

TUGAS AKHIR

ANALISIS KARAKTERISTIK TANAH DAN POTENSI
LIKUEFAKSI DI SEKITAR JALAN LABU KELURAHAN
BALAROA



**Diajukan Kepada Universitas Tadulako Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Sipil**

Oleh :

Surya Wijaya Ardin
Nim. F11118122

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TADULAKO
2025

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KARAKTERISTIK TANAH DAN POTENSI LIKUEFAKSI DI
SEKITAR JALAN LABU KELURAHAN BALAROA**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

SURYA WIJAYA ARDIN

F11118122

SKRIPSI

Telah dipertahankan didepan Majelis Penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1) Teknik Sipil

Pada tanggal 08 Juli 2025

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Tadulako,



Ir. Andi Arham Adam, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19740323 199903 1 002

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Tadulako,

Dr. Sriyati Ramadhani, S.T., M.T.
NIP. 19750925 200501 2 011

HALAMAN PERSETUJUAN

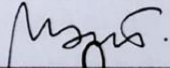
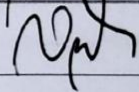
Panitia Ujian Tugas Akhir Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Tadulako yang ditetapkan berdasarkan SK Dekan Fakultas Teknik 11609/UN28.6/KP.00.00/2025, Tanggal 08 Juli 2025 menyatakan menyetujui Tugas Akhir yang telah dipertanggung jawabkan di hadapan Majelis Penguji pada Hari Selasa, 08 Juli 2025 oleh :

Nama : SURYA WIJAYA ARDIN

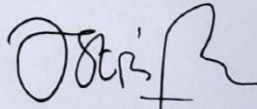
No. Stambuk : F 111 18 122

Judul Skripsi : “ANALISIS KARAKTERISTIK TANAH DAN POTENSI LIKUEFAKSI DI SEKITAR JALAN LABU KELURAHAN BALAROA”

Dosen Pembimbing :

No.	Nama / NIP	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Ida Sri Oktaviana, S.T., M.T.,M.Sc NIP. 197410281999032001	Pembimbing I	
2.	Dr. Eng. Ir. Hendra Setiawan, S.T.,MT NIP. 197504181993031002	Pembimbing II	

Palu, 2025
Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Tadulako



Dr. Astri Rahayu, ST, MT
NIP. 196707051997022002

PERNYATAAN
ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : SURYA WIJAYA ARDIN

No. Stambuk : F 111 18 122

Fakultas/Jurusan : Teknik / S-1 Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan duplikasi dari orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila pada masa mendatang diketahui bahwa pernyataan ini tidak benar adanya, maka saya bersedia menerima sanksi yang diberikan dengan segala konsekuensinya.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Palu, 2025

SURYA WIJAYA ARDIN

F 111 18 122

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

“Ketika kamu merasa sendirian, ingatlah Allah selalu bersamamu.”

(Imam Ali bin Abi Thalib)

PERSEMBAHAN :

Tulisan ini penulis persembahkan untuk ayahanda tercinta H. Ardin, SE dan ibunda tercinta Hj. Darmawati, sebagai ucapan terima kasih yang setulus hati untuk kedua orang tua penulis yang telah membesarkan, mendidik, selalu memberikan kasih sayang, memberi cinta, dukungan dan terutama do'a restu yang tulus kepada penulis. Kepada saudara penulis Sugiarto Ardin dan Yuliarti Ardin, dan juga kepada seluruh keluarga besar saya, teman-teman serta semua pihak yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.

ANALISIS KARAKTERISTIK TANAH DAN POTENSI LIKUEFAKSI DI SEKITAR JALAN LABU KELURAHAN BALAROA

Surya Wijaya Ardin¹, Ida Sri Oktaviana², Hendra Setiawan³.

ABSTRAK

Pergerakan tanah yang diduga diakibatkan oleh likuefaksi di Balaroa termasuk satu di antara yang paling banyak merenggut korban jiwa dan merusak berbagai sarana dan prasarana akibat gempa 28 September 2018. Di sekitar jalan Labu Kelurahan Balaroa juga mengalami beberapa kerusakan bangunan rumah masyarakat maupun jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik tanah dan potensi likuefaksi di sekitar Jalan Labu tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan cara uji laboratorium (analisa saringan, hidrometer, berat jenis, batas – batas Atterberg, kadar air dan berat isi) dan uji *Swedish Weight Sounding* (SWS) pada enam titik pengujian di sekitar Jalan Labu Kelurahan Balaroa, kemudian dilakukan analisa data menghitung nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR), *Cyclic Resistance Ratio* (CRR), dan *Factor Safety* (FS). Hasil penelitian yang diperoleh jenis – jenis tanah dari titik P27 hingga P32 semua termasuk pasir sangat halus dengan plastisitas rendah (ML). Potensi likuefaksi dari data SWS yang dikonversi ke nilai N-SPT diperoleh nilai *Factor Safety* (FS) dari keenam titik pengujian adalah tidak berpotensi likuefaksi dengan rentang nilai FS 0,5 – 4,00 m. Sedangkan berdasarkan nilai *Liquefaction Potential Index* (LPI), maka masuk dalam kategori rendah terjadi likuefaksi dengan rentang nilai 0 – 0,75 m, dan berdasarkan nilai *Probability of Liquefaction* (P_L), maka masuk dalam kategori tidak mungkin terjadi likuefaksi.

Kata Kunci : Likuefaksi, SWS, CSR, CRR, FS, LPI, P_L, Jalan Labu, Balaroa.

ANALYSIS OF SOIL CHARACTERISTICS AND LIQUEFACTION POTENTIAL AROUND LABU ROAD BALAROA VILLAGE

Surya Wijaya Ardin¹, Ida Sri Oktaviana², Hendra Setiawan³.

ABSTRACT

The ground movement suspected to have been caused by liquefaction in Balaroa was one of the most deadly and destructive events in terms of loss of life and damage to infrastructure caused by the earthquake on September 28, 2018. Several houses and roads were damaged around Jalan Labu in Balaroa Village. This study aims to determine the characteristics of the soil and the potential for liquefaction around Jalan Labu. The study was conducted using laboratory tests (sieve analysis, hydrometer, specific gravity, Atterberg limits, moisture content, and bulk density) and Swedish Weight Sounding (SWS) tests at six testing points around Labu Street in Balaroa Village. The data was then analyzed to calculate the Cyclic Stress Ratio (CSR), Cyclic Resistance Ratio (CRR), and Factor Safety (FS). The results of the study indicate that the soil types from points P27 to P32 are all very fine sand with low plasticity (ML). The liquefaction potential from the SWS data converted to N-SPT values yielded a Factor Safety (FS) value from the six testing points, indicating no liquefaction potential with an FS range of 0.5–4.00 m. Based on the Liquefaction Potential Index (LPI), the soil falls into the low liquefaction category with a range of 0–0.75 m. Based on the Probability of Liquefaction (P_L), the soil is classified as unlikely to experience liquefaction.

Keywords : *Liquefaction, SWS, CSR, CRR, FS, LPI, P_L , Labu Street, Balaroa.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan kasih karunia dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Strata (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Adapun Judul Tugas Akhir yang diambil adalah:

“ANALISIS KARAKTERISTIK TANAH DAN POTENSI LIKUEFAKSI DI SEKITAR JALAN LABU KELURAHAN BALAROA”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa yang tercakup dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis peroleh. Hal ini tidak terlepas dari kodrat manusia yang tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, dengan hati yang tulus dan terbuka, penulis mengharapkan masukan dan kritikan yang membangun sebagai bahan perbaikan kedepannya bagi penulis.

Dan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan dan kerja sama dari berbagai pihak dan berkat Tuhan Yang Maha Esa sehingga hambatan-hambatan yang dihadapi tersebut dapat diatasi. Untuk itu, penulis menyampaikan banyak ucapan terima kasih kepada orang tua penulis yaitu ayahanda H. Ardin, SE dan ibunda tercinta Hj. Darmawati, yang senantiasa selalu memberikan dukungan yang tiada henti kepada penulis, secara materil dan juga doa yang begitu besarnya. Secara khusus penulis juga ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada Ibu Ida Sri Oktaviana, S.T., M.T., M.Sc. dan Bapak Dr. Eng. Ir. Hendra Setiawan, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar, tekun, tulus dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga serta pikiran untuk memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan saran-saran terbaik kepada penulis selama menyusun Tugas Akhir ini.

Keberhasilan penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari partisipasi berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Amar, S.T., M.T., IPU., Asean Eng., selaku Rektor Universitas Tadulako.

2. Bapak Ir. Andi Arham Adam. S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
3. Ibu Dr. Ir. Yuli Asmi Rahman, S.T., M.Eng., selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
4. Bapak Dr. Ir. Ar Fuad Zubaidi, S.T., M.Sc., selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
5. Bapak Dr. Ir. Bakri, S.T., PG. Dipl. Eng., M.Phil., selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
6. Ibu Dr. Sriyati Ramadhani, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik Sipil Universitas Tadulako.
7. Ibu Dr. Astri Rahayu, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Tadulako Palu.
8. Ibu Dr. Ratnasari Ramlan, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil.
9. Ibu Martini, S.T., M.T., selaku Ketua KDK Geoteknik.
10. Ibu Vera Wim Andiesse, S.T., M.T., selaku Dosen Wali yang telah dengan sabar memberikan bimbingannya selama masa studi.
11. Tim Dosen Penguji Ibu Vera Wim Andiesse, S.T., M.T., Bapak Agus Dwijaka, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Arifin B, S.T., M.T., yang telah banyak memberikan masukan dan arahan demi perbaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
12. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas Tadulako atas segala ilmu pengetahuan yang telah diberikan.
13. Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
14. Jajaran keluarga besar yang senantiasa selalu memberikan doa, dukungan, motivasi juga semangat yang besar kepada penulis.
15. Teman-teman seperjuangan semasa kuliah, Spartan Sipil angkatan 2018 yang senantiasa bersama dalam suka duka dan selalu tulus membantu dalam segala hal, yang telah menjadi keluarga dan warna baru dalam kehidupan ini.
16. Teman-teman satu grup penulis yaitu “Rekakarya Pammase” dan “18 Akhir Studi” yang telah ikut serta membantu dan meluangkan waktu serta tenaganya dalam membantu penulis penelitian.
17. Kakak-kakak senior dan adik junior terima kasih atas segala bantuan, semangat, kesabaran dan kerelaan waktu serta tenaga yang diberikan selama penulis

menyelesaikan masa studi.

18. Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako (HMTS FT-UNTAD).

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan limpahan kasih karunia dan berkat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan masa studi ini. Aamiin.

Palu, 2025
Penulis

SURYA WIJAYA ARDIN
F 111 18 122

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-1
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-2
1.4 Manfaat Penelitian	I-2
1.5 Batasan Masalah	I-2
1.6 Metode Penelitian	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Gempa Bumi	II-1
2.2 Likuefaksi	II-1
2.2.1 Faktor-faktor terjadinya Likuefaksi.....	II-2

2.2.2 Potensi Likuefaksi	II-4
2.3 Tanah	II-5
2.4 Pengujian Lapangan <i>Swedish Weight Sounding</i> (SWS)	II-8
2.5 Pengujian Laboratorium	II-8
2.5.1 Analisis Saringan.....	II-8
2.5.2 Batas-batas Konstistensi (Atterberg).....	II-9
2.5.3 Berat isi tanah	II-11
2.5.4 Berat Jenis	II-11
2.5.5 Hidrometer.....	II-11
2.6 Mengevaluasi Potensi Likuefaksi	II-12
2.6.1 Menentukan Nilai FS Berdasarkan Nilai <i>Cyclic Stress Ratio</i> (CSR) dan Nilai <i>Cyclic Resistance Ratio</i> (CRR).....	II-13
2.6.2 Menentukan Nilai Factor of Safety (FS)	II-18
2.6.3 Menentukan Nilai Liquefaction Potential Index (LPI).....	II-19
2.6.4 Menentukan Nilai Probability of Liquefaction (P_L).....	II-20
BAB III METODE PENELITIAN	III-1
3.1 Bagan Alir Penelitian.....	III-1
3.2 Lokasi Penelitian.....	III-2
3.3 Lokasi Pengambilan Sampel.....	III-2
3.4 Pengambilan Sampel.....	III-3
3.5 Teknik Pengambilan Data.....	III-4
3.5.1 Pengujian Lapangan	III-4
3.5.2 Pengujian Laboratorium	III-6
3.6 Evaluasi Potensi Likuefaksi.....	III-7
3.7 Analisa Data.....	III-9

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1 Karakteristik Tanah.....	IV-1
4.2 Hasil Pengujian <i>Swedish Weight Sounding</i>	IV-3
4.3 Potensi Likuefaksi.....	IV-11
4.3.1 Potensi Likuefaksi Berdasarkan Grafik Butiran	IV-11
4.3.2 Analisis Potensi Likuefaksi	IV-12
BAB V PENUTUP	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA.....	P-1
LAMPIRAN	L-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi tanah Unified.....	II-7
Tabel 2.2 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah	II-11
Tabel 2.3 Faktor Koreksi Untuk Nilai $(N_1)_{60}$	II-16
Tabel 2.4 Tingkat Keparahan Likuefaksi.....	II-20
Tabel 2.5 Klasifikasi Probabilitas Likuefaksi	II-21
Tabel 3.1 Koordinat Lokasi Penelitian.....	III-3
Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Laboratorium	IV-2
Tabel 4.2 Rekapitulasi Nilai N_{sw}	IV-4
Tabel 4.3 Rekapitulasi Nilai q_a	IV-6
Tabel 4.4 Rekapitulasi Nilai q_u	IV-8
Tabel 4.5 Rekapitulasi Nilai N-SPT.....	IV-10
Tabel 4.6 Hasil Persentasi Potensi Likuefaksi Pada Setiap Titik.....	IV-12
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Nilai FS pada Titik P29	IV-16
Tabel 4.8 Rekapitulasi Nilai FS pada Setiap Titik Pengujian.....	IV-17
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Nilai LPI pada titik P29.....	IV-20
Tabel 4.10 Rekapitulasi Nilai LPI pada Setiap Titik Pengujian	IV-21
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Nilai P_L pada titik P29.....	IV-23
Tabel 4.12 Rekapitulasi Nilai P_L pada Setiap Titik Pengujian	IV-24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Distribusi butiran menurut Oka (1995),	II-5
Gambar 2.2 Distribusi butiran menurut Tsuchida (1970)	II-5
Gambar 2.3 (a) Tampilan Skema Peralatan (Bergdahl et al., 1988)	II-8
(b) Titik berbentuk sekrup (ENV 1997:3-2000).....	II-8
Gambar 2.4 Gradasi Tanah Yang Berpotensi Likuefaksi	II-9
Gambar 2.5 Batas-batas Atterberg	II-9
Gambar 2.6 Kurva N-SPT Basis Pasir Halus.....	II-17
Gambar 3.1 Bagan Alir (<i>Flowchart</i>) Penelitian.....	III-1
Gambar 3.2 Wilayah Provinsi Sulawesi Tengah.....	III-2
Gambar 3.3 Wilayah Palu dan lokasi Penelitian	III-2
Gambar 4.1 Grafik Ukuran Butiran Tanah Pada Masing-masing Titik	IV-1
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Nilai N_{sw} terhadap kedalaman penetrasi pada pengujian SWS	IV-5
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Nilai q_a terhadap kedalaman penetrasi pada pengujian SWS	IV-7
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Nilai q_u terhadap kedalaman penetrasi pada pengujian SWS	IV-9
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Nilai N-SPT terhadap kedalaman penetrasi pada pengujian SWS	IV-11
Gambar 4.6 Grafik Potensi Likuefaksi berdasarkan Ukuran Butiran	IV-12
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara kedalaman penetrasi dan nilai FS pada semua titik pengujian.....	IV-18

Gambar 4.8 Perbandingan nilai FS terhadap kedalaman di setiap titik	IV-19
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara kedalaman penetrasi dan nilai LPI pada semua titik pengujian.....	IV-22
Gambar 4.10 Grafik hubungan antara kedalaman penetrasi terhadap nilai P_L pada setiap titik.	IV-25

DAFTAR NOTASI

Simbol/Singkatan	Keterangan
$a_{\max}$	Percepatan horizontal maksimum akibat gempa
C_B	Koreksi untuk diameter lubang bor
C_E	Koreksi untuk rasio <i>energy hammer</i> (ER)
C_N	Faktor normalisasi N_m terhadap tegangan <i>overburden</i>
C_R	Koreksi faktor untuk panjang batang
CRR	<i>Cyclic Resistance Ratio</i>
CRR_{M_w}	CRR dengan besar magnitude gempa selain 7,5
C_s	Koreksi untuk sampel
CSR	<i>Cyclic Stress Ratio</i>
C_c	Koefisien gradasi
C_u	Koefisien keseragaman
dz	Selisih kenaikan kedalaman tanah
f	Faktor kerapatan relatif tanah
FC	<i>Fines Content</i>
F_i	<i>Severity Factor</i> untuk lapisan ke-I
FS	<i>Factor of Safety</i>
g	Percepatan gravitasi bumi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
H_i	Ketebalan lapisan tanah
i	Jumlah lapisan
K_σ	Faktor koreksi tegangan <i>overburden</i> efektif
LL	<i>Liquid Limit</i>
LPI	<i>Liquefaction Potential Index</i>

M _w	Magnitudo gempa
MAT	Muka air tanah
MSF	<i>Magnitude Scalling Factors</i>
N _a	Jumlah setengah putaran
N _m	Nilai N – SPT yang diperoleh dari pengujian Lapangan
N _{sw}	Jumlah putaran 180° tiap 1 meter dari jumlah penetrasi
P _a	Tekanan pada 1 atm (101 kN/m ²)
PI	<i>Plasticity Index</i>
PL	<i>Plastic Limit</i>
P _L	<i>Probability of Liquefaction</i>
q _a	Daya dukung izin
q _u	Kuat tekan bebas
r _d	Faktor reduksi terhadap tegangan
SL	<i>Shrinkage Limit</i>
USCS	<i>Unified Soil Classification System</i>
W _{sw}	Nilai beban
w _(z)	Faktor bobot ke dalam
z	Kedalaman tanah yang ditinjau
z _i	Kedalaman lapisan ke-I
(N ₁) ₆₀	Nilai N – SPT pada saat rasio energi 60%
(N ₁) _{60CS}	Faktor koreksi penyetaraan nilai <i>clean sand</i>
σ _v	Tegangan <i>vertical</i> total

σ'_{vo}	Tegangan efektif <i>overburden</i>
γ	Berat isi tanah
γ_{sat}	Berat isi tanah basah
γ_w	Berat volume air
α, β	Nilai koefisien

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran - 1 Pengujian <i>Swedish Weight Sounding</i> pada semua titik pengujian	L-1
Lampiran - 2 Pengujian Analisa Saringan	L-3
Lampiran - 3 Pengujian Batas – batas Atteberg.....	L-4
Lampiran - 4 Pengujian Berat Jenis	L-5
Lampiran - 5 Pengujian Berat Isi	L-6
Lampiran - 6 Pengujian Hidrometer	L-7
Lampiran - 7 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P27.....	L-8
Lampiran - 8 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P28.....	L-9
Lampiran - 9 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P29.....	L-10
Lampiran - 10 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P30.....	L-11
Lampiran - 11 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P31.....	L-12
Lampiran - 12 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P32.....	L-13
Lampiran - 13 Hasil Pengujian Berat Jenis pada titik P27 dan P28	L-14
Lampiran - 14 Hasil Pengujian Berat Jenis pada titik P29 dan P30	L-15
Lampiran - 15 Hasil Pengujian Berat Jenis pada titik P31 dan P32	L-16
Lampiran - 16 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P27.....	L-17
Lampiran - 17 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P28.....	L-18
Lampiran - 18 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P29.....	L-19
Lampiran - 19 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P30.....	L-20
Lampiran - 20 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P31.....	L-21

Lampiran - 21 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P32.....	L-22
Lampiran - 22 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P27.....	L-23
Lampiran - 23 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P28.....	L-24
Lampiran - 24 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P29.....	L-25
Lampiran - 25 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P30.....	L-26
Lampiran - 26 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P31.....	L-27
Lampiran - 27 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P32.....	L-28
Lampiran - 28 Tabel Pengujian <i>Swedish Weight Sounding</i> P27.....	L-29
Lampiran - 29 Tabel Pengujian <i>Swedish Weight Sounding</i> P28.....	L-30
Lampiran - 30 Tabel Pengujian <i>Swedish Weight Sounding</i> P29.....	L-31
Lampiran - 31 Tabel Pengujian <i>Swedish Weight Sounding</i> P30.....	L-32
Lampiran - 32 Tabel Pengujian <i>Swedish Weight Sounding</i> P31.....	L-33
Lampiran - 33 Tabel Pengujian <i>Swedish Weight Sounding</i> P32.....	L-34
Lampiran - 34 Tabel Hasil Perhitungan <i>Factor of Safety</i> P27.....	L-35
Lampiran - 35 Tabel Hasil Perhitungan <i>Factor of Safety</i> P28.....	L-36
Lampiran - 36 Tabel Hasil Perhitungan <i>Factor of Safety</i> P29.....	L-37
Lampiran - 37 Tabel Hasil Perhitungan <i>Factor of Safety</i> P30.....	L-38
Lampiran - 38 Tabel Hasil Perhitungan <i>Factor of Safety</i> P31.....	L-39
Lampiran - 39 Tabel Hasil Perhitungan <i>Factor of Safety</i> P32.....	L-40
Lampiran - 40 Tabel Hasil Perhitungan <i>Liquefaction Potential Index</i> P27.....	L-41
Lampiran - 41 Tabel Hasil Perhitungan <i>Liquefaction Potential Index</i> P28.....	L-42
Lampiran - 42 Tabel Hasil Perhitungan <i>Liquefaction Potential Index</i> P29.....	L-43
Lampiran - 43 Tabel Hasil Perhitungan <i>Liquefaction Potential Index</i> P30.....	L-44
Lampiran - 44 Tabel Hasil Perhitungan <i>Liquefaction Potential Index</i> P31.....	L-45

Lampiran - 45	Tabel Hasil Perhitungan <i>Liquefaction Potential Index</i> P32	L-46
Lampiran - 46	Tabel Hasil Perhitungan <i>Probability of Liquefaction</i> P27	L-47
Lampiran - 47	Tabel Hasil Perhitungan <i>Probability of Liquefaction</i> P28	L-48
Lampiran - 48	Tabel Hasil Perhitungan <i>Probability of Liquefaction</i> P29	L-49
Lampiran - 49	Tabel Hasil Perhitungan <i>Probability of Liquefaction</i> P30	L-50
Lampiran - 50	Tabel Hasil Perhitungan <i>Probability of Liquefaction</i> P31	L-51
Lampiran - 51	Tabel Hasil Perhitungan <i>Probability of Liquefaction</i> P32	L-52
Lampiran - 52	Foto Bersama setelah pengujian di lapangan	L-53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Dikarenakan munculnya gempa bumi secara tiba-tiba, maka tidak dapat dihindari adanya kerugian secara materi hingga adanya korban jiwa (Adhitama dkk, 2017).

Salah satu kerusakan pada struktur tanah akibat gempa bumi yaitu likuefaksi. Likuefaksi merupakan proses perubahan sifat tanah dari keadaan padat ke keadaan cair, hal tersebut terjadi ketika tekanan air pori mengalami peningkatan. Dampak dari terjadinya peningkatan tekanan air pori, tanah akan kehilangan kuat geser secara drastis akibat turunnya tegangan efektif air pori tanah (Idriss dan Boulanger, 2008).

Tragedi gempa bumi dan likuefaksi yang terjadi di Kota Palu khususnya di kelurahan Balaroa sangat banyak memakan korban jiwa, sementara secara umum bangunan huni warga Palu dan sekitarnya masih belum sesuai dengan konsep bangunan tahan gempa. Dan sangat penting bagi perencana untuk mengetahui karakteristik tanah pada saat merencanakan suatu bangunan dan juga mengetahui potensi likuefaksi dari tanah di daerah tersebut. Oleh karena itu penulis memilih tugas akhir dengan judul “ANALISIS KARAKTERISTIK TANAH DAN POTENSI LIKUEFAKSI DI SEKITAR JALAN LABU KELURAHAN BALAROA” dengan melakukan pengujian di lapangan menggunakan alat uji *Swedish Weight Sounding* (SWS) untuk mengetahui karakteristik tanah dan potensi likuefaksi di sekitar Jalan Labu Kelurahan Balaroa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka pokok permasalahan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik tanah berdasarkan pengujian *Swedish Weight Sounding*, Analisa saringan, batas-batas konsistensi Atterberg dan Berat isi tanah asli di sekitar jalan Labu Kelurahan Balaroa?
2. Bagaimana potensi likuefaksi di sekitar jalan Labu Kelurahan Balaroa berdasarkan metode *Factor of Safety* (FS), *Probability of Liquefaction* (PL) dan *Liquefaction Potential Index* (LPI), pada Lokasi jalan labu, Kelurahan Balaroa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dapat dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik tanah berdasarkan pengujian *Swedish Weight Sounding* di sekitar Jalan Labu Kelurahan Balaroa.
2. Mengetahui potensi likuefaksi di sekitar jalan Labu Kelurahan Balaroa berdasarkan metode *Factor of Safety* (FS), *Probability of Liquefaction* (PL) dan *Liquefaction Potential Index* (LPI).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun secara praktis, sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi kepada pembaca yang akan melakukan penelitian mengenai likuefaksi dengan menggunakan alat uji *Swedish Weight Sounding* (SWS).
2. Penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai penerapan teori yang telah didapat dari mata kuliah ke dalam penelitian sebenarnya.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Analisa likuefaksi dibatasi di daerah penelitian yaitu di Kota Palu, tepatnya di jalan Labu Kelurahan Balaroa.
2. Pengujian menggunakan alat *Swedish Weight Sounding* (SWS). yang dimana titik pengujian sebanyak 6 (enam) titik dan sampel yang digunakan sebanyak 12 (dua belas) sampel.

3. Pengujian laboratorium yang dilakukan adalah Analisa saringan (pemeriksaan gradasi butiran tanah) batas-batas Atterberg, Berat Jenis, Hidrometer dan Berat isi tanah di Lapangan.

1.6 Metode Penelitian

1. Metode studi pustaka, yaitu dengan mengutip hal-hal yang ada relevansinya dengan penulisan tugas akhir ini melalui berbagai literatur.
2. Metode observasi, yaitu dengan mengadakan peninjauan langsung ke lokasi penelitian untuk kemudian menentukan titik-titik pengujian serta pengambilan sampel, baik untuk sampel yang dilanjutkan dengan melakukan pengujian karakteristik tanah, di laboratorium dengan pengujian Analisa saringan, batas-batas konsistensi Atterberg, Berat isi, Berat Jenis, dan Hidrometer.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa Bumi

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Dikarenakan munculnya gempa bumi secara tiba-tiba, maka tidak dapat dihindari adanya kerugian secara materi hingga adanya korban jiwa (Adhitama dkk, 2017).

Kota Palu merupakan salah satu kawasan seismik aktif di Indonesia karena dilalui segmentasi sesar yang sangat berpotensi membangkitkan gempa bumi kuat, yaitu Sesar Palu-Koro yang memanjang dari Palu ke arah Selatan dan Tenggara. Ditinjau dari kedalaman gempa buminya, aktivitas gempa bumi di zona ini tampak didominasi oleh gempa bumi kedalaman dangkal antar 0 hingga 60 kilometer. Dengan demikian, aktivitas tersebut beresiko untuk menimbulkan tsunami. Kerawanan gempa bumi dan tsunami di Kota Palu dan sekitarnya ini terbukti dengan beberapa catatan sejarah gempa bumi dan tsunami yang berlangsung sejak tahun 1927, seperti gempa bumi dan tsunami Palu 1927, gempa bumi dan tsunami Tambora 1968, dan gempa bumi dan tsunami Toli-Toli dan Palu 1996 (Daryono, 2011). Pada bulan September 2018, gempa bumi berkekuatan 7,4 Magnitude mengguncang wilayah Sulawesi Tengah. Gempa ini memicu terjadinya bencana tsunami dan likuefaksi di Palu (Sarapang, dkk, 2019).

2.2 Likuefaksi

Likuefaksi adalah fenomena berubahnya sifat sedimen dari keadaan padat menjadi keadaan cair yang disebabkan oleh tegangan geser bolak-balik pada waktu terjadi gempa bumi. Karakter dari gerakan gempa bumi seperti percepatan dan jangka waktu penggetaran sangat menentukan regangan geser yang akan mendorong butiran-butiran endapan tanah sehingga menyebabkan berkurangnya ikatan antar butiran tanah tersebut yang kemudian terisi oleh air. Kekuatan sedimen hilang akibat tekanan air

pori berlebih sehingga tegangan sedimen total hampir seluruhnya digantikan oleh tekanan air pori. Lapisan pasir berubah menjadi seperti cairan sehingga tak mampu menompang beban bangunan di dalam atau di atasnya. Secara visual peristiwa likuefaksi ini ditandai munculnya lumpur pasir di permukaan tanah berupa semburan pasir (*sand boil*), rembesan air melalui rekahan tanah, atau bisa juga dalam bentuk tenggelamnya struktur bangunan di atas permukaan, penurunan muka tanah dan perpindahan lateral (Tohari dkk, 2014).

Syarat utama terjadinya likuefaksi antara lain adalah adanya beban dinamis yang bekerja pada lapisan jenuh air. Kondisi likuefaksi dapat terjadi pada kedalaman berapa saja asalkan kondisi-kondisi setempat dan getaran dari pembebanan yang diperlukan terjadi. Likuefaksi dapat juga terjadi bukan sebagai akibat langsung dari getaran tanah tetapi merupakan kelanjutan dari terjadinya likuefaksi pada lapisan pasir di bawahnya. Apabila terjadi likuefaksi pada suatu kedalaman tertentu, tekanan hidrostatik yang berlebihan pada daerah tersebut dihilangkan dengan adanya aliran air ke atas (Legrans, 2016).

Likuefaksi terjadi pada tanah yang berpasir lepas (tidak padat) dan jenuh air. Kondisi ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\sigma' = \sigma - u \quad (2.1)$$

dimana,

σ' = tegangan efektif

σ = tegangan total (berat permukaan tanah)

u = tekanan air pori

Seed dkk (1971) menyatakan bahwa likuefaksi adalah proses perubahan kondisi tanah pasir yang jenuh air menjadi cair akibat meningkatnya tekanan air pori yang harganya menjadi sama dengan tekanan total oleh sebab terjadinya beban dinamik, sehingga tegangan efektif tanah menjadi nol.

2.2.1 Faktor-faktor terjadinya Likuefaksi

Menurut Day (2002), berdasarkan hasil uji laboratorium serta observasi dan studi lapangan, faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya likuefaksi diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Intensitas dan durasi gempa bumi

Tanah akan mengalami likuefaksi apabila tanah tersebut diberikan getaran. Karakteristik gerakan tanah seperti percepatan dan durasi gempa dapat menentukan regangan geser yang menyebabkan reaksi antar partikel tanah dan meningkatkan tekanan air pori berlebih sehingga terjadi likuefaksi. Potensi likuefaksi meningkat seiring intensitas gempa dan lamanya guncangan yang terjadi. Gempa bumi yang memiliki kekuatan tertinggi akan menghasilkan percepatan tanah maksimum pada tanah dasar.

b. Muka air tanah

Kondisi yang paling rentang untuk likuefaksi adalah permukaan tanah yang dekat dengan muka air tanah.

c. Jenis tanah

Peristiwa likuefaksi yang pernah terjadi selama gempa bumi telah ditemukan dalam endapan yang terdiri dari pasir halus sampai sedang dan pasir yang mengandung rasio plastisitas yang rendah. Dengan demikian, jenis tanah yang rentan terhadap likuefaksi adalah tanah nonplastis (nonkohesif). Diperkirakan tanah nonkohesif apabila diurutkan dari yang rentan sampai yang paling resisten terhadap likuefaksi adalah pasir bersih (*Clean sands*), pasir berlumpur nonplastis (*nonplastic silty sands*), lumpur nonplastis (*Nonplastic silt*) dan kerikil (*Gravel*).

d. Kepadatan relatif tanah

Berdasarkan studi lapangan, tanah nonkohesif yang mempunyai kepadatan relatif yang lepas rentan terhadap likuefaksi. Jika tanah memiliki kepadatan relatif tanah yang semakin besar, maka akan semakin besar resistensinya terhadap potensi likuefaksi.

e. Gradasi ukuran butir

Tanah yang memiliki gradasi seragam (*uniformly graded soil*) cenderung tidak stabil dan lebih rentan terhadap likuefaksi daripada tanah yang bergradasi baik (*well-graded soil*). Tanah dengan gradasi baik memiliki partikel yang saling mengisi rongga dan mengurangi potensi kontraksi tanah sehingga menghasilkan tekanan air pori yang lebih sedikit selama gempa bumi.

f. Kondisi drainase dan deposit atau endapan

Jika tekanan air pori berlebih dapat dengan cepat akan terdispasi, maka kemungkinan tidak akan terjadi likuefaksi. Oleh karena itu, drainase dengan kerikil permeable atau lapisan kerikil dapat mengurangi potensi terjadinya likuefaksi. Selain itu, endapan alami yang terbentuk di danau, sungai atau lautan cenderung membentuk lapisan konsistensi tanah lepas dan terjadi segregasi sehingga lebih rentan terhadap likuefaksi. Tanah yang sangat rentan terhadap likuefaksi terbentuk di lingkungan pengendapan *lacustrine*, *alluvial* dan *marine*.

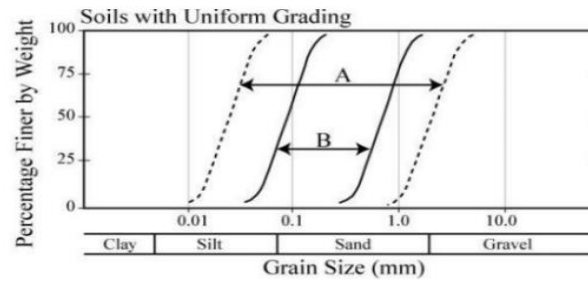
g. Historis lingkungan

Historis lingkungan tanah dapat mempengaruhi potensi likuefaksi. Misalnya, tanah yang sudah lama mengendap telah mengalami guncangan seismik akan meningkatkan ketahanan likuefaksi dibandingkan dengan tanah yang sama dan memiliki kerapatan yang identik.

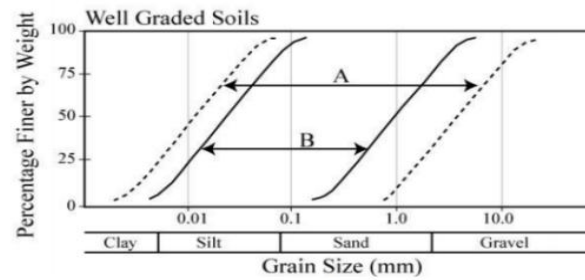
2.2.2 Potensi Likuefaksi

Untuk mengetahui potensi likuefaksi secara dini, gradasi butiran dan tingkat kerapatan relatif (R_d) dapat dijadikan parameter awal penentuan kerentanan terhadap likuefaksi. Gradasi butiran yang seragam dan kerapatan relatif yang tergolong lepas sampai dengan sedang merupakan jenis butiran yang berpotensi likuefaksi (Mase, 2014).

Menurut Oka (1995) dan Tsuchida (1970), distribusi butiran tanah dapat dijadikan bahan analisis pendahuluan potensi likuefaksi tanah. Panduan analisis yang diusulkan tersebut disajikan dalam suatu grafik distribusi butiran tanah yang menjelaskan kriteria kerentananan suatu tanah rentan terhadap potensi likuefaksi. Grafik panduan analisis yang diusulkan oleh Oka (1995) dan Tsuchida (1970) dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



(a)

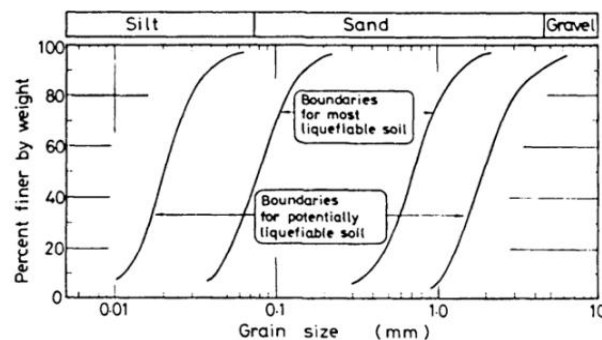


(b)

Gambar 2.1 Distribusi butiran menurut Oka (1995),

(a) tanah bergradasi seragam (rentang berpotensi likuefaksi)

(b) tanah bergradasi baik (rentan yang paling berpotensi likuefaksi)



Gambar 2.2 Distribusi butiran menurut Tsuchida (1970)

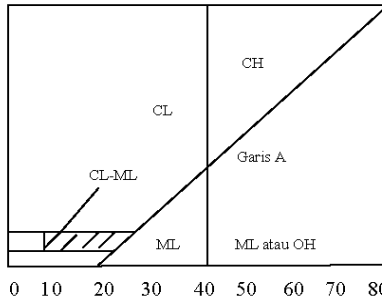
2.3 Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 2002).

Tanah dipengaruhi oleh partikel tanah dengan ukuran yang berbeda, dari 100 mm hingga kurang dari 0,001 mm. berdasarkan ukuran butir tanah, tanah dibagi menjadi kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), liat (*clay*), lanau (*mud*). Secara umum, jenis tanah terdiri dari campuran partikel dengan ukuran yang berbeda. Tanah seperti kerikil dan pasir disebut tanah berbutir kasar, sedangkan tanah liat dan lanau sebagian besar berukuran kecil dan disebut tanah berbutir halus. Interaksi antara partikel lempung, air, tanah dan bahan-bahan lain yang terlarut dalam air merupakan penentu utama sifat-sifat tanah yang tersusun dari partikel-partikel tersebut. Sifat-sifat fraksi tanah sebagian besar tergantung pada sifat-sifat mineral yang menyusunnya (Das Bradja, 1992).

Sistem klasifikasi tanah dibuat dengan tujuan untuk memberikan informasi karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisik. Klasifikasi tanah juga dapat berguna untuk studi yang mengkaji keadaan tanah serta kebutuhan penguji untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989). Klasifikasi tanah berdasarkan sistem USCS dapat dilihat pada Tabel 2.1.

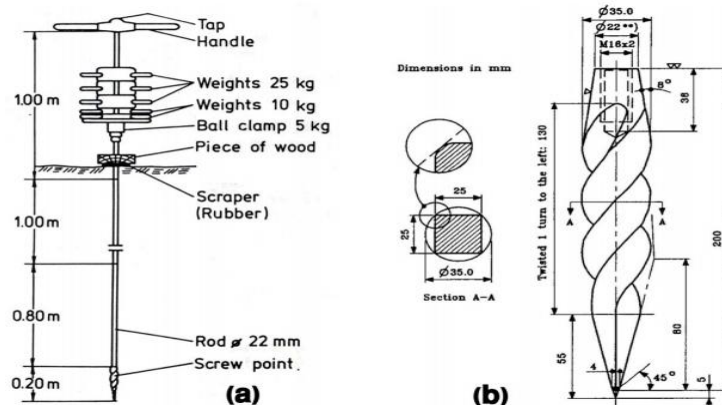
Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi tanah Unified

Klasifikasi Umum			Simbol	Nama Jenis	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar, > 50% tertahan ayakan 0,074 mm	Kerikil, > 50% fraksi kasar tertahan ayakan 4,76 mm	Kerikil bersih	GW	Kerikil grad. baik, bercampur pasir, sedikit / tanpa butir halus.	Klasifikasi berdasarkan % butiran halus : 5% atau kurang : GW, GP, SW, SP : > 12%: GM, GC, SM, SC: 5% sampai 12% : klasifikasi bersimbol ganda	Cu lebih besar 4 : Cc antara 1 dan 3	
			GP	Kerikil grad. buruk, bercampur pasir, sedikit/ tanpa butir halus.		Tak memenuhi kriteria GW	
		Kerikil berikut butiran halus	GM	Kerikil berlanau, camp. Kerikil pasir lanau		Batas-2 Atterberg dibawah garis A atau PI	Yg diarsir dalam chart, klasifikasi bersimbol ganda.
			GC	Kerikil berlempung, camp. Kerikil pasir lempung		Batas-2 Atterberg diatas garis A dan PI > 7	
	Pasir, > 50% fraksi kasar lolos ayakan 4,76 mm	Pasir bersih	SW	Pasir grad. baik, pasir dari pecahan kerikil, sedikit/ tanpa butir halus.		Cu lebih besar 6 : Cc antara 1 dan 3	
			SP	Pasir grad. buruk, pasir dari pecahan kerikil, sedikit/ tanpa butir halus.		Tak memenuhi kriteria SW	
		Pasir berikut butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir dan lanau		Batas-2 Atterberg dibawah garis A	Yang diarsir dalam chart, klasifikasi bersimbol ganda.
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir dan lempung		Batas-2 Atterberg diatas garis A dan PI > 7	
Tanah berbutir halus, 50% atau lebih	Lanau dan lempung, LL 50% atau kurang	ML	Lanauanorganik, pasir sangat halus, debu padas, debu padas, pasirhalus berlanau/berlempung.		Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  Batas Cair LL (%) Garis A : PI = 0.73 (LL-20)		
		CL	Lanau anorganik plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil /berpasir /berlanau, lempung kurus.				
		OL	Lanau organik/lempung organik plastisitas rendah.				
	Lanau danlempung, LL lebihdari50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomea, lanau diatomea, lanau elastis				
		CH	Lempung anorganik plastisitas tinggi, lempung gemuk.				
		OH	Lempung organik plastisitas sedang sampai tinggi				
		Tanahdengankadarorganik tinggi		PT			

Sumber: Hardiyatmo, 2002

2.4 Pengujian Lapangan *Swedish Weight Sounding* (SWS)

Tes *Swedish Weight Sounding* (SWS) adalah tes penetrasi yang umum di negara-negara Nordik dan juga di Jepang. Diperkirakan sekitar 20.000 tes *Swedish Weight Sounding* (SWS) dilakukan setiap tahun, hanya di Swedia (Broms dan Flodin, 1988). Tes ini juga telah digunakan di beberapa negara Eropa Timur serta negara-negara lain seperti Singapura dan Aljazair (Bergdahl dkk, 1988).



Swedish Weight Sounding

Gambar 2.3 (a) Tampilan Skema Peralatan (Bergdahl dkk, 1988)

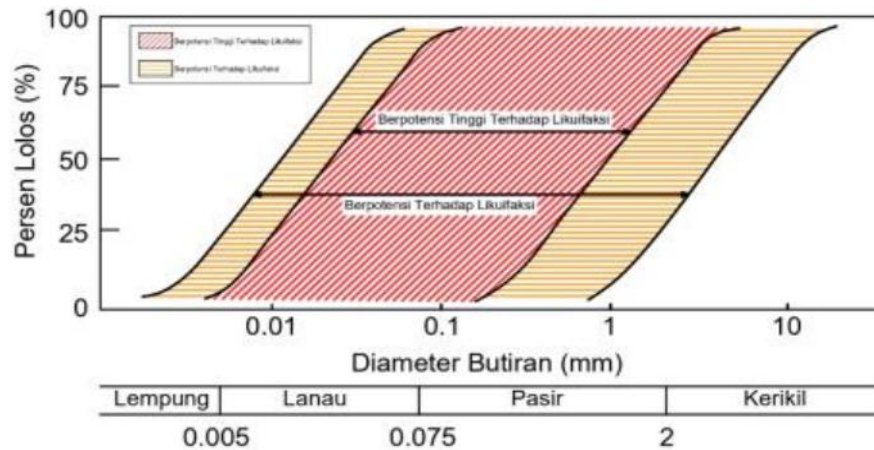
(b) Titik berbentuk sekrup (ENV 1997:3-2000)

Hasil dari pengujian *Swedish Weight Sounding* yang didapatkan berupa nilai N_{sw} , W_{sw} , q_u dan q_a . Adapun nilai N_{sw} dan W_{sw} ini akan dikonversi ke nilai $N - SPT$ berdasarkan persamaan yang diajukan oleh Inada (1960).

2.5 Pengujian Laboratorium

2.5.1 Analisis Saringan

Tsuchida (1970) telah merangkum hasil analisis saringan butiran pada tanah yang diketahui memiliki tanah yang *liquifiable* dan *non-liquifiable* saat terjadi gempa kuat. Semakin kecil ukuran butir berpengaruh terhadap tahanan gesek dan sifat kohesi tanah. Kemudian, mengusulkan kisaran gradasi ukuran butir yang mencakup tanah yang berpotensi likuefaksi dan paling dapat terjadi likuefaksi. Kurva distribusi ukuran butiran tanah yang dapat membedakan tanah yang memiliki potensi terhadap likuefaksi dan tidak berpotensi terhadap likuefaksi untuk tanah dengan koefisien keseragaman yang besar (C_u) > 3.5 dapat dilihat pada Gambar 2.4.



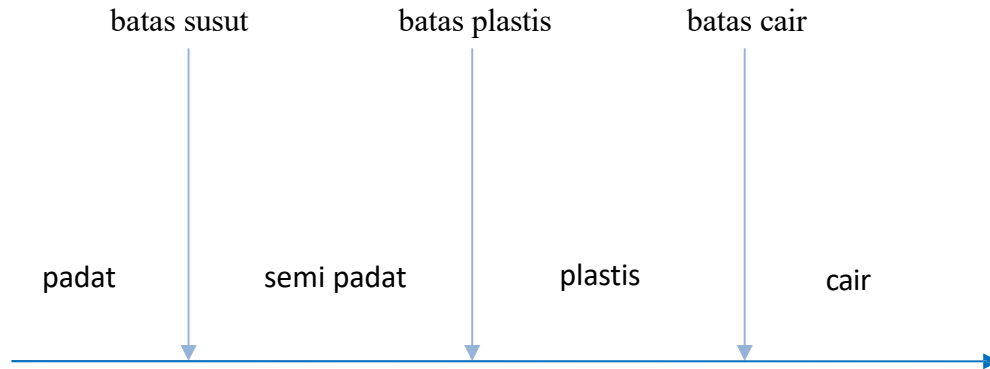
Gambar 2.4 Gradasi Tanah Yang Berpotensi Likuefaksi

Sumber: Tsuchida, 1970

2.5.2 Batas-batas Konsistensi (Atterberg)

Ketika tanah liat dicampur dengan air yang berlebihan, tanah bisa mengalir seperti semiliquid. Jika tanah secara bertahap dikeringkan, akan berperilaku seperti bahan plastis, setengah padat, atau padat, tergantung pada kadar airnya. Kadar air dalam persen, di mana tanah berubah dari suatu cairan ke keadaan plastis didefinisikan sebagai batas cair (LL). Demikian pula dengan kadar air, dalam persen, di mana tanah berubah dari plastis menjadi semi padat dan dari semipadat ke keadaan padat didefinisikan sebagai batas plastis (PL) dan batas penyusutan (SL), masing-masing. Batas-batas ini disebut sebagai batas Atterberg. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, maka tanah dapat dipisahkan kedalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi padat, plastis, dan cair (Das, 2005).

Atterberg, (1911) dalam Hardiyatmo, (2002) memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*). Kedudukan batas-batas konsistensi untuk tanah kohesif dapat dilihat dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Batas-batas Atterberg

Sumber: Hardiyatmo, 2002

Hardiyatmo, (2002) menyatakan batas-batas konsistensi tanah sebagai berikut:

1. Batas cair (*liquid limit*)

Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar airtanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Persentase kadar air yang dibutuhkan untuk menutup celah sepanjang 12,7 mm pada dasar cawan, sesudah 25 kali pukulan, didefinisikan sebagai batas cair tanah tersebut.

2. Batas plastis (*plastic limit*)

Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

3. Batas susut (*shrinkage limit*)

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah.

4. Indeks plastisitas (*Plasticity index*)

Indeks plastisitas (PI), adalah selisih batas cair dan batas plastis, seperti yang ditunjukkan pada berikut:

$$PI = LL - PL$$

Keterangan:

PI = *Plasticity Index* (Index Plastisitas)

LL = *Liquid Limit* (Batas Cair)

PL = *Plastic Limit* (Batas Plastis)

Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi oleh Atterberg dapat dilihat dalam Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif
			Sebagian
7-17	Plastisitas Sedang	Lempung	Kohesif
		Berlanau	
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber: Hardiyatmo, 2002

2.5.3 Berat isi tanah

Berat isi tanah merupakan perbandingan antara berat tanah basah dengan volumenya dalam satuan gram/cm³.

2.5.4 Berat Jenis

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah yaitu perbandingan berat air dengan tanah kering, pengujian ini menggunakan standard ASTM D-2216.

2.5.5 Hidrometer

Uji hidrometer (*Hydrometer Analysis*) merupakan uji penentuan distribusi ukuran butir tanah untuk tanah yang berbutir halus. Pengujian ini menggunakan prinsip kecepatan pengendapan butiran pada larutan suspensi tanah. Hukum stokes digunakan sebagai dasar pengujian, dimana tanah yang ukuran butirannya lebih besar akan mengendap lebih cepat dibandingkan tanah yang butirannya lebih kecil. Analisis terhadap komposisi ukuran butir tanah ini juga dapat digunakan untuk mengetahui potensi kehancuran tanah (Kushartomo dkk, 2022).

2.6 Mengevaluasi Potensi Likuefaksi

Uji laboratorium dan lapangan dapat digunakan untuk mengevaluasi ketahanan tanah terhadap likuefaksi. Dalam uji laboratorium, ketahanan likuefaksi dapat dievaluasi dengan pengujian batas-batas Atterberg dan analisis ukuran butiran. Dalam pengujian lapangan, ketahanan likuefaksi dievaluasi menggunakan *Swedish Weight Sounding Test*, yang dapat memberikan nilai N_{sw} , W_{sw} , q_u , dan q_a . Nilai N_{sw} dan W_{sw} dikonversikan menjadi nilai $N - SPT$ sesuai dengan formula yang diusulkan oleh Inada (1960). Sedangkan untuk mendapatkan γ_{Lap} (berat isi tanah), dilakukan uji berat isi asli tanah di lapangan. Hasil konversi nilai $N - SPT$ dan γ_{Lap} (berat isi tanah) digunakan untuk membantu dalam perhitungan evaluasi potensi likuefaksi tanah yang ditinjau.

Terdapat tiga metode yang digunakan dalam melakukan evaluasi potensi likuefaksi yaitu:

1. Metode pertama adalah metode yang disetujui dalam *workshop* pada tahun 1996 oleh *National Center for Earthquake Engineering Research* (NCEER). Dalam metode ini, perhitungan atau estimasi dua variabel diperlukan untuk evaluasi ketahanan likuefaksi tanah. Variabel-variabel tersebut adalah kebutuhan seismik yang ditempatkan pada suatu lapisan tanah, dinyatakan dalam *Cyclic Stress Ratio* (CSR), dan kapasitas tanah untuk menahan likuefaksi, yang dinyatakan dalam *Cyclic Resistance Ratio* (CRR). Kedua variabel utama ini digunakan untuk menentukan *Factor of Safety* (FS), dimana likuefaksi akan terjadi ketika nilai FS kurang dari 1.
2. Metode kedua adalah *Liquefaction Potential Index* (LPI), menurut Luna dan Frost., (1998) yang dikutip dalam Muley dkk., (2018) *Liquefaction Potential Index* (LPI) mengukur tingkat keparahan likuefaksi dan memprediksi manifestasi permukaan likuefaksi, kerusakan likuefaksi atau potensi kegagalan dari daerah rawan likuefaksi. Beberapa nilai digunakan sebagai parameter saat menentukan nilai LPI, seperti nilai *severity factor* pada setiap lapisan, faktor keamanan (FS), kedalaman dan ketebalan lapisan tanah yang ditinjau, dan faktor bobot ke dalam. Nilai LPI juga dapat memberikan klasifikasi nilai pada lapisan tanah yang ditinjau apakah masuk kedalam

kategori tidak dapat terlikuefaksi, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi berpotensi terjadi likuefaksi.

3. Metode ketiga adalah *Probability of Liquefaction* (P_L). Parameter utama pada metode ini adalah nilai faktor keamanan (FS). Metode probabilitas likuefaksi ini digunakan karena nilai *Factor of Safety* (FS) hanya dapat memberikan parameter apakah akan terjadi likuefaksi. Nilai probabilitas likuefaksi ini dapat memberikan gambaran besarnya suatu kejadian likuefaksi dengan ketidakpastian yang diberikan oleh nilai *Factor of Safety* (FS).

2.6.1 Menentukan Nilai *Factor of Safety* (FS) Berdasarkan Nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan Nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR)

1. Menentukan Nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR)

Cyclic Stress Ratio (CSR) merupakan perbandingan antara tegangan siklik akibat gempa dan tegangan vertikal efektif tanah. Youd dan Idriss (2001), merumuskan persamaan untuk menentukan nilai CSR, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 2.2 berikut:

$$CSR = 0,65(a_{max}/g)(\sigma_v/\sigma'_v)r_d \quad (2.2)$$

Keterangan :

CSR = *Cyclic Stress Ratio*

a_{max} = Percepatan horizontal maksimum akibat gempa di permukaan bumi (m/s^2)

g = Percepatan gravitasi bumi ($9,81 m/s^2$)

σ_v = Tegangan vertikal total tanah di kedalaman z (kN/m^2)

σ'_v = Tegangan vertikal efektif tanah di kedalaman z (kN/m^2)

r_d = Faktor reduksi tegangan

Untuk tegangan vertikal total tanah dan tegangan vertikal efektif tanah, dapat menggunakan persamaan sederhana yang terdapat di dalam teori Mekanika Tanah I (Hardiyatmo, 2002) seperti berikut :

$$\sigma_v = \gamma \cdot z \quad (2.3)$$

$$\sigma'_v = (\gamma - \gamma_w) \cdot z \quad (2.4)$$

Keterangan:

γ = Berat isi tanah di lapangan (kN/m^3)

γ_{sat} = Berat isi tanah jenuh di lapangan (kN/m^3)

γ_w = Berat volume air ($9,81 \text{ kN/m}^3$)

z = Kedalaman tanah yang ditinjau (m)

Faktor reduksi tegangan (r_d) merupakan koefisien terakhir yang memberikan koreksi untuk fleksibilitas profil tanah serta faktor terakhir yang harus dipertimbangkan saat melakukan evaluasi terhadap potensi likuefaksi. Faktor reduksi tegangan ini memberi dampak terhadap nilai CSR. Karena nilai r_d dapat mengurangi tegangan di dalam tanah, maka nilai r_d juga bergantung pada kedalaman tanah (z). Oleh karena itu, semakin jauh kedalaman tanah, semakin kecil nilai faktor reduksinya. Dengan kata lain, Jika nilai faktor reduksi kecil maka nilai CSR juga akan kecil, dan secara alami potensi likuefaksi juga kecil. Nilai faktor reduksi tegangan (r_d) dapat dihitung dari persamaan 2.5 dan 2.6 yang diusulkan oleh Liao dan Whitman (1986), persamaan 2.7 yang diusulkan oleh Robertson dan Wride, serta persamaan 2.8 diusulkan oleh William F. Marcuson (Insinyur Angkatan Darat Amerika Serikat) yang dikutip dalam Youd dan Idriss (1997).

$$r_d = 1,0 - 0,00765 \cdot z \quad \text{untuk } z \leq 9,15 \text{ m} \quad (2.5)$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267 \cdot z \quad \text{untuk } 9,15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m} \quad (2.6)$$

$$r_d = 0,744 - 0,008 \cdot z \quad \text{untuk } 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m} \quad (2.7)$$

$$r_d = 0,50 \quad \text{untuk } z > 30 \text{ m} \quad (2.8)$$

2. Menentukan Nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR)

Cyclic Resistance Ratio (CRR) adalah besaran ketahanan tanah terhadap bahaya likuefaksi yang disebabkan oleh tegangan siklik. Data dari uji lapangan seperti *Standard Penetration Test* (SPT) atau *Cone Penetration Test* (CPT) dapat digunakan untuk menentukan nilai CRR ini. Dalam penelitian ini, digunakan persamaan untuk menentukan CRR menggunakan data uji SPT, dimana data tersebut adalah data yang dikonversi dari uji *Swedish Weight Sounding* (SWS).

3. Menentukan Nilai $(N_1)_{60}$

Beberapa korelasi menggunakan jumlah pukulan SPT yang dikoreksi yang dilambangkan sebagai $(N_1)_{60}$. Nilai 60 merupakan persentase energi tumbukan yang jatuh bebas. Pada beberapa kasus, berbagai faktor yang mempengaruhi hasil SPT dapat dipertimbangkan saat menghitung nilai $(N_1)_{60}$, Misalnya diameter lubang bor, panjang batang, dan sampel. Youd dan Idriss (1997), menyajikan persamaan $(N_1)_{60}$ yang terpengaruhi pada beberapa faktor koreksi ini, seperti yang diperlihatkan pada persamaan 2.9 berikut.

$$(N_1)_{60} = N_m \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \quad (2.9)$$

Keterangan :

N_m = N – SPT yang diperoleh dari uji lapangan

C_N = Faktor untuk mengoreksi N_m terhadap tegangan *overbuden*

C_E = Koreksi untuk rasio *energy hammer*

C_B = Faktor koreksi diameter lubang bor

C_R = Faktor koreksi untuk panjang batang

C_S = Koreksi untuk sampel

Adapun mengenai faktor-faktor koreksi untuk nilai $(N_1)_{60}$ dapat dilihat pada Tabel 2.3 yang telah dimodifikasi oleh Skempton (1986), dikutip dalam Youd dan Idriss (2001).

Tabel 2.3 Faktor Koreksi Untuk Nilai $(N_1)_{60}$

Faktor	Peralatan variabel	Ketentuan	Koreksi
1	2	3	4
Tekanan Beban Berlebih	-	C_N	$(Pa/\sigma'v)^{9,5}$
Tekanan Beban Berlebih	-	C_N	$C_N \leq 1.7$
Energi ratio	Palu Donat	C_E	0.5 - 10
Energi ratio	Palu Pengaman	C_E	0.7 - 1.2
Energi ratio	Palu Tipe Donat Trip Otomatis	C_E	0.8 - 1.3
Diameter Lubang Bor	65 - 115 mm	C_B	1.00
Diameter Lubang Bor	150 mm	C_B	1.05
Diameter Lubang Bor	200 mm	C_B	1.15
Panjang Batang	<3 m	C_R	0.75
Panjang Batang	3 - 4 m	C_R	0.8
Panjang Batang	4 - 6 m	C_R	0.85
Panjang Batang	6 - 10 m	C_R	0.95
Panjang Batang	10 - 30 m	C_R	1.00
Metode Pengambilan Sampel	Standar Sampel	C_S	1.00
Metode Pengambilan Sampel	Sampel Tanpa Liner	C_S	1.10 - 1.30

sumber : Youd dkk, 2001

Seperti yang dijelaskan oleh Seed dkk (1971), dalam Youd dkk (2001), nilai $N - SPT$ dapat meningkat dengan meningkatnya tegangan efektif *overburden*, sehingga untuk menurunkan nilai $N - SPT$ diberikan faktor koreksi tegangan *overburden*. Seed dkk (1971), dalam Youd dkk (2001), memberikan persamaan untuk menentukan nilai C_N seperti yang dapat dilihat dalam persamaan 2.10 berikut. Kedalaman tanah yang semakin besar menyebabkan nilai $N - SPT$ semakin besar sehingga perlu dilakukan koreksi *overburden* untuk menurunkan nilai $N - SPT$. Tekanan normalisasi *overburden* pada persamaan 2.10 dimana nilai C_N tidak boleh melebihi 1,7.

$$C_N = \sqrt{\frac{P_a}{\sigma_{vc'}}} \leq 1,7 \quad (2.10)$$

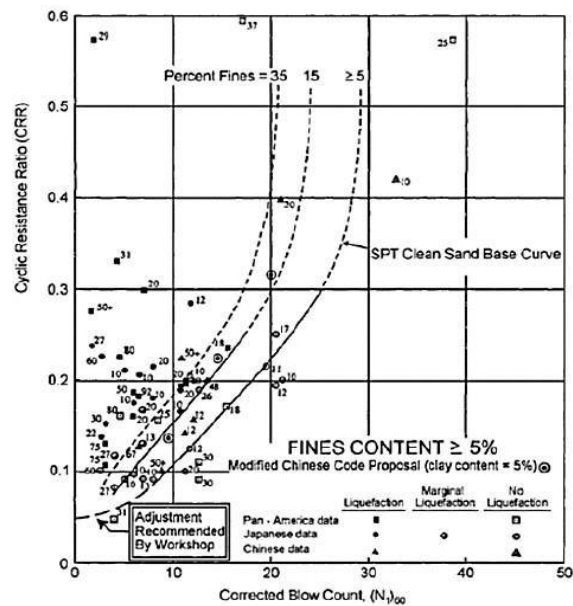
Dimana :

C_N = tekanan normalisasi *overbuden*

σ_{vc} = tegangan pasir vertikal efektif (kN/m²)

p_a = tekanan atmosfer (100 kN/m²)

Mengembangkan kurva berdasarkan nilai SPT butiran pasir dengan nilai kandungan butiran halus $\leq 5\%$, 15% dan 35% pada gempa berkekuatan 7,5 (Youd dkk, 2001). Kurva N-SPT dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut ini:



Gambar 2.6 Kurva N-SPT Basis Pasir Halus
sumber : Youd dkk, 2001

Idriss mengembangkan persamaan untuk faktor koreksi $(N_1)_{60}$ ekuivalen nilai bersih dan pasir dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$(N_1)_{60cs} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60} \quad (2.11)$$

Dimana :

$(N_1)_{60cs}$ = N-SPT dikoreksi dari butiran halus.

$(N_1)_{60}$ = N-SPT dikoreksi dari *Overbuden* dan alat.

Dimana nilai $\Delta(N_1)_{60}$ tergantung dari jumlah presentasi butiran halus (FC)

$$\Delta(N_1)_{60} = \exp + (1,63 + \frac{9,7}{f_c + 0,01} - (\frac{15,7}{f_c + 0,01})^2) \quad (2.12)$$

Faktor koreksi tegangan *overburden* (K_σ), untuk menyesuaikan CSR / CRR ke nilai tegangan efektif, karena CRR pasir bergantung pada efektifitasnya tegangan yang bekerja.

$$K_\sigma = \left(\frac{\sigma_{vc'}}{P_a} \right)^{(f-1)} \quad (2.13)$$

Menghitung penyebab likuefaksi pada pasir bersih dengan ($M = 7,5$ dan $\sigma_{v\sigma'} = 1$ atm), persamaan ini berlaku untuk, $M = 7,5$ dan tegangan lapisan penutup efektif $\sigma_{v\sigma} = 1$ atm

$$CRR_{75} = \exp \left(\frac{(N_{1(60cs)})}{14,1} + \frac{(N_{1(60cs)})}{126} 2 - \frac{(N_{1(60cs)})}{23,6} 3 + \frac{(N_{1(60cs)})}{25,4} 4 - 2,8 \right) \quad (2.14)$$

Persamaan CRR di atas dapat diperluas ke nilai lain dari magnitudo gempa bumi dan tegangan lapisan penutup efektif dengan menggunakan faktor koreksi yang sama yang digunakan untuk mendapatkan nilai CRR yang dibutuhkan,

$$CRRM, \sigma_{v\sigma'} = CRRM = 7.5, \sigma_{v\sigma'} = 1 \cdot MSF \cdot K_\sigma \quad (2.15)$$

Dimana:

$$MSF = 6,9 \exp \frac{-M}{4} \quad 0,058 \text{ (Magnitude Scaling Factor)}$$

K_σ = Faktor koreksi tegangan *overburden*

2.6.2 Menentukan Nilai *Factor of Safety* (FS)

Nilai CSR dan CRR diperlukan untuk menemukan nilai faktor keamanan sebagai cerminan dari gaya pasir terhadap beban gempa. Dengan kata lain, nilai faktor keamanan haruslah tidak kurang dari 1, karena dapat menyebabkan potensi bahaya likuifaksi. Seperti yang ditunjukkan di persamaan di bawah ini:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (2.16)$$

Dimana :

$$FS = \frac{CRR}{CSR} < 1 \text{ (liquefaction could happen)}$$

$$FS = \frac{CRR}{CSR} = 1 \text{ (critical condition)}$$

$$FS = \frac{CRR}{CSR} > 1 \text{ (no liquefaction)}$$

2.6.3 Menentukan Nilai *Liquefaction Potential Index* (LPI)

Iwasaki dkk. (1984), dikutip dalam Muley dkk (2018), mengusulkan *Liquefaction Potential Index* (LPI) yang merupakan suatu index berupa persamaan untuk mengevaluasi potensi likuefaksi. LPI sebanding dengan ketebalan lapisan tanah yang dapat dicairkan, lapisan tanah yang tidak dapat dicairkan dan faktor keamanan terhadap likuefaksi tanah. Potensi likuefaksi tanah tersebut dicirikan sebagai sangat rendah, rendah, tinggi, dan sangat tinggi untuk potensi terjadinya likuefaksi seperti yang diperlihatkan dalam persamaan 2.17.

$$LPI = \int_0^{20} F_{(z)} \cdot w_{(z)} dz \quad (2.17)$$

Dengan ketentuan:

Jika $FS < 1$, maka $F_{(z)} = 1 - FS$

Jika $FS \geq 1$, maka $F_{(z)} = 0$

$z > 20$ m, maka $w_{(z)} = 10 - 0,5 z$

$z < 20$ m, maka $w_{(z)} = 0$

Keterangan:

$F_{(z)} = \text{Severity Factor}$

$w_{(z)} = \text{Faktor bobot ke dalam}$

$z = \text{Kedalaman titik tengah lapisan tanah (0 hingga 20 m)}$

$dz = \text{Selisih kenaikan kedalaman tanah}$

Untuk profil tanah yang memiliki kedalaman kurang dari 20 m, LPI dihitung dengan menggunakan persamaan yang diusulkan oleh Luna dan Frost (1998), dikutip dalam Muley dkk (2018). Persamaan tersebut dapat dilihat dalam persamaan 2.18.

$$LPI = \sum_{i=1}^n W_i \cdot F_i \cdot H_i \quad (2.18)$$

Dengan ketentuan :

Jika $FS < 1$, maka $F_{(i)} = 1 - FS$

Jika $FS \geq 1$, maka $F_{(i)} = 0$

$Z < 20$ m , maka $W_{(i)} = 10 - 0,5 z_i$

Keterangan :

F_i = *Severity Factor* untuk lapisan ke - i

W_i = Faktor bobot ke dalam untuk lapisan ke - i

z_i = Kedalaman lapisan ke-i (m)

H_i = Ketebalan lapisan tanah (m)

i = Jumlah lapisan

Untuk menginterpretasikan nilai LPI yang diperoleh dari persamaan 2.17 dan 2.18, digunakan klasifikasi tingkat keparahan likuefaksi yang diusulkan oleh Iwasaki dkk, (1984) dan dimodifikasi oleh Sonmez (2003), seperti yang dikutip dalam Hannich dkk, (2007). Klasifikasi tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Tingkat Keparahannya Likuefaksi

Indeks Potensi Likuefaksi	Indeks Potensi Likuefaksi
LPI = 0	Tidak Berpotensi
$0 < LPI \leq 2$	Rendah
$1 < LPI \leq 5$	Sedang
$5 < LPI \leq 15$	Tinggi
$15 > LPI$	Sangat Tinggi

Sumber: Sonmez, 2003 dalam Hannich dkk. 2007

2.6.4 Menentukan Nilai *Probability of Liquefaction* (P_L)

Nilai *Probability of Liquefaction* (P_L) ini bergantung pada nilai faktor keamanan (FS), yang merupakan parameter untuk nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR). Oleh karena itu, ada hubungan antara parameter seismik dan probabilitas likuefaksi. Apabila nilai percepatan horizontal maksimum akibat gempa meningkat, maka nilai CSR juga ikut meningkat. Hal yang sama berlaku juga untuk magnitudo gempa. Semakin besar nilai magnitudo gempa, maka nilai faktor koreksi magnitudo (MSF) semakin menurun sehingga mempengaruhi nilai CRR_{Mw}. Oleh karena itu, setiap kenaikan yang terjadi pada salah satu dari kedua nilai variabel, baik nilai CSR maupun CRR, akan mempengaruhi terhadap nilai faktor keamanan (FS) menjadi lebih kecil. Tentunya dengan menurunnya nilai faktor keamanan (FS),

maka resiko likuefaksi juga meningkat dan nilai probabilitas likuefaksi tentunya meningkat.

Dalam pemodelan perhitungan nilai probabilitas likuefaksi ini, digunakan metode yang diajukan oleh Juang dkk. (2008). Penggunaan persamaan ini dipilih karena merupakan persamaan yang dianggap lebih terbaru dibandingkan persamaan yang dikemukakan oleh para ahli sebelumnya. Persamaan probabilitas likuefaksi oleh Juang dkk. (2008) seperti yang dikutip dalam Ansori (2020) dapat dilihat pada persamaan 2.19.

$$P_L = \frac{1}{\left(1 + \frac{FS}{1,905}\right)^{3,8}} \quad (2.19)$$

Keterangan:

P_L = Probabilitas likuefaksi

FS = Faktor keamanan

Dalam Hannich dkk. (2007) juga memberikan kemungkinan terjadinya likuefaksi yang diinterpretasikan dengan menggunakan nilai probabilitas likuefaksi (P_L). Klasifikasi probabilitas likuefaksi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi Probabilitas Likuefaksi

Probabilitas	Kemungkinan Terjadi Likuefaksi
$0,85 \leq P_L < 1$	Hampir Terjadi Likuefaksi
$0,65 \leq P_L < 0,85$	Sangat Mungkin
$0,35 \leq P_L < 0,65$	Kemungkinan Berpotensi / Tidak
$0,15 \leq P_L < 0,35$	Tidak Mungkin
$0,00 \leq P_L < 0,15$	Hampir Tidak Terjadi Likuefaksi

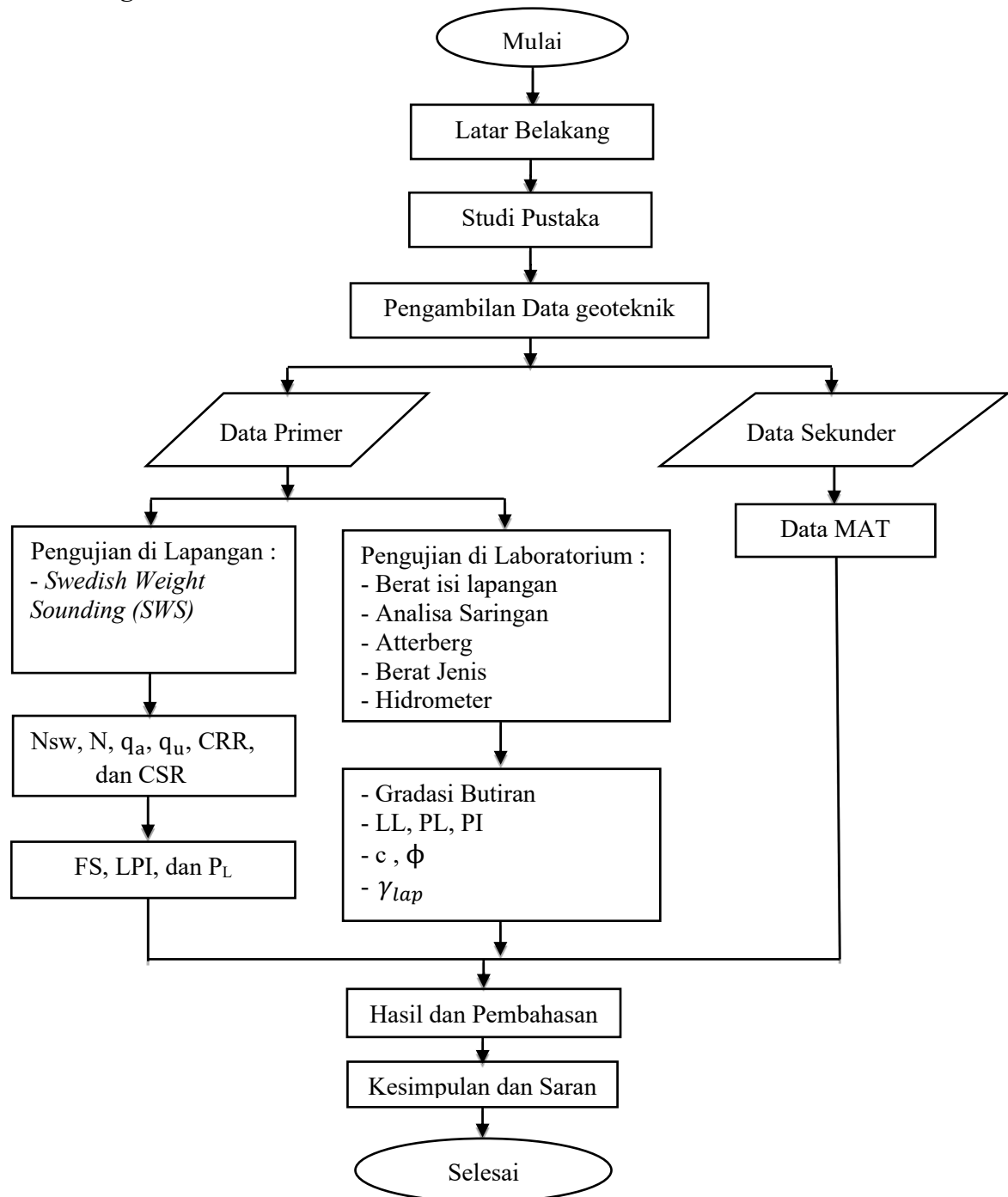
Sumber: Hannich dkk. (2007)

Dari Tabel 2.5 dapat dilihat bahwa likuefaksi hanya akan terjadi jika probabilitas likuefaksi lebih besar dari 35%. Probabilitas yang dihitung dapat digunakan untuk mengamati apakah lapisan tanah rentan terhadap likuefaksi selama periode gempa tertentu.

BAB III

METODE PENELITIAN

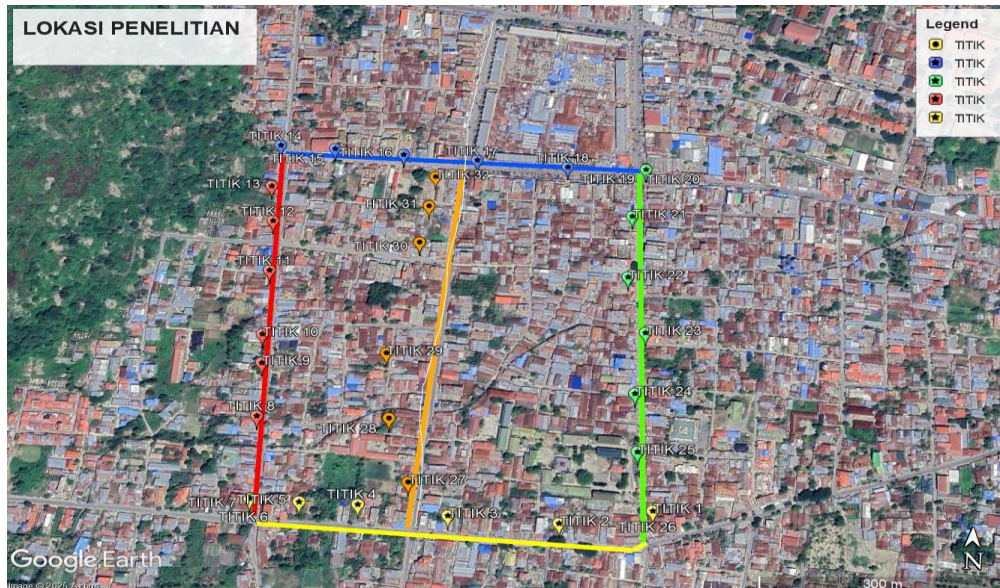
3.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir (*Flowchart*) Penelitian

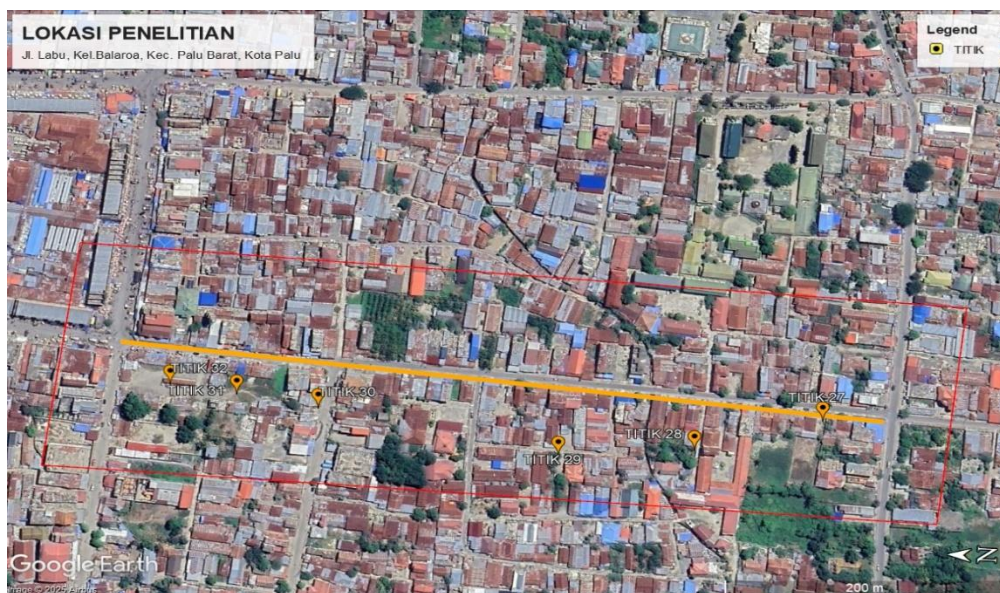
3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dan pengambilan sampel terletak di Kelurahan Balaroa, Kecamatan Palu Barat, Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2 dan gambar 3.3.



Gambar 3.2 Wilayah Palu Barat, Kelurahan Balaroa dan lokasi penelitian
Sumber : (<https://earth.google.com>) 24-01-2024

3.3 Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 3.3 Jalan Labu lokasi pengambilan sampel
Sumber : (<https://earth.google.com>) 24-01-2024

Tabel 3. 1 Koordinat Lokasi Penelitian

NAMA	KOORDINAT		
	X	Y	Elevasi
TITIK 27	817153.30	9899386.53	18.70 M
TITIK 28	817122.74	9899483.92	18.20 M
TITIK 29	817098.82	9899590.78	18.40 M
TITIK 30	817137.72	9899780.89	19.20 M
TITIK 31	817132.28	9899833.58	19.00 M
TITIK 32	817148.10	9899884.72	19.60 M

3.4 Pengambilan Sampel

Sebelum pengambilan sampel tanah dilakukan, terlebih dahulu peneliti melakukan survei ke lokasi untuk kemudian ditentukan sebagai titik yang dapat mewakili untuk mengambil sampel tanah terganggu dan sampel tanah tidak terganggu. Untuk sampel tanah terganggu, akan diambil dekat titik-titik tempat dilakukannya pengujian *Swedish Weight Sounding*. Sedangkan untuk sampel tanah tidak terganggu, dapat diambil pada lokasi sekitar titik pengujian. Sampel tanah yang akan digunakan untuk mengevaluasi potensi likuefaksi berasal dari 6 (enam) titik pengujian, dengan 1 (satu) titik diambil masing-masing 2 (dua) sampel tanah. Adapun sampel tanah terganggu yang akan diteliti berjumlah 6 (enam) dan 6 (enam) sampel tanah untuk tanah tidak terganggu. Jadi, jumlah keseluruhan sampel tanah yang akan dievaluasi yaitu sebanyak 12 (dua belas) sampel tanah.

Sampel tanah yang akan digunakan adalah jenis sampel tanah terganggu dan sampel tanah tidak terganggu. Sampel tanah tidak terganggu ini digunakan untuk pengujian berat isi tanah asli di lapangan, sedangkan untuk sampel tanah terganggu ini digunakan untuk pengujian analisa saringan dan batas-batas konsistensi Atterberg yang kemudian diuji di laboratorium, hasil dari pengujian tersebut akan digunakan dalam pengklasifikasian tanah menggunakan sistem *Unified Soil Classification System* (USCS).

3.5 Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data lapangan dilakukan dengan pengujian, SWS (*Swedish Weight Sounding*). Kemudian data laboratorium dapat diperoleh melalui pengujian analisa saringan, batas – batas Atterberg, berat jenis, berat isi tanah, dan Hidrometer.

3.5.1 Pengujian Lapangan

Pengujian di lapangan dilakukan dengan menggunakan alat uji SWS, dengan jumlah titik pengujian sebanyak 6 titik, yaitu 3 titik untuk tanah terdampak dan 3 titik untuk tanah tidak terdampak. Hasil pengujian SWS digunakan untuk menjelaskan karakteristik tanah yang akan diteliti. Tahapan tahapan dalam pengujian menggunakan alat uji SWS sebagai berikut:

1. Persiapan alat
 - a. Menghubungkan *screw point* ke ujung batang 80 cm
 - b. Memasang bagian bawah *clamp* setinggi 50 cm dari ujung bawah *screw point*.
 - c. Meletakkan ujung bawah *screw point* tepat di bagian tengah papan indikasi yang berlubang.

Catatan: setiap penghubung tongkat dihubungkan dengan kunci pipa untuk mencegah terjadinya kelonggaran.

- d. Memasang tuas pemutar di bagian atas batang pipa.
2. Setelah selesai menyiapkan alat, selanjutnya memeriksa apakah ujung batang menembus ke dalam tanah. Jika batang menembus ke dalam tanah, ukur panjang dari permukaan referensi garis skala batang berikutnya ketika penetrasi dihentikan, dan mencatatnya sebagai jumlah penetrasi 50 N.
3. Menambahkan beban 100 N di atas *clamp* dan melakukan proses yang sama seperti pada tahap nomor 2.

Catatan: dicatat sebagai jumlah penetrasi 150 N

-
4. Melakukan ulang tahapan nomor 3 dengan penambahan beban satu per satu. Urutan jumlah beban yang dipasang yaitu 50 N (*clamp*), 150 N, 250 N, 500 N, 750 N, 1000 N.

Catatan: Jika *clamp* telah mencapai papan indikasi, lakukan prosedur di berikut ini:

- a. Menurunkan semua beban.
 - b. Menarik *clamp* ke atas hingga 50 cm.

c. Ulang seperti tahap 2.

Jika batang tidak cukup, tambahkan. Jika kecepatan penetrasi batang tiba-tiba meningkat pada saat penambahan beban tertentu yang menyebabkan *clamp* menyentuh papan indikasi, lakukan pencatatan tentang detail situasi yang terjadi.

5. Saat penetrasi berhenti pada pembebanan 1000 N, selanjutnya menghitung jumlah penetrasi yang terjadi. Kemudian memutar tuas searah jarum jam, dengan setiap putaran 180^0 dihitung sebagai 1 putaran. Mencatat jumlah putaran setiap penetrasi mencapai kedalaman 25 cm.

Catatan:

- a. Saat memutar pegangan, tidak berlaku gaya vertikal.
 - b. Jika kecepatan penetrasi batang tiba-tiba meningkat sehingga *clamp* menyentuh papan indikasi, turunkan semua beban, kemudian mengulangi prosedur dari tahap nomor 2.
6. Pada kasus berikut, pengukuran dapat diselesaikan.
- a. Jumlah putaran telah mencapai 50 putaran dan penetrasi yang terjadi tidak mencapai 25 cm.
 - b. Gaya tolak dari tuas saat diputar meningkat secara signifikan.
 - c. Ujung *screw point* menyentuh batu di dalam tanah. Biasanya ditandai dengan tidak adanya perlawanan tuas saat diputar.
7. Saat pengukuran telah selesai dilakukan, selanjutnya menurunkan semua beban dan mencabut semua batang menggunakan mesin hidrolik atau menggunakan tenaga manusia.

Jika batang menembus tanah hanya disebabkan oleh beban, maka catat beban yang dinaikkan dan kedalaman penetrasi yang terjadi pada saat itu. Akan tetapi apabila batang menembus tanah yang disebabkan oleh perputaran tuas dan beban 1000 N, maka yang dicatat adalah jumlah putaran 180^0 (Na) dalam setiap kedalaman (L) yang terjadi. Setelah itu menghitung nilai N_{sw} dengan rumus sebagai berikut:

$$N_{sw} = \frac{100 N_a}{L} \quad (3.1)$$

Keterangan :

N_{sw} = Jumlah putaran 180^0 tiap 1 meter dari jumlah penetrasi (kali/cm)

L = Jumlah penetrasi (m)

N_a = Jumlah putaran 180^0 (kali)

Setelah mendapat nilai N_{sw} , selanjutnya nilai tersebut dikonversi menjadi nilai N dengan cara terlebih dahulu mengidentifikasi tanah yang didapatkan di lapangan. Rumus yang digunakan untuk mengkonversi nilai N_{sw} menjadi N adalah sebagai berikut:

- a. Untuk kasus tanah berpasir, kerikil:

$$N = 0,002 W_{sw} + 0,067 N_{sw} \quad (3.2)$$

- b. Untuk kasus tanah kohesif:

$$N = 0,003 W_{sw} + 0,050 N_{sw} \quad (3.3)$$

Keterangan :

W_{sw} = Jumlah beban yang dipasang pada setiap pencatatan (N)

N_{sw} = Jumlah putaran 180° tiap 1 meter dari jumlah penetrasi (kali/cm)

- c. Untuk nilai $W_{sw} \leq 1000$ N

$$q_a = 0,00003 (W_{sw})^2 \quad (3.4)$$

- d. Untuk nilai $W_{sw} = 1000$ N

$$q_a = 30 + 0,8 N_{sw} \quad (3.5)$$

- e. Nilai q_u

$$q_u = 45 W_{sw} + 0,75 N_{sw} \quad (3.6)$$

Keterangan :

q_a = Daya dukung izin tanah (kN/m^2)

q_u = Kuat tekan bebas

3.5.2 Pengujian Laboratorium

1. Analisa saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan dengan susunan No 3/4, 1/2, 3/8, 1/4, 4, 8, 10, 16, 20, 40, 60, 80, 100 dan 200 PAN. Hasil pengujian ini digunakan untuk keperluan mengklasifikasi jenis-jenis tanah.

2. Batas-batas Atterberg

Pada pengujian ini akan dilakukan dengan sampel tanah tanpa campuran, dan kemudian sampel tanah dengan substitusi pasir sebanyak 10%, 20%, 30%, dan 40%. Masing masing campuran terdiri dari tiga sampel maka yang akan di dapatkan nilai c dan sudut geser (ϕ)

3. Berat Isi Lapangan (γ_{lap})

Pada percobaan ini tanah yang digunakan tanah berbutir halus dan nilai yang akan di dapat kan yaitu γ_{lap} .

4. Berat Jenis (Kadar Air)

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah yaitu perbandingan antara berat air dengan berat tanah kering. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2216. Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-2216, yaitu :

- Menimbang cawan yang akan digunakan dan memasukkan benda uji ke dalam cawan dan menimbangya.
- Memasukkan cawan yang berisi sampel ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- Menimbang cawan berisi tanah yang sudah di oven dan menghitung persentase kadar air.

Perhitungan :

- Berat air (W_w) $= W_{cs} - W_d$
- Berat tanah kering (W_s) $= W_{ds} - W_c$
- Kadar air (w) $= W_w / W_s \times 100\%$

Keterangan :

W_c = Berat cawan yang akan digunakan.

W_{cs} = Berat benda uji + cawan.

W_{ds} = Berat cawan yang berisi tanah yang sudah di oven.

5. Hidrometer

Pengujian hidrometer dalah untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan no 10 atau yang berukuran kurang dari 0,075 mm. Presentase butiran tanah yang lolos dari masing-masing saringan terhadap sampel tanah total.

3.6 Evaluasi Potensi Likuefaksi

Dalam mengevaluasi potensi likuefaksi, terdapat tahapan-tahapan yang harus dilalui dengan berbagai persamaan-persamaan yang telah dituliskan sebelumnya (BAB II). Adapun tahapan dalam mengevaluasi potensi likuefaksi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menghitung Nilai Tegangan Total (σ_v)

Jika kedalaman yang ditinjau berada di atas muka air tanah, maka :

$$\sigma_v = \gamma \cdot z \quad (3.7)$$

Jika kedalaman yang ditinjau berada di bawah muka air tanah, maka :

$$\sigma_v = (\gamma \cdot z_{MAT}) + (\gamma_{sat} \cdot (z - z_{MAT})) \quad (3.8)$$

2. Menghitung Tegangan Efektif (σ')

$$\sigma' = (z_1 \cdot \gamma) \quad (3.9)$$

3. Menghitung nilai Reduksi tegangan (r_d)

$$r_d = 1,0 - 0,00765 \cdot z \quad (3.10)$$

4. Menghitung nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR)

$$CSR = 0,65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) \cdot r_d \quad (3.11)$$

5. Menghitung nilai $(N_1)_{60}$

$$(N_1)_{60} = N_m \quad (3.12)$$

6. Menghitung nilai $(N_1)_{60cs}$

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta (N_1)_{60} \quad (3.13)$$

7. Menghitung nilai *Cyclic Resistance Ratio* ($CRR_{7,5}$)

$$CRR_{7,5} = \exp \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{14,1} \right) + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{126} \right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{23,6} \right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{25,4} \right)^4 - 2,8 \quad (3.14)$$

8. Menghitung nilai *Magnitude Scalling Factors* (MSF)

Untuk $M_w = 7,4$ Mw

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \quad (3.15)$$

9. Menghitung faktor kerapatan relatif tanah (f)

$$f = 0,831 - \frac{(N_1)_{60cs}}{160} \quad (3.16)$$

10. Menghitung faktor koreksi tegangan *overburden* (K_σ)

$$K_\sigma = \left(\frac{\sigma'_{vo}}{Pa} \right)^{(f)} \quad (3.17)$$

11. Menghitung nilai CRR_{Mw}

$$CRR_{Mw} = CRR_{7,5} \cdot MSF \cdot K_\sigma \quad (3.18)$$

12. Menghitung nilai *Factor of Safety* (FS)

$$FS = \frac{CRR_{Mw}}{CSR} \quad (3.19)$$

Data yang dikumpulkan dari rangkaian percobaan di atas akan di catat, dihitung, dan dianalisis dalam bentuk grafik dan tabel. Berdasarkan data-data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis dan pembahasan.

3.7 Analisa Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Analisis data hasil pengujian lapangan

Analisis data pengujian lapangan diperoleh dari uji *Swedish Weight Sounding* yang dibagi menjadi 6 (enam) titik. Dalam pengujian ini, akan memperoleh data besarnya beban (W_{sw}) kN, kedalaman penetrasi (m), dan jumlah setengah putaran (N_a). Dari ketiga data yang diperoleh tersebut, kemudian akan dianalisis berdasarkan dengan persamaan yang telah dijabarkan sebelumnya pada 3.6 dan hasil dari analisis ini akan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik. Hasil analisis dari pengujian *Swedish Weight Sounding* ini akan dijadikan sebagai acuan untuk mengevaluasi ketahanan tanah terhadap potensi likuefaksi.

2. Analisis data hasil pengujian di laboratorium

Analisis data hasil pengujian di laboratorium diperoleh dari pengujian analisis ukuran butiran, batas-batas Atterberg dan berat isi tanah di lapangan. Pada pengujian analisis ukuran butiran, akan diperoleh distribusi ukuran butiran dari tanah yang diteliti. Sedangkan pada pengujian batas-batas Atterberg, akan diperoleh nilai batas cair (LL), nilai batas plastis (PL), dan nilai indeks plastisitas (PI). Adapun pada pengujian berat isi tanah di lapangan, akan diperoleh nilai berat isi tanah asli di lapangan (γ). Hasil dari pengujian analisis ukuran butiran dan batas-batas Atterberg akan dijadikan pedoman dalam penentuan klasifikasi tanah menggunakan sistem *Unified Soil Classification System* (USCS). Sedangkan hasil dari berat isi tanah asli di lapangan akan dijadikan data tambahan dalam mengevaluasi potensi likuefaksi.

Apabila analisis data hasil pengujian di laboratorium telah selesai, selanjutnya hasil dari pengujian analisa saringan yang diperoleh berupa grafik distribusi ukuran butiran kemudian dihubungkan dengan kurva potensi likuefaksi Tsuchida (1970). Hal ini untuk meninjau apakah sampel-sampel tanah yang dilakukan pengujian tersebut masuk ke dalam kurva potensi likuefaksi Tsuchida (1970) yang sangat

berpotensi terjadi likuefaksi atau bahkan tidak masuk ke dalam kurva potensi likuefaksi Tsuchida (1970).

Sedangkan, untuk data hasil analisis pengujian batas-batas Atterberg, dapat dihubungkan dengan kriteria tanah yang berpotensi terjadi likuefaksi menurut *Modifield Chinese Criteria* yang dikutip dalam Lokananta dan Susilo (2018). Kriteria tanah yang berpotensi terjadi likuefaksi tersebut adalah tanah dengan nilai $LL \leq 35\%$, dan persen lolos saringan nomor 200 adalah $\leq 15\%$. Seed dkk. (2003), juga memberikan kriteria tanah yang berpotensi likuefaksi melalui tiga zona. Zona A yaitu tanah yang memiliki nilai $LL < 37\%$ dan nilai $PI < 12\%$ maka berpotensi besar terjadi likuefaksi. Zona B yaitu tanah yang memiliki nilai $LL 37\% - 47\%$ dan nilai $PI 12\% - 20\%$ maka berpotensi terjadi likuefaksi. Sedangkan zona C yaitu tanah yang memiliki nilai $LL > 47\%$ dan nilai $PI > 20\%$ maka tidak berpotensi besar terjadi likuefaksi.

Selanjutnya untuk data hasil analisis pada pengujian lapangan menggunakan alat uji *Swedish Weight Sounding* dapat menunjukkan indikasi tanah yang berpotensi likuefaksi melalui nilai N_{sw} yang diperoleh. Apabila didapatkan nilai N_{sw} yang rendah, maka tanah tersebut berpotensi untuk terjadinya likuefaksi. Dimana dengan nilai N_{sw} yang rendah berarti menunjukkan bahwa rendahnya tingkat ketahanan penetrasi dari tanah yang diuji tersebut. Kemudian Setelah analisis data hasil pengujian lapangan dan laboratorium selesai dilakukan, data tersebut dihitung menggunakan beberapa metode. Pada metode *Factor of Safety* (FS) melalui perbandingan CRR dan CSR dari hasil tersebut dapat dijadikan acuan dalam mengevaluasi potensi likuefaksi, potensi likuefaksi juga dapat dihitung dengan menggunakan metode *Liquefaction Potential Index* (LPI) untuk meninjau sejauh mana tingkat keparahan suatu tanah terhadap suatu potensi likuefaksi. Selain itu dapat digunakan metode *Probability of Liquefaction* (PL) yang menggambarkan besaran frekuensi terjadinya likuefaksi. Kemudian menghubungkan hasil data primer dengan data sekunder yang telah tersedia. Dari hasil tersebut, maka akan diperoleh karakteristik dari tanah yang diteliti serta untuk mengetahui berpotensi atau tidak berpotensi terjadinya likuefaksi di Jalan Labu Kelurahan Balaroa Kota Palu.

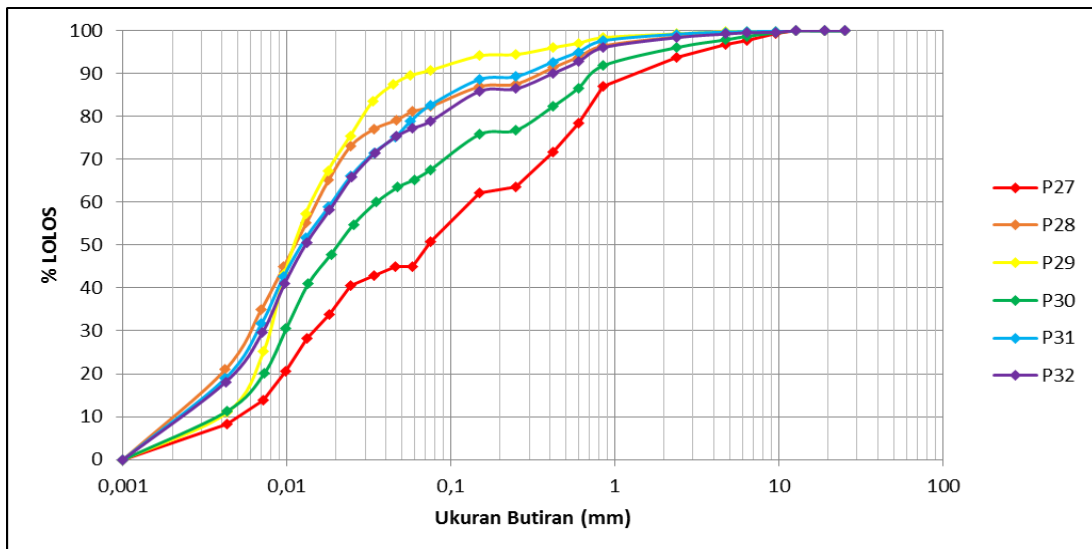
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Tanah

Untuk mengetahui potensi likuefaksi secara dini, gradasi butiran dan tingkat kerapatan relatif dapat dijadikan parameter awal penentuan kerentanan terhadap likuefaksi. Gradasi butiran yang seragam dan kerapatan relatif yang tergolong lepas sampai dengan sedang merupakan jenis butiran yang berpotensi likuefaksi.

Pengujian analisa ini dilakukan pengujian analisa saringan dengan mengambil sampel pada setiap titik lokasi yang telah di tentukan sebanyak 6 sampel tanah. Masing-masing sampel di oven selama 24 jam, dan dilanjutkan dengan pengujian Hidrometer. Maka diperoleh hasil sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik Ukuran Butiran Tanah Pada Masing-masing Titik

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Laboratorium

NO.	Pengujian / Sifat Tanah	Simbol	Satuan	Titik Pengujian					
				1	2	3	4	5	6
1	Kadar Air	w	%	23.03	27.15	26.64	21.82	21.73	19.07
2	Berat Volume	γ_{sat}	KN/m ³	17.76	17.61	16.82	17.25	17.93	19.17
3	Berat Jenis	Gs		2.32	2.05	2.28	1.93	2.32	2.06
4	Batas Cair	LL	%	29.00	44.00	36.00	33.00	35.00	32.00
5	Batas Plastis	PL	%	24.53	35.61	23.37	25.46	22.27	24.62
6	Plasticity Index	PI	%	4,47	7.39	12.63	7.54	12.73	7.38
7	Lolos Saringan No. 200		%	50.82	82.28	90.74	67.56	82.61	78.86
8	Lolos Saringan No. 4		%	96.79	99.53	99.78	97.93	99.67	99.24
9	Jenis Tanah (USCS)			ML	ML	ML	ML	ML	ML

Dari tabel 4.1 terlihat jenis tanah pada masing-masing titik pengujian berdasarkan tabel analisa *Unified Soil Classification System* (USCS) dimana pada titik P27 sampai dengan P32 memiliki jenis tanah yang sama yaitu lanau plastisitas rendah (ML).

4.2 Hasil Pengujian *Swedish Weight Sounding*

Pengujian dilakukan pada 6 titik pengujian dengan menggunakan 1 set alat *Swedish Weight Sounding*. Kedalaman yang diperoleh dari pengujian *Swedish Weight Sounding* ini berbeda-beda disetiap titiknya. Pada titik P27 diperoleh kedalaman 3,15 meter, P28 diperoleh kedalaman 2,68 meter, titik P29 2,93 meter, titik P30 3,18 meter, titik P31 3,25 meter, titik P32 4,00 meter.

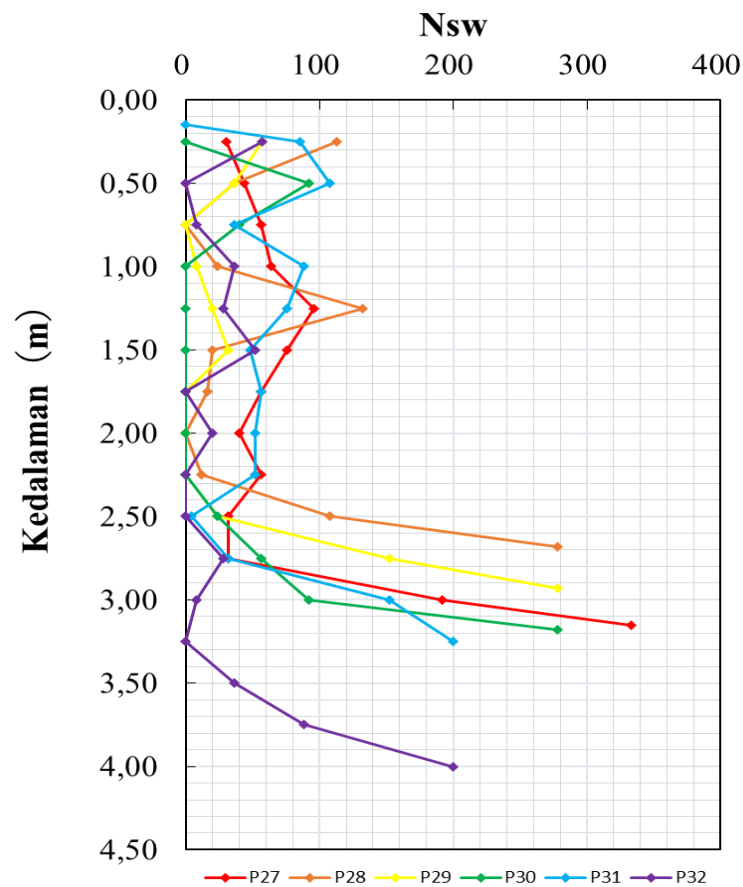
Hasil dari pengujian *Swedish Weight Sounding* ini dapat dilihat pada lampiran 28 - 33, yang dapat menunjukkan nilai kedalaman penetrasi, jumlah setengah putaran per meter (N_{sw}), daya dukung izin (q_a), kuat tekan bebas (q_u) dan nilai $N - SPT$ yang merupakan hasil konversi dari parameter jumlah beban (W_{sw}) dan jumlah setengah putaran per meter (N_{sw}). Adapun di bawah ini merupakan ringkasan mengenai nilai N_{sw} , q_a , q_u , dan $N - SPT$

1. Nilai N_{sw}

Nilai N_{sw} dari hasil pengujian *Swedish Weight Sounding* ini dapat ditunjukkan pada Tabel 4.2, dimana pada tabel ini menunjukkan hasil ringkasan nilai N_{sw} pada setiap titiknya, baik pada titik P27 sampai titik P32.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Nilai Nsw

P27		P28		P29		P30		P31		P32	
KEDALAMAN	NSWS	KEDALAMAN	NSWS	KEDALAMAN	NSWS	KEDALAMAN	NSWS	KEDALAMAN	NSWS	KEDALAMAN	NSWS
0,08		0,05		0,07		0,14		0,03		0,04	
0,09		0,06		0,08		0,16		0,04		0,04	
0,09		0,07		0,10		0,16		0,05		0,04	
0,10		0,09		0,11		0,19		0,07		0,05	
0,12		0,10		0,12		0,22		0,09		0,07	
0,15		0,14		0,15		0,25	0,00	0,15	0,00	0,15	
0,25	30,0	0,25	113,04	0,25	57,14	0,50	92,00	0,25	85,71	0,25	57,14
0,50	44,0	0,50	36,00	0,50	36,00	0,75	40,00	0,50	108,00	0,50	0,00
0,75	56,0	0,75	0,00	0,75	0,00	1,00	0,00	0,75	36,00	0,75	8,00
1,00	64,0	1,00	24,00	1,00	8,00	1,25	0,00	1,00	88,00	1,00	36,00
1,25	96,0	1,25	132,00	1,25	20,00	1,50	0,00	1,25	76,00	1,25	28,00
1,50	76,0	1,50	20,00	1,50	32,00	1,75	0,00	1,50	48,00	1,50	52,00
1,75	56,0	1,75	16,00	1,75	0,00	2,00	0,00	1,75	56,00	1,75	0,00
2,00	40,0	2,00	0,00	2,00	0,00	2,25	0,00	2,00	52,00	2,00	20,00
2,25	56,0	2,25	12,00	2,25	0,00	2,50	24,00	2,25	52,00	2,25	0,00
2,50	32,0	2,50	108,00	2,50	24,00	2,75	56,00	2,50	4,00	2,50	0,00
2,75	32,0	2,68	277,78	2,75	152,00	3,00	92,00	2,75	32,00	2,75	28,00
3,00	192,0			2,93	277,78	3,18	277,78	3,00	152,00	3,00	8,00
3,15	333,33							3,25	200,00	3,25	0,00
										3,50	36,00
										3,75	88,00
										4,00	200,00



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Nilai Nsw terhadap kedalaman penetrasi pada pengujian SWS

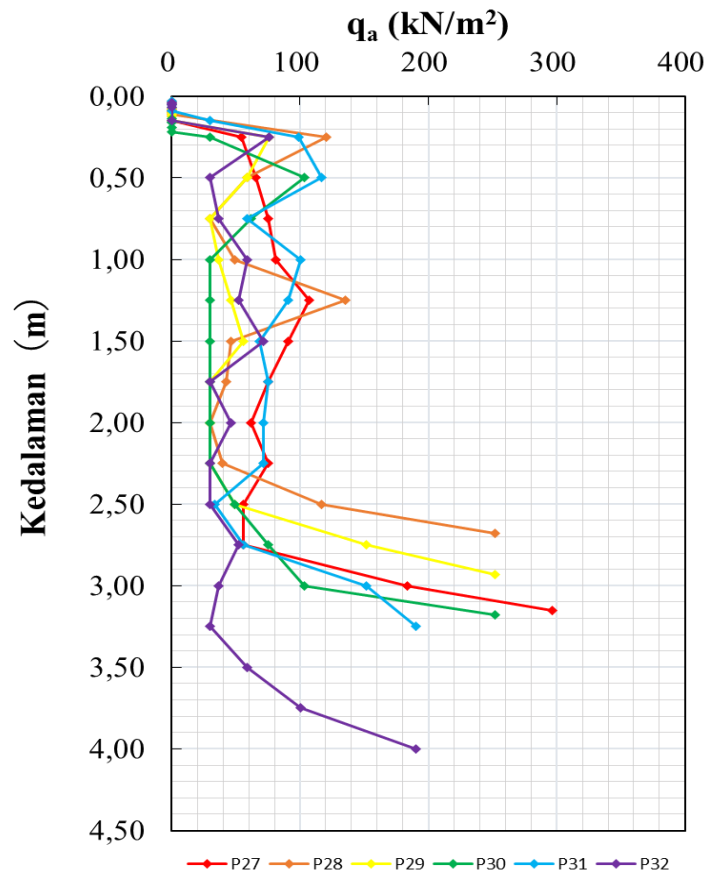
Nilai Nsw yang dibagi dalam rentang kedalaman per meter, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2, diperoleh nilai Nsw di semua titik pengujian pada rentang kedalaman 0 – 1 meter berkisar antara 0,00 – 113,04 n/m. Pada rentang kedalaman 1 – 2 m diperoleh nilai Nsw berkisar antara 0,00 – 132,00 n/m. Pada rentang kedalaman 2 – 4 m berkisar antara 0,00 – 333,33 n/m.

2. Nilai q_a (Daya Dukung Izin)

Nilai q_a (daya dukung izin) yang diperoleh dari perhitungan hasil pengujian *Swedish Weight Sounding* ini ditunjukkan pada Tabel 4.3, dimana pada tabel ini menunjukkan hasil ringkasan nilai q_a pada setiap titiknya, baik pada titik P27 sampai titik P32.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Nilai q_a

P27		P28		P29		P30		P31		P32	
KEDALAMAN	q_a	KEDALAMAN	q_a	KEDALAMAN	q_a	KEDALAMAN	q_a	KEDALAMAN	q_a	KEDALAMAN	q_a
0,08	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,14	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00
0,09	0,00	0,04	0,00	0,08	0,00	0,16	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
0,09	0,00	0,04	0,00	0,10	0,00	0,16	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00
0,10	0,00	0,05	0,00	0,11	0,00	0,19	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00
0,12	0,00	0,10	0,00	0,12	0,00	0,22	0,00	0,09	0,00	0,07	0,00
0,15	0,00	0,11	0,00	0,15	0,00	0,25	30,00	0,15	30,00	0,15	0,00
0,25	54,00	0,25	120,43	0,25	75,71	0,50	103,60	0,25	98,57	0,25	75,71
0,50	65,20	0,50	58,80	0,50	58,80	0,75	62,00	0,50	116,40	0,50	30,00
0,75	74,80	0,75	30,00	0,75	30,00	1,00	30,00	0,75	58,80	0,75	36,40
1,00	81,20	1,00	49,20	1,00	36,40	1,25	30,00	1,00	100,40	1,00	58,80
1,25	106,80	1,25	135,60	1,25	46,00	1,50	30,00	1,25	90,80	1,25	52,40
1,50	90,80	1,50	46,00	1,50	55,60	1,75	30,00	1,50	68,40	1,50	71,60
1,75	74,80	1,75	42,80	1,75	30,00	2,00	30,00	1,75	74,80	1,75	30,00
2,00	62,00	2,00	30,00	2,00	30,00	2,25	30,00	2,00	71,60	2,00	46,00
2,25	74,80	2,25	39,60	2,25	30,00	2,50	49,20	2,25	71,60	2,25	30,00
2,50	55,60	2,50	116,40	2,50	49,20	2,75	74,80	2,50	33,20	2,50	30,00
2,75	55,60	2,68	252,22	2,75	151,60	3,00	103,60	2,75	55,60	2,75	52,40
3,00	183,60			2,93	252,22	3,18	252,22	3,00	151,60	3,00	36,40
3,15	296,67							3,25	190,00	3,25	30,00
										3,50	58,80
										3,75	100,40
										4,00	190,00



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Nilai q_a terhadap kedalaman penetrasi pada pengujian SWS

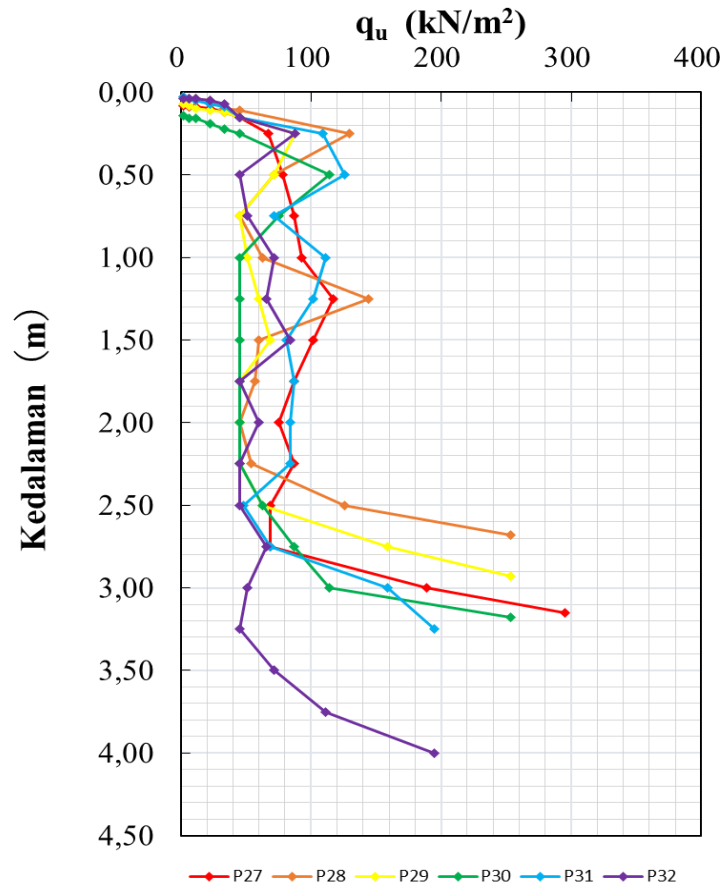
Nilai q_a yang dibagi dalam rentang kedalaman per meter, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.3, diperoleh nilai q_a pada setiap titik pengujian di kedalaman penetrasi masing-masing. Kedalaman 0 - 1 m nilai q_a berada pada rentang 0 – 120,43 kN/m², kedalaman 1 – 2 m nilai q_a diperoleh 30,00 – 135,60 kN/m², kedalaman 2 – 4 m nilai q_a berada pada rentang 30,00 – 296,67 kN/m².

3. Nilai q_u (Kuat Tekan Bebas)

Nilai q_u (kuat tekan bebas) yang diperoleh dari perhitungan hasil pengujian *Swedish Weight Sounding* ini dapat ditunjukkan pada Tabel 4.4, dimana pada tabel ini menunjukkan hasil ringkasan nilai q_u pada setiap titiknya, baik pada titik P27 hingga titik P32.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Nilai q_u

P27		P28		P29		P30		P31		P32	
KEDALAMAN	q_u	KEDALAMAN	q_u	KEDALAMAN	q_u	KEDALAMAN	q_u	KEDALAMAN	q_u	KEDALAMAN	q_u
0,08	2,25	0,03	2,25	0,07	2,25	0,14	2,25	0,03	2,25	0,04	2,25
0,09	6,75	0,04	6,75	0,08	6,75	0,16	6,75	0,04	6,75	0,04	6,75
0,09	11,25	0,04	11,25	0,10	11,25	0,16	11,25	0,05	11,25	0,04	11,25
0,10	22,50	0,05	22,50	0,11	22,50	0,19	22,50	0,07	22,50	0,05	22,50
0,12	33,75	0,10	33,75	0,12	33,75	0,22	33,75	0,09	33,75	0,07	33,75
0,15	45,00	0,11	45,00	0,15	45,00	0,25	45,00	0,15	45,00	0,15	45,00
0,25	67,50	0,25	129,78	0,25	87,86	0,50	114,00	0,25	109,29	0,25	87,86
0,50	78,00	0,50	72,00	0,50	72,00	0,75	75,00	0,50	126,00	0,50	45,00
0,75	87,00	0,75	45,00	0,75	45,00	1,00	45,00	0,75	72,00	0,75	51,00
1,00	93,00	1,00	63,00	1,00	51,00	1,25	45,00	1,00	111,00	1,00	72,00
1,25	117,00	1,25	144,00	1,25	60,00	1,50	45,00	1,25	102,00	1,25	66,00
1,50	102,00	1,50	60,00	1,50	69,00	1,75	45,00	1,50	81,00	1,50	84,00
1,75	87,00	1,75	57,00	1,75	45,00	2,00	45,00	1,75	87,00	1,75	45,00
2,00	75,00	2,00	45,00	2,00	45,00	2,25	45,00	2,00	84,00	2,00	60,00
2,25	87,00	2,25	54,00	2,25	45,00	2,50	63,00	2,25	84,00	2,25	45,00
2,50	69,00	2,50	126,00	2,50	63,00	2,75	87,00	2,50	48,00	2,50	45,00
2,75	69,00	2,68	253,33	2,75	159,00	3,00	114,00	2,75	69,00	2,75	66,00
3,00	189,00			2,93	253,33	3,18	253,33	3,00	159,00	3,00	51,00
3,15	295,00							3,25	195,00	3,25	45,00
										3,50	72,00
										3,75	111,00
										4,00	195,00



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Nilai q_u terhadap kedalaman penetrasi pada pengujian SWS

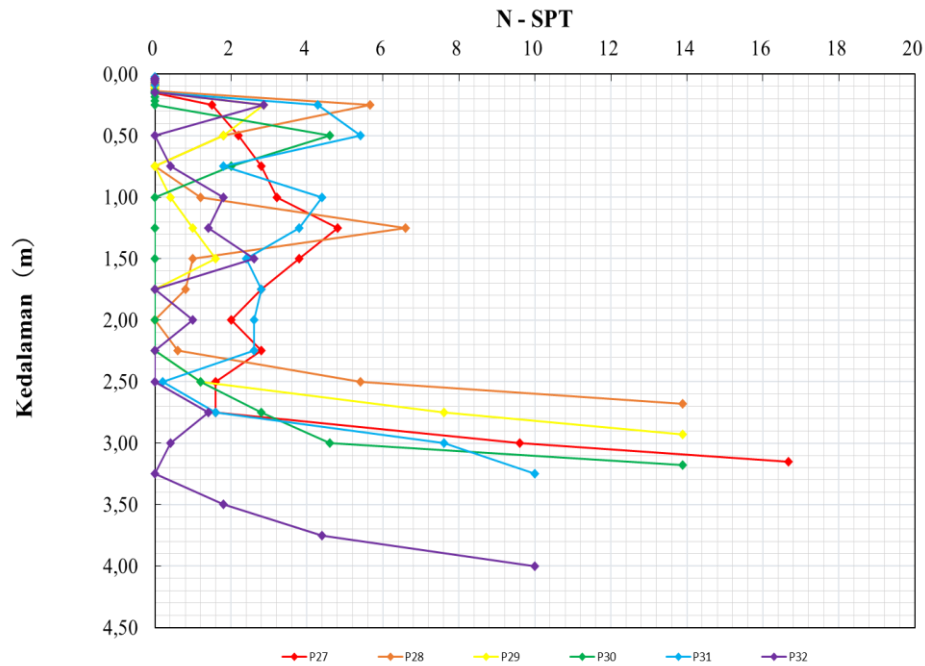
Nilai q_u yang dibagi dalam rentang kedalaman per meter, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.4, diperoleh nilai q_u pada rentang kedalaman 0 – 1 m nilai q_u berada pada rentang 2,25 – 129,78 kN/m², kedalaman 1 – 2 m nilai q_u diperoleh 45,00 – 144,00 kN/m², kedalaman 2 – 4 m nilai q_u berada pada rentang 45,00 – 295,00 kN/m².

4. Nilai N-SPT

Nilai N-SPT yang diperoleh dari perhitungan hasil pengujian *Swedish Weight Sounding* ini dapat ditunjukkan pada Tabel 4.5, dimana pada tabel ini menunjukkan hasil ringkasan nilai N-SPT pada setiap titiknya, baik pada titik P27 hingga titik P32.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Nilai N-SPT

P27		P28		P29		P30		P31		P32	
KEDALAMAN	N-SPT	KEDALAMAN	N-SPT	KEDALAMAN	N-SPT	KEDALAMAN	N-SPT	KEDALAMAN	N-SPT	KEDALAMAN	N-SPT
0,08	0,00	0,05	0,00	0,07	0,00	0,14	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00
0,09	0,00	0,06	0,00	0,08	0,00	0,16	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
0,09	0,00	0,07	0,00	0,10	0,00	0,16	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00
0,10	0,00	0,09	0,00	0,11	0,00	0,19	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00
0,12	0,00	0,10	0,00	0,12	0,00	0,22	0,00	0,09	0,00	0,07	0,00
0,15	0,00	0,14	0,00	0,15	0,00	0,25	0,00	0,15	0,00	0,15	0,00
0,25	1,50	0,25	5,66	0,25	2,86	0,50	4,60	0,25	4,29	0,25	2,86
0,50	2,20	0,50	1,80	0,50	1,80	0,75	2,00	0,50	5,40	0,50	0,00
0,75	2,80	0,75	0,00	0,75	0,00	1,00	0,00	0,75	1,80	0,75	0,40
1,00	3,20	1,00	1,20	1,00	0,40	1,25	0,00	1,00	4,40	1,00	1,80
1,25	4,80	1,25	6,60	1,25	1,00	1,50	0,00	1,25	3,80	1,25	1,40
1,50	3,80	1,50	1,00	1,50	1,60	1,75	0,00	1,50	2,40	1,50	2,60
1,75	2,80	1,75	0,80	1,75	0,00	2,00	0,00	1,75	2,80	1,75	0,00
2,00	2,00	2,00	0,00	2,00	0,00	2,25	0,00	2,00	2,60	2,00	1,00
2,25	2,80	2,25	0,60	2,25	0,00	2,50	1,20	2,25	2,60	2,25	0,00
2,50	1,60	2,50	5,40	2,50	1,20	2,75	2,80	2,50	0,20	2,50	0,00
2,75	1,60	2,68	13,89	2,75	7,60	3,00	4,60	2,75	1,60	2,75	1,40
3,00	9,60			2,93	13,89	3,18	13,89	3,00	7,60	3,00	0,40
3,15	16,67							3,25	10,00	3,25	0,00
										3,50	1,80
										3,75	4,40
										4,00	10,00



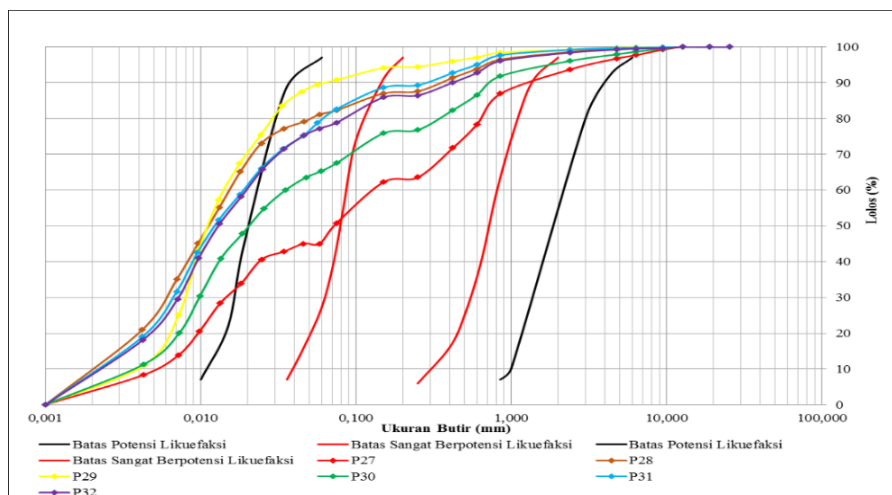
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Nilai N-SPT terhadap kedalaman penetrasi pada pengujian SWS

Nilai N-SPT yang dibagi dalam rentang kedalaman per meter, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.5, kedalaman 0 - 1 m nilai N-SPT berada pada rentang 0 - 6 kali, kedalaman 1 - 2 m berada pada rentang 0 - 7 kali, kedalaman 2 - 4 m berada pada rentang 0 - 17 kali.

4.3 Potensi Likuefaksi

4.3.1 Potensi Likuefaksi Berdasarkan Grafik Butiran

Salah satu tujuan pengujian analisa saringan dan hidrometer adalah untuk mengetahui potensi terjadinya likuefaksi berdasarkan distribusi ukuran butiran, dimana salah satu kriteria untuk mengetahui potensi terjadinya likuefaksi telah dikemukakan oleh Tsuchida (1970) melalui kurva potensi likuefaksinya. Hasil pengujian analisa saringan dan hidrometer dari sampel - sampel tanah yang diambil dari keenam titik pengujian, ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Potensi Likuefaksi berdasarkan Ukuran Butiran

Tabel 4.6 Hasil Persentasi Potensi Likuefaksi Pada Setiap Titik

Titik Pengujian	Berpotensi Likuefaksi (%)	Sangat Berpotensi Likuefaksi (%)	Tidak Berpotensi Likuefaksi (%)
P27	30	40	30
P28	10	15	75
P29	15	5	80
P30	25	25	50
P31	25	10	65
P32	23	12	65
% Rata- rata	21,33	17,83	60,84

Kurva Potensi Likuefaksi oleh Tsuchida (1970) yang di tunjukkan pada gambar 4.6 dan tabel 4.6 menunjukkan bahwa Jalan Labu Kelurahan Balaroa rata-rata berpotensi likuefaksi 21,33%, sangat berpotensi likuefaksi 17,83% dan tidak berpotensi likuefaksi 60,84%.

4.3.2 Analisis Potensi Likuefaksi

Data Nsw yang telah dikorelasikan ke data N-SPT digunakan untuk menentukan nilai CSR dan CRR agar bisa menghitung nilai FS, LPI, dan PL: (Contoh Perhitungan pada pengujian titik P29 kedalaman 0.07 m) dengan data sebagai berikut:

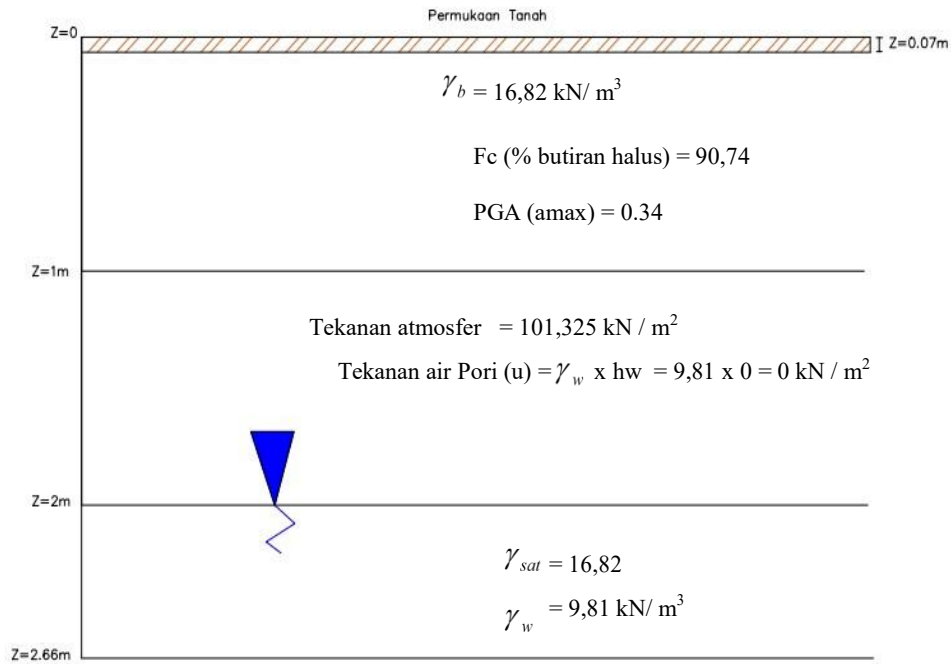
Diketahui :

$$\text{Kedalaman (z)} = 0.07 \text{ m}$$

$$\text{N-SPT} = 0$$

$$\text{Berat isi tanah} = 16.82 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Berat volume air} = 9,81 \text{ kN/m}^3$$



1. Perhitungan Tegangan Total (σ), pada kedalaman $Z = 0,07 \text{ m}$

$$\begin{aligned}\sigma &= \gamma_b \times Z \\ &= 16,82 \times 0,07 \\ &= 1,09 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

2. Perhitungan Tegangan Efektif (σ'), belum mencapai muka air tanah

$$\begin{aligned}\sigma' &= \sigma - U \\ &= 1,09 - 0 \\ &= 1,09 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

3. Perhitungan Reduksi Tegangan (r_d)

$$\begin{aligned}r_d &= 1 - 0,015 (z) \\ &= 1 - 0,015 (0,07) \\ &= 1\end{aligned}$$

4. Perhitungan *Cyclic Stress Ratio* (CSR)

$$\begin{aligned}\text{CSR} &= \frac{\text{CCYC}}{g} = 0,65 \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma}{\sigma'} \right) r_d \\ &= 0,065 \left(\frac{0,34}{9,81} \right) \left(\frac{1,09}{1,09} \right) 1 \\ &= 0,02247\end{aligned}$$

5. Perhitungan $(N_1)_{60cs}$

$$\begin{aligned}(N_1)_{60cs} &= \alpha + \beta (N_1)_{60} \\ &= 5,68 + 1,85 (0) \\ &= 5,68\end{aligned}$$

6. Perhitungan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR)

$$\begin{aligned}CRR_{7.5} &= \frac{1}{34 - (N_1)_{60cs}} + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{135} \right) + \frac{50}{\{10 \cdot (N_1)_{60cs} + 45\}^2} - \frac{1}{200} \\ &= \frac{1}{34 - 5,68} + \left(\frac{5,68}{135} \right) + \frac{50}{\{10 \cdot (5,68) + 45\}^2} - \frac{1}{200} \\ &= 0,09\end{aligned}$$

7. Perhitungan nilai MSF (*Magnitude Scaling Factors*)

Untuk $M_w = 7,4$ M_w yang artinya $M_w < 7,5$.

$$\begin{aligned}MSF &= 10^{2,24} / M_w^{2,56} \\ &= 10^{2,24} / 7,4^{2,56} \\ &= 1,03\end{aligned}$$

8. Perhitungan nilai f

$$\begin{aligned}f &= 0,831 - \frac{(N_1)_{60cs}}{160} \\ &= 0,831 - \frac{5,68}{160} \\ &= 0,80\end{aligned}$$

9. Perhitungan nilai $K\sigma$

$$\begin{aligned}K\sigma &= \left(\frac{\sigma'}{P_{\alpha}} \right)^f \\ &= \left(\frac{1,09}{101} \right)^{0,80} \\ &= 0,03\end{aligned}$$

10. Perhitungan nilai CRR_{MW}

$$\begin{aligned}CRR_{MW} &= CRR_{7.5} \cdot MSF \cdot K\sigma \\ &= 0,07 \cdot 1,03 \cdot 0,02 \\ &= 0,003\end{aligned}$$

11. Perhitungan *Factor of Safety* (FS)

$$\begin{aligned}FS &= CRR_{MW} / CSR \\ &= 0,003 / 0,02247 \\ &= 0,11\end{aligned}$$

12. Perhitungan nilai *Liquefaction Potential Index* (LPI)

$$\begin{aligned} \text{LPI} &= \sum_{i=1}^n F_i \times w_i \times H_i \\ &= 0,89 \cdot 9,98 \cdot 0,07 \\ &= 0,58 \end{aligned}$$

13. Perhitungan nilai *Probability of Liquefaction* (P_L)

$$\begin{aligned} P_L &= \frac{1}{1 + \left(\frac{FS}{1,905}\right)^{3,8}} \\ &= \frac{1}{1 + \left(\frac{0,11}{1,905}\right)^{3,8}} \\ &= 0,80 \end{aligned}$$

Karena diperoleh nilai $FS = 0,11 < 1$, maka tanah tersebut berpotensi terjadi likuefaksi.

Adapun hasil perhitungan nilai FS pada titik P29 dengan berbagai kedalaman tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.7. Sedangkan hasil perhitungan pada titik P27 hingga titik P32 dengan berbagai kedalaman dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Nilai FS pada Titik P29

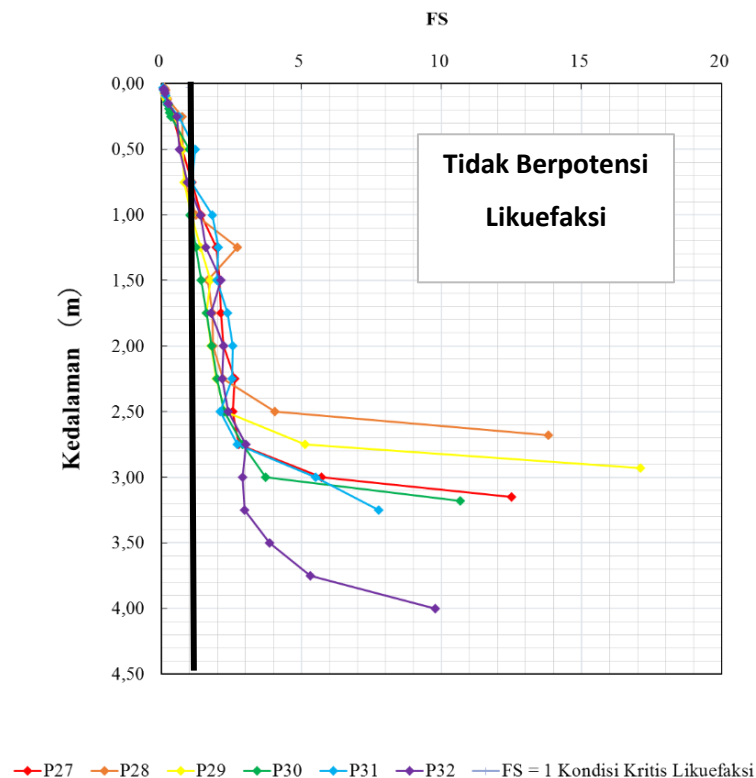
Kedalaman D (m)	Berat Isi (kN/m ³)	σ_v (kN/m ²)	σ'_v (kN/m ²)	rd	Pa (kN/m ²)	a max (g)	g (m/s ²)	CSR	N-SPT	(N1) ₆₀	FC (%)	α	β	(N1) ₆₀ CS	CRR _{7,5}	MSF	f	K σ	CRR _{Mw}	FS	Keterangan
0,07	16,82	1,09	1,09	1,00	101	0,34	9,81	0,02247	0	0	90,74	5,68	1,85	5,68	0,09	1,03	0,80	0,03	0,00	0,11	Berpotensi Likuefaksi
0,08	16,82	1,26	1,26	1,00	101	0,34	9,81	0,02247	0	0	90,74	5,68	1,85	5,68	0,09	1,03	0,80	0,03	0,00	0,13	Berpotensi Likuefaksi
0,10	16,82	1,60	1,60	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	90,74	5,68	1,85	5,68	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,15	Berpotensi Likuefaksi
0,11	16,82	1,77	1,77	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	90,74	5,68	1,85	5,68	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,17	Berpotensi Likuefaksi
0,12	16,82	1,93	1,93	1,00	101	0,34	9,81	0,02245	0	0	90,74	5,68	1,85	5,68	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,18	Berpotensi Likuefaksi
0,15	16,82	2,44	2,44	1,00	101	0,34	9,81	0,02244	0	0	90,74	5,68	1,85	5,69	0,09	1,03	0,80	0,05	0,00	0,21	Berpotensi Likuefaksi
0,25	16,82	4,21	4,21	1,00	101	0,34	9,81	0,02241	3	3	90,74	5,68	1,85	10,98	0,13	1,03	0,76	0,09	0,01	0,51	Berpotensi Likuefaksi
0,50	16,82	8,41	8,41	0,99	101	0,34	9,81	0,02232	2	2	90,74	5,68	1,85	9,02	0,11	1,03	0,77	0,15	0,02	0,75	Berpotensi Likuefaksi
0,75	16,82	12,62	12,62	0,99	101	0,34	9,81	0,02224	0	0	90,74	5,68	1,85	5,69	0,09	1,03	0,80	0,19	0,02	0,80	Berpotensi Likuefaksi
1,00	16,82	16,82	16,82	0,99	101	0,34	9,81	0,02215	0	0	90,74	5,68	1,85	6,43	0,09	1,03	0,79	0,24	0,02	1,07	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,25	16,82	21,03	21,03	0,98	101	0,34	9,81	0,02207	1	1	90,74	5,68	1,85	7,54	0,10	1,03	0,78	0,29	0,03	1,39	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,50	16,82	25,23	25,23	0,98	101	0,34	9,81	0,02199	2	2	90,74	5,68	1,85	8,65	0,11	1,03	0,78	0,34	0,04	1,74	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,75	16,82	29,44	29,44	0,97	101	0,34	9,81	0,02190	0	0	90,74	5,68	1,85	5,69	0,09	1,03	0,80	0,38	0,03	1,60	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,00	16,82	33,64	33,64	0,97	101	0,34	9,81	0,02182	0	0	90,74	5,68	1,85	5,69	0,09	1,03	0,80	0,42	0,04	1,78	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,25	16,82	37,85	37,85	0,97	101	0,34	9,81	0,02173	0	0	90,74	5,68	1,85	5,69	0,09	1,03	0,80	0,46	0,04	1,97	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,50	16,82	42,19	39,74	0,96	101	0,34	9,81	0,02298	1	1	90,74	5,68	1,85	7,91	0,10	1,03	0,78	0,48	0,05	2,26	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,75	16,82	46,54	44,08	0,96	101	0,34	9,81	0,02276	8	8	90,74	5,68	1,85	19,78	0,20	1,03	0,71	0,56	0,12	5,14	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,93	16,82	49,66	47,90	0,96	101	0,34	9,81	0,02230	14	14	90,74	5,68	1,85	31,44	0,59	1,03	0,63	0,62	0,38	17,10	Tidak Berpotensi Likuefaksi
																				2,06	Tidak Berpotensi Likuefaksi

Keterangan :

Muka Air Tanah -----

Tabel 4.8 Rekapitulasi Nilai FS pada Setiap Titik Pengujian

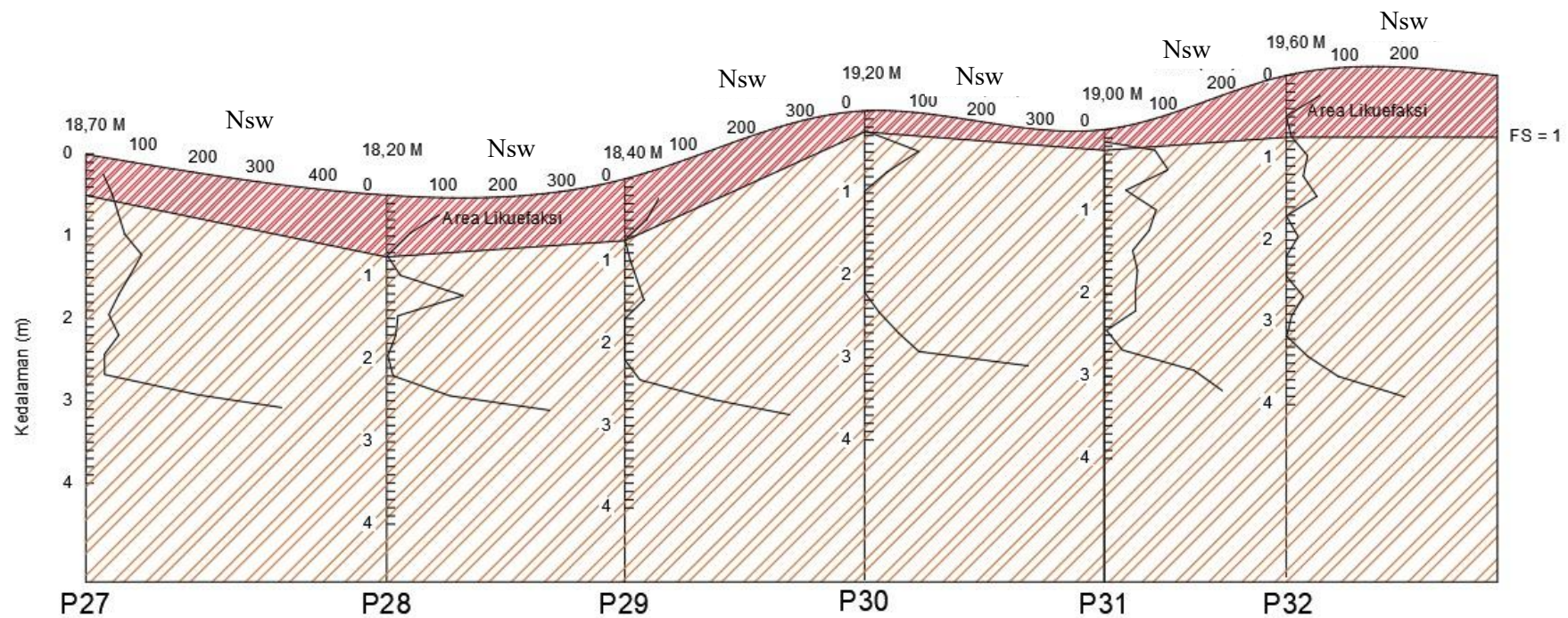