 19), Bor-5 (kedalaman 2m-28m dengan N-SPT lebih kecil sama dengan 51), Bor-12 (kedalaman 16 dengan N-SPT lebih kecil sama dengan 15), Bor-15 (kedalaman 1,9m-14m dengan N-SPT lebih kecil sama dengan 8), Bor-16 (kedalaman 6m-10m dan 14 m dengan N-SPT lebih kecil sama dengan 28). Metode castro, likuifaksi terjadi pada Bor-5 (kedalaman 4m-18m dengan N-SPT lebih kecil sama dengan 8), Bor-15 (kedalaman 6m-14m dengan N-SPT lebih kecil sama dengan 3), Bor-16 (kedalaman 4,45 dengan N-SPT lebih kecil sama dengan 4). Metode Seed & Idriss, likuifaksi terjadi pada Bor-5 (kedalaman 4m-6m dengan N-SPT lebih kecil sama dengan 2), Bor-15 (kedalaman 6m & 10,5m –14m dengan N-SPT lebih kecil sama dengan 2).

Dedicated

Amak dan Abak yang telah
memberikan Cinta, kasih Sayang
ketulusan dan perhatiannya,
I LOVE YOU.....

One, Abang, Uni, Ajo, Incem
Ayang, Elok, Uda dan Teti yang
telah memberikan cinta, kasih sayang dan
dukungannya dalam study dan kehidupanku,
JE TAJME.....

Mas Didi, Ziedaks dan Runi
yang mewarnai hidup dalam
keluarga Koto

Bowo, Imam, Pak Jim dan Chris,
You're My close friends.....

Lenny, Hesty, Hera Yuni, dan
Sauqi yang telah memberikan masukan,
bantuan dan Support selama menyelesaikan
Tugas Akhir ini " Allah akan
membalas kebaikan kalian"

Teman-teman kelas "D" angkatan 1994
yang telah memberikan warna dalam
kehidupan di kampus, "keep in touch"

Budaq-budaq Asrama
Rahadi Usman III Kalimantan
Barat, ma' kaseh ye joke-
jokenye.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Gempa bumi merupakan bahaya alam yang sering mengakibatkan kerusakan harta benda, menghilangkan jiwa manusia selain bahaya-bahaya alam yang lain. Gempa yang besar akan mengakibatkan kerusakan – kerusakan struktur bangunan yang telah dibangun manusia di atas tanah. Manusia tidak dapat mencegah terjadinya gempa bumi tetapi hanya dapat memperkecil kerusakan yang terjadi. Salah satu sebab kerusakan yang terjadi pada struktur dan bangunan sipil lainnya akibat gempa adalah adanya peristiwa likuifaksi.

Likuifaksi adalah suatu proses perubahan kondisi tanah pasir yang jenuh air menjadi cair, akibat meningkatnya tegangan air pori yang nilainya menyamai tegangan totalnya karena adanya beban dinamik sehingga tegangan efektif tanah menurun sampai mendekati nol (Seed, 1971). Tanah pasir jenuh air cenderung memadat jika terkena beban terutama beban dinamik. Pemadatan ini terjadi karena butir-butir tanah mendesak dan mengisi pori-pori tanah, sehingga air yang mengisi pori-pori tanah menerima beban desakan yang besar yang mengakibatkan tegangannya meningkat. Apabila tegangan air pori ini meningkat menyamai tegangan total sehingga tegangan efektif tanah sama dengan nol, maka tanah pasir tersebut

bersifat cair. Secara visual peristiwa likuifaksi tampak dengan munculnya lumpur pasir di permukaan tanah atau rembesan air melalui rekahan tanah. Peristiwa likuifaksi dapat menyebabkan penurunan tanah dan bangunan di atasnya akan runtuh, miring, dan bergerak ke samping.

Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan gempa sehingga rawan pula terhadap peristiwa likuifaksi. Oleh karena itu sebelum mendirikan suatu struktur atau bangunan sipil lainnya, maka sebaiknya dilakukan penyelidikan tanah yang salah satunya adalah evaluasi potensi likuifaksi agar selanjutnya dapat direncanakan struktur yang tahan terhadap peristiwa likuifaksi khususnya dan gempa pada umumnya.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Menyampaikan teori tentang likuifaksi.
2. Mengevaluasi potensi likuifaksi dengan Metode Seed et al (1975), Metode Castro (1975) dan Metode Seed & Idriss (1971).
3. Mengevaluasi potensi likuifaksi berdasarkan data N-SPT.
4. Mengevaluasi potensi likuifaksi berdasarkan Gempa Blitar tanggal 28 September 1998 dan Gempa Flores tanggal 12 Desember 1992.

1.3 Manfaat Penelitian

Dengan mengevaluasi potensi likuifaksi pada suatu daerah, maka para ahli dan teknisi di bidang Teknik Sipil dapat mengantisipasi agar kerugian dan kerusakan yang terjadi dapat diminimalisir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Likuifaksi pada Gempa Blitar

Menurut laporan yang dikeluarkan Badan Meteorologi dan Geofisika Jakarta (1998) bahwa akibat dari Gempa Blitar tidak terjadi peristiwa likuifaksi. Hal ini dapat dilihat dari kerusakan-kerusakan akibat Gempa Blitar tersebut yang telah dideteksi oleh Tim Survai yang terdiri dari Seismologi Kantor Balai Meteorologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar Kepala Stasiun Geofisika Trestes dan Ph Kepala Stasiun Geofisika Karang Kates beserta staf. Meskipun demikian potensi likuifaksi bisa saja terjadi bila kekuatan gempa besar dan kedalaman gempa dangkal atau ada sebab-sebab lain yang berpengaruh terhadap potensi likuifaksi. Pada laporan BMG mengenai Kejadian Gempa Bumi di Blitar dan Malang Jawa Timur tanggal 28 September 1998 menyebutkan bahwa kedalaman gempa berjarak 177 km. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa Gempa Blitar termasuk gempa sedang.

2.3 Potensi Likuifaksi pada Gempa Flores

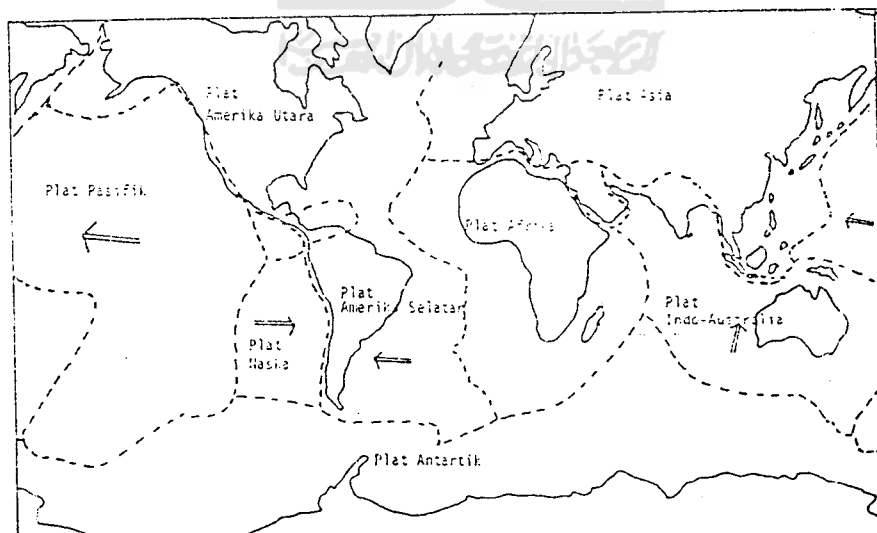
Berdasarkan makalah yang disampaikan oleh A. Halim Hasmar pada Seminar Staf Pengajar Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia bulan Februari 1999 yang berjudul *Potensi Sand Boil Gempa Maumere 1992 Analisis*

BAB III

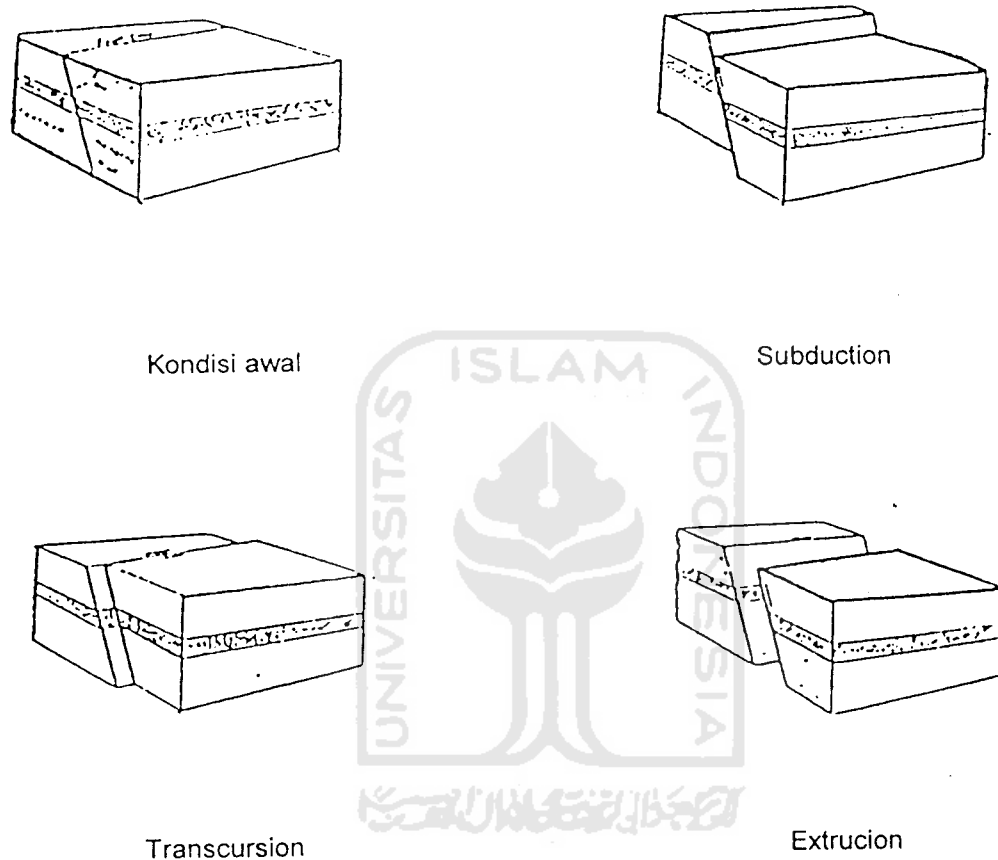
LANDASAN TEORI

3.1 Teori Plat Tektonik

Bumi kita berjari-jari sekitar 6.400 km terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan-lapisan tersebut dari luar ke dalam adalah lapisan kerak bumi (*Crust*), lapisan mantel dan inti bumi (*Core*). Teori plat tektonik menganggap bahwa lapisan kerak bumi (*Crust*, disebut juga *Lithosphere*) terdiri atas beberapa plat kaku/lempeng. Plat-plat tersebut antara lain plat Asia, plat Pasifik, plat Indo-Australia, plat Antartik, plat Afrika, plat Amerika Utara, plat Amerika Selatan, plat Philipina, plat Karibia dan plat Naska (gambar 3.1).



Gambar 3.1 Peta lapisan kerak bumi (Kardiyono Tjokrodimulyo,1993)



Gambar 3.2 Bentuk gerakan plat tektonik (Masyur Irsyam, 1995)

Plat-plat tektonik tersebut selalu bergerak satu sama lain. Oleh karena itu para ahli mengatakan bahwa lapis *Lithosphere* merupakan satu kesatuan. Dalam prosesnya karena permukaan plat tersebut tidak licin, maka gerakan plat tersebut terhambat oleh gaya gesek pada bidang sentuh antara plat-plat tersebut. Akibat adanya hambatan gerakan tersebut maka terjadilah akumulasi (pengumpulan)

energi. Jika tenaga yang dikumpulkan akibat hambatan tersebut sudah besar dan melampaui kekuatan geser bidang sentuh antara plat-plat tersebut, maka akan terjadi gerakan dan gerakan tersebut mengakibatkan getaran yang besar pula, dan merambat ke batuan disekitarnya juga muncul ke permukaan tanah yang dikenal sebagai gempa bumi.

Pada perbatasan antara plat-plat tersebut ada beberapa macam bentuk gerakan, antara lain :

1. *Subduction*, yaitu plat yang satu bergerak ke bawah sedangkan plat yang lain sedikit terangkat.
2. *Extrusion*, yaitu kedua plat saling bergerak ke atas kemudian saling menjauh.
3. *Intrusion*, yaitu kedua plat saling mendekat lalu bergerak ke bawah.
4. *Transcursion*, yaitu plat satu bergerak vertikal/horisontal terhadap yang lain.

3.2 Gempa Bumi

Untuk mempelajari peristiwa likuifaksi perlu diketahui latar belakang penyebab terjadinya likuifaksi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Gempa bumi merupakan suatu peristiwa alam yang ditandai Bergeraknya permukaan tanah dengan berbagai intensitas. Gempa bumi merupakan faktor yang paling dominan dan utama penyebab terjadinya likuifaksi. Menurut MT. Zen (1978), gempa bumi didefinisikan sebagai suatu gerakan tiba-tiba dari tanah dan batuan yang bersifat *transient* (acak) dan berasal dari suatu daerah terbatas dan menyebar kesegala arah dengan perantara medium yang ada yaitu lapisan bumi. Katili

(Geologi,1963) mendefinisikan gempa bumi sebagai suatu sentakan asli yang terjadi di bumi, bersumber dari dalam bumi yang kemudian merambat ke permukaan

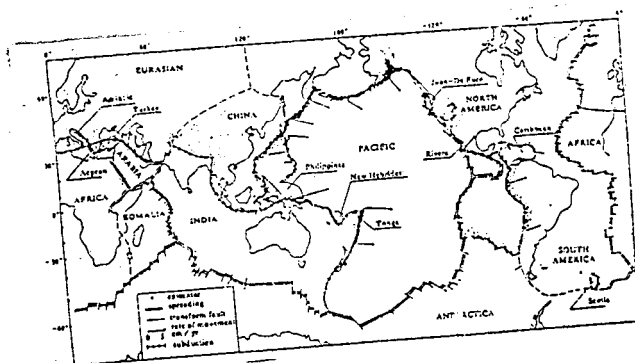
Indonesia merupakan daerah yang sering dilanda gempa besar (kecuali pulau Kalimantan) karena wilayah Indonesia terletak pada pertemuan dua plat benua yaitu plat tektonik *Eurasian* (Asia) dan plat tektonik Australia. Sebagaimana terlihat pada gambar 3.3, Indonesia terletak pada plat *Eurasian* (sebelah timur yaitu Irian Jaya dan daerah Halmahera berbatasan dengan plat tektonik Pasifik dengan plat tektonik Philipinnes), sedangkan bagian selatan yaitu mulai dari Nusa Tenggara, selatan Pulau Jawa dan barat Kepulauan Sumatera berbatasan dengan plat tektonik Australia. Dengan melihat kondisi wilayah Indonesia tersebut jelaslah bahwa Indonesia merupakan negara yang termasuk rawan gempa (bahan kuliah teknik gempa; Ir. Widodo,MSCE,PhD.).

Definisi-definisi yang berhubungan dengan gempa tektonik adalah :

1. Pusat Gempa (*Focus*), yaitu titik dibawah tanah dimana pertama kali energi gempa tersebar yang biasa juga disebut hiposenter.
2. Kedalaman gempa (*focus depth*), yaitu jarak vertikal dari muka tanah ke fokus. Jika kedalaman fokus antara 300 km sampai 700 km, merupakan gempa dalam, sedangkan antara 70 km sampai 300 km, merupakan gempa sedang dan jika kurang dari 70 km merupakan gempa dangkal.
3. Intensitas merupakan ukuran dari efek kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa tektonik di suatu lokasi yang dinyatakan dalam beberapa tingkat yang penentuannya bersifat obyektif.

- Isoseismal, yaitu garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai intensitas gempa yang sama.
5. Seismisitas, yaitu besarnya frekuensi kejadian gempa atau energi gempa kumulatif persatuan luas persatuan waktu.
 6. Jarak hiposenter, yaitu jarak antara pusat gempa dengan tempat terjadinya gempa.
 7. Jarak Episenter, yaitu jarak dari episenter sampai ke tempat terjadinya gempa.
 8. Episenter, yaitu titik tepat dipermukaan tanah yang letaknya tepat diatas sumber gempa.

Gempa bumi merupakan salah satu beban dinamik pada bangunan maupun tanah selain angin, mesin-mesin yang bekerja, *traffic*, gelombang, angin dan sebagainya. Beban Dinamik bentuknya *random*. Beban akibat gempa arahnya dari dalam bumi ke arah permukaan. Pada saat terjadinya gempa maka akan terjadi pelepasan energi yang sangat besar yang umumnya disebut energi gelombang gempa. Energi gelombang gempa menyebar dari fokus menuju ke segala arah.



Gambar 3.3 Peta posisi Indonesia antara dua plat benua (Widodo,1997)

sama dengan tekanan total tanah yang timbul akibat beban dinamik sehingga tekanan efektif tanah menurun menjadi nol (Seed, 1971). Dengan tekanan efektif tanah menjadi nol maka akan kehilangan kuat dukung tanahnya. Persamaan dari tekanan efektif tanah dapat ditulis :

$$\sigma' = \sigma - u \dots\dots\dots (3.1)$$

dimana :

σ' = tekanan efektif tanah

σ = tekanan total tanah

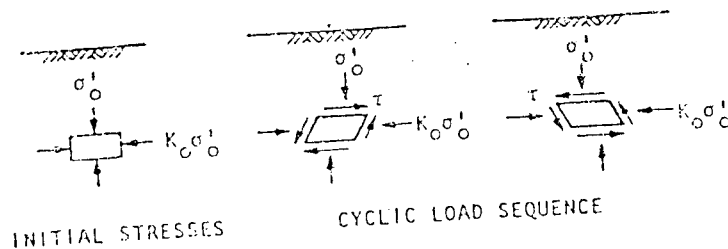
u = tekanan air pori

Beban dinamik yang membebani kondisi tanah tersebut berupa beban siklik. *Initial Liquefaction* menunjukkan suatu keadaan dimana akibat beban siklik, tekanan air pori meningkat dan nilainya menjadi sama dengan tekanan total tanah. Pada saat pasir yang jenuh air menerima getaran, pasir itu akan cenderung memadat dan berkurang volumenya. Jika air pori tidak dapat mengalir keluar maka pengurangan volume tidak dapat terjadi, akibatnya akan timbul tekanan air pori yang berlebihan. Bila tekanan air pori yang berlebihan ini besarnya menyamai tekanan total tanah (*overburden pressure*), tekanan tanah efektif menjadi nol, tanah akan mencair menyerupai bubur dan kehilangan daya dukungnya. Fenomena diatas dapat terjadi pada saat gempa bumi berlangsung. Getaran tanah akibat gempa bumi yang menimbulkan tegangan geser siklik itu terjadi sedemikian cepatnya sehingga air pori tidak mempunyai cukup waktu untuk keluar dan mendisipasikan tegangannya. Tegangan siklik yang terjadi

terutama disebabkan oleh rambatan gelombang geser, walaupun gelombang tekan dan gelombang *Rayleigh* juga terjadi akibat gempa (Seed, 1982; Ishihara, 1987).

Telah dikatakan bahwa sebab utama terjadinya likuifaksi pada saat gempa karena terjadinya peningkatan tekanan air pori akibat tegangan siklik. Tegangan siklik terjadi karena perambatan gelombang geser yang berasal dari pusat pelepasan energi ke permukaan tanah. Tanah akan mengalami tegangan geser yang berasal dari perambatan gelombang geser tersebut. Tegangan geser tersebut walaupun secara alamiah bersifat acak tetapi bersifat bolak-balik (siklik).

Akibat dari tegangan siklik tersebut maka struktur tanah pasir akan cenderung mengecil volumenya karena terjadinya peristiwa sangat cepat sehingga drainasi tidak sampai terjadi dan kecenderungan tanah untuk memadat tercegah. Akibatnya terjadi pengalihan tegangan tersebut ke tekanan air pori. Selanjutnya tegangan air pori tersebut mendekati tegangan total elemen tanah sehingga terjadi pengurangan tegangan kontak antar partikel tanah. Hal ini akan menyebabkan terjadinya deformasi secara teoritis. Deformasi ini tidak terbatas karena terjadinya pengaliran. Pada tanah pasiran yang lepas, kondisi tersebut lebih cepat tercapai. Proses pencairan tanah tersebut dapat terjadi pada lapisan tanah pasir dengan kombinasi antara kepadatan relatif tanah, tegangan keliling dan getaran tertentu. Zona seperti itu dapat terjadi di dekat permukaan maupun pada suatu ke dalaman tergantung kondisi tanah., besarnya tegangan keliling dan karakteristik gempa. Peristiwa pencairan lapis atas pasir dapat saja terjadi karena peristiwa pengaliran air dari lapis pasir di bawahnya yang mengalami peristiwa pencairan.



Gambar 3.4 Idealisasi kondisi tanah akibat beban siklik (Seed & Idriss, 1971)

3.4 Prinsip Umum Evaluasi Potensi Likuifaksi

Potensi likuifaksi pada suatu lapisan tanah dapat ditentukan dari kombinasi sifat-sifat tanah, faktor lingkungan dan karakteristik gempa. Pengaruh dari faktor tersebut dapat dimasukkan ke dalam prosedur evaluasi dengan melakukan uji pembebanan siklik dengan melakukan pengukuran karakteristik tanah pada uji lapangan.

Adapun evaluasi potensi likuifaksi dapat dilakukan dengan prosedur :

1. Penentuan tegangan geser siklik pada tiap kedalaman tanah dengan cara mengkonversikan jarak pembebanan akibat gempa yang tidak beraturan menjadi jumlah ekivalen siklis tegangan. Dengan cara ini intensitas getaran di bumi, lama getaran dan variasi tegangan geser terhadap kedalaman dapat diperhitungkan.
2. Penentuan tegangan geser siklik dengan cara uji laboratorium maupun uji lapangan sesuai dengan beban yang telah ditentukan pada langkah 1. Pada uji

laboratorium dapat dilakukan uji triaksial siklik/ *sample shear test* dengan melakukan koreksi sesuai dengan kondisi lapangan. Tegangan geser yang diperlukan untuk mengakibatkan likuifaksi ini kemudian diplotkan sebagai fungsi kedalaman.

3. Membandingkan tegangan geser yang terjadi di lapangan akibat gempa terhadap tegangan geser yang menyebabkan likuifaksi sebagai tegangan geser lawan. Zona dimana tegangan geser yang terjadi di lapangan akibat gempa lebih besar daripada tegangan yang menyebabkan terjadinya likuifaksi merupakan daerah yang berpotensi mengalami likuifaksi pada saat gempa.

3.4.1 Sifat-sifat Tanah

Salah satu cara mudah untuk mengklasifikasikan tanah yang dapat mengalami likuifaksi berdasarkan karakteristik ukuran butiran tanah. Berdasarkan ukuran butiran, tanah dibagi menjadi beberapa bagian seperti yang terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Macam tanah berdasarkan ukuran butiran (Braja M Das, 1998)

Macam Tanah	Batas Ukuran
Berangkal (<i>Boulder</i>)	8 inci
Kerakal (<i>Couple Stone</i>)	3 inci - 8 inci
Kerikil (<i>Gravel</i>)	2 mm - 3 inci
Pasir kasar (<i>Coarse Sand</i>)	0,6 mm - 2 mm
Pasir sedang (<i>Medium Sand</i>)	0,2 mm - 0,6 mm
Pasir halus (<i>Fine Sand</i>)	0,06 mm - 0,2 mm
Lantau (<i>Silt</i>)	0,002 mm - 0,06 mm
Lempung (<i>Clay</i>)	< 0,002 mm

Dari penyelidikan lapangan memperlihatkan bahwa daerah tanah pasir merupakan daerah yang paling sering mengalami likuifaksi. Penyelidikan tersebut telah merupakan informasi yang berhubungan dengan tanah yang berpotensi terjadi likuifaksi dan meningkatkan pengetahuan tentang hal-hal yang berhubungan dengan sifat-sifat gempa. Berdasarkan hasil penyelidikan terdahulu oleh peneliti bahwa tanah pasiran bersih lebih mudah mengalami peningkatan air pori daripada tanah pasiran berlanau atau tanah pasiran lempung. Telah diperlihatkan juga bahwa semakin besar tingkat plastisitasnya semakin kecil peningkatan tekanan air pori yang terjadi selama berlangsungnya gempa.

Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi proses dan potensi terjadinya likuifaksi.

1. Gradasi tanah

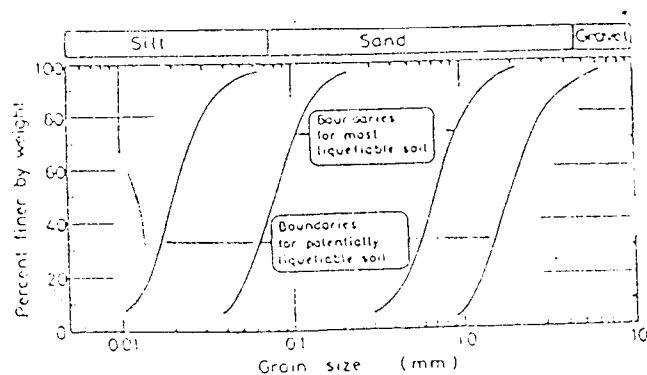
Gradasi pada tanah pasiran mempengaruhi potensi likuifaksi. Pada tanah pasiran halus dan lepas lebih mudah terjadi likuifaksi karena tekanan air pori terjadi dengan cepat sehingga menyamai tegangan keliling total dan tanah pasiran tersebut dengan cepat mengalami deformasi yang besar serta peningkatan tegangan geser hingga 20% atau lebih.

Jika deformasinya tidak terbatas dan tanpa diimbangi dengan peningkatan gaya perlawanan terhadap deformasi tersebut, maka hal ini dapat disebut terjadi likuifaksi. Pada tanah pasiran kasar bersifat *permeable*, hal ini disebabkan besarnya rongga-rongga udara yang terdapat diantara butiran tanah. Sifat *permeable* ini menyebabkan aliran air dapat mengalir lebih cepat ketika terjadi getaran dan peningkatan tekanan pada tanah pasiran tersebut. Karena pelepasan

tekanan air pori yang terjadi cepat maka peningkatan tekanan air pori hingga menyamai tegangan keliling total memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan tanah yang bergradasi halus. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tanah pasiran bergradasi halus dan lepas lebih mudah mengalami likuifaksi dibandingkan dengan tanah pasiran bergradasi kasar. Begitu pula dengan tanah yang bergradasi seragam.

Berdasarkan gradasi tanah, Tsuchida (1970) mengusulkan batas-batas ukuran butiran tanah yang peka terhadap terjadinya likuifaksi seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5. Batas bawah dari ukuran partikel menunjukkan adanya pengaruh butiran halus yang menyebabkan kecenderungan tanah memadat saat terjadi getaran. Butiran pasir yang bersifat plastis menyebabkan butir pasir tersebut lebih sukar menggelincir antara partikel, tetapi butir pasir halus yang tidak bersifat plastis tidak memberikan pengaruh apa-apa. Batas atas dari ukuran partikel di asosiasikan dengan sifat butir kasar yang *permeable* sehingga dapat terjadi pelepasan tekanan air pori secara parsial selama terjadi gempa

Pengamatan Yoshimi dan Tokimatsu (1983) menunjukkan lebih 0,5 material tanah yang mengalami likuifaksi terletak pada rentang kandungan butir halus kurang dari 5% dan pada tanah yang mengandung 20% tanah lempung tidak terjadi likuifaksi. Penyelidikan yang dilakukan oleh Seed dan Idriss (1981) mendukung hasil pengamatan tersebut. Berdasarkan penelitian di Cina, Finn (1982) mengusulkan sifat plastisitas tanah dipergunakan sebagai penunjuk terjadinya potensi likuifaksi. Finn mengusulkan harga indeks plastisitas 10 sebagai awal dari kemungkinan terjadinya likuifaksi.



Gambar 3.5 Gradasi Tanah yang Peka Terhadap Likuifaksi (Tsuchida, 1970)

2. Kepadatan Relatif (Dr)

Peningkatan keadaan kepadatan awal pada tanah yang mengalami getaran akan mengurangi terjadinya penurunan dan tekanan air pori. Hal ini dikarenakan pada saat awal terjadinya getaran, elemen tanah akan cenderung memadat. Pada pemadatan tersebut elemen tanah mendesak air pori yang terdapat pada rongga antar elemen hingga terjadi pelepasan tekanan air pori. Peristiwa ini menyebabkan pengurangan tekanan air pori pada elemen tanah tersebut. Dengan demikian diperlukan waktu getar yang lebih lama untuk meningkatkan tekanan air pori dan terjadinya likuifaksi, sedangkan terjadinya pengurangan tekanan *settlement* dapat dijelaskan sebagai akibat dari memadatnya butir tanah hingga menimbulkan suatu gaya perlawanan yang disebabkan oleh massa tanah tersebut terhadap gaya yang terjadi pada saat likuifaksi. Hal ini dapat dilihat pada sifat tanah pasiran padat dan tanah pasiran lepas dimana pada tanah pasiran padat

memiliki massa yang lebih besar dibandingkan dengan tanah pasiran lepas yang memiliki sifat keterikatan antar elemen tanah tersebut.

3. Sifat Redaman (*Damping Characteristic*)

Tanah juga memiliki sifat meredam getaran. Sifat redaman tanah berbeda-beda berdasarkan keadaan kepadatan dan plastisitasnya. Telah dibahas di depan bahwa keadaan kepadatan tanah mempengaruhi potensi terjadinya likuifaksi. Hal ini juga mempengaruhi sifat redaman. Pada tanah dengan kepadatan yang rendah getarannya dapat lebih diredam dibandingkan dengan tanah yang kepadatannya tinggi. Peristiwa ini dapat dijelaskan, pada saat tanah mempunyai kepadatan yang rendah mengalami getaran, energi getaran tersebut digunakan butir-butir tanah untuk mengalami pemadatan. Dengan demikian energi getaran berkurang dan getaran dapat lebih teredam, sedangkan pada tanah yang berkepadatan tinggi pada saat terjadi getaran elemen/butir-butir tanah tersebut relatif mengalami pemadatan yang lebih kecil, sehingga elemen tanah tersebut hanya menggunakan sedikit energi dari getaran sebelum berfungsi sebagai medium penerus getaran.

Telah diketahui pula bahwa sifat plastisitas tanah mempengaruhi potensi terjadinya likuifaksi. Sifat plastisitas terjadi karena adanya keterikatan kuat antar elemen tanah, sifat ini dapat meredam getaran karena dengan demikian tanah tidak mudah mengalami deformasi. Dengan demikian semakin tinggi nilai plastisitas maka semakin kecil terjadinya likuifaksi. Hal ini dibuktikan dengan pengamatan oleh Tokimatsu dan Yoshimi (1983) dimana pada tanah yang mengandung 20% atau lebih lempung tidak mengalami likuifaksi. Diketahui

lempung mempunyai nilai plastisitas yang tinggi. Dapat disimpulkan bahwa sifat redaman pada tanah juga merupakan faktor yang menentukan potensi likuifaksi.

4. Modulus Geser (*Dynamic Shear Modulus*)

Modulus geser merupakan faktor utama yang mempengaruhi kenaikan tekanan air pori. Semakin besar nilai modulus geser yang terdapat pada elemen tanah semakin kecil nilai regangan siklik. Dengan demikian semakin kecil nilai regangan siklik maka potensi likuifaksi semakin kecil.

3.4.2 Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan turut mempengaruhi potensi likuifaksi pada suatu daerah. Faktor-faktor lingkungan tersebut sebagai berikut ini.

1. Cara pembentukan tanah

Dari pembentukannya, tanah dibagi menjadi tanah residual dan tanah aluvial. Tanah residual adalah tanah hasil pelapukan yang masih terletak diatas batuan asalnya. Sebagian besar karena dekomposisi kimia sehingga batas antara tanah dan batuan asalnya tidak jelas dan berubah secara berangsur-angsur. Tanah aluvial merupakan tanah yang sudah berpindah dari batuan asalnya ketempat lain oleh berbagai sebab (air, angin, glasial). Umumnya mempunyai batas nyata dengan batuan dasar yang berada di bawahnya dan sangat berbeda. Tanah aluvial lebih mudah mengalami likuifaksi. Dari pembentukan tanah, tanah aluvial memiliki konstruksi tanah yang lebih lemah dibandingkan dengan tanah residual.

2. Kedalaman air tanah dan tebal lapisan

Tanah dengan ketebalan lapisan tanah pasiran tinggi memiliki potensi likuifaksi yang tinggi. Hal ini terutama terjadi jika pengaliran air dari lapisan bawah ke lapisan permukaan akibat peristiwa pencairan yang terjadi dilapisan bawah. Tinggi permukaan air tanah juga berpengaruh pada potensi likuifaksi. Seperti diketahui likuifaksi terjadi karena adanya peningkatan tekanan air pori sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi permukaan air tanah maka semakin besar potensi likuifaksi.

3. Tegangan keliling

Peristiwa likuifaksi terjadi jika besarnya tekanan air pori menyamai tegangan keliling elemen tanah. Oleh karena itu semakin besar tegangan keliling tanah semakin kecil potensi likuifaksi yang terjadi. Tegangan keliling juga berpengaruh oleh koefisien tekanan tanah lateral.

4. Lamanya tanah di bawah pembebanan tetap

Berdasarkan penelitian pada tanah pasir Yates Ville dan tanah pasir Peppen's Fery oleh Rahardjo (1989) diperoleh kesimpulan semakin tinggi nilai OCR (*Over Consolidation Ratio*) terdapat kecenderungan tanah semakin kokoh dan sulit mengalami likuifaksi.

3.4.3 Karakteristik Gempa

Getaran suatu gempa memiliki besar, arah, intensitas dan lama berlangsungnya gempa. Adapun pengaruh dari sifat-sifat getaran tersebut adalah besar getaran gempa yang biasanya mengakibatkan terjadinya likuifaksi. Arah getaran horisontal menyebabkan *settlement* yang lebih besar dari arah getaran

vertikal. Amplitudo getaran yang lebih besar dan getaran dari berbagai arah menyebabkan tanah lebih mudah mengalami likuifaksi. Pada kasus tanah yang mengalami *Shock Loading* langsung terjadi peristiwa likuifaksi.

3.5 Konsep Umum Tekanan Air Pori

Peristiwa likuifaksi merupakan akibat dari pengaliran air yang terjadi selama terjadi getaran akibat gempa. Hal ini terjadi karena ketika tanah pasiran lepas yang mengalami getaran cenderung mengecil volumenya. Jika pengaliran air tanah tidak dapat terjadi maka kecenderungan mengecilnya volume tanah, dapat menimbulkan tekanan air pori. Jika tekanan air pori meningkat hingga mencapai nilai yang sama dengan tegangan totalnya, maka nilai tegangan efektif sama dengan nol, tanah pasiran kehilangan gaya gesernya pada saat terjadi likuifaksi (Seed dan Idriss, 1971).

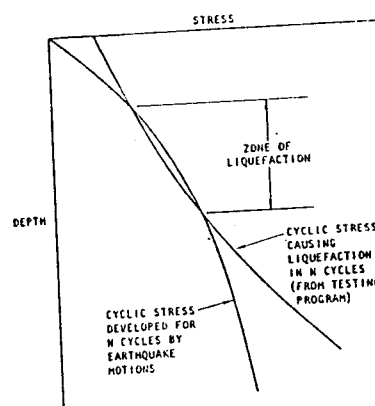
3.6 Metode Rasio Tegangan Siklik

Di lapangan, peningkatan tekanan air pori umumnya dikenal sebagai hasil dari tegangan geser siklik akibat pengaruh dari gerakan tanah. Tegangan geser siklik tersebut terjadi karena rambatan gelombang dari pusat pelepasan energi ke atas permukaan tanah. Seed dan rekannya mempergunakan *cyclic triaxial* dan *simple shear test* untuk menstimulasikan reaksi tanah di lapangan ke penyebaran siklik.

Pengamatan menunjukkan deformasi besar yang dialami oleh tanah terjadi setelah adanya peningkatan tekanan air pori (Δu) yang mengakibatkan penurunan tekanan efektif (σ') keliling ke nilai yang terendah. Jika peningkatan tekanan air

pori tersebut hampir menyamai tegangan keliling, maka tanah tersebut dapat dikatakan telah mencapai keadaan likuifaksi. Seed menemukan parameter sederhana untuk mengungkapkan karakteristik tanah dalam pembebanan siklik/acak rasio rata-rata dari tegangan geser siklik, τ , yang diperoleh dari hasil pembebanan siklik pada permukaan tekanan efektif vertikal, σ_{vo}' . Hal ini disebut dengan rasio tegangan siklik (*cyclic stress ratio*), τ/σ_{vo}' . Ini diperlukan untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah yang ikut terpengaruh, kedalaman permukaan air tanah, dan intensitas getaran tanah. Tahanan geser siklik tanah adalah tegangan geser siklik yang diperlukan untuk mengakibatkan likuifaksi.

Konsep dasar dari metode ini adalah membandingkan tegangan geser siklik yang diperoleh dari uji laboratorium yang menyebabkan terjadinya likuifaksi, τ_l/σ_{vo}' , dengan tegangan geser siklik yang timbul di lapangan akibat gempa, τ_d/σ_{vo}' . Daerah dimana $\tau_d/\sigma_{vo}' > \tau_l/\sigma_{vo}'$ merupakan daerah terjadinya likuifaksi (gambar 3.6).



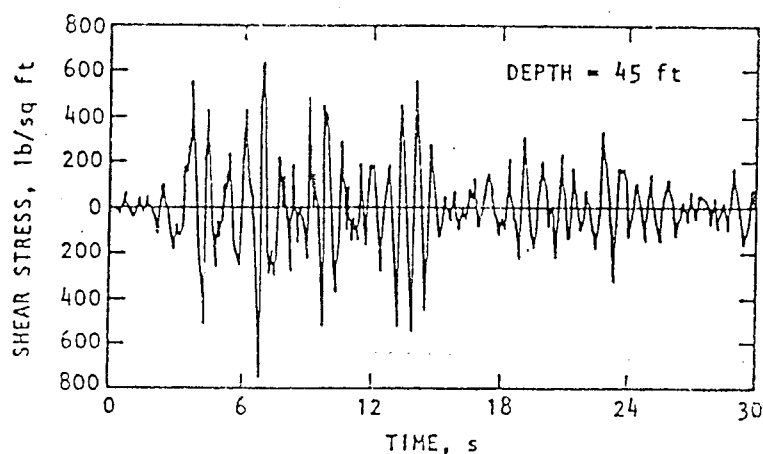
Gambar 3.6 Metode untuk menentukan daerah potensi likuifaksi (Seed & Idriss, 1971)

Valera dan Donovan (1977) menyatakan bahwa metode likuifaksi diklasifikasikan 3 kategori :

1. Metode perhitungan sederhana, dimana tegangan geser siklik yang berhubungan dengan kandungan tanah dan jumlah siklik tegangan dan distribusinya terhadap waktu diperhitungkan,
2. Metode yang hanya memperhitungkan tegangan siklik tanah yang berhubungan dengan tanah kandungannya dengan mempergunakan analisis responsi tanah,
3. Metode empiris berdasarkan data lapangan.

Metode 1 dan 2 memerlukan data uji laboratorium hubungan rasio tegangan siklik regangan yang dibutuhkan. Contoh data yang diperoleh seperti gambar 3.7.

Perbandingan dari tegangan siklik di lapangan dengan tegangan siklik yang menyebabkan terjadinya likuifaksi/jumlah regangan siklik di laboratorium memberikan suatu cara untuk mengevaluasi faktor keamanan terhadap likuifaksi.



Gambar 3.7 Variasi tegangan geser responsi gerakan tanah (Seed & Idriss, 1971)

Contoh sederhana dari metode 1 diperlihatkan oleh Seed dan Idriss (1971) dengan mempergunakan hasil uji laboratorium yang berdasarkan beban siklik yang sejenis disimulasikan dengan kekakuan tanah dalam pembebanan siklik yang tidak beraturan akibat gempa. Data hasil percobaan tersebut diharapkan dapat memperlihatkan gaya perlawanan tanah terhadap likuifaksi dengan memberikan respon jumlah siklus beban yang dibutuhkan. Perhitungan geser yang menyebabkan likuifaksi pada setiap kedalaman tanah dapat menggunakan rumus :

$$\tau_{av} = 0,65 \cdot \gamma \cdot h \cdot a_{max} / g \cdot r_d \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana :

τ_{av} = tegangan geser siklik

a_{max} = percepatan horizontal maksimum permukaan tanah

γ = berat jenis tanah

h = kedalaman di bawah permukaan tanah

r_d = faktor reduksi permukaan tanah

g = gaya gravitasi bumi

Faktor r_d dalam persamaan tersebut digunakan untuk memperhitungkan kenyataan bahwa tanah bukanlah massa yang kaku tetapi merupakan material yang mempunyai sifat deformasi yang besar. Sedangkan 0,65 merupakan angka yang diusulkan Seed sebagai angka maksimum yang dipergunakan untuk menghitung tegangan rata-rata.

Metode 2 mempergunakan analisis respon tanah untuk mendapatkan nilai

τ_{av} . Berdasarkan teori perambatan gelombang satu dimensi yang

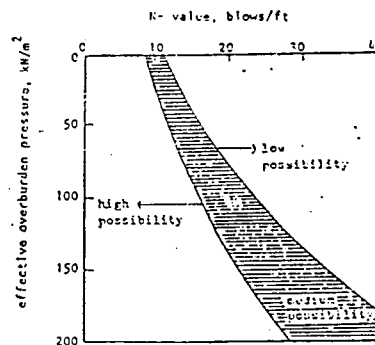
tanah akan mempengaruhi hasil evaluasi potensi likuifaksi, maka metode ini lebih sering digunakan karena kesulitan pengambilan contoh tanah *undisturb*.

3.7 Metode Evaluasi Potensi Likuifaksi

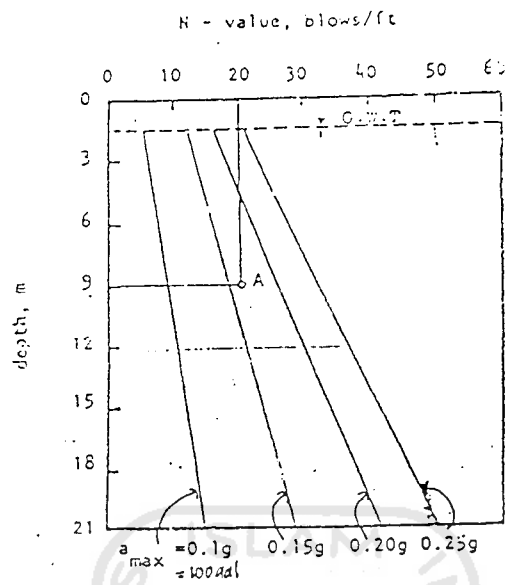
Ada beberapa cara untuk mengevaluasi potensi likuifaksi yaitu dengan data yang diperoleh dari kejadian di lapangan pada saat gempa terjadi dan uji laboratorium.

Data lapangan biasanya merupakan hubungan yang sederhana yaitu :

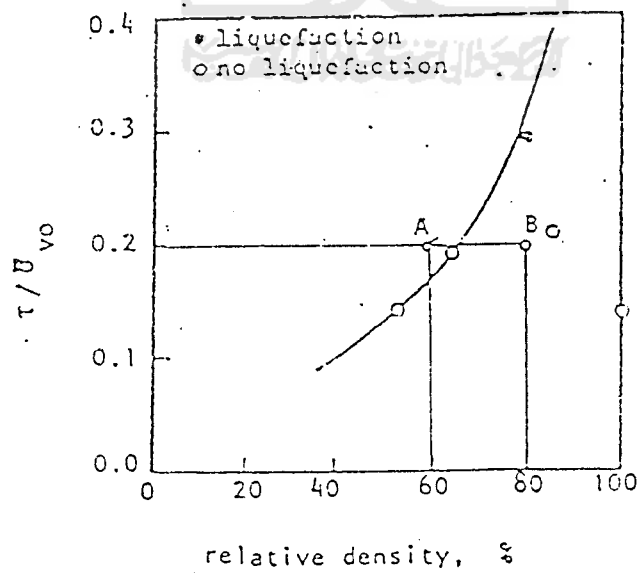
1. Menurut Kishida, 1969 hubungan tersebut adalah *effective overburden pressure vs N-SPT*, (gambar 3.9).
2. Menurut Seed dan Idriss, 1971 hubungan tersebut adalah kedalaman pengeboran vs N-SPT, (gambar 3.10).
3. Menurut Whitman, 1971 hubungan tersebut adalah τ/σ_v vs D_r , (gambar 3.11).
4. Menurut Seed et al, 1983 hubungan tersebut adalah *shear stress ratio vs corrected N-SPT (N_1)*. Untuk mencari harga C_N dalam korelasi $N_1 = C_N \times N$, dapat menggunakan gambar (gambar 3.12).



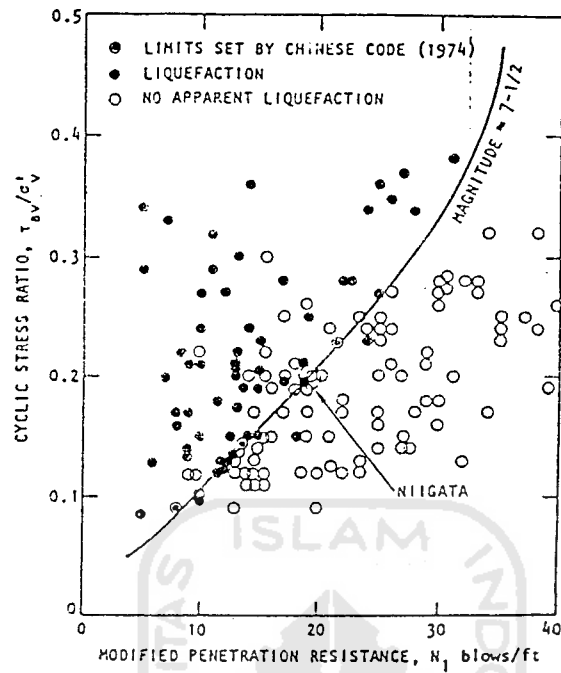
Gambar 3.9 Probabilitas likuifaksi dari pasir yang jenuh air (after Kishida, 1969)



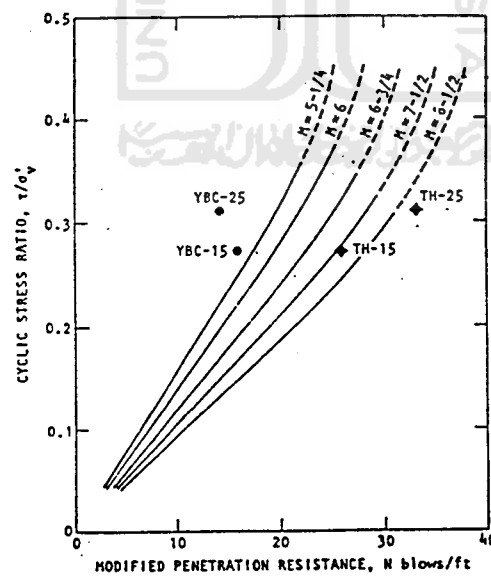
Gambar 3.10 Nilai N yang tidak menyebabkan likuifaksi untuk setiap kondisi (after Seed & Idriss, 1971)



Gambar 3.11 Interpretasi data di lapangan (after Whitman, 1971)



(a)



(b)

Gambar 3.12 Hubungan antara rasio tegangan siklik dan *standard penetration resistance*

Ada beberapa metode yang digunakan untuk mengevaluasi potensi likuifaksi. Metode-metode tersebut menggunakan data CPT dan SPT. Adapun metode-metode yang dipakai untuk mengevaluasi potensi likuifaksi berdasarkan data CPT antara lain :

1. Metode Zhou (1981),
2. Metode Robertson dan Campanella (1986),
3. Metode Seed dan De Alba (1986),
4. Metode Shibata dan Tarapaksa .

sedangkan untuk metode evaluasi yang berdasarkan data SPT antara lain :

1. Metode Seed (Seed et al ,1975),
2. Metode Castro (Castro, 1975),
3. Metode Tokimatsu dan Yoshimi (1983),
4. Metode Chinese Building Code (1974).
5. Metode Seed & Idriss (1971)

3.8 Metode Evaluasi Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data N-SPT

Banyak variasi dari kandungan tanah, kesulitan yang dihadapi oleh pengambil contoh tanah pasir di bawah permukaan tanah, dan berkurangnya peralatan laboratorium untuk meneliti, serta contoh tanah yang luas dan besar telah menyebabkan berkurangnya penggunaan pengujian laboratorium. Dalam keadaan demikian maka penelitian yang berdasarkan hasil uji lapangan dengan

keadaan lapisan tanah saat terjadi gempa menjadi alternatif lain. Pengujian lapangan yang mulai dilakukan adalah pengujian SPT dan CPT.

Kedua hasil uji tersebut dijadikan dasar untuk mengembangkan grafik perbandingan tanah yang mengalami likuifaksi dan tanah yang tidak mengalami likuifaksi.

Pemilihan uji SPT dikarenakan banyak terdapat data hasil percobaan yang telah dilakukan sebelum terjadi gempa. Selama pengujian dilakukan tahanan penetrasi ujung dan jumlah pukulan dicatat sebagai N. Grafik yang menyatakan hubungan N-SPT dengan rasio tegangan siklik dipergunakan untuk menentukan keadaan tanah yang mengalami likuifaksi dan tidak mengalami likuifaksi. Dengan kandungan butiran pasir halus yang berbeda. Grafik tersebut dibuat berdasarkan data kasus gempa yang telah terjadi.

Konsep nilai kritis N yang berkembang dengan likuifaksi, pertama kali diusulkan oleh Koizumi, Oksaki dan Kishida (1966) berdasarkan hasil penelitian mereka terhadap likuifaksi yang terjadi akibat gempa di Niigata 1964.

3.8.1 Metode Seed et al (1975)

Metode ini diperkenalkan oleh Seed, Martin & Lysmer. Pada metode ini analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai jumlah getaran ekivalen akibat gempa (N_{eq}) dan nilai jumlah getaran yang diperlukan untuk mencapai likuifaksi (NL). Parameter gempa nilai jumlah getaran (N_{eq}) dapat diketahui berdasarkan skala magnitude dari suatu gempa.

Tabel 3.2 Hubungan nilai skala Richter dengan nilai jumlah getaran (Seed et al,1975)

Magnitude Skala Richter	Nilai jumlah getaran (Neq)
5,6 – 6,0	5
6,5	8
7	12
7,5	20
8	30

Jika nilai jumlah getaran equivalen akibat gempa (N_{eq}) lebih kecil dari nilai jumlah getaran yang diperlukan untuk mencapai likuifaksi, maka tidak akan terjadi likuifaksi pada lapisan tanah. Jika sebaliknya atau N_{eq} lebih besar dari nilai N_L akan terjadi likuifaksi.

$N_{eq} < N_L$, tidak terjadi likuifaksi

$N_{eq} > N_L$, akan terjadi likuifaksi

Formula-formula yang akan digunakan dalam mengevaluasi potensi likuifaksi adalah:

$$\sigma_{vo} = h \cdot \gamma_{sat} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\sigma_{vo}' = h \cdot \gamma' \dots\dots\dots (3.4)$$

dimana :

σ_{vo} = tegangan keliling total (t/m^2)

σ_{vo}' = tegangan keliling efektif (t/m^2)

h = kedalaman tanah (m)

γ_{sat} = *saturated density* (t/m^3)

γ' = *effektive density* (t/m^3)

Relative density (D_r) dapat dihitung berdasarkan hasil uji lapangan N-SPT pada lapisan pasir yang akan dievaluasi potensi likuifaksi, *relative density* dapat dihitung berdasarkan ;

untuk $\sigma_{vo} \leq 71,82 \text{ KN/m}^2$

$$D_r = \sqrt{\frac{N}{20 * (1 + 0,04177.\sigma_{vo})}} \dots\dots\dots (3.5)$$

untuk $\sigma_{vo} > 71,82 \text{ KN/m}^2$

$$D_r = \sqrt{\frac{N}{20 * (1 + 0,01044.\sigma_{vo})}} \dots\dots\dots (3.6)$$

Nilai NL dapat dihitung dengan rangkaian dari rumus-rumus berikut :

$$\tau_{maks} = (\sigma_{vo}/g). a_{maks} . rd \dots\dots\dots (3.7)$$

$$\tau_{eq} = 0,65 . \tau_{maks} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$NL = \left[\frac{0,4697.D_r.\sigma_{vo}'}{\tau_{eq}} \right]^{5,5402} \dots\dots\dots (3.9)$$

dimana :

N = nilai N-SPT

τ_{maks} = *cyclic shear stress* maksimum

g = percepatan gravitasi

a_{maks} = percepatan maksimum muka tanah

rd = faktor reduksi = $1-0,015h$, dengan h merupakan kedalaman tanah yang ditinjau.

3.8.2 Metode Castro (1975)

Berdasarkan interpretasi data lapangan untuk 35 kasus historis Castro (1975) mengusulkan suatu grafik yang menyatakan hubungan antara nilai SPT yang telah dikoreksi (N' -SPT) pada kedalaman lapisan tanah yang ditinjau dengan nilai cyclic ratio (τ_{av}/σ_{vo}'), dimana τ_{av} *cyclic shear stress* rata-rata dan σ_{vo}' adalah tegangan keliling efektif. Grafik ini dapat dipakai untuk menduga potensi likuifaksi dari suatu lokasi dan diketahui bahwa likuifaksi tidak terjadi untuk nilai N' lebih besar dari 40.

Rumus-rumus yang digunakan pada Metode Castro (1975) adalah :

1. Persamaan pendekatan Bazara (1967) :

Jika hasil uji lapangan N-SPT pada lapisan pasir yang akan dievaluasi potensi likuifaksi, *relatif density* (Dr) dapat dihitung berdasarkan ;

untuk $\sigma_{vo} \leq 71,82 \text{ KN/m}^2$

$$Dr = \sqrt{\frac{N}{20 * (1 + 0,04177.\sigma_{vo})}} \dots\dots\dots (3.10)$$

untuk $\sigma_{vo} > 71,82 \text{ KN/m}^2$

$$Dr = \sqrt{\frac{N}{20 * (1 + 0,01044.\sigma_{vo})}} \dots\dots\dots (3.11)$$

dimana :

N = nilai SPT (blow/feet)

Dr = nilai *relatif density* lapisan tanah

σ_{vo} = tekanan total lapisan tanah (KN/m^2)

$$Dr = \sqrt{\frac{N}{1,7(\sigma_{vo}' + 10)}} \dots\dots\dots (3.12)$$

dimana :

N = nilai N-SPT (blow/ft)

σ_{vo}' = tekanan efektif lapisan tanah dalam psi

$$D_r = \sqrt{\frac{N}{1,7(0,69\sigma_{vo}'+10)}} \dots\dots\dots (3.13)$$

σ_{vo}' = tekanan efektif lapisan tanah dalam t/m²

2. Persamaan oleh Teng (1962), untuk mengoreksi nilai N-SPT :

$$N' = \frac{50.N}{\sigma_{vo}'+10} \dots\dots\dots (3.14)$$

dimana :

N' = nilai SPT yang sudah dikoreksi (blow/feet)

N = nilai SPT hasil uji lapangan (blow/feet)

σ_{vo}' = tegangan efektif

$$\tau_{maks} = (\sigma_{vo}'/g) \cdot a_{maks} \cdot rd \dots\dots\dots (3.15)$$

$$\tau_{eq} = 0,65 \cdot \tau_{maks} \dots\dots\dots (3.16)$$

dimana :

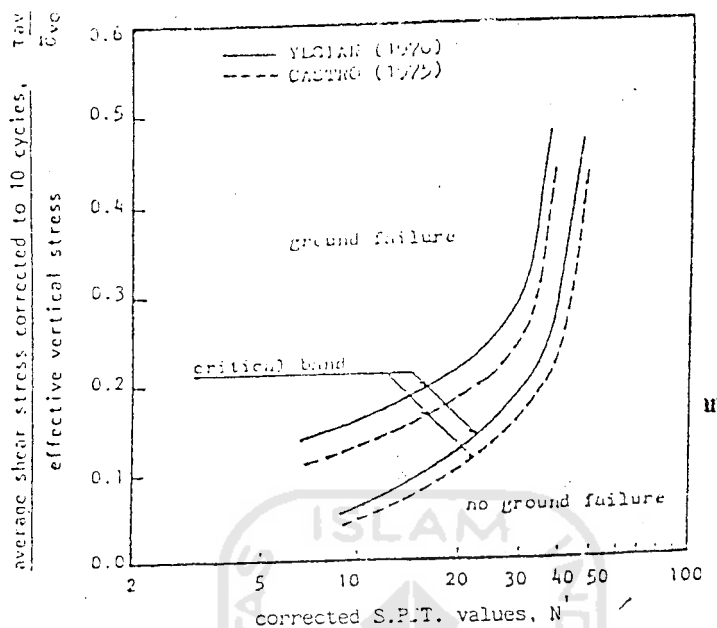
τ_{maks} = *cyclic shear stress* maksimum

g = percepatan gravitasi

a_{maks} = percepatan maksimum muka tanah

rd = faktor reduksi = $1-0,015h$, dengan h merupakan kedalaman tanah yang ditinjau.

σ_{vo} = tegangan total lapisan tanah



Gambar 3.13 Hubungan τ_{av}/σ_{vo}' dengan N' -SPT (blow/feet)

3.8.3 Metode Seed & Idriss (1971)

Metode Seed & Idriss 1971, nilai N -SPT dikoreksi menjadi N_1 kemudian dianalisis dengan membaca grafik yang menghubungkan antara N_1 dengan nilai cyclic stress ratio. Likuifaksi pada suatu lapisan tanah yang mengalami beban gempa, sangat dipengaruhi oleh nilai cyclic stress ratio ($\tau_{av}/\sigma_{vo}' =$ perbandingan antara nilai cyclic shear stress rata-rata akibat gempa dengan nilai tekanan efektif) dengan nilai N_1 (N -SPT yang sudah dikoreksi, $N_1 = C_N \cdot N$).

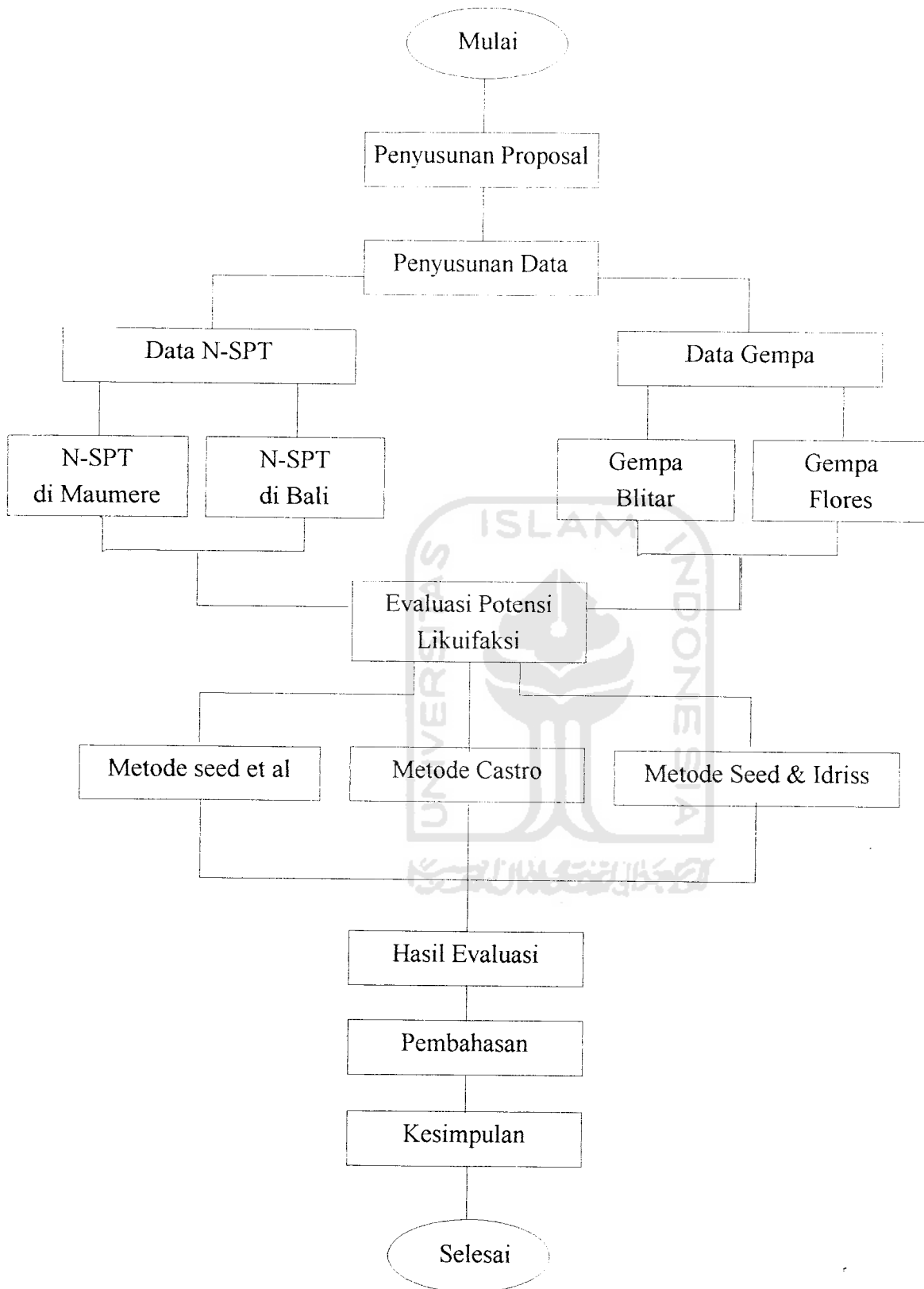
Untuk menentukan nilai *cyclic shear stress* rata-rata akibat gempa (τ_{av}), sama dengan formula yang digunakan oleh Metode Castro (1975), tersirat pada rumus 3.7 dan 3.8. Untuk menentukan nilai C_N digunakan formula :

4.3 Studi Literatur

Dalam pengumpulan literatur, yang dilakukan penulis adalah membaca dan mengumpulkan data-data yang terdapat dalam literatur yang sesuai dengan masalah yang diangkat penulis. Penulis mengumpulkan buku-buku yang berkaitan dengan tanah dan likuifaksi serta hal-hal yang berkaitan dengannya. Selain buku, literatur lain yang dipakai penulis adalah hasil penelitian, makalah seminar, dan skripsi dari berbagai pihak.

4.4 Perhitungan Evaluasi Potensi Likuifaksi

Setelah data N-SPT dan gempa diperoleh serta pembuatan proposal telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir, maka penulis memasuki tahap inti dari penulisan Tugas Akhir yaitu perhitungan evaluasi potensi likuifaksi. Perhitungan evaluasi potensi likuifaksi dilakukan dengan metode-metode yang telah ada. Untuk Evaluasi Potensi Likuifaksi berdasarkan Data N-SPT Akibat gempa Blitar dan Flores, penulis menggunakan Metode Seed et al (1975), Metode Castro (1975), dan Metode Seed & Idriss (1971). Ada dua cara dalam mengevaluasi potensi likuifaksi yaitu berdasarkan data CPT dan data N-SPT. Masing-masing cara tersebut mempunyai metode yang berbeda-beda.



4.1. Diagram Alir Penelitian

BAB V

EVALUASI POTENSI LIKUIFAKSI

5.1 Lokasi Gempa Blitar

Gempa Blitar terjadi pada tanggal 28 September 1998 yang tercatat oleh seluruh jejaring stasiun gempa bumi di Indonesia baik jejaring telemetri maupun konvensional. Hasil analisa oleh PNG-BMG memberikan parameter gempa tersebut sebagai berikut :

- a. waktu gempa $20^{\text{h}}34^{\text{m}}28,3^{\text{s}}$ BBWI.
- b. pusat gempa pada koordinat $8,85^{\circ}\text{LS} - 112,38^{\circ}\text{BT}$ (90 km selatan kota Blitar di Samudera Indonesia).
- c. kedalaman gempa 177 km.
- d. kekuatan gempa 6,3 Skala Richter.

Gempa Blitar dapat dirasakan di daerah :

1. Blitar dengan skala kekuatan gempa V - VI MMI.
2. Karang Kates dengan skala kekuatan gempa IV - V MMI.
3. Tretes dengan skala kekuatan gempa III MMI.
4. Denpasar dengan kekuatan gempa IV - V MMI
5. Semarang dengan kekuatan gempa III – IV MMI.
6. Sumbawa dengan kekuatan gempa I – II MMI.
7. Mataram dengan kekuatan gempa III MMI.

8. Sawahan dengan kekuatan gempa IV MMI.

Tabel 5.1 Skala kekuatan gempa menurut Modifield Mercalli Intensity/MMI (1931)

Skala	Keterangan
I	Getaran tidak dirasakan kecuali dalam keadaan luarbiasa oleh beberapa orang.
II	Getaran dirasakan oleh beberapa orang. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang.
III	Getaran dirasakan nyata dalam rumah, terasa getaran seakan-akan ada truk yang lewat.
IV	Pada siang hari dirasakan oleh orang banyak di dalam dan diluar rumah. Beberapa orang terbangun. Gerabah pecah, jendela/pintu gemerincing, dinding berbunyi.
V	Getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk, orang banyak terbangun. Gerabah pecah, barang-barang terpelanting. Pohon-pohon, tiang-tiang dan barang-barang besar tampak bergoyang. Bandul lonceng dapat berhenti.
VI	Getaran dirasakan oleh semua penduduk, kebanyakan terkejut dan lari keluar, plester dinding jatuh dan cerobong asap dari pabrik rusak. Kerusakan ringan.
VII	Tiap-tiap orang keluar rumah. Kerusakan ringan pada rumah-rumah dengan bangunan dan konstruksi yang baik dan yang tidak baik, cerobong asap pecah/retak-retak. Terasa oleh orang-orang yang naik kendaraan.
VIII	Kerusakan ringan pada bangunan-bangunan dengan konstruksi yang kuat. Retak-retak pada bangunan yang kuat, dinding dapat lepas dari rangka rumah, cerobong asap dari pabrik-pabrik dan monumen-monumen roboh, air menjadi keruh.
IX	Kerusakan pada bangunan-bangunan yang kuat rangka-rangka rumah menjadi tidak lurus banyak retak-retak pada bangunan-bangunan yang kuat. Rumah tampak agak berpindah dari pondasinya. Pipa-pipa dalam tanah putus.
X	Bangunan dari kayu yang kuat rusak; trangka-rangka rumah lepas dari pondasinya; tanah terbelah; rel melengkung; tanah longsor di tiap-tiap sungai dan di tanah-tanah yang curam.
XI	Bangunan-bangunan hanya sedikit yang tetap berdiri, jembatan rusak, terjadi lembah, pipa dalam tanah tidak dapat dipakai sama sekali, tanah terbelah, rel melengkung sekali.
XII	Bangunan-bangunan hancur sama sekali. Gelombang tampak pada permukaan tanah, pemandangan menjadi gelap, benda-benda terlempar ke udara.

penulis dalam menyusun Tugas Akhir. Lokasi tersebut digunakan untuk membangun hotel yang terletak di Tanah Lot, Bali.

Adapun data dari masing-masing tanah tersebut adalah:

1. Bor-1

muka air tanah : 3,0

Tabel 5.2 Sifat fisik tanah Bor-1 pada setiap kedalaman

Sifat Fisik	1,2 m	2,1 m	3m
LL (%)	88	97	-
PI (%)	54	65	-
C (t/m ²)	5	5	1,7
τ (t/m ²)	5,12	5,5	4,22
ϕ (°)	4	8,5	26,5
W (%)	45	51	46
γ (gram/cm ³)	1,18	1,1	1,14
N (blow /feet)	13	17	59

2. Bor-2

muka air tanah : 2,67 m

Tabel 5.3 Sifat fisik tanah Bor-2 pada setiap kedalaman

Sifat Fisik	0,6 m	1,5 m	2,7 m	3,9 m
LL (%)	85	-	87	87
PI (%)	53	-	55	55
C (t/m ²)	1,5	-	2,9	2,9



Tabel 5.5 Sifat fisik tanah Bor-21 pada setiap kedalaman

Sifat Fisik	1,2 m	2,1 m
LL (%)	80	83
PI (%)	52	53
C (t/m ²)	-	5
τ (t/m ²)	11,25	5,57
ϕ (°)	-	18
W (%)	44	46
γ (gram/cm ³)	1,21	1,15
N (blow /feet)	26	46

5. Bor-23

muka air tanah : 3,2 m

Tabel 5.6 Sifat fisik tanah Bor-23 pada setiap kedalaman

Sifat Fisik	1,2 m
LL (%)	94
PI (%)	61
C (t/m ²)	2,5
τ (t/m ²)	3,07
ϕ (°)	19
W (%)	52
γ (gram/cm ³)	1,09
N (blow /feet)	18

5.3 Lokasi Gempa Flores

Gempa Flores terjadi pada tanggal 12 Desember 1992. Hasil analisa yang dilakukan oleh PNG- BMG memberikan parameter gempa sebagai berikut :

- a. waktu gempa $05^h29^m27,1^s$.
- b. pusat gempa pada koordinat $8,4^0LS - 121,93^0BT$ (40 km ke arah barat laut dari kota Maumere).
- c. kedalaman gempa 36 km.
- d. kekuatan gempa $M_b = 7,5$ Skala Richter (berdasarkan gelombang badan).

$M_s = 6,8$ Skala richter (berdasarkan gelombang permukaan).

Gempa Flores merupakan gempa bumi yang cukup dasyat karena telah menimbulkan korban jiwa dan kerugian harta benda penduduk yang cukup besar. Berdasarkan laporan PNG-BMG terdapat 1.952 jiwa meninggal, sebanyak 28.386 bangunan rusak berat, dan terjadi tsunami disepanjang Pantai Utara Flores dengan ketinggian maksimum 26,3 meter di Beangroko. Tsunami dirasakan juga di tenggara propinsi Sulawesi Selatan yang mengakibatkan 22 orang meninggal dan sekitar 728 bangunan rusak berat.

5.4 Data tanah di Maumere

Pengeboran tanah dilakukan untuk mendapatkan nilai N-SPT dan data Geoteknik dari lapisan tanah dasar daerah Maumere dan sekitarnya. Pengeboran tanah dilakukan setelah gempa bumi terjadi dan dilakukan oleh PT.Interobumi, Bandung. Pengeboran dilakukan sebanyak 17 titik lokasi pengeboran dengan kedalaman total 400 meter. Penulis hanya menggunakan 5 titik lokasi pengeboran dalam mengevaluasi potensi likuifaksi. Titik-titik tersebut adalah : B-1 (kampung

Sr (%)	98,83	98,83	98,83	98,83	98,83	98,83	98,83	98,83	98,83	98,83
C (kpa)	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
e	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167	1,167
σ (kpa)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
τ (kpa)	128,56	128,56	128,56	128,56	128,56	128,56	128,56	128,56	128,56	128,56
ϕ (°)	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7
W (%)	43,56	43,56	43,56	43,56	43,56	43,56	43,56	43,56	43,56	43,56
γ (kN/m ³)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
N(blow /ft)	12	1	2	4	5	6	9	8	11	11

3. Bor-12 (Jalan Angrek Perumnas)

muka air tanah : 12,5 m

Tabel 5.9 Sifat fisik tanah Bor-12 pada setiap kedalaman

Sifat Fisik	2m	4m	6m	8,3m	10m	12m	14m	16m	18m	20m
Gs	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
Sr (%)	93,36	93,36	93,36	93,36	93,36	93,36	93,36	93,36	93,36	93,36
C (kpa)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
e	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
σ (kpa)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
τ (kpa)	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176
ϕ (°)	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3
W (%)	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
γ (kN/m ³)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
N(blow /ft)	4	9	7	10	50	15	50	15	24	36

5.5 Perhitungan Percepatan Gempa

Berdasarkan studi perbandingan untuk menghitung percepatan gempa maksimum di permukaan tanah yang sesuai dengan keadaan geologi dan seismologi di Indonesia adalah rumus empiris dari Donovan (1973).

Rumus dari Donovan (1973) ialah :

$$a = \frac{1080 \cdot e^{0,5 \cdot M}}{(R + 25)^{1,32}}$$

dimana :

a = percepatan maksimum tanah permukaan (gal = cm/det²)

M = magnitudo gempa (Skala Richter)

R = jarak hiposenter (km)

Jarak hiposenter merupakan akar dari penjumlahan kedalaman gempa dengan jarak episenter ke pusat gempa.

1. Percepatan Gempa Blitar

Data gempa :

- a. magnitudo Gempa 6,3 Skala Richter
- b. kedalaman gempa 177 km
- c. jarak episenter ke pusat gempa 96 km

Dihitung jarak hiposenter

$$R = \sqrt{177^2 + 96^2}$$

$$= 198,567 \text{ km}$$

$$a = \frac{1080 \cdot e^{0,5 \cdot 6,3}}{(198,567 + 25)^{1,32}}$$

$$= 19,96 \text{ cm/det}^2$$

$$= 0,1996 \text{ m/det}^2$$

2. Percepatan Gempa Flores

Data gempa :

- magnitude gempa 6,8 Skala Richter
- kedalaman gempa 36 km
- jarak hiposenter ke pusat gempa 40 km

Dihitung jarak hiposenter

$$R = \sqrt{36^2 + 40^2}$$

$$= 53,814 \text{ km}$$

$$a = \frac{1080 \cdot e^{0,5 \cdot 6,8}}{(53,814 + 25)^{1,32}}$$

$$= 101,510 \text{ cm/det}^2$$

$$= 1,0151 \text{ m/det}^2$$



5.6 Contoh Evaluasi Potensi Likuifaksi

1. Metode Seed et al (1975)

Lokasi : B-1 (untuk Gempa Blitar)

Muka air tanah : 3,00 m

Kedalaman pengeboran (h) : 1,2 m

Berat volume tanah basah (γ) : 11,8 KN/m³

Berat volume tanah kering (γ') : 11,8 KN/m³

N-SPT : 13 blow/ feet

Dihitung :

$$\sigma_{vo} = h * \gamma$$

$$= 1,2 * 11,8$$

$$= 14,16 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{vo}' = h * \gamma'$$

$$= 1,2 * 11,8$$

$$= 14,16 \text{ KN/m}^2$$

$$Dr = \sqrt{\frac{N}{20 * (1 + 0,04177\sigma_{vo})}} * 100\%$$

$$Dr = \sqrt{\frac{13}{20 * (1 + 0,04177 * 14,16)}} * 100\%$$

$$Dr = 63,908 \%$$

$$r_d = 1 - 0,015 * h$$

$$= 1 - 0,015 * 1,2$$

$$= 0,982 \text{ m}$$

$$\tau_{maks} = (\sigma_{vo}/g) * a_{maks} * r_d$$

$$= (14,16/9,81) * 0,2 * 0,982$$

$$= 0,283 \text{ KN/m}^2$$

$$\tau_{eq} = 0,65 * \tau_{maks}$$

$$= 0,65 * 0,283$$

$$= 0,184 \text{ KN/m}^2$$

$$NL = \left[\frac{0,4697 * Dr * \sigma_{vo}'}{\tau_{eq}} \right]^{5,5402}$$

$$NL = \left[\frac{0,4697 * 0,63908 * 14,16}{0,184} \right]^{5,5402}$$

$$NL = 35870238,7$$

$$N_{eq} = 6,3$$

$N_{eq} < NL$, sehingga tidak terjadi likuifaksi

2. Metode Castro (1975)

Lokasi : B-1 (untuk Gempa Blitar)

Muka air tanah : 3,00 m

Kedalaman pengeboran (h) : 1,2 m

Berat volume tanah basah (γ) : 1,18 t/m³

Berat volume tanah kering (γ') : 1,18 t/m³

N-SPT : 13 blow/ feet

Dihitung :

$$\sigma_{vo} = h * \gamma$$

$$= 1,2 * 1,18$$

$$= 1,416 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{vo}' = h * \gamma'$$



$$= 1,2 * 1,18$$

$$= 1,416 \text{ t/m}^2$$

$$Dr = \sqrt{\frac{N}{20 * (1 + 0,04177 \sigma_{vo})}} * 100\%$$

$$Dr = \sqrt{\frac{13}{20 * (1 + 0,04177 * 14,16)}} * 100\%$$

$$Dr = 78,339 \%$$

$$r_d = 1 - 0,015 * h$$

$$= 1 - 0,015 * 1,2$$

$$= 0,982 \text{ m}$$

$$\tau_{maks} = (\sigma_{vo}/g) * a_{maks} * r_d$$

$$= (1,416/9,81) * 0,2 * 0,982$$

$$= 0,0283 \text{ t/m}^2$$

$$\tau_{av} = 0,65 * \tau_{maks}$$

$$= 0,65 * 0,0283$$

$$= 0,0184 \text{ t/m}^2$$

$$\tau_{av} / \sigma_{vo}' = 0,0184 / 1,416 = 0,01301$$

$$N' = \frac{50 * N}{\sigma_{vo}' + 10}$$

$$N' = \frac{50 * 13}{1,416 + 10}$$



$$N' = 56,937$$

Dari grafik 3.13 didapatkan keterangan bahwa bor-1 tidak terjadi likuifaksi.

3. Metode Seed & Idriss (1971)

Lokasi : B-1 (untuk Gempa Blitar)

Muka air tanah : 3,00 m

Kedalaman pengeboran (h) : 1,2 m

Berat volume tanah basah (γ) : 1,18 t/m³

Berat volume tanah kering (γ') : 1,18 t/m³

N-SPT : 13 blow/ feet

Dihitung :

$$\begin{aligned}\sigma_{vo} &= h * \gamma \\ &= 1,2 * 1,18 \\ &= 1,416 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{vo}' &= h * \gamma' \\ &= 1,2 * 1,18 \\ &= 1,416 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$



$$Dr = \sqrt{\frac{N}{20 * (1 + 0,04177 \sigma_{vo})}} * 100\%$$

$$Dr = \sqrt{\frac{13}{20 * (1 + 0,04177 * 14,16)}} * 100\%$$

Tabel 5.12 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Blitar dengan metode Seed et al (1975)

Lokasi : Bor-1 (Tanah Lot) mat : 3,00 m

kedalaman (m)	γ sat kN/m ³	γ' kN/m ³	σ_{vo} kN/m ²	σ'_{vo} kN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max kN/m ²	τ eq kN/m ²	N eq cycle	NL cycle	Keterangan
1,2	11,8	11,8	14,16	14,16	13	0,63908464	0,982	0,2	9,81	0,283488685	0,18426766	6,8	35583970,27	Tidak terjadi Likuifaksi
2,1	11	11	23,1	23,1	17	0,65771943	0,9685	0,2	9,81	0,45611315	0,29647355	6,8	45052172,34	Tidak terjadi Likuifaksi
3	11,4	1,4	34,2	4,2	59	1,10214545	0,955	0,2	9,81	0,66587156	0,43281651	6,8	7650,812865	Tidak terjadi Likuifaksi
3,9	11,4	1,4	44,46	5,46	41	0,84706093	0,9415	0,2	9,81	0,85339633	0,55470761	6,8	1925,67776	Tidak terjadi Likuifaksi
5,1	11,4	1,4	58,14	7,14	55	0,89559936	0,9235	0,2	9,81	1,094644037	0,71151862	6,8	2918,081769	Tidak terjadi Likuifaksi
6,3	11,4	1,4	71,82	8,82	53	0,81394903	0,9055	0,2	9,81	1,325851376	0,86180339	6,8	1916,229248	Tidak terjadi Likuifaksi

Lokasi : Bor-2 (Tanah Lot) mat : 2,67 m

kedalaman (m)	γ sat kN/m ³	γ' kN/m ³	σ_{vo} kN/m ²	σ'_{vo} kN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max kN/m ²	τ eq kN/m ²	N eq cycle	NL cycle	Keterangan
0,6	11,4	11,4	6,84	6,84	8	0,55777497	0,991	0,2	9,81	0,138194495	0,08982642	6,8	15917724,1	Tidak terjadi Likuifaksi
1,5	11,4	11,4	17,1	17,1	16	0,68313378	0,9775	0,2	9,81	0,340779817	0,22150688	6,8	52805584,19	Tidak terjadi Likuifaksi
2,7	10,5	0,5	28,35	1,35	15	0,58598496	0,9595	0,2	9,81	0,554573394	0,36047271	6,8	1,18292068	Terjadi Likuifaksi
3,9	10,9	0,9	42,51	3,51	60	1,03963011	0,9415	0,2	9,81	0,815966667	0,53037833	6,8	664,1907728	Tidak terjadi Likuifaksi

Lokasi : Bor-3 (Tanah Lot) mat 2,78 m

kedalaman (m)	γ sat kN/m ³	γ' kN/m ³	σ_{vo} kN/m ²	σ'_{vo} kN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max kN/m ²	τ eq kN/m ²	N eq cycle	NL cycle	Keterangan
1,2	11,2	11,2	13,44	13,44	15	0,69306681	0,982	0,2	9,81	0,269074006	0,1748981	6,8	55765050,02	Tidak terjadi Likuifaksi
2,1	11,2	11,2	23,52	23,52	18	0,67378646	0,9685	0,2	9,81	0,464406116	0,30186398	6,8	51497475,1	Tidak terjadi Likuifaksi
3,3	11,2	1,12	36,96	3,696	34	0,81748791	0,9505	0,2	9,81	0,716217737	0,46554153	6,8	480,7006629	Tidak terjadi Likuifaksi
4,2	11,8	1,18	49,56	4,956	28	0,67528369	0,937	0,2	9,81	0,946742508	0,61538263	6,8	180,5028338	Tidak terjadi Likuifaksi
5,1	11,8	1,18	60,18	6,018	10	0,37722591	0,9235	0,2	9,81	1,133052599	0,73648419	6,8	7,769089669	Tidak terjadi Likuifaksi
6	11,8	1,18	70,8	7,08	50	0,79482156	0,91	0,2	9,81	1,31351682	0,85378593	6,8	523,5867807	Tidak terjadi Likuifaksi

Lokasi : Bor-21 (Tanah Lot) mat : 6,35 m

kedalaman (m)	γ sat kN/m ³	γ' kN/m ³	σ_{vo} kN/m ²	σ_{vo}' kN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max kN/m ²	τ eq kN/m ²	N eq cycle	NL cycle	Keterangan
1,2	12,1	12,1	14,52	14,52	26	0,89956232	0,982	0,2	9,81	0,290696024	0,18895242	6,8	236496026,3	Tidak terjadi Likuifaksi
2,1	11,5	11,5	24,15	24,15	46	1,07004356	0,9685	0,2	9,81	0,476845566	0,30994962	6,8	667877427	Tidak terjadi Likuifaksi
3	11,5	11,5	34,5	34,5	46	0,9706759	0,955	0,2	9,81	0,671712538	0,43661315	6,8	420697567,3	Tidak terjadi Likuifaksi
4,2	11,5	11,5	48,3	48,3	79	1,14413048	0,937	0,2	9,81	0,922672783	0,59973731	6,8	1162332915	Tidak terjadi Likuifaksi

Lokasi : Bor-23 (Tanah Lot) mat : 3,2 m

kedalaman (m)	γ sat kN/m ³	γ' kN/m ³	σ_{vo} kN/m ²	σ_{vo}' kN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max kN/m ²	τ eq kN/m ²	N eq cycle	NL cycle	Keterangan
1,2	10,9	10,9	13,08	13,08	18	0,76289915	0,982	0,2	9,81	0,261866667	0,17021333	6,8	94917059,32	Tidak terjadi Likuifaksi
2,1	10,9	10,9	22,89	22,89	46	1,08434303	0,9685	0,2	9,81	0,451966667	0,29377833	6,8	718848402,1	Tidak terjadi Likuifaksi

Tabel 5.13 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Blitar dengan metode Castro (1975)

Lokasi : Bor-1 (Tanah Lot) mat : 3,00 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ'_{vo} KN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max KN/m ²	rav KN/m ²	rav/ σ'_{vo}	N' blow/ft	Keterangan (grafik)
1,2	11,8	11,8	14,16	14,16	13	0,63908	0,982	0,2	9,81	0,2835	0,184268	0,01301	26,904	Tidak terjadi likuifaksi
2,1	11	11	23,1	23,1	17	0,65772	0,969	0,2	9,81	0,4561	0,296474	0,01283	25,6798	Tidak terjadi likuifaksi
3	11,4	1,4	34,2	4,2	59	1,10215	0,955	0,2	9,81	0,6659	0,432817	0,10305	207,746	Tidak terjadi likuifaksi
3,9	11,4	1,4	44,46	5,46	41	0,94706	0,942	0,2	9,81	0,8534	0,554708	0,10159	132,6	Tidak terjadi likuifaksi
5,1	11,4	1,4	58,14	7,14	55	0,8956	0,924	0,2	9,81	1,0946	0,711519	0,09965	160,443	Tidak terjadi likuifaksi
6,3	11,4	1,4	71,82	8,82	53	0,81395	0,906	0,2	9,81	1,3259	0,861803	0,09771	140,808	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : Bor-2 (Tanah Lot) mat : 2,67 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ'_{vo} KN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max KN/m ²	rav KN/m ²	rav/ σ'_{vo}	N' blow/ft	Keterangan (grafik)
0,6	11,4	11,4	6,84	6,84	8	0,55777	0,991	0,2	9,81	0,1382	0,089826	0,01313	23,753	Tidak terjadi likuifaksi
1,5	11,4	11,4	17,1	17,1	16	0,68313	0,978	0,2	9,81	0,3408	0,221507	0,01295	29,5203	Tidak terjadi likuifaksi
2,7	10,5	0,5	28,35	1,35	15	0,58598	0,96	0,2	9,81	0,5546	0,360473	0,26702	66,0793	Tidak terjadi likuifaksi
3,9	10,9	0,9	42,51	3,51	60	1,03963	0,942	0,2	9,81	0,816	0,530378	0,1511	222,058	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : Bor-3 (Tanah Lot) mat : 2,78 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ'_{vo} KN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max KN/m ²	rav KN/m ²	rav/ σ'_{vo}	N' blow/ft	Keterangan (grafik)
1,2	11,2	11,2	13,44	13,44	15	0,69307	0,982	0,2	9,81	0,2691	0,174898	0,01301	31,9966	Tidak terjadi likuifaksi
2,1	11,2	11,2	23,52	23,52	18	0,67379	0,969	0,2	9,81	0,4644	0,301864	0,01283	26,8496	Tidak terjadi likuifaksi
3,3	11,2	1,2	36,96	3,96	34	0,81749	0,951	0,2	9,81	0,7162	0,465542	0,11756	121,777	Tidak terjadi likuifaksi
4,2	11,8	1,8	49,56	7,56	28	0,67528	0,937	0,2	9,81	0,9467	0,615383	0,0814	79,7267	Tidak terjadi likuifaksi
5,1	11,8	1,8	60,18	9,18	10	0,37723	0,924	0,2	9,81	1,1331	0,736484	0,08023	26,0688	Tidak terjadi likuifaksi
6	11,8	1,8	70,8	10,8	50	0,79482	0,91	0,2	9,81	1,3135	0,853786	0,07905	120,192	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : Bor-21 (Tanah Lot) mat : 6,35 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ_{vo}' KN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ_{vo}'	N' blow/ft	Keterangan (grafik)
1,2	12,1	12,1	14,52	14,52	26	0,89956	0,982	0,2	9,81	0,2907	0,188952	0,01301	53,0179	Tidak terjadi likuifaksi
2,1	11,5	11,5	24,15	24,15	46	1,07004	0,969	0,2	9,81	0,4768	0,30995	0,01283	67,3499	Tidak terjadi likuifaksi
3	11,5	11,5	34,5	34,5	46	0,97068	0,955	0,2	9,81	0,6717	0,436613	0,01266	51,6854	Tidak terjadi likuifaksi
4,2	11,5	11,5	48,3	48,3	79	1,14413	0,937	0,2	9,81	0,9227	0,599737	0,01242	67,753	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : Bor-23 (Tanah Lot) mat : 3,2 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ_{vo}' KN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ_{vo}'	N' blow/ft	Keterangan (grafik)
1,2	10,9	10,9	13,08	13,08	18	0,7629	0,982	0,2	9,81	0,2619	0,170213	0,01301	38,9948	Tidak terjadi likuifaksi
2,1	10,9	10,9	22,89	22,89	46	1,08434	0,969	0,2	9,81	0,452	0,293778	0,01283	69,9301	Tidak terjadi likuifaksi

Tabel 5.14 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Blitar dengan metode Seed & Idriss (1971)

Lokasi : Bor-1 (Tanah Lot) mat : 3,00 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ'_{vo} KN/m ²	N	Dr	rd	a maks (m/det ²)	g (m/det ²)	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ'_{vo}	CN	N1 blw/ft	Keterangan (grafik)
1,2	11,8	11,8	14,16	14,16	13	0,63908464	0,982	0,2	9,81	0,283488685	0,184267645	0,013013252	0,86782466	11,2817205	Tidak terjadi likuifaksi
2,1	11	11	23,1	23,1	17	0,65771943	0,9685	0,2	9,81	0,45611315	0,296473547	0,012834353	0,60213875	10,2363587	Tidak terjadi likuifaksi
3	11,4	1,4	34,2	4,2	59	1,10214545	0,955	0,2	9,81	0,66587156	0,432816514	0,103051551	1,52759211	90,1279345	Tidak terjadi likuifaksi
3,9	11,4	1,4	44,46	5,46	41	0,84706093	0,9415	0,2	9,81	0,85339633	0,554707615	0,101594801	1,38516292	56,7916797	Tidak terjadi likuifaksi
5,1	11,4	1,4	58,14	7,14	55	0,89559936	0,9235	0,2	9,81	1,094644037	0,711518624	0,098652468	1,23953096	68,1742027	Tidak terjadi likuifaksi
6,3	11,4	1,4	71,82	8,82	53	0,81394903	0,9055	0,2	9,81	1,325851376	0,861803394	0,097710135	1,12481799	59,6153536	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : Bor-2 (Tanah Lot) mat : 2,67 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ'_{vo} KN/m ²	N	Dr	rd	a maks (m/det ²)	g (m/det ²)	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ'_{vo}	CN	N1 blw/ft	Keterangan (grafik)
0,6	11,4	11,4	6,84	6,84	8	0,55777497	0,991	0,2	9,81	0,138194495	0,089826422	0,013132518	23,7529691	190,023753	Tidak terjadi likuifaksi
1,5	11,4	11,4	17,1	17,1	16	0,68313378	0,9775	0,2	9,81	0,340779817	0,221506881	0,012953619	29,5202952	472,324723	Tidak terjadi likuifaksi
2,7	10,5	0,5	28,35	1,35	15	0,58598496	0,9595	0,2	9,81	0,554573394	0,360472706	0,26701682	66,0792952	991,189427	Tidak terjadi likuifaksi
3,9	10,9	0,9	42,51	3,51	60	1,03963011	0,9415	0,2	9,81	0,815966667	0,530378333	0,151104938	222,057735	13323,4641	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : Bor-3 (Tanah Lot) mat : 2,78 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ'_{vo} KN/m ²	N	Dr	rd	a maks (m/det ²)	g (m/det ²)	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ'_{vo}	CN	N1 blw/ft	Keterangan (grafik)
1,2	11,2	11,2	13,44	13,44	15	0,69306681	0,982	0,2	9,81	0,269074006	0,174898104	0,013013252	31,996587	479,948805	Tidak terjadi likuifaksi
2,1	11,2	11,2	23,52	23,52	18	0,67378646	0,9685	0,2	9,81	0,464406116	0,301863976	0,012834353	26,849642	483,293556	Tidak terjadi likuifaksi
3,3	11,2	1,2	36,96	3,96	34	0,81748791	0,9505	0,2	9,81	0,716217737	0,465541529	0,117560992	121,776504	4140,40115	Tidak terjadi likuifaksi
4,2	11,8	1,8	49,56	7,56	28	0,67528369	0,937	0,2	9,81	0,946742508	0,61538263	0,081399819	79,7266515	2232,34624	Tidak terjadi likuifaksi
5,1	11,8	1,8	60,18	9,18	10	0,37722591	0,9235	0,2	9,81	1,133052599	0,73648419	0,080227036	26,0688217	260,688217	Tidak terjadi likuifaksi
6	11,8	1,8	70,8	10,8	50	0,79482156	0,91	0,2	9,81	1,31351682	0,853785933	0,079054253	120,192308	6009,61538	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : Bor-21 (Tanah Lot) mat : 6,35 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ'_{vo} KN/m ²	N blw/ft	Dr	rd	a maks (m/det ²)	g (m/det ²)	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ'_{vo}	CN	N1 blw/ft	Keterangan (grafik)
1,2	12,1	12,1	14,52	14,52	26	0,89956232	0,982	0,2	9,81	0,290696024	0,188952416	0,013013252	53,0179445	1378,46656	Tidak terjadi likuifaksi
2,1	11,5	11,5	24,15	24,15	46	1,07004356	0,9685	0,2	9,81	0,476845566	0,309949618	0,012834353	67,3499268	3098,09663	Tidak terjadi likuifaksi
3	11,5	11,5	34,5	34,5	46	0,9706759	0,955	0,2	9,81	0,671712538	0,43661315	0,012655454	51,6853933	2377,52809	Tidak terjadi likuifaksi
4,2	11,5	11,5	48,3	48,3	79	1,14413048	0,937	0,2	9,81	0,922672783	0,599737309	0,012416922	67,7530017	5352,48714	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : Bor-23 (Tanah Lot) mat : 3,2 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ'_{vo} KN/m ²	N blw/ft	Dr	rd	a maks (m/det ²)	g (m/det ²)	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ'_{vo}	CN	N1 blw/ft	Keterangan (grafik)
1,2	10,9	10,9	13,08	13,08	18	0,76289915	0,982	0,2	9,81	0,261866667	0,170213333	0,013013252	38,9948007	701,906412	Tidak terjadi likuifaksi
2,1	10,9	10,9	22,89	22,89	46	1,08434303	0,9685	0,2	9,81	0,451966667	0,293778333	0,012834353	69,9300699	3216,78322	Tidak terjadi likuifaksi

Tabel 5.15 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Flores dengan metode Seed et al (1975)

Lokasi : Bor-1 (kampung Wai Oti/Sudirman) mat : 1,6 m

kedalaman (m)	γ sat kN/m ³	γ' kN/m ³	σ_{vo} kN/m ²	σ_{vo}' kN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max kN/m ²	τ eq kN/m ²	N eq cycle	NL cycle	Keterangan
2	16,17	16,17	32,34	32,34	19	0,63569691	0,97	1,0151	9,81	3,246022832	15,64490979	11	0,069021193	Terjadi Likuifaksi
4	16,17	6,17	64,68	24,68	13	0,419041495	0,94	1,0151	9,81	6,291260746	4,089319485	11	2,595674303	Terjadi Likuifaksi
6	16,17	6,17	97,02	37,02	10	0,498396645	0,91	1,0151	9,81	9,135713743	5,938213933	11	8,12024691	Terjadi Likuifaksi
8	16,17	6,17	129,4	49,36	14	0,545716635	0,88	1,0151	9,81	11,77938182	7,656598185	11	16,16097166	Tidak terjadi Likuifaksi
10	16,17	6,17	161,7	61,7	20	0,609920755	0,85	1,0151	9,81	14,22226498	9,24447224	11	36,2701837	Tidak terjadi Likuifaksi
12	16,17	6,17	194	74,04	20	0,57488569	0,82	1,0151	9,81	16,46436323	10,7018361	11	31,89089013	Tidak terjadi Likuifaksi
14	16,17	6,17	226,4	86,38	22	0,571882251	0,79	1,0151	9,81	18,50567656	12,02868976	11	38,08388477	Tidak terjadi Likuifaksi
16	16,17	6,17	258,7	98,72	36	0,69738813	0,76	1,0151	9,81	20,34620497	13,22503323	11	141,6703518	Tidak terjadi Likuifaksi
18	16,17	6,17	291,1	111,1	40	0,703713702	0,73	1,0151	9,81	21,98594846	14,29086665	11	186,1687484	Tidak terjadi Likuifaksi
21	16,17	6,17	339,6	129,6	52	0,756335415	0,685	1,0151	9,81	24,06909198	15,64490979	11	394,9167432	Tidak terjadi Likuifaksi

Lokasi : Bor-5 (Jalan Yos Sudarso) mat : 1,6 m

kedalaman (m)	γ sat kN/m ³	γ' kN/m ³	σ_{vo} kN/m ²	σ_{vo}' kN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det ²	g m/det ²	τ max kN/m ²	τ eq kN/m ²	N eq cycle	NL cycle	Keterangan
2	12	2	24	4	12	0,547383285	0,97	1,0151	9,81	2,408922324	1,565799511	11	0,097399906	Terjadi Likuifaksi
4	12	2	48	8	1	0,128992855	0,94	1,0151	9,81	4,668839144	3,034745443	11	3,85853E-05	Terjadi Likuifaksi
6	12	2	72	12	2	0,238931062	0,91	1,0151	9,81	6,779750459	4,406837798	11	0,001404796	Terjadi Likuifaksi
10	12	2	120	20	4	0,297957059	0,85	1,0151	9,81	10,55455657	6,860461774	11	0,006965111	Terjadi Likuifaksi
12	12	2	144	24	5	0,316015475	0,82	1,0151	9,81	12,21845138	7,941993394	11	0,011775009	Terjadi Likuifaksi
14	12	2	168	28	6	0,330053975	0,79	1,0151	9,81	13,73334067	8,926671437	11	0,018417021	Terjadi Likuifaksi
16	12	2	192	32	9	0,387009475	0,76	1,0151	9,81	15,09922446	9,8144495902	11	0,055131561	Terjadi Likuifaksi
18	12	2	216	36	8	0,350551501	0,73	1,0151	9,81	16,31610275	10,60546679	11	0,039832846	Terjadi Likuifaksi
20	12	2	240	40	11	0,396095734	0,7	1,0151	9,81	17,38397554	11,2995841	11	0,098880094	Terjadi Likuifaksi
22	12	2	264	44	11	0,382656683	0,67	1,0151	9,81	18,30284281	11,89684783	11	0,104099594	Terjadi Likuifaksi
24	12	2	288	48	12	0,386973413	0,64	1,0151	9,81	19,07270459	12,39725798	11	0,142777987	Terjadi Likuifaksi
26	12	2	312	52	51	0,773934101	0,61	1,0151	9,81	19,69356086	12,80081456	11	8,667662912	Terjadi Likuifaksi
28	12	2	336	56	51	0,75211776	0,58	1,0151	9,81	20,16541162	13,10751755	11	9,78235953	Terjadi Likuifaksi

Lokasi : B-12 (Jalan Anggrek Perumnas) mat : 12,5 m

kedalaman (m)	γ sat kN/m ³	γ' kN/m ³	σ_{vo} kN/m ²	σ'_{vo} kN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det2	g m/det2	τ max kN/m ²	τ eq kN/m ²	N eq cycle	NL cycle	Keterangan
2	15,1	15,1	30,2	30,2	4	0,29738641	0,97	1,0151	9,81	3,031227258	1,9702977718	11	67,87080743	Tidak terjadi Likuifaksi
4	15,1	15,1	60,4	60,4	9	0,357400871	0,94	1,0151	9,81	5,874955923	3,81872135	11	223,6515281	Tidak terjadi Likuifaksi
6	15,1	15,1	90,6	90,6	7	0,424109285	0,91	1,0151	9,81	8,531185994	5,545270896	11	690,8335073	Tidak terjadi Likuifaksi
8,3	15,1	15,1	125,3	125,3	10	0,465398755	0,8755	1,0151	9,81	11,35405544	7,380136036	11	1431,857707	Tidak terjadi Likuifaksi
10	15,1	15,1	151	151	50	0,985053884	0,85	1,0151	9,81	13,28115036	8,632747732	11	107424,2693	Tidak terjadi Likuifaksi
12	15,1	15,1	181,2	181,2	15	0,509274477	0,82	1,0151	9,81	15,37488465	9,993675021	11	3390,358253	Tidak terjadi Likuifaksi
14	15,1	5,1	211,4	71,4	50	0,88291611	0,79	1,0151	9,81	17,28112035	11,23272823	11	214,8639712	Tidak terjadi Likuifaksi
16	15,1	5,1	241,6	81,6	15	0,461442098	0,76	1,0151	9,81	18,99985745	12,34990734	11	26,50157593	Tidak terjadi Likuifaksi
18	15,1	5,1	271,8	91,8	24	0,559192352	0,73	1,0151	9,81	20,53109596	13,34521238	11	82,61195582	Tidak terjadi Likuifaksi
20	15,1	5,1	302	102	36	0,658357158	0,7	1,0151	9,81	21,87483588	14,21864332	11	213,6016521	Tidak terjadi Likuifaksi
22	15,1	5,1	332,2	112,2	50	0,748006303	0,67	1,0151	9,81	23,03107721	14,97020018	11	227,9276086	Tidak terjadi Likuifaksi
24	15,1	5,1	362,4	122,4	50	0,722934769	0,64	1,0151	9,81	23,99981994	15,59988296	11	227,9276086	Tidak terjadi Likuifaksi

Lokasi : B-15 (Kompleks K. Uning) mat : 1,5 m

kedalaman (m)	γ sat kN/m ³	γ' kN/m ³	σ_{vo} kN/m ²	σ'_{vo} kN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det2	g m/det2	τ max kN/m ²	τ eq kN/m ²	N eq cycle	NL cycle	Keterangan
1,9	11,73	1,73	22,29	3,287	8	0,455142045	0,9715	1,0151	9,81	2,240444749	1,456289087	11	0,017645559	Terjadi Likuifaksi
3,3	11,73	1,73	38,71	5,709	7	0,365714802	0,9505	1,0151	9,81	3,807184236	2,474669754	11	0,005927509	Terjadi Likuifaksi
6	11,73	1,73	70,38	10,38	1	0,112654728	0,91	1,0151	9,81	6,627206073	4,307683948	11	1,1077E-05	Terjadi Likuifaksi
8	11,73	1,73	93,84	13,84	3	0,275262518	0,88	1,0151	9,81	8,544969003	5,554229852	11	0,001882193	Terjadi Likuifaksi
10,5	15,23	5,23	159,9	54,92	2	0,193545916	0,8425	1,0151	9,81	13,94116067	9,061754434	11	0,036774734	Terjadi Likuifaksi
12	15,23	5,23	182,8	62,76	2	0,185439276	0,82	1,0151	9,81	15,5072512	10,07971328	11	0,033707834	Terjadi Likuifaksi
14	15,23	5,23	213,2	73,22	2	0,176062428	0,79	1,0151	9,81	17,4298982	11,32943383	11	0,031085663	Terjadi Likuifaksi
16	15,23	5,23	243,7	83,68	50	0,339899151	0,76	1,0151	9,81	19,16343238	12,45623105	11	221,331012	Tidak terjadi Likuifaksi
18	15,23	5,23	274,1	94,14	50	0,804567814	0,73	1,0151	9,81	20,70785374	13,46010493	11	218,0560198	Tidak terjadi Likuifaksi

Lokasi : B-16 (SLA Budi Luhur 2) mat : 5,5 m

Kedalaman (m)	γ sat kN/m ³	γ kN/m ³	σ_{vo} kN/m ²	σ_{vo}' kN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det2	g m/det2	τ max kN/m ²	τ eq kN/m ²	N eq cycle	NL cycle	Keterangan
2	12,5	12,5	25	25	19	0,68170236	0,97	1,0151	9,81	2,509294088	1,63104116	11	6724,674408	Tidak terjadi Likuifaksi
4,45	12,5	12,5	55,63	55,63	4	0,24531269	0,9333	1,0151	9,81	5,371651674	3,49157359	11	28,93650201	Tidak terjadi Likuifaksi
6	12,5	2,5	75	15	3	0,29004806	0,91	1,0151	9,81	7,062240061	4,59045604	11	0,011291807	Terjadi Likuifaksi
8	12,5	2,5	100	20	18	0,66356093	0,88	1,0151	9,81	9,105891947	5,91882977	11	1,332384758	Terjadi Likuifaksi
10	12,5	2,5	125	25	14	0,55107861	0,85	1,0151	9,81	10,99432977	7,14631435	11	0,576996401	Terjadi Likuifaksi
12	12,5	2,5	150	30	50	0,95705574	0,82	1,0151	9,81	12,72755352	8,27290979	11	17,78315277	Tidak terjadi Likuifaksi
14	12,5	2,5	175	35	28	0,70372198	0,79	1,0151	9,81	14,3055632	9,29861608	11	3,354335793	Terjadi Likuifaksi
16	12,5	2,5	200	40	50	0,89976969	0,76	1,0151	9,81	15,72836882	10,2234332	11	16,22047569	Tidak terjadi Likuifaksi
18	12,5	2,5	225	45	50	0,86399739	0,73	1,0151	9,81	16,99594037	11,9473612	11	16,19397096	Tidak terjadi Likuifaksi
20	12,5	2,5	250	50	50	0,83217833	0,7	1,0151	9,81	18,10830785	11,7704001	11	16,5973692	Tidak terjadi Likuifaksi

20	12	2	240	40	11	0,3961	0,7	1,0151	9,81	17,384	11,29958	0,28249	11	Tidak terjadi likuifaksi
22	12	2	264	44	11	0,38266	0,67	1,0151	9,81	18,303	11,89685	0,27038	10,1852	Tidak terjadi likuifaksi
24	12	2	288	48	12	0,38697	0,64	1,0151	9,81	19,073	12,39726	0,25828	10,3448	Tidak terjadi likuifaksi
26	12	2	312	52	51	0,77393	0,61	1,0151	9,81	19,694	12,80081	0,24617	41,129	Tidak terjadi likuifaksi
28	12	2	336	56	51	0,75212	0,58	1,0151	9,81	20,165	13,10752	0,23406	38,6364	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : B-12 (Jalan Anggrek Perumnas)

mat : 12,5 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ'_{vo} KN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det2	g m/det2	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ'_{vo}	N' blow/ft	Keterangan (grafik)
2	15,1	5,1	30,2	10,2	4	0,29739	0,97	1,0151	9,81	3,0312	1,970298	0,19317	9,90099	Kritis
4	15,1	5,1	60,4	20,4	9	0,3574	0,94	1,0151	9,81	5,875	3,818721	0,18719	14,8026	Tidak terjadi likuifaksi
6	15,1	5,1	90,6	30,6	7	0,42411	0,91	1,0151	9,81	8,5312	5,545271	0,18122	8,62069	Kritis
8,3	15,1	5,1	125,3	42,33	10	0,4654	0,876	1,0151	9,81	11,354	7,380136	0,17435	9,55475	Tidak terjadi likuifaksi
10	15,1	5,1	151	51	50	0,98505	0,85	1,0151	9,81	13,281	8,632748	0,16927	40,9836	Tidak terjadi likuifaksi
12	15,1	5,1	181,2	61,2	15	0,50927	0,82	1,0151	9,81	15,375	9,993675	0,1633	10,5337	Tidak terjadi likuifaksi
14	15,1	5,1	211,4	71,4	50	0,88292	0,79	1,0151	9,81	17,281	11,23273	0,15732	30,7125	Tidak terjadi likuifaksi
16	15,1	5,1	241,6	81,6	15	0,46144	0,76	1,0151	9,81	19	12,34991	0,15135	8,18777	Tidak terjadi likuifaksi
18	15,1	5,1	271,8	91,8	24	0,55919	0,73	1,0151	9,81	20,531	13,34521	0,14537	11,7878	Tidak terjadi likuifaksi
20	15,1	5,1	302	102	36	0,65836	0,7	1,0151	9,81	21,875	14,21864	0,1394	16,0714	Tidak terjadi likuifaksi
22	15,1	5,1	332,2	112,2	50	0,74801	0,67	1,0151	9,81	23,031	14,9702	0,13342	20,4583	Tidak terjadi likuifaksi
24	15,1	5,1	362,4	122,4	50	0,72293	0,64	1,0151	9,81	24	15,59988	0,12745	18,8822	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : B-15 (Kompleks K. Uning)

mat : 1,5 m

kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ'_{vo} KN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det2	g m/det2	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ'_{vo}	N' blow/ft	Keterangan (grafik)
1,9	11,73	1,73	22,29	3,287	8	0,45514	0,972	1,0151	9,81	2,2404	1,456289	0,44305	30,1046	Kritis
3,3	11,73	1,73	38,71	5,709	7	0,36571	0,951	1,0151	9,81	3,8072	2,47467	0,43347	22,2802	Kritis
6	11,73	1,73	70,38	10,38	1	0,11265	0,91	1,0151	9,81	6,6272	4,307684	0,415	2,45339	Terjadi likuifaksi
8	11,73	1,73	93,84	13,84	3	0,27526	0,88	1,0151	9,81	8,545	5,55423	0,40132	6,29195	Terjadi likuifaksi
10,5	15,23	5,13	159,9	53,87	2	0,19355	0,843	1,0151	9,81	13,941	9,061754	0,16823	1,5658	Terjadi likuifaksi

12	15,23	5,13	182,8	61,56	2	0,18544	0,82	1,0151	9,81	15,507	10,07971	0,16374	1,39743	Terjadi likuifaksi
14	15,23	5,13	213,2	71,82	2	0,17606	0,79	1,0151	9,81	17,43	11,32943	0,15775	1,2222	Terjadi likuifaksi
16	15,23	5,13	243,7	82,08	50	0,83989	0,76	1,0151	9,81	19,163	12,45623	0,15176	27,1503	Tidak terjadi likuifaksi
18	15,23	5,13	274,1	92,34	50	0,80457	0,73	1,0151	9,81	20,708	13,4601	0,14577	24,4284	Tidak terjadi likuifaksi

Lokasi : B-16 (SLA Budi Luhur 2)

mat : 5,5 m

Kedalaman (m)	γ sat KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ_{vo}' KN/m ²	N blow/ft	Dr	rd	a maks m/det2	g m/det2	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ_{vo}'	N' blow/ft	Keterangan (grafik)
4,45	12,5	2,5	55,63	11,13	4	0,24531	0,933	1,0151	9,81	5,3717	3,491574	0,31385	9,46746	Tidak terjadi likuifaksi
6	12,5	2,5	75	15	3	0,29005	0,91	1,0151	9,81	7,0622	4,590456	0,30603	6	Terjadi likuifaksi
8	12,5	2,5	100	20	18	0,66356	0,88	1,0151	9,81	9,1059	5,91883	0,29594	30	Tidak terjadi likuifaksi
10	12,5	2,5	125	25	14	0,55108	0,85	1,0151	9,81	10,994	7,146314	0,28585	20	Tidak terjadi likuifaksi
12	12,5	2,5	150	30	50	0,98706	0,82	1,0151	9,81	12,728	8,27291	0,27576	62,5	Tidak terjadi likuifaksi
14	12,5	2,5	175	35	28	0,70372	0,79	1,0151	9,81	14,306	9,298616	0,26567	31,1111	Tidak terjadi likuifaksi
16	12,5	2,5	200	40	50	0,89977	0,76	1,0151	9,81	15,728	10,22343	0,25559	50	Tidak terjadi likuifaksi
18	12,5	2,5	225	45	50	0,864	0,73	1,0151	9,81	16,996	11,04736	0,2455	45,4545	Tidak terjadi likuifaksi
20	12,5	2,5	250	50	50	0,83218	0,7	1,0151	9,81	18,108	11,7704	0,23541	41,6667	Tidak terjadi likuifaksi

Tabel 5.17 Hasil evaluasi potensi likuifaksi Untuk Gempa Flores dengan metode Seed & Idriss (1971)
 Lokasi : Bor-1 (kampung Wai Oti/Sudirman) mat : 1,6 m

kedalaman (m)	γ_{sat} KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ_{vo}' KN/m ²	N	Dr	rd	a maks (m/det ²)	g (m/det ²)	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ_{vo}'	CN	N1 blw/ft	Keterangan (grafik)
2	16,7	6,7	33,4	13,4	19	0,62979375	0,97	1,0151	9,81	3,352416901	2,179070986	0,162617238	40,5982906	771,3675214	Tidak terjadi likuifaksi
4	16,7	6,7	66,8	26,8	13	0,41411747	0,94	1,0151	9,81	6,497467808	4,223354075	0,157587839	17,6630435	229,6195652	Tidak terjadi likuifaksi
6	16,7	6,7	100,2	40,2	10	0,49433669	0,91	1,0151	9,81	9,435152722	6,132849269	0,15235844	9,96015936	99,60159363	Tidak terjadi likuifaksi
8	16,7	6,7	133,6	53,6	14	0,54064955	0,88	1,0151	9,81	12,16547164	7,907556567	0,14752904	11,0062893	154,0880503	Tidak terjadi likuifaksi
10	16,7	6,7	167	67	20	0,60373882	0,85	1,0151	9,81	14,68942457	9,547475968	0,142499641	12,987013	259,7402597	Tidak terjadi likuifaksi
12	16,7	6,7	200,4	80,4	20	0,56867993	0,82	1,0151	9,81	17,0040115	11,05260747	0,137470242	11,0619469	221,2389381	Tidak terjadi likuifaksi
14	16,7	6,7	233,8	93,8	22	0,56540818	0,79	1,0151	9,81	19,11223244	12,42295108	0,132440843	10,5973025	233,1406551	Tidak terjadi likuifaksi
16	16,7	6,7	267,2	107,2	36	0,68919386	0,76	1,0151	9,81	21,01308738	13,6585068	0,127411444	15,3883618	552,9010239	Tidak terjadi likuifaksi
18	16,7	6,7	300,6	120,6	40	0,69519382	0,73	1,0151	9,81	22,70657633	14,75927461	0,122382045	15,3139357	612,5574273	Tidak terjadi likuifaksi
21	16,7	6,7	350,7	140,7	52	0,74684895	0,685	1,0151	9,81	24,85799852	16,15769904	0,114837946	17,2528202	897,146649	Tidak terjadi likuifaksi

mat : 1,6 m

kedalaman (m)	γ_{sat} KN/m ³	γ' KN/m ³	σ_{vo} KN/m ²	σ_{vo}' KN/m ²	N	Dr	rd	a maks (m/det ²)	g (m/det ²)	τ max KN/m ²	τ_{av} KN/m ²	τ_{av}/σ_{vo}'	CN	N1 blw/ft	Keterangan (grafik)
2	12	2	24	8	4	0,54738329	0,97	1,0151	9,81	2,408922324	1,565799511	0,391449878	42,8571429	514,2857143	Tidak terjadi likuifaksi
4	12	2	48	16	8	0,12899285	0,94	1,0151	9,81	4,668839144	3,034745443	0,37934318	2,777777778	2,777777778	Terjadi likuifaksi
6	12	2	72	24	12	0,23893106	0,91	1,0151	9,81	6,779750459	4,406837798	0,367236483	4,54545455	9,090909091	Terjadi likuifaksi
10	12	2	120	40	20	0,29795706	0,85	1,0151	9,81	10,55455657	6,860461774	0,343023089	6,666666667	26,66666667	Tidak terjadi likuifaksi
12	12	2	144	48	24	0,31601547	0,82	1,0151	9,81	12,21845138	7,941993394	0,330916391	7,35294118	36,76470588	Tidak terjadi likuifaksi
14	12	2	168	56	28	0,33005397	0,79	1,0151	9,81	13,73334067	8,926671437	0,318809694	7,89473684	47,36842105	Tidak terjadi likuifaksi
16	12	2	192	64	32	0,38700948	0,76	1,0151	9,81	15,09922446	9,814495902	0,306702997	10,7142857	96,42857143	Tidak terjadi likuifaksi
18	12	2	216	72	36	0,3505515	0,73	1,0151	9,81	16,31610275	10,60546679	0,2945963	8,69565217	69,56521739	Tidak terjadi likuifaksi

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Umum

Menurut penyelidikan di lapangan bahwa daerah tanah pasir merupakan daerah yang sering mengalami likuifaksi. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu oleh peneliti bahwa tanah pasir bersih lebih mudah mengalami peningkatan air pori daripada tanah pasir berlanau atau lempung. Semakin besar tingkat plastisitas suatu tanah, semakin kecil peningkatan tekanan air pori yang terjadi selama berlangsungnya gempa. Gradasi pada tanah pasir mempengaruhi potensi likuifaksi. Pada tanah pasir halus dan lepas lebih mudah mengalami likuifaksi karena tekanan air pori yang terjadi lebih cepat sehingga menyamai tegangan keliling total dan dengan cepat pula mengalami deformasi yang besar serta peningkatan tahanan geser.

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya likuifaksi yaitu :

1. Gradasi tanah
2. Kepadatan relatif (D_r) tanah

3. Sifat redaman
4. Modulus geser tanah
5. Cara pembentukan tanah
6. Kedalaman air tanah
7. Tegangan keliling
8. Lamanya pembebanan
9. Karakteristik gempa

6.2 Pembahasan Gempa Blitar

Tabel 6.1 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Blitar dengan metode Seed et al (1975)

Lokasi	Kedalaman (m)	N	Dr (%)	N_{eq}	NL	terjadi/tidak likuifaksi
Bor-1	1,2	13	63,91	6,8	35583970,3	Tidak
	2,1	17	65,77	6,8	45052172,3	tidak
	3,0	59	110,21	6,8	7650,813	tidak
	3,9	41	84,71	6,8	1925,678	tidak
	5,1	55	89,56	6,8	2918,082	tidak
	6,3	53	81,39	6,8	1916,229	tidak
Bor-2	0,6	6	55,78	6,8	15927724,1	tidak
	1,5	16	68,31	6,8	52805564,2	tidak
	2,7	15	58,60	6,8	1,1629	terjadi
	3,9	60	103,96	6,8	664,191	tidak

Bor-3	1,2	15	69,31	6,8	55765050	tidak
	2,1	16	67,38	6,8	51497475,1	tidak
	3,3	34	81,75	6,8	480,700	tidak
	4,2	28	67,53	6,8	180,503	tidak
	5,1	10	37,72	6,8	7,769	tidak
	6,0	50	79,48	6,8	523,586	tidak
B-21	1,2	26	89,95	6,8	236496026	tidak
	2,1	46	107,00	6,8	667877427	tidak
	3,0	46	97,07	6,8	420697567	tidak
	4,2	79	114,41	6,8	1162332915	tidak
Bor-23	1,2	18	76,29	6,8	94917059,3	tidak
	2,1	46	108,43	6,8	716848402	tidak

Tabel 6.2 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Blitar dengan metode Castro (1975), metode Seed & Idriss (1971)

Lokasi	Kedalaman (m)	N	Dr (%)	τ_{av}/σ_{vo}'	N'	N ₁	terjadi/tidak likuifaksi	
							m. Castro (1975)	m. Seed & Idriss
Bor-1	1,2	13	78,34	0,0130	56,937	27,53	tidak	tidak
	2,1	17	88,04	0,0128	69,049	31,48	tidak	tidak
	3,0	59	160,66	0,1030	283,11	163,88	tidak	tidak
	3,9	41	131,48	0,1016	194,39	108,04	tidak	tidak
	5,1	55	148,75	0,0996	256,67	136,92	tidak	tidak
	6,3	53	142,78	0,0977	243,52	125,86	tidak	tidak
Bor-2	0,6	6	62,26	0,0131	37,44	299,51	tidak	tidak
	1,5	16	86,41	0,0129	68,32	1093,08	tidak	tidak
	2,7	15	81,88	0,2670	74,001	1110,01	tidak	tidak
	3,9	60	159,61	0,1511	289,82	17389,6	tidak	tidak
Bor-3	1,2	15	84,27	0,0130	66,114	991,7	tidak	tidak
	2,1	16	90,52	0,0128	72,86	1311,5	tidak	tidak

	3,3	34	121,35	0,1176	163,52	5559,8	tidak	tidak
	4,2	28	107,70	0,0814	130,16	3644,5	tidak	tidak
	5,1	10	63,21	0,0802	45,79	457,9	tidak	tidak
	6,0	50	138,9	0,0791	225,63	11281,6	tidak	tidak
B-21	1,2	26	110,71	0,0130	113,51	2951,4	tidak	tidak
	2,1	46	144,54	0,0128	185,26	8521,9	tidak	tidak
	3,0	46	141,78	0,1266	171,00	7866,1	tidak	tidak
	4,2	79	181,30	0,0124	266,35	21041,8	tidak	tidak
Bor-23	1,2	18	93,37	0,0130	79,59	1432,6	tidak	tidak
	2,1	46	144,89	0,0128	187,16	8609,3	tidak	tidak

Pada metode Seed et al (1975) hasil dari analisis potensi likuifaksi menunjukkan bahwa gempa Blitar dapat menyebabkan terjadinya likuifaksi. Hal ini dapat dilihat pada lokasi Bor-2 pada kedalaman 2,7 m. Untuk lokasi Bor-1, Bor-3, Bor-21 dan Bor-23 tidak terjadi likuifaksi. Terjadinya likuifaksi pada gempa Blitar untuk lokasi Bor-2 pada kedalaman 2,7 m disebabkan pada kedalaman tersebut dekat muka air tanah yang terletak 2,67 m di bawah muka tanah dan N-SPT sebesar 15. Meskipun tanah yang terkandung di dalamnya merupakan *silty clay* dengan plastisitas tinggi dan mempunyai sedikit kandungan pasir kasar. Selain hal tersebut, likuifaksi terjadi karena adanya tekanan total tanah (*overburden pressure*) setebal 2,7 m. Menurut laporan dari Badan Meteorologi dan Geofisika Jakarta bahwa likuifaksi tidak terjadi pada gempa Blitar. Hal ini sesuai dengan evaluasi pada lokasi Bor-1, Bor-3, Bor-21 dan Bor-23.

Menurut metode Castro (1975) dan Metode Seed & Idriss (1971) bahwa hasil dari analisis potensi likuifaksi menunjukkan bahwa gempa Blitar tidak menimbulkan likuifaksi dan hal ini sesuai dengan laporan dari Badan Meteorologi dan geofisika Jakarta. Dari analisis tersebut dapat dilihat bahwa kondisi tanah jenuh air mempunyai N-SPT lebih besar 10, tetapi rata-rata N-SPT yang didapat sebesar 50 bahkan ada yang N-SPTnya sampai 79. N-SPT sangat berpengaruh pada Kepadatan relatif (D_r). Semakin besar N-SPT semakin padat keadaan suatu tanah.

Di Lapangan para peneliti tidak menemukan adanya peristiwa likufaksi sedangkan pada perhitungan dengan menggunakan metode Seed et al (1975) terjadi adanya potensi likuifaksi. Hal ini bisa disebabkan karena peristiwa likuifaksi terjadi tidak besar dan tidak sampai keluar dari dalam tanah sehingga tidak terdeteksi oleh masyarakat setempat atau para peneliti.

6.3 Pembahasan Gempa Flores

Tabel 6.3 Perbandingan hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Flores dengan metode Seed et al (1975)

Lokasi	Kedalaman (m)	N	Dr (%)	N_{eq}	NL	Terjadi/tidak likuifaksi
Bor-1	2	19	63,57	11	0,0690	Terjadi
	4	13	41,90	11	2,5956	Terjadi
	6	10	49,84	11	8,1202	Terjadi
	8	14	54,57	11	16,1610	tidak
	10	20	60,99	11	36,2702	tidak
	12	20	57,49	11	31,8909	tidak
	14	22	57,19	11	38,0839	tidak
	16	36	69,74	11	141,670	tidak
	18	40	70,37	11	186,168	tidak
	21	52	75,63	11	394,916	tidak
Bor-5	2	12	54,74	11	0,0974	Terjadi
	4	1	12,90	11	0,00008	Terjadi
	6	2	23,89	11	0,0014	Terjadi
	10	4	29,80	11	0,0069	Terjadi
	12	5	31,60	11	0,0117	Terjadi
	14	6	33,00	11	0,0184	Terjadi
	16	9	38,70	11	0,0551	Terjadi

	18	8	35,06	11	0,0398	Terjadi
	20	11	39,6	11	0,0988	Terjadi
	22	11	38,26	11	0,1041	Terjadi
	24	12	38,70	11	0,1428	Terjadi
	26	51	77,39	11	8,6677	Terjadi
	28	51	75,21	11	9,762	Terjadi
Bor-12	2	4	29,74	11	67,671	tidak
	4	9	35,74	11	223,65	tidak
	6	7	42,41	11	690,833	tidak
	8,3	10	46,54	11	1431,858	tidak
	10	50	98,51	11	107424,3	tidak
	12	15	50,93	11	3390,36	tidak
	14	50	88,29	11	214,88	tidak
	16	15	46,14	11	7,312	Terjadi
	18	24	55,92	11	26,5015	tidak
	20	36	65,84	11	82,612	tidak
	22	50	74,800	11	213,601	tidak
	24	50	72,29	11	227,927	tidak
Bor-15	1,9	8	45,51	11	0,0176	Terjadi
	3,3	7	36,57	11	0,0059	Terjadi
	6	1	11,26	11	0,000010	Terjadi
	8	3	27,53	11	0,00188	Terjadi
	10,5	2	19,35	11	0,0367	Terjadi
	12	2	18,54	11	0,0337	Terjadi
	14	2	17,6	11	0,03108	Terjadi
	16	50	83,99	11	221,33	tidak
	18	50	80,45	11	218,056	tidak
Bor-16	2	19	68,17	11	6724,67	tidak
	4,45	4	24,53	11	28,9365	tidak
	6	3	29,00	11	0,01129	Terjadi
	8	18	66,36	11	1,332	Terjadi
	10	14	55,11	11	0,5769	Terjadi
	12	50	98,71	11	17,7831	tidak
	14	28	70,37	11	3,3543	Terjadi

	16	50	89,97	11	16,2204	tidak
	18	50	86,4	11	16,1939	tidak
	20	50	83,22	11	16,5973	tidak

Tabel 6.4 Hasil evaluasi potensi likuifaksi untuk Gempa Flores dengan metode Castro (1975), metode Seed & Idriss (1971)

Lokasi	Kedalaman n (m)	N	Dr (%)	τ_{av}/σ'_{vo}	N'	N ₁	terjadi/tidak likuifaksi	
							m. Castro	m. Seed & Idriss
Bor-1	2	19	91,31	0,162	83,77	1591,7	tidak	tidak
	4	13	71,28	0,157	51,26	666,4	tidak	tidak
	6	10	59,37	0,152	35,66	356,6	tidak	tidak
	8	14	67,02	0,147	45,57	638,0	tidak	tidak
	10	20	76,75	0,142	59,88	1197,6	tidak	tidak
	12	20	73,78	0,137	55,43	1108,6	tidak	tidak
	14	22	74,6	0,132	56,76	1248,7	tidak	tidak
	16	36	92,23	0,27	86,87	3127,4	tidak	tidak
	18	40	94,16	0,122	90,66	3626,4	tidak	tidak
	21	52	102,7	0,114	108,0	5616,9	tidak	tidak
Bor-5	2	12	73,84	0,391	57,69	692,3	tidak	tidak
	4	1	20,41	0,379	4,629	4,629	Terjadi	Terjadi
	6	2	27,72	0,367	8,92	17,85	Terjadi	Terjadi
	10	4	36,5	0,343	16,66	66,66	Terjadi	tidak
	12	5	39,51	0,331	20,16	100,8	Terjadi	tidak
	14	6	41,99	0,316	23,43	140,62	Terjadi	tidak
	16	9	49,97	0,306	34,10	306,8	Kritis	tidak
	18	8	45,86	0,295	29,411	235,2	Terjadi	tidak
	20	11	52,41	0,282	39,28	432,1	tidak	tidak

	22	11	51,14	0,270	38,19	420,1	tidak	tidak
	24	12	52,19	0,258	40,54	486,4	tidak	tidak
	26	51	105,22	0,246	167,7	8555,9	tidak	tidak
	28	51	103,00	0,234	163,4	8336,5	tidak	tidak
Bor-12	2	4	42,14	0,193	18,14	72,59	Kritis	tidak
	4	9	59,95	0,187	37,37	336,3	Tidak	tidak
	6	7	50,39	0,181	26,79	187,5	kritis	tidak
	8,3	10	57,29	0,174	35,13	351,3	tidak	tidak
	10	50	123,82	0,159	165,56	8278	tidak	tidak
	12	15	65,34	0,163	46,53	697,8	tidak	tidak
	14	50	115,22	0,157	145,86	7292	tidak	tidak
	16	15	61,10	0,151	41,30	619,5	tidak	tidak
	18	24	74,96	0,145	62,56	1501	tidak	tidak
	20	36	89,21	0,139	89,10	3207	tidak	tidak
	22	50	102,23	0,133	117,8	5890	tidak	tidak
	24	50	99,73	0,127	112,4	5620	tidak	tidak
Bor-15	1,9	8	60,49	0,443	38,73	309,8	Kritis	tidak
	3,3	7	54,89	0,433	33,11	231,7	Kritis	tidak
	6	1	19,66	0,415	4,53	4,529	Terjadi	Terjadi
	8	3	32,63	0,401	13,17	39,53	Terjadi	tidak
	10,5	2	24,48	0,168	6,49	12,99	Terjadi	Terjadi
	12	2	23,61	0,163	6,19	12,37	Terjadi	Terjadi
	14	2	22,99	0,157	5,82	11,64	Terjadi	Terjadi
	16	50	111,31	0,151	137,30	6865	tidak	tidak
	18	50	107,96	0,145	129,97	6498	tidak	tidak
Bor-16	4,45	4	40,28	0,063	12,65	51,4	tidak	tidak
	6	3	33,79	0,306	13,04	39,13	Terjadi	tidak
	8	18	79,67	0,296	75	1350	tidak	tidak
	10	14	67,81	0,286	56	784	tidak	tidak
	12	50	123,97	0,275	192,3	9615	tidak	tidak
	14	28	89,93	0,265	103,7	2903	tidak	tidak
	16	50	116,7	0,255	176,5	8920	tidak	tidak
	18	50	113,52	0,245	172,4	8620	tidak	tidak
	20	50	110,58	0,235	166,6	8333	tidak	tidak

Hasil dari analisis potensi likuifaksi dengan metode Seed et al (1975) menunjukkan bahwa semua lokasi Bor mengalami likuifaksi meskipun tidak semua kedalaman tanah yang ditinjau mengalami likuifaksi. Kedalaman tanah yang mengalami likuifaksi terletak di bawah muka air tanah. Hal ini berarti tanah tersebut merupakan tanah jenuh air. Untuk lokasi Bor-1 (Kampung Wai Oti / Sudirman) jenis tanahnya berupa pasir berbutir halus dan sedang. Likuifaksi terjadi lebih kecil dari 6 m. Lokasi Bor-5 (Jalan Yos Sudarso) dengan muka air tanah 1,6 m likuifaksi terjadi di semua kedalaman meskipun N-SPTnya mendekati 51. Sebagian besar tanahnya pasir kelanauan. Untuk lokasi Bor-12 (Jalan Anggrek Perumnas) dengan muka air tanah 12,5 m likuifaksi terjadi hanya pada kedalaman 16 m dengan N-SPT 15 dan kandungan tanahnya berupa *Tufalapili* dengan komposisi pasir dan sedikit lanau. Untuk lokasi Bor-15 (Komplek K.Uning) Memiliki muka air tanah 1,5 m dan likuifaksi sampai pada kedalaman 14 m dengan N-SPT lebih kecil 9 dan jenis tanahnya pasir kelanauan dan lempung pasiran. Sedangkan untuk kedalaman lebih besar sama dengan 16 m dengan N-SPT 50. Lokasi Bor-16 (SLA Budi Luhur 2) memiliki muka air tanah 5,5 m dan likuifaksi pada kedalaman 6 m – 10 m dan 14 m dengan N-SPTnya sebesar lebih kecil 28 dan jenis tanah berupa pasir – sedang.

Hasil analisis potensi likuifaksi dengan metode Castro (1975) menunjukkan bahwa likuifaksi terjadi pada lokasi Bor-5 (Jalan Yos Sudarso), Bor-15 (Komplek K. Uning) dan Bor-16 (SLA Budi Luhur 2). Likuifaksi terjadi pada N-SPT lebih kecil sama dengan 6 dan letaknya dibawah muka air tanah. Apabila N-SPT lebih kecil tetapi letaknya diatas muka air tanah maka tidak akan terjadi likuifaksi seperti pada lokasi Bor-12 (Jalan Anggrek Perumnas) dengan N-SPT sebesar 4 m. Pada lokasi Bor-5 (Jalan Yos Sudarso) keadaan jenis tanah berupa pasir kelanauan berbutir halus yang berasal dari tanah Alluvial. Untuk lokasi Bor-15 (Komplek K.Uning) jenis tanah berupa pasir kelanauan dengan berbutir pasir halus. Lokasi Bor-16 (SLA Budi Luhur 2) berupa pasir berbutir halus.

Hasil analisis potensi likuifaksi menurut metode Seed & Idriss (1971) menunjukkan bahwa likuifaksi terjadi pada lokasi Bor-5 (Jalan Yos Sudarso) dan Bor-15 (Komplek K.Uning). Likuifaksi terjadi pada N-SPT lebih kecil sama dengan 2

dan berada dibawah muka air tanah. Untuk metode Seed & Idriss (1971) N-SPT yang digunakan sangat kecil.



BAB VII

KESIMPULAN dan SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan evaluasi potensi likuifaksi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada gempa Blitar untuk metode Seed et al (1975) terjadi potensi likuifaksi pada lokasi bor-2 sedangkan metode Castro (1975) dan metode Seed & Idriss (1971) tidak terjadi likuifaksi di semua lokasi bor.
2. Analisis dengan metode Seed et al (1975) untuk gempa Flores menyatakan bahwa likuifaksi terjadi pada nilai N-SPT lebih kecil 51 dengan nilai Dr lebih kecil 78%, dan kepadatan tanah tidak berpengaruh terhadap likuifaksi.
3. Analisis dengan metode Castro (1975) untuk gempa Flores menyatakan bahwa likuifaksi terjadi pada nilai N-SPT lebih kecil sama dengan 8 dengan nilai Dr lebih kecil 46%, dan kepadatan tanah mempengaruhi likuifaksi.
4. Analisis dengan metode Seed & Idriss (1971) untuk gempa Flores menyatakan bahwa likuifaksi terjadi pada nilai N-SPT lebih kecil sama dengan 2 dengan nilai Dr lebih kecil 28%, dan kepadatan tanah mempengaruhi likuifaksi.
5. Semakin kecil nilai N-SPT maka semakin besar potensi likuifaksi yang terjadi.

7.2 Saran

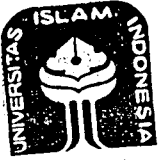
1. Dalam mendirikan suatu bangunan sebaiknya dilakukan evaluasi potensi likuifaksi pada daerah yang akan didirikan bangunan sehingga dapat direncanakan pondasi atau struktur yang tahan terhadap likuifaksi.

2. Perlunya literatur dari berbagai tempat karena kondisi tanah dari berbagai tempat tidak sama.
3. Tugas akhir ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan metode-metode yang lain sehingga dapat dibandingkan hasilnya.



DAFTAR PUSTAKA

1. Braja M.Das, 1988, **Mekanika Tanah**, Penerbit Erlangga, Surabaya.
2. Braja M.Das, 1993, **Principle of Soil Dynamics**, Pws-KENT Publishing Company, Boston.
3. Djoko Soelarno Sidji, Dr. Ir.,1986, **Azas-azas Dinamika Tanah**, Universitas Parahyangan Bandung, Bandung.
4. Halim Hasmar, H.A., Ir., MT.,1999, **Potensi Sand Boil Gempa Maumere 1992**, Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat FTSP UII, Yogyakarta.
5. Halim Hasmar, H.A., Ir., MT.,1999, **Evaluasi Karakteristik dan Parameter gempa untuk Gempa Tektonik Blitar 1998**, *Teknisia*, Vol. III No. 10, p.80 s/d 89.
6. Irsyam, Masyhur, Dr.Ir., MSCE., 1995, **Dinamika Tanah**, Institut Teknologi Bandung.
7. Kardiyono Tjokrodijuljo, Ir., ME.,1993., **Teknik Gempa**, KMTS UGM, Yogyakarta.
8. Maurin Octavia, 1997, **Potensi Likuifaksi di Maumere**, Universitas parahyangan Bandung, Bandung.
9. Paulus P. Rahardjo, PhD., 1993., **Evaluation of Liquefaction Potential**, Universitas Parahyangan Bandung, Bandung.
10. Seed, H.B., Idriss, I.M., 1982, **Ground Motion and Soil Liquefaction During Earthquake**, Engineering Research Institute, Berkeley California.



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

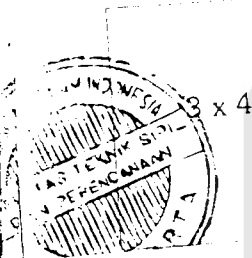
No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	UNCU SYAHRAL	94 310 141		GEOTEKNIK

JUDUL TUGAS AKHIR : EVALUASI POTENSI LIKUIFARSI DENGAN METODE SEMP ET AL
 BERDASARKAN GEMPA ELITAR 1998 DAN GEMPA K000-1995.....

Dosen Pembimbing I IR. H. A. HALIM HASMAR, MT
 Dosen Pembimbing II IR. IBNU SUDARMAJATI, MS

1

2



Yogyakarta, 09 JANUARI 1999
 An. Dekan,
 Ketua Jurusan Teknik Sipil.

IR. H. TADJUDDIN BMA, MS

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
1	13/3 '99	1	Perbaiki yg di beri tanda	[Signature]
2	30/3 '99	2.	acc. proposal, buktikan major konsultan ke P. Walikota	[Signature]
3	5/4 -99	3	lengkap proposal	[Signature]
4	15 -99	4	proposal acc	[Signature]
5	20/4 '99	5	perbaiki yg di beri tanda	[Signature]
6	2/6 '99	6.	Amankan hitungan dan lengkapi kerucut mushon	[Signature]
7	24/6 '99	7	Selesaikan keseluruhan kegiatan	[Signature]
8	30/6 '99	8	Buat Daftar Isi, K. Pergantian D. Gambar, D. Tabel, D. Pustaka Buat Gambar Grafik.	[Signature]



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

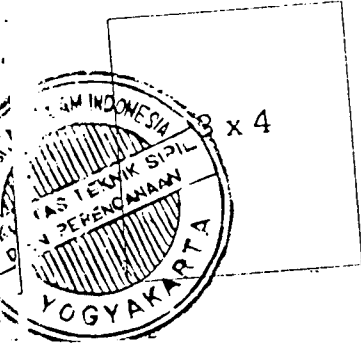
Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
UNCU SYAHRIAL	94 310 141		GEOTEKNIK

JUL TUGAS AKHIR: EVALUASI POTENSI LIKUIFAKSI DENGAN METODE SEED et.al BERDASARKAN GEMPA BLITAR 1998 DAN GEMPA KOBE 1995....

sen Pembimbing I IR.H.A.HALIM HASMAR,MT
 sen Pembimbing II IR.IBNU SUDARMADJI,MS

1

2



Yogyakarta, 09 JANUARI 1999

An. Dekan,
 Ketua Jurusan Teknik Sipil,

IR.H.TADJUDDIN EMA,MS

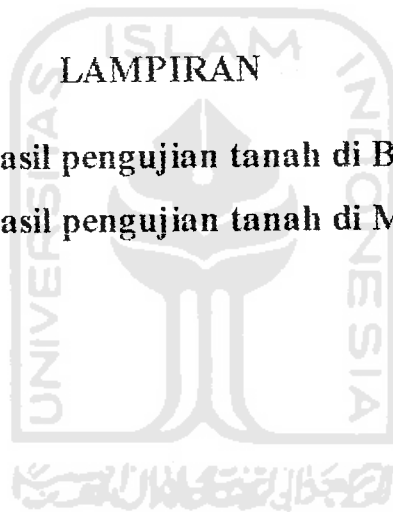
CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
	17/01/99	9	Acara ulik mizu pendaftaran	
	27/01/99	10	Acce	
	26/01/99	11	Jlna	

LAMPIRAN

A-1 Hasil pengujian tanah di Bali

A-2 Hasil pengujian tanah di Maumere



A-1 Hasil pengujian tanah di Bali

LABORATORY TEST DATA												
DEPTH IN METER	TEST REPORTED ELSEWHERE	ATTERBERG LIMITS		STRENGTH TEST DATA					MOISTURE CONTENT (%)	DRY DENSITY (GR/MCC)	RECOVERY	ROD
		LIQUID LIMIT (%)	PLASTICITY INDEX (%)	TYPE OF TEST	COHESION (T/SO M)	SHEAR STRENGTH (T/SO M)	ANGLE OF INTERNAL FRICTION (DEGREE)	BLOWS/30 CM				
0												
1	C GS	88	54	TV PP TXUU	5	6.5 6.0 5.12	4	45	1.18	13	■	
2	C GS	97	65	TV PP TXUU	5	8.5 5.5 5.5	8.5	51	1.10	17	■	
3	GS			DSUU	1.7	4.22	26.5	46	1.14	59	■	
4	GS							51		41	■	
5										55	■	
6										53	■	
7				UC		362.9		6	1.82			
8												
9				UC		232.1		8	1.82			
10												

SYMBOL	DESCRIPTION
CH	SILTY CLAY, brown, with traces of fine sand, high plasticity, stiff grades light brown mottled with yellowish brown
SM	SILTY SAND, light brown, fine to coarse grained, altered from tuffaceous sandstone, medium dense grades dense Water level at depth of 3.00 meter on November 10, 1993 grades very dense
RK	TUFFACEOUS SANDSTONE, grey, fine to coarse sand sized, medium strong, slightly weathered weak, moderately weathered grades, very weak

(continued)

LOG OF BORING BAKRIE NIRWANA RESORT TANAH LOT, TABANAN - BALI


Job No. : 93 - 0035 - 003 Figure : A - 1 P.T. Environment Nusa Geotechnica

LABORATORY TEST DATA													
DEPTH IN METER	TEST REPORTED ELSEWHERE	ATTERBERG LIMITS		STRENGTH TEST DATA					MOISTURE CONTENT (%)	DRY DENSITY (GR/WCC)	BLOWSDOWN	RECOVERY HOD	SAMPLES OR CORE RUN
		LIQUID LIMIT (%)	PLASTICITY INDEX (%)	TYPE OF TEST	COHESION (T/SQ.M)	SHEAR STRENGTH (T/SQ.M)	ANGLE OF INTERNAL FRICTION (DEGREE)						
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

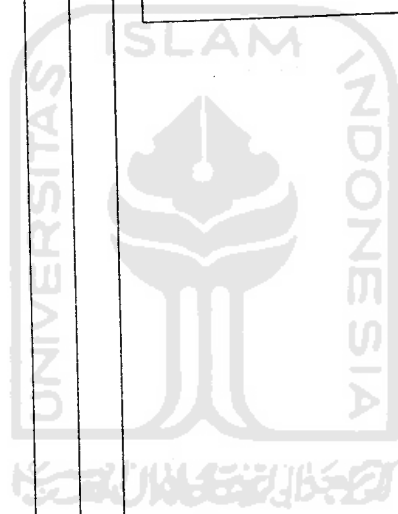
BORING NO : B - 1

COORDINATE : E. 4819.000
N. 5468.000


ELEVATION : + 10.460 M.

SYMBOL	DESCRIPTION
	TK TUFFACEOUS SANDSTONE, grey, fine to coarse sand sized, medium strong, moderately weathered, to slightly weathered

Boring completed at Depth of 11.20 m on October 18, 1993



LOG OF BORING
BAKRIE NIRWANA RESORT
TANAH LOT, TABANAN - BALI

Job No. : 93 - 0035 - 003	Figure : A - 1 (Cont'd)	 P.T. Environment Nusa Geotechnica
---------------------------	----------------------------	---

LABORATORY TEST DATA

DEPTH IN METER	TEST REPORTED ELSEWHERE	ATTERBERG LIMITS		STRENGTH TEST DATA				MOISTURE CONTENT (%)	DRY DENSITY (GR/M ³)	RECOVERY POD	SAMPLE OR CORE RUN
		LIQUID LIMIT (%)	PLASTICITY INDEX (%)	TYPE OF TEST	COHESION (T/SQ.M)	SHEAR STRENGTH (T/SQ.M)	ANGLE OF INTERNAL FRICTION (DEGREE)				

0											
1	C	85	53	TV PP TXUU	1.5	4.8 4.5 1.54	3	49	1.14	8	■
2				TV PP		8.7 9				16	■
3	C GS	87	55	TV PP TXUU	2.9	6.2 8.5 3.14	5	56	1.05	15	■
4				UC		131.1		14	1.09	60	□
5										31 % 100 % 100 %	
6										31 % 31 %	
7										38 % 38 %	
8											
9											
10											

BORING NO : B - 2

COORDINATE : E. 4777.000
N. 5433.000

ELEVATION : + 9.512 M.

SYMBOL	DESCRIPTION
CH	SILTY CLAY, greyish brown, high plasticity with traces of fine to coarse sand, medium stiff
	grades brown, stiff
	Water level at depth of 2.67 meter on November 3, 1993
SM	SILTY SAND, mottled grey and yellowish brown, black, very dense
RK	TUFFACEOUS SANDSTONE, mottled grey and yellowish brown, very weak, moderately weathered to highly weathered
Boring completed at depth of 6.8 m on October 19, 1993	

**LOG OF BORING
BAKRIE NIRWANA RESORT
TANAH LOT, TABANAN - BALI**

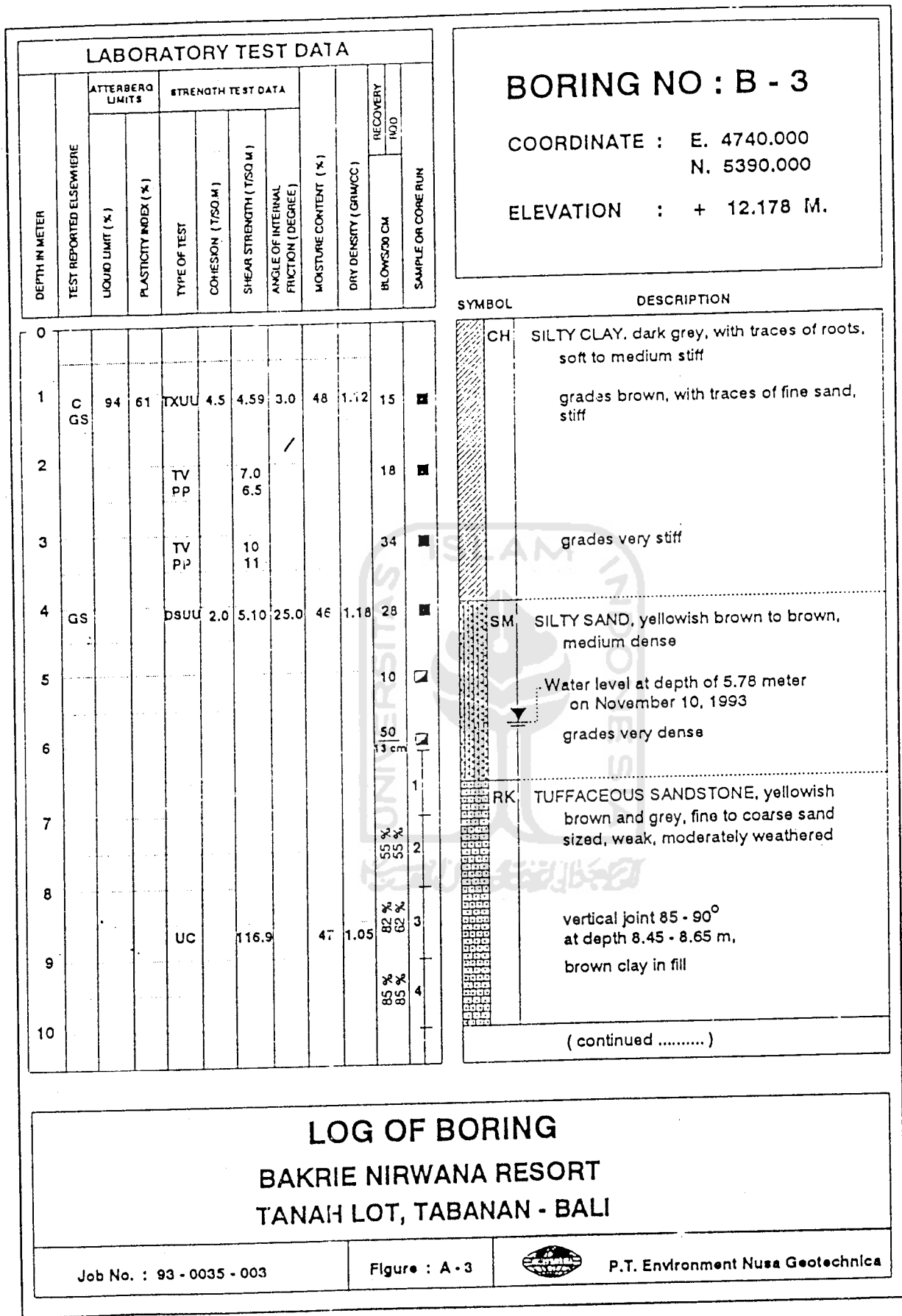
Job No. : 93 - 0035 - 003

Figure : A-2



P.T. Environment Nusa Geotechnica

JALAN TERBET BARAT DALAM NO. 16, JAKARTA 12810, INDONESIA
PHONE : 62 - 021 - 8303512, 62 - 021 - 8301644, 62 - 021 - 8303045
FACSIMILE : 62 - 021 - 8290163



LOG OF BORING

BAKRIE NIRWANA RESORT TANAH LOT, TABANAN - BALI

Job No. : 93 - 0035 - 003

Figure : A-3



P.T. Environment Nusa Geotechnica

JALAN TEBET BARAT DALAM NO. 16, JAKARTA 12810, INDONESIA
PHONE : 62 - 021 - 8303512, 62 - 021 - 8301644, 62 - 021 - 8302045
FACSIMILE : 62 - 021 - 8290163

LABORATORY TEST DATA											
DEPTH IN METER	TEST REPORTED ELSEWHERE	ATTERBERG LIMITS		STRENGTH TEST DATA				MOISTURE CONTENT (%)	DRY DENSITY (DIRWCC)	RECOVERY ROD	SAMPLES OR CORE RUN
		LIQUID LIMIT (%)	PLASTICITY INDEX (%)	TYPE OF TEST	COHESION (T/SO M)	SHEAR STRENGTH (T/SO M)	ANGLE OF INTERNAL FRICTION (DEGREE)				
10											
11				UC	341.7	16	1.42	57 % 42 %			
12					/			100 % 100 %			
13								62 % 62 %			
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

BORING NO : B - 3

COORDINATE : E. 4740.000
N. 5390.000

ELEVATION : + 12.178 M.


SYMBOL	DESCRIPTION
RK	TUFFACEOUS SANDSTONE, yellowish brown and grey, fine to coarse sand sized, weak, moderately weathered joints at depth 10.34 - 10.49 m.

Boring completed at depth of 12.60 m on October 21, 1993.

LOG OF BORING

BAKRIE NIRWANA RESORT

TANAH LOT, TABANAN - BALI

Job No. : 93 - 0035 - 003	Figure : A - 3 (cont'd)		P.T. Environment Nusa Geotechnica
---------------------------	----------------------------	---	-----------------------------------

LABORATORY TEST DATA

DEPTH IN METER	TEST REPORTED ELSEWHERE	ATTERBERG LIMITS		STRENGTH TEST DATA				MOISTURE CONTENT (%)	DRY DENSITY (GRAM/CC)	RECOVERY BLOWS/30 CM	ROD	SAMPLES OR CORE RUN
		LIQUID LIMIT (%)	PLASTICITY INDEX (%)	TYPE OF TEST	COHESION (T/SO.M)	SHEAR STRENGTH (T/SO.M)	ANGLE OF INTERNAL FRICTION (DEGREE)					
0												
1		80	52	TV PP		11.0 11.5	44	1.21	26	■		
2	C GS	83	53	TXUU	5	5.57	18	46	1.15	46	■	
3										46	■	
4	GS									79	■	
5										20 cm		
6										10 %		
7				UC		11.5	33	1.34		75 %		
8										75 %		
9										50 %		
10										50 %		

BORING NO : B - 21

COORDINATE : E. 5192.500
N. 5380.000

ELEVATION : + 14.500 M.

SYMBOL	DESCRIPTION
CH	SILTY CLAY, dark grey, with traces of roots medium stiff grades brown, moist, high plasticity, traces of sand and gravel, very stiff grades becoming brown, mottled with yellowish brown
SM	SILTY SAND, mottled brown and grey, moist, fine to coarse grained, with some gravel, altered from tuffaceous sandstone, dense
RK	TUFFACEOUS SANDSTONE, mottled grey and brown, fine to coarse sand and gravel sized, weak, moderately weathered, sub angular
	Water level at depth of 6.35 meter on November 7, 1993
	Boring completed at depth of 8.00 m on November 4, 1993

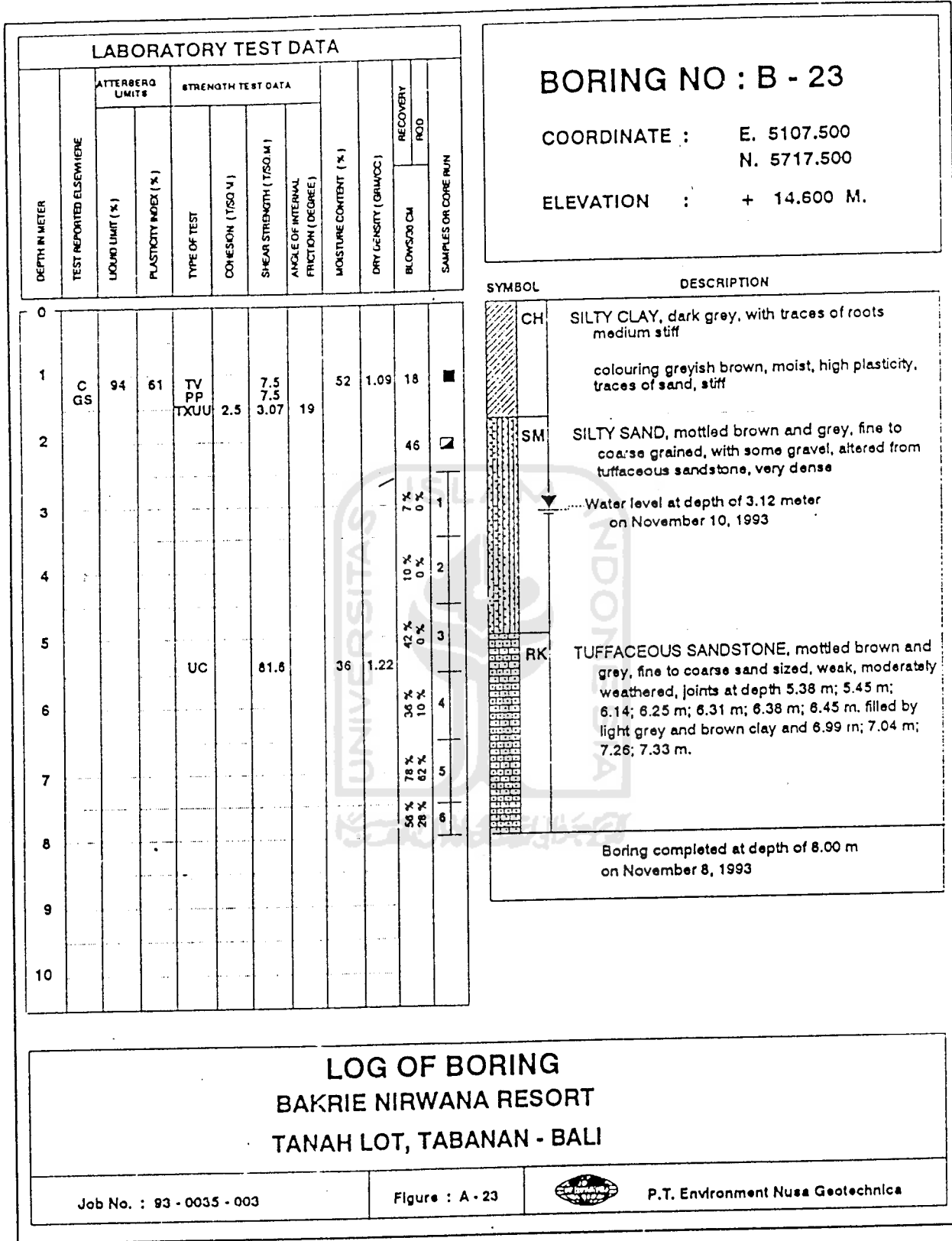
**LOG OF BORING
BAKRIE NIRWANA RESORT
TANAH LOT, TABANAN - BALI**

Job No. : 93 - 0035 - 003

Figure : A - 21



P.T. Environment Nusa Geotechnica



mulai: 1/11-93 selesai: 1/12-93
 in bor: pompa:
 1 bor: Haslonto
 ada hambatan:
 pang bor:

Pemerian oleh: *Suroso* Tgl: 13/11-93
 Diperiksa oleh:
 Tgl pemotretan contoh inti:
 Contoh disimpan di: *Maumere*

SEDIHEN - Kebundaran
 - Keterpilahan
 - Kemas

BEKU - Fonerik
 - Afanitik: Porfirik, Non porf.
 - Gelas

MALIHAN - Homeoblastik:
 - Lepidoblastik
 - Nematoblastik
 - Granoblastik
 - Heteroblastik

Elevasi: y
 Inklinasi:
 Azimut: N. E

TEKSTUR BATU SEDIMEN

KEBUNDARAN: Ber-bulat, Ber-bulat terarah, Bundar, Bundar baik, Bundar baik

KETERPILAHAN: Terpilah sangat baik, Terpilah baik, Terpilah sedang, Terpilah buruk, Terpilah sangat buruk

KEMAS: Terbuka, Tertutup

TEKST B. BEKU: Fonerik, Af. N. P., Af. P., Gelas

Lepide b., Nemato b., Grano b., Hetero b.

TLA	Perub warna	Keada. disk.	Perm. batu	Tekstur	Ikatan butir
	Tidak ada	Tertutup	Tidak berubah	Dapat diamati	Terikat
LRI	< 20% pd. disk.	Terus tipis	Sedag. berubah	Dapat diamati	Sedag. terikat
LSD	> 20% pd. disk.	Terus tebal	Sedag. besar berubah	Dapat diamati	Sedag. terikat
LKU	Seluruh batu		Rapuh, mudah disk.	Sedag. besar dapat diamati	Terpisah
LSM	Seluruh batu		Spt. tanah	Sedag. dapat diamati	Terpisah

DISKONTINUITAS (mm)

> 2000: Sangat jarang
 2000-600: Jarang
 600-200: Sedang
 200-60: Rapat
 < 60: Sangat rapat.

KONSISTENSI

< 2: Sangat lembek → Mudah diwarno jari bila ditekan
 2-4: Lembek → Mudah dibentuk oleh tekanan jari
 5-8: Teguh → Dapat dibentuk oleh tekanan jari kuat
 9-15: Kaku → Tak dapat dibentuk oleh tekanan jari
 16-30: Sangat kaku → Rapuh (glas) atau sangat liat

KEKUALIFIKASIAN (kg/cm²)

< 4: Sangat urai
 4-10: Urai
 11-30: Agak padat
 30-50: Padat
 > 50: Sangat padat

< 70: Sangat lemah → Mudah dipotong dengan tangan
 70-240: Lemah → Mudah pecah oleh pukulan ringan palu geologi
 241-700: Sedang → Pecah oleh pukulan keras palu geologi
 701-1600: Kuat → Sukar pecah oleh pukulan palu geologi, dan berbunyi nyaring
 > 1600: Sangat kuat → Sukar pecah oleh pukulan palu godam

KEKUALIFIKASIAN AIR (cm/det)

> 10⁻²: Sangat tinggi
 10⁻² - 10⁻³: Tinggi
 10⁻³ - 10⁻⁵: Sedang
 10⁻⁵: Rendah
 < 10⁻⁶: Sangat rendah

KEDALAMAN (m)	INTI YANG TERAMBIL				AIR PEMBILAS YANG KELUAR		M.A.T.	SIMBOL BATUAN	Pemerian	UJI LAPANGAN				UJI LAB.		INTERPRETASI	KEDALAMAN (m)
	PANJANG (m)	%	GRAFIK	PMB (ROD)	GRAFIK	WARNA				N ₁	N ₂	N ₃	N _{2,3}	MACAM	HASIL		
5	2.00	100					1.60		PASIR, coklat ke-abu-abuan, berbutir ps. halus-sedang, agak padat, terpilah baik ada sedikit kerikil (±5%)	6	8	11	13			PASIR PANTAI	2.00
	0.45	100															
	1.55	100															
	2.50	100	100%														
	0.45	100															
	1.05	100															
	0.45	100															
	1.55	100															
	0.45	100															
	1.55	100															
10	0.45	100														BATU DASAR (TUPA LAPILLI LAPUK KUAT - SEDANG)	
	1.55	100															
	0.45	100															
	1.55	100															
	0.40	95															
	1.50	99															
	0.30	75															
	1.65	100															
	0.40	95															
	1.55	100															
15	0.45	100															
	1.65	100															
	0.45	100															
	1.55	100															
	0.45	100															
20	2.55	100															
	0.45	100															
	1.55	100															
	0.30	100															
	1.60	100															
0.10	100																
									BATU PASIR, kelabu, berbutir ps. halus-sedang, sangat padat LTufa lapilli lapuk ringan.	15	29	25/10	> 50				
										20	35	-	> 50				

12 AGUSTUS 1993

Tgl. mulai: **3/9-33** selesai: **1/11-33** Pekerjaan oleh: **SUROD** Tgl: **3/9-33**
 Mesin bor: pompa: Diperiksa oleh: Tgl: **1/11-33**
 Juru bor: **HASLANTO** Tgl pemerhatian contoh inti: **1/11-33**
 Metoda pemboran: **KERING** Contoh disimpan di: **1. NUMBER**

SEKEMEN	BEKU	MALIKIAN	TEKSTUR BATU		Koord : x y Elevasi : ± 2.3-4 m. Inklinasi: Azimut N. E
			- Kebundaran - Keterpilahan - Kemas	- Fanerik - Afanitik; Porfirik - Non porf. - Gelas	
TEKSTUR SATU SEDIMEN KEBUNGAHAN: Teratai, Teratai, Teratai, Teratai KETERPILAHAN: Teratai, Teratai, Teratai, Teratai KEMAS: Teratai, Teratai, Teratai, Teratai			KONSISTENSI < 2 : Sangat lembek → Mudah dibentuk oleh tekanan jari 2-4 : Lembak → Mudah dibentuk oleh tekanan jari kuat 5-8 : Teguh → Tek dapat dibentuk oleh tekanan jari 9-15 : Kaku → Reah (getas) atau sangat ter > 15 : Sangat kaku		

PELAPUKAN	Purub warna	Kead. disk.	Perm. batu	Tebal	Ricin bulir	DISKONTINUITAS (mm)	KONSISTENSI

KEPADATAN REL. (SPT)	KEMAMPUAN RUSUK/PIK/ST/CM	KELULUSAN AIR (cm/menit)	INSTUMENTASI

TANGGAL	KEDALAMAN (m)	INTI YANG TERAMBIL		AIR PEMBILAS YANG KELUAR		M.A.T.	SIMP. BATUAN	PEMERIAN	UJI LAPANGAN				UR LAB.		INTERPRETASI	KEDALAMAN (m)
		PANJANG (m)	%	GRAFIK	PUB (MOD.) %				GRAFIK	WARNA	%	5	7	12		

1993 AGUSTUS	2.00	100						PASIR coklat kekuningan, berbutir ps. Sedang kasar, terdapat kerikil berukuran 2cm, agak padat	3	5	7	12			ALLUVIAL PASIR PANTAI	3.90	
	0.45	100						PASIR LANAUAN, kelabu muda, berbutir halus-ps. Sedang, agak	0	0	1	1					
	1.55	100						LEMPUNG PASIRAN, kelabu tua, fragmen karang 0.5cm									
	5 1993 AGUSTUS	0.40	95						PASIR LANAUAN, kelabu muda, terbutir halus (lumpur)	1	1	1	2			ALLUVIAL RAWA PANTAI	7.85
		0.25	20						LANAU PASIRAN, sedikit tempungan, kelabu tua, fragmen terumbu karang berukuran 0.5cm - 1cm								
		0.95	100						LEMPUNG, kelabu muda, fragmen karang 0.5cm								
		1.55	100						LEMPUNG, kelabu muda, pasir terbutir halus campuran kerang berukuran ps. Besar, lempek	2	2	2	4				
		0.20	75						LANAU PASIRAN, kelabu muda, fragmen karang 0.5cm, Ura.								
		0.50	100						PASIR LANAUAN, kelabu muda, fragmen kerang terbutir halus, terbutir kasar 0.5cm	1	2	4	6				
	10 1993 AGUSTUS	0.45	100						TUFA LAPILLI, lepuh sedang kelabu, kecapatan rapat, komponen terbutir kerikil dan matrik pasir lanauan.	2	3	5	8			FRAGMEN BOULDER TUFA LAPILLI	19.00
		1.55	100						LANAU PASIRAN, putih ke. coklat, terdapat fragmen karang berukuran 5-6cm agak padat.	3	4	8	11				
		0.45	100						PASIR ST. GAMPING, putih ke. coklat, agak padat	6	6	6	12				
1.55		100						LANAU PASIRAN, putih ke. coklat, sangat padat	15	20	31	37					
0.40		95						PASIR LANAUAN, coklat muda, sangat padat									
1.55		100						PASIR KERIKILAN, putih ke. coklat, sangat padat	13	21	30	51					
15 1993 AGUSTUS	0.45	100						ST. PASIR CAMPURAN, pasir							BATU PASIR GAMPING LAMPUK BERAT - SEDANG	26.0	
	1.55	100															
	0.40	96															
	1.00	75															

TEKSTUR BATU SEDIMEN				
Kebundaran				
Kemas				
KEMAS				

Perubahan warna		Keada. disk.		Perm. batu		Tekstur		Ikatan butir	
Tidak ada	Tertutup	Tidak berubah	Tidak berubah	Dapat diamati	Tertutup	Dapat diamati	Tertutup	Dapat diamati	Tertutup
< 20% M. disk.	Tertutup	Sedang berubah	Sedang berubah	Dapat diamati	Tertutup	Dapat diamati	Sedang berubah	Dapat diamati	Tertutup
> 20% M. disk.	Tertutup	Sedang berubah	Sedang berubah	Dapat diamati	Tertutup	Dapat diamati	Sedang berubah	Dapat diamati	Tertutup
Seluruh batu	Tertutup	Sedang berubah	Sedang berubah	Dapat diamati	Tertutup	Dapat diamati	Sedang berubah	Dapat diamati	Tertutup
Seluruh batu	Tertutup	Sedang berubah	Sedang berubah	Dapat diamati	Tertutup	Dapat diamati	Sedang berubah	Dapat diamati	Tertutup

Perubahan warna	Keada. disk.	Perm. batu	Tekstur	Ikatan butir	SIKRONTITAS (mm)	KONSISTENSI	
						> 2000: Sangat jarang	< 2: Sangat lembek
2000-600: Jarang	2-4: Lembek				600-200: Sedang	4-8: Teguh	
600-200: Sedang	8-15: Kaku				200-60: Rapat	15-30: Sangat kaku	
200-60: Rapat					< 60: Sangat rapat.		

Sangat urai	Urai	Agak padat	Padat	Sangat padat	KEKUATAN IUCS/psi kg/cm ²	KONSISTENSI		INSTRUMENTASI
						< 70: Sangat lemah	> 10 ² : Sangat tinggi	
70-240: Lemah	10 ² - 10 ³ : Tinggi				241-700: Sedang	10 ³ : Sedang		
701-1600: Kuat	10 ⁴ : Rendah				> 1600: Sangat kuat	< 10 ⁶ : Sangat rendah		

PANGJANG (m)	INTI YANG TERAMBIL			AIR PEMBILAS YANG KELUAR			M.A.I.	SIMBOL BATUAN	PENERIAN	UJI LAPANGAN				UJI LAB.		INTERPRETASI	KEDALAMAN (m)	
	%	GRAFIK	PMB (RODI)	%	GRAFIK	WARNA				%	SPT				PENGUJIAN			
											N1	N2	N3	N2+N3	MACAM			ASIL
00	100								LUMPY PASIRAN, hitam-kelabu, bercampur akar dan kerikil ($\pm 15\%$), urai							TANAH PENUTUP		
45	100								PASIR LANAUAN, kelabu kecoklatan, bercampur kerikil ($\pm 10\%$), urai, terpisah baik	1	2	2	4					
50	40								TUFA LAPILLI, coklat, fragmen ϕ maks. 4 cm, lapuk sedang, repui, tersemen buruk	2	4	5	5			5.00		
95	100								LEMAMPUNG, coklat, teguh, bercampur kerikil ($\pm 5\%$) (Tufa lapilli lapuk kuat)	2	3	4	7					
15	100								TUFA LAPILLI, kelabu kecoklatan, lapuk sedang, repui, tersemen buruk	2	5	5	10			-6.00		
30	100	UDS							TUFA LAPILLI, kelabu kecoklatan, lapuk sedang, repui, tersemen buruk	3	-	-	750					
45	100								TUFA LAPILLI, coklat muda-ke-abuan, repui, lapuk kuat, komposisi pada umumnya pasir dengan sedikit lanauan fragmen kerikil ($\pm 5\%$)	7	5	10	15			-8.30		
5	100								TUFA LAPILLI, coklat muda-ke-abuan, repui, lapuk kuat, komposisi pada umumnya pasir dengan sedikit lanauan fragmen kerikil ($\pm 5\%$)	10	20	30	50					
15	100								TUFA LAPILLI, coklat muda-ke-abuan, repui, lapuk kuat, komposisi pada umumnya pasir dengan sedikit lanauan fragmen kerikil ($\pm 5\%$)	6	11	13	24			-12.00		
5	100								TUFA LAPILLI, coklat muda-ke-abuan, repui, lapuk kuat, komposisi pada umumnya pasir dengan sedikit lanauan fragmen kerikil ($\pm 5\%$)	7	15	21	36					
5	100								Pada kedalaman 22.65-25.00m kandungan fragmen batuan berukuran kerikil - ϕ 6 cm relatif lebih banyak ($\pm 60\%$)	78	>50	-	>50			BATUAN DASAR (TUFA LAPILLI LAPUK KUAT - SEDANG)		
5	100								Pada kedalaman 22.65-25.00m kandungan fragmen batuan berukuran kerikil - ϕ 6 cm relatif lebih banyak ($\pm 60\%$)	78	>50	-	>50					
5	100								Pada kedalaman 22.65-25.00m kandungan fragmen batuan berukuran kerikil - ϕ 6 cm relatif lebih banyak ($\pm 60\%$)	78	>50	-	>50					

1. muka: 10/8-93 selesai: 1/16-25
 sin bor: pompa:
 ru bor: Haslanto
 toda pemboran:
 ubang bor:

Pemeriksaan oleh: Surono D Tgl: 10/8-2
 Diperiksa oleh: Tgl:
 Tgl pemerataan contoh inti:
 Contoh disimpan di: *Moumere*

TEKSTUR BATU			
SEKEMEN	- Kebundaran - Keterpilahan - Kemas	BEKU	- Fanerik - Afanitik: Porfirik, Non porf. - Gelas
MALIHAN	- Homeoblastik: - Lapidoblastik, - Nematoblastik, - Granoblastik, - Heteroblastik	Koord : x y Elevasi: Inklinasi: Azimut N. E	

TEKSTUR BATU SEDIMEN									
KEBUNDARAN		KETERPILAHAN		KEMAS		TEKST B. BEKU		MALIHAN	
60 : Sangat kasar 60-2 : Kasar 2-006: Sedang 006-002: Halus < 0.02 : Sangat halus									

DISKONTINUITAS (mm)					KONSISTENSI								
TLA	Perlu warna Tidak ada	Kead. dish. Tertutup	Perm. batu Tidak berubah	Tekstur Dapat diamati	Itakan butir Tersekat	2000: Sangat jarang 2000-600 Jarang 600-200 Sedang 200-60 Rapat <60 Sangat rapat.	SPT	< 2 : Sangat lembek 2-4 : Lembek 5-8 : Teguh 9-15 : Kaku 16-30: Sangat kaku	Keluar di antara jari bila ditekan Mudah dibentuk oleh tekanan jari Dapat dibentuk oleh tekanan jari kuat Tak dapat dibentuk oleh tekanan jari Rapuh (getas) atau sangat liat				

KURVA (SPT)		KEKURVAAN (UCS/pih) kg/cm ²		KELULUSAN AIR (cm/dit)		INSTRUMENTASI	
< 4 : Sangat jrali 4-10 : Urai 11-30 : Agak padat 30-50 : Padat > 50 : Sangat padat		< 70 : Sangat lemah 70-240 : Lemah 241-700 : Sedang 701-1600 : Kuat > 1600 : Sangat kuat		< 10 ⁻² : Sangat tinggi 10 ⁻² - 10 ⁻³ : Tinggi 10 ⁻³ - 10 ⁻⁵ : Sedang 10 ⁻⁵ : Rendah < 10 ⁻⁶ : Sangat rendah			

KEDALAMAN (m)	INTI YANG TERAMBIL				AIR PEMBILAS YANG KELUAR		M.A.T.	SIMBOL BATUAN	PENERIAN	UJI LAPANGAN				UJI LAB.		INTERPRETASI	KEDALAMAN (m)
	PANJANG (m)	%	GRAFIK	PMB (ROD). %	GRAFIK	WARNA				SPT				PENGUJIAN			
										N1	N2	N3	N4+N5	MACAM	HASIL		
16 AGUSTUS 1993	1.00	100						LEMPUNG PASIRAN, kelabu kehitaman, teguh, terdapat fragmen ² bt. apung berukuran kerikil							ENDAPAN RAWA PANJAI	15.10	
	0.40	90						PASIR, kelabumuda, berbutir ps. kasar, sedikit ps. halus, terdapat fragmen ² bt. gamping terumbu dan pecahan kulit kerang berukuran kerikil - 1.5 cm, urai, terpilah sedang	3	4	4	8					
	0.50	100															
	0.8	95															
	1.00	75															
	0.35	30															
	1.55	100						PASIR LAMUAN, kelabu muda, berbutir ps. halus - sedang, sedikit lanauan, terpilah sedang, terdapat potongan ² terumbu karang berukuran maks. 7 cm dan pecahan kulit kerang berukuran kerikil.									
	0.45	100						Pada kedalaman 7.45-7.90 m. terdapat fragmen ² bt. gamping terumbu berukuran 3.5-20 cm, sangat urai.	1	2	1	3					
17 AGUSTUS 1993	1.55	100						LEMPUNG PASIRAN (Organik), hitam, bercampur dengan pot. & terumbu karang berukuran maks 5 cm dan pecahan kulit kerang berukuran ps. kasar, urai	1	1	1	2			BATUAN DASAR (TUFA LAPILLI LAPUK SEDANG - KUAT)	15.10	
	0.50	100						PASIR, sedikit lanauan, kelabu kehitaman, berbutir ps. halus - kasar dan sedikit lanauan, bercampur fragmen ² bt. apung dan batu beku mafik berukuran kerikil - 4.5 cm	10	23	28/10	750					
	0.40	75						(TUFA LAPILLI LAPUK) kuat - sedang, repui ² tersemen buruk, terpilah baik									
	0.45	100															
	1.90	100															
	0.40	100															

PEMILIK PEKERJAAN: **PUSLITBANG PENGARAN** PELAKSANA PEKERJAAN: **PT INTEROBUNI** JENIS BANGUNAN: LOKASI: **SJA BUJILU - NUR - KEC ALOK** NO. LUBANG BOR: **B.16** SKALA: **1:100**

Tgl. mulai: **14/8-73** selesai: **11/8-73** Pemeriksaan oleh: **Suroso D. Tgl: 12/10** **TEKSTUR BATU** Koord : x y

Mesin bor: Dipeiksa oleh: Tgl: -Kebundaran -Fonetik -Homeoblastik Elevasi: -Keterpilahan -Afanitik; Porfiritik, Non porf. -Homeoblastik, Nematoblastik, Ortoplastik, Perieroblastik Inklinasi: Azimut: N. E

Juru bor: **Muhammad** Tgl pemerhatian: Contoh di lapangan di: **Muhamad**

Metoda pemboran: BESAR BUTIR (mm) > 60 : Sangat kasar
60-2 : Kasar
2-0,06 : Sedang
0,06-0,02 : Halus
< 0,02 : Sangat halus

KEKAWIRAN KETERILAHAN TERBUKA TERBUKA TERBUKA TERBUKA TERBUKA TERBUKA TERBUKA TERBUKA TERBUKA TERBUKA TERBUKA TERBUKA TERBUKA

SEKSI: -Kebundaran -Fonetik -Homeoblastik -Afanitik; Porfiritik, Non porf. -Homeoblastik, Nematoblastik, Ortoplastik, Perieroblastik

KEAS: Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk

BEKUBER: Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk Terburuk

PELUMBUAN PERUB. WARNA Keas. dist. Perm. batu Teknik Makna butir DISTINGUABILITAS (mm) > 2000 : Sangat jarang
2000-600 : Jarang
600-200 : Sedang
200-60 : Rapat
< 60 : Sangat rapat

TLA Frek. air Terlepas Tidak beraturan Besar diameter Terikat < 2 : Sangat lembut
2-4 : Lembet
4-8 : Teguh
8-15 : Kaku
15-30 : Sangat kaku

LRI > 20% pd. dist. Terikat erat Sedang beraturan Besar diameter Terikat Mudah dibentuk oleh tekanan jari

LSO > 20% pd. dist. Terikat erat Sedang beraturan Besar diameter Terikat Mudah dibentuk oleh tekanan jari

LKU Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu

LSM Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu Struktur batu

KEPADATAN REL. (SPT) < 4 : Sangat urai
4-10 : Ural
11-30 : Agak padat
30-50 : Padat
> 50 : Sangat padat

KEKAWIRAN (UCS/PHI kg/cm²) < 70 : Sangat lemah
70-240 : Lemah
241-700 : Sedang
701-1600 : Kuat
> 1600 : Sangat kuat

KELULUSAN AIR (cm/dit) > 10⁻² : Sangat rapuh
10⁻² - 10⁻³ : Ringan
10⁻³ - 10⁻⁴ : Sedang
10⁻⁴ - 10⁻⁵ : Rendah
< 10⁻⁵ : Sangat rendah

TANGGAL	WAKTU	KEDALAMAN (m)	INTI YANG TERAMBIL		AIR PEMILAS YANG KELUAR	SIMPOL BATUAN	PEMERIAH				UJI LAPANGAN				UR LAB.	INTERPRETASI	KEDALAMAN (m)
			PANGKAS (m)	%			GRAFIK	PMB (PRODI. %)	GRAFIK	WARNA	%	N1	N2	N3			

15 AGOSTUS 1973	5	1,70	100	0,50	100	0,45	100													

PENYORAN KERING - PEMBORAN KERING

SARIR KERINGAN, kasar, urai

SARIR KERINGAN, kelabu kehijauan, bercah. pur kerikil (2-30%), apak, padat, terpilah baik.

SARIR LAMUNIAN, kelabu kusam, bercah. pur fragmen st. opung, st. pasir beruluran kerikil-5cm, urai, terpilah baik.

SARIR, kelabu berbutir ps. halus - sedang, bercah. pur kerikil bt. opung, st. beku masif dan pecahan cangkang kura-kura (< 2,5mm), apak, padat, terpilah baik.

SARIR LAMUNIAN, kasar, BERKAWIRAN

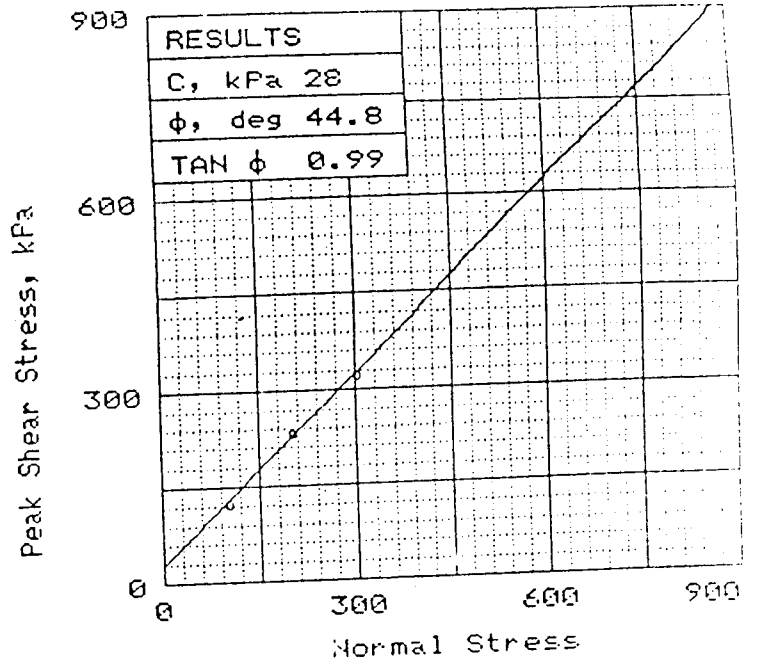
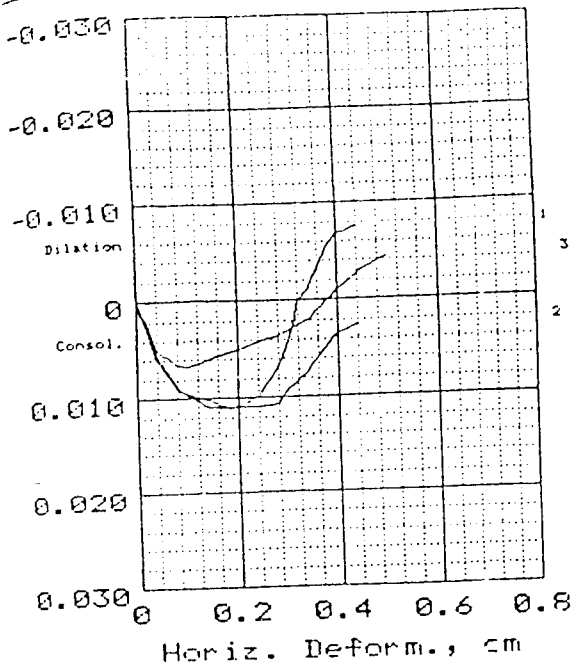
SARIR, kelabu, apak, padat

PASIR KERIKILAN, kasar, sedikit lamunan, apak, padat, terpilah sedang

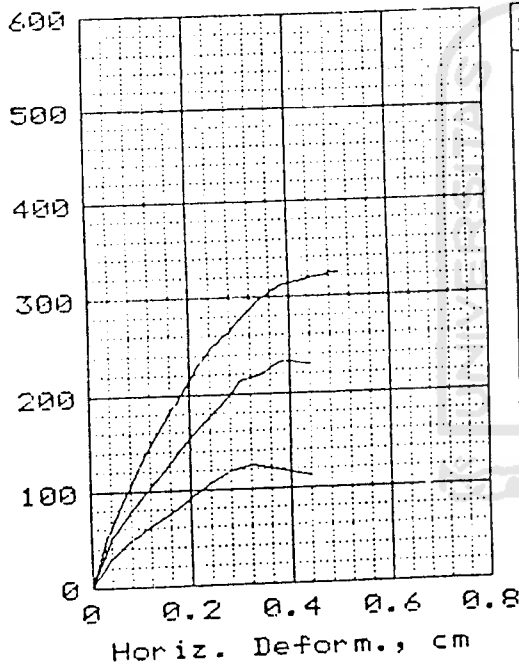
BATU GAMPING TERUMBUS, putih kecoklatan, berporang-porang yg sering berabungan, kompak, kerat.

ENDAPAN PASIR PANTAI

BATUAN DASAR (BATU GAMPING TERUMBUS)



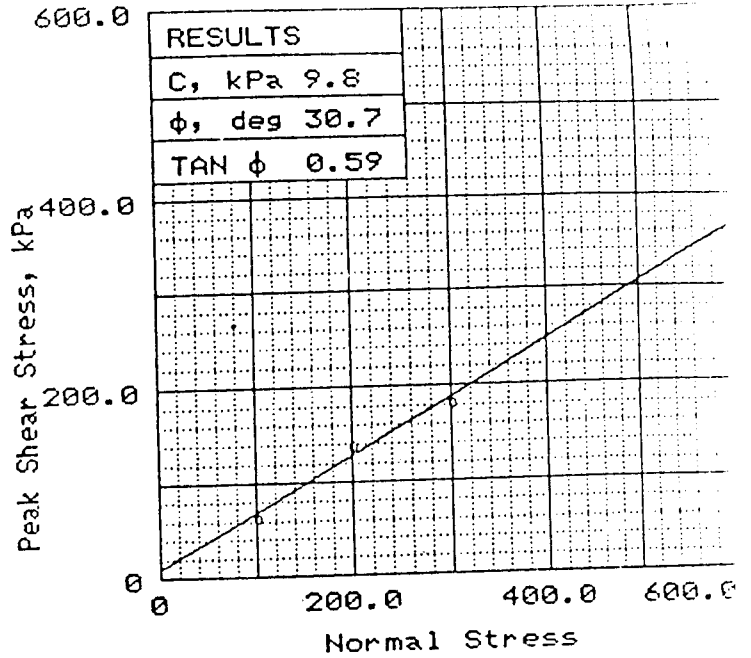
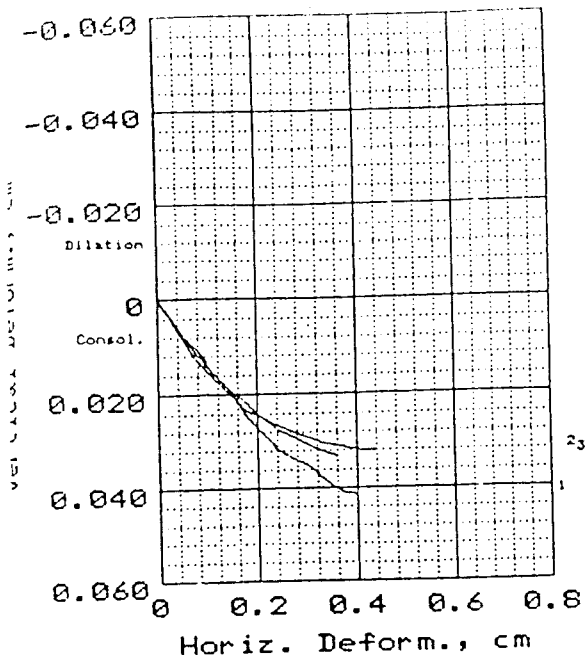
RESULTS	
C, kPa	28
ϕ , deg	44.8
TAN ϕ	0.99



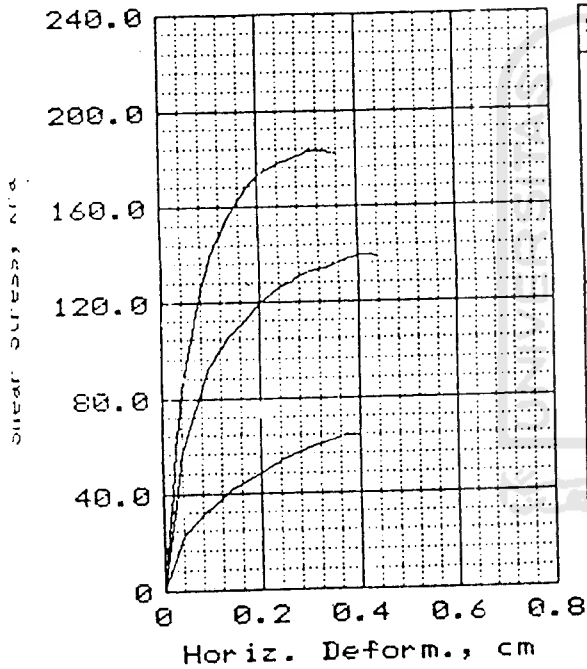
	SAMPLE NO.			
	1	2	3	
INITIAL	WATER CONTENT, %	25.2	25.9	25.5
	DRY DENSITY, kN/cu.m	15.3	15.4	15.1
	SATURATION, %	95.4	99.0	93.1
	VOID RATIO	0.701	0.692	0.725
	DIAMETER, cm	6.00	6.00	6.00
	HEIGHT, cm	2.00	2.00	2.00
AT TEST	WATER CONTENT, %	23.4	21.4	20.8
	DRY DENSITY, kN/cu.m	16.0	16.3	16.2
	SATURATION, %	98.7	95.9	92.0
	VOID RATIO	0.627	0.591	0.600
	DIAMETER, cm	6.00	6.00	6.00
	HEIGHT, cm	1.91	1.88	1.86
NORMAL STRESS, kPa	100	200	300	
MAXIMUM SHEAR, kPa	124	234	323	
RESIDUAL SHEAR, kPa				
Strain rate, %/min	0.150	0.150	0.150	

SAMPLE DATA
 PLE TYPE: UNDISTURBED
 RIPTION: GREY
 RAVELLY SILTY SAND
 PL= PI=
 IFC GRAVITY- 2.65
 ARKS: TESTED BY : SOEDIRMAN
 HECKED BY: SOEDIRMAN
 NO. 4.5.1

CLIENT:
 PROJECT: PENELITIAN MIKROZONASI GEMPA
 FLORES
 SAMPLE LOCATION: B-1/4.00-4.50 M
 PROJ. NO.: PMG-091993 DATE: 22-09-1993
 DIRECT SHEAR TEST REPORT
 PT. KONAS TUNGGAL SOIL LABORATORY



RESULTS	
C, kPa	9.8
ϕ , deg	30.7
TAN ϕ	0.59



	1	2	3	
SAMPLE NO.				
INITIAL	WATER CONTENT, %	57.9	57.8	56.9
	DRY DENSITY, kN/cu.m	10.2	10.0	10.2
	SATURATION, %	99.7	95.8	97.8
	VOID RATIO	1.538	1.598	1.542
	DIAMETER, cm	6.00	6.00	6.00
AT TEST	HEIGHT, cm	2.00	2.00	2.00
	WATER CONTENT, %	45.6	42.3	42.8
	DRY DENSITY, kN/cu.m	11.7	12.2	12.1
AT TEST	SATURATION, %	99.7	98.9	97.9
	VOID RATIO	1.213	1.133	1.157
	DIAMETER, cm	6.00	6.00	6.00
	HEIGHT, cm	1.74	1.64	1.70
NORMAL STRESS, kPa	100.0	200.0	300.0	
MAXIMUM SHEAR, kPa	63.9	139.1	182.7	
RESIDUAL SHEAR, kPa				
Strain rate, %/min	0.150	0.150	0.150	

SAMPLE DATA
 SMPLE TYPE: UNDISTURBED
 DESCRIPTION: LIGHT GREY GRAVELLY CLAY
 PL= PI=
 SPECIFIC GRAVITY= 2.65
 REMARKS: TESTED BY : BAMBANG

CHECKED BY: SOEDIRMAN

IG. NO. 4.5.2

CLIENT:

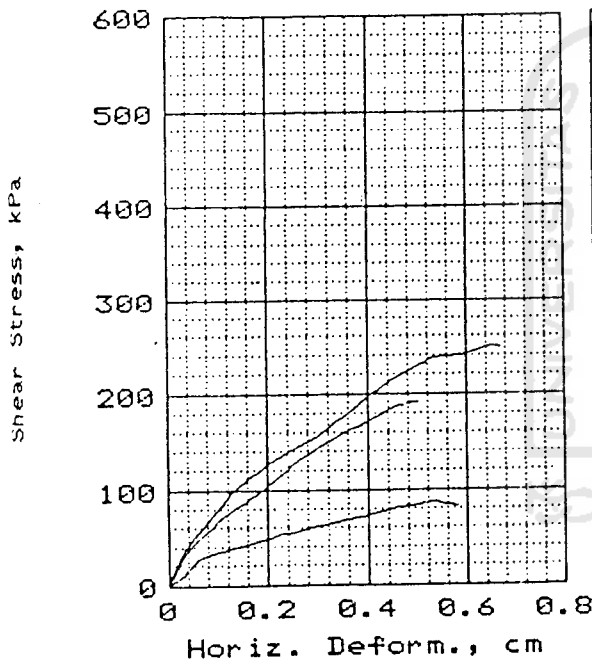
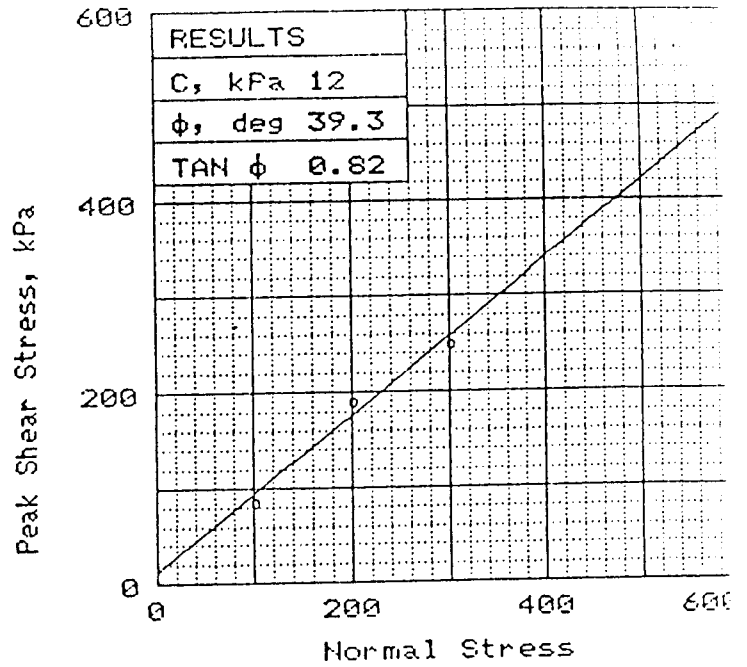
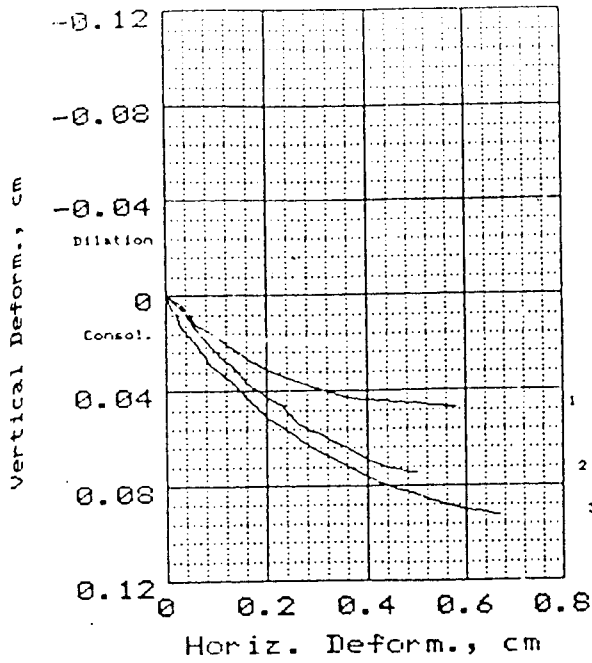
PROJECT: PENELITIAN MIKROZONASI GEMPA FLORES

SAMPLE LOCATION: B.5 / 8.00-8.50 M

PROJ. NO.: PMG-091993 DATE: 22-09-1993

DIRECT SHEAR TEST REPORT

PT. KONAS TUNGGAL SOIL LABORATORY



SAMPLE NO.		1	2	3
INITIAL	WATER CONTENT, %	27.5	29.2	27.9
	DRY DENSITY, kN/cu.m	12.7	13.8	13.8
	SATURATION, %	69.4	87.2	83.8
	VOID RATIO	1.050	0.887	0.880
	DIAMETER, cm	6.00	6.00	6.00
	HEIGHT, cm	2.00	2.00	2.00
AT TEST	WATER CONTENT, %	25.2	24.7	26.1
	DRY DENSITY, kN/cu.m	14.7	15.5	15.1
	SATURATION, %	87.2	96.2	96.7
	VOID RATIO	0.765	0.682	0.716
	DIAMETER, cm	6.00	6.00	6.00
	HEIGHT, cm	1.72	1.78	1.83
NORMAL STRESS, kPa		100	200	300
MAXIMUM SHEAR, kPa		87	191	250
RESIDUAL SHEAR, kPa		87	191	250
Strain rate, %/min		0.150	0.150	0.150

SAMPLE DATA

SAMPLE TYPE: UNDISTURBED
 DESCRIPTION: DARK BROWN
 SILTY SAND
 W = PL = PI =
 SPECIFIC GRAVITY = 2.65
 REMARKS: TESTED BY : BAMBANG

CHECKED BY: SOEDIRMAN *ls*

FIG. NO. 4.5.3

CLIENT:

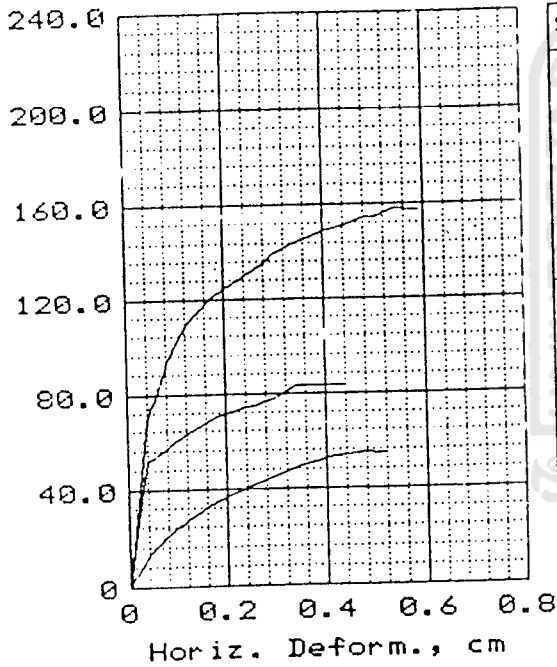
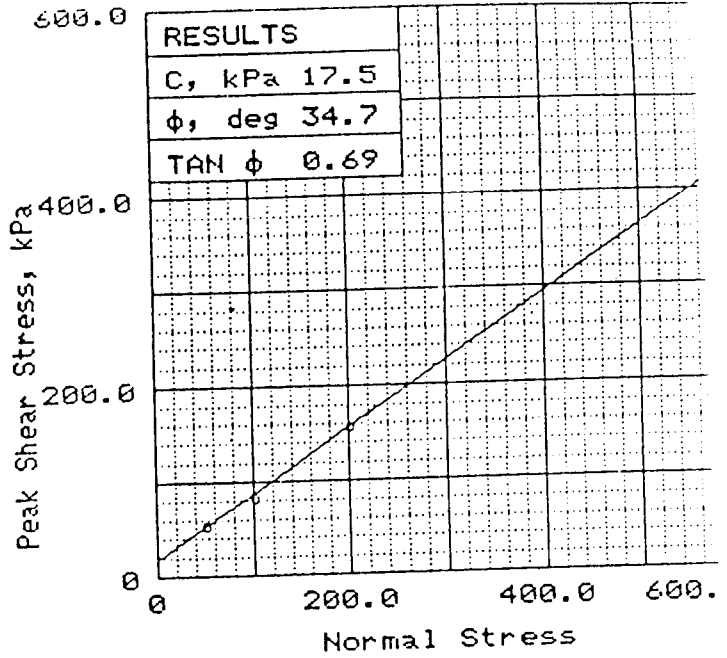
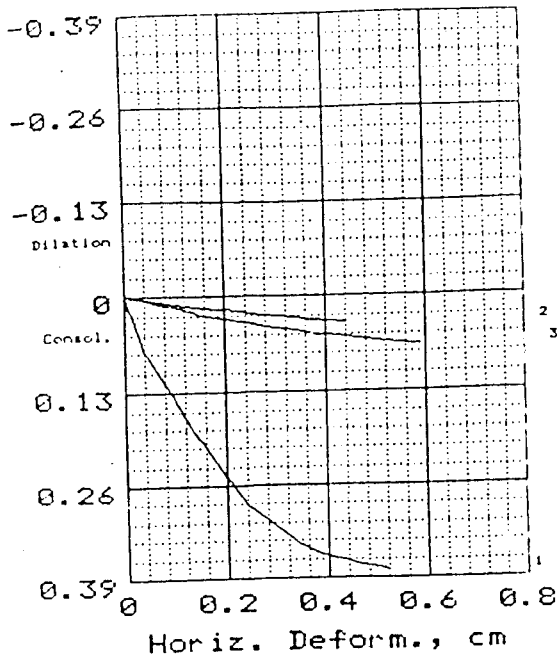
PROJECT: PENELITIAN MIKROZONASI GEMPA
 FLORES

SAMPLE LOCATION: B.12 / 8.00-8.30 M

PROJ. NO.: PMG-091993 DATE: 22-09-1993

DIRECT SHEAR TEST REPORT

PT. KONAS TUNGGAL SOIL LABORATORY



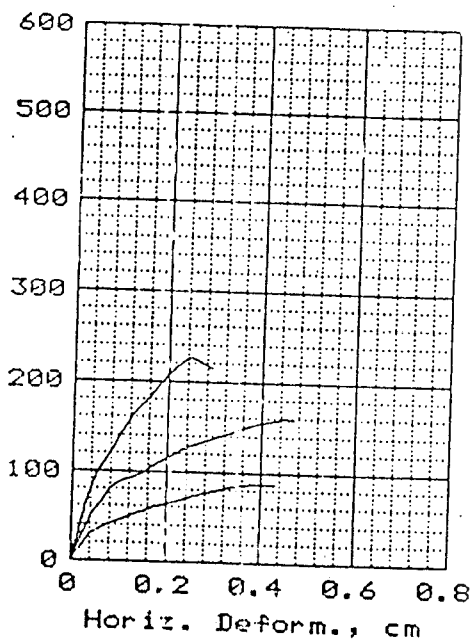
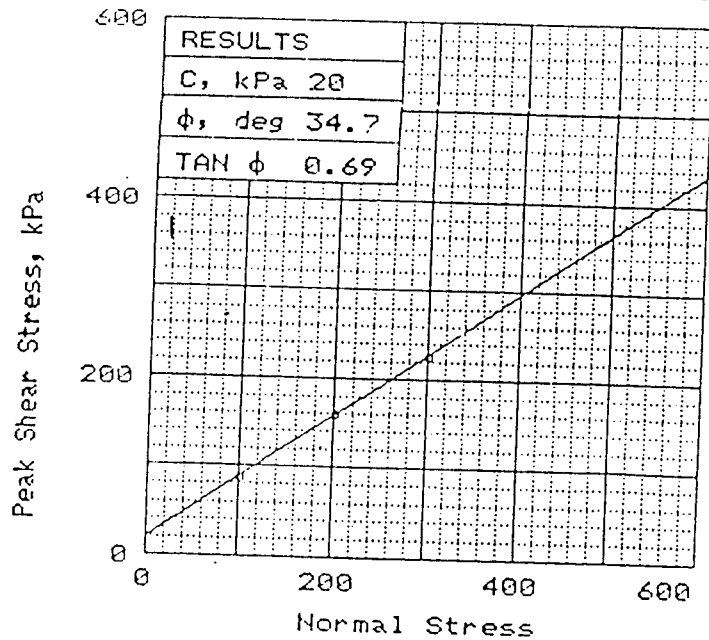
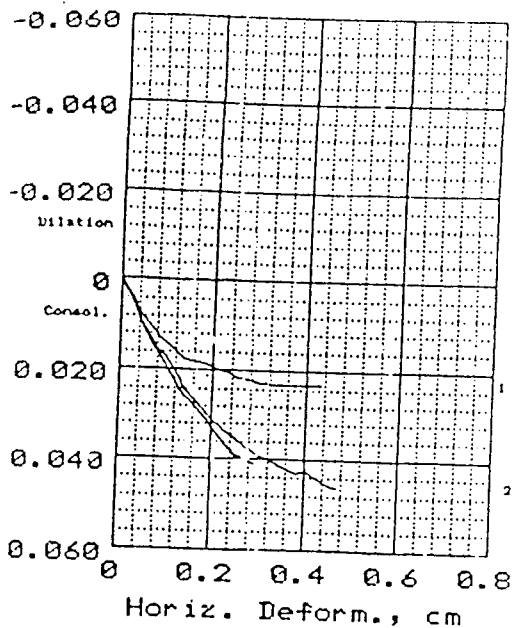
SAMPLE NO.		1	2	3
INITIAL	WATER CONTENT, %	53.4	50.7	53.0
	DRY DENSITY, kN/cu.m	10.7	11.1	10.8
	SATURATION, %	99.6	99.3	99.9
	VOID RATIO	1.419	1.352	1.405
	DIAMETER, cm	6.00	6.00	6.00
AT TEST	HEIGHT, cm	2.00	2.00	2.00
	WATER CONTENT, %	47.9	43.6	42.6
	DRY DENSITY, kN/cu.m	11.4	12.0	11.8
	SATURATION, %	99.9	98.8	94.4
	VOID RATIO	1.271	1.170	1.198
	DIAMETER, cm	6.00	6.00	6.00
	HEIGHT, cm	1.88	1.85	1.83
	NORMAL STRESS, kPa	50.0	100.0	200.0
	MAXIMUM SHEAR, kPa	54.7	83.0	157.4
	RESIDUAL SHEAR, kPa			
	Strain rate, %/min	0.150	0.150	0.170

SAMPLE DATA

MPLE TYPE: UNDISTURBED
 DESCRIPTION: GREY
 CLAYEY SILT
 = PL= PI=
 SPECIFIC GRAVITY= 2.65
 MARKS: TESTED BY :SOEDIRMAN
 CHECKED BY :SOEDIRMAN
 G. NO. 4.5.4

CLIENT:

PROJECT: PENELITIAN MIKROZONASI GEMPA
 FLORES
 SAMPLE LOCATION: B15/1.00 - 1.50 M
 PROJ. NO.: PMG-091993 DATE: 22-09-1993
 DIRECT SHEAR TEST REPORT
 PT. KONAS TUNGGAL SOIL LABORATORY



SAMPLE NO.		1	2	3
INITIAL	WATER CONTENT, %	48.5	50.0	50.0
	DRY DENSITY, kN/cu.m	11.3	11.2	11.2
	SATURATION, %	99.5	99.7	99.7
	VOID RATIO	1.292	1.329	1.329
	DIAMETER, cm	6.00	6.00	6.00
	HEIGHT, cm	2.00	2.00	2.00
AT TEST	WATER CONTENT, %	42.2	40.0	39.0
	DRY DENSITY, kN/cu.m	12.2	12.6	12.7
	SATURATION, %	99.6	99.9	99.3
	VOID RATIO	1.122	1.062	1.042
	DIAMETER, cm	6.00	6.00	6.00
	HEIGHT, cm	1.85	1.77	1.75

NORMAL STRESS, kPa	100	200	300
MAXIMUM SHEAR, kPa	88	160	226
RESIDUAL SHEAR, kPa			
Strain rate, %/min	0.150	0.150	0.150

SAMPLE DATA
 LE TYPE: UNDISTURBED
 RIPTION: LIGHT GREY
 AVELLY CLAY
 PL= PI=
 IFIC GRAVITY= 2.65
 RKS: TESTED BY : BAMBANG
 ECKED BY: BOEDIRMAN
 NO. 4.5.6

CLIENT:
 PROJECT: PENELITIAN MIKROZONASI GEMPA
 FLORES
 SAMPLE LOCATION: B.16/5.50-6.00 M
 PROJ. NO.: PMG-091993 DATE: 22-09-1993
 DIRECT SHEAR TEST REPORT
 PT. KONAS TUNGGAL SOIL LABORATORY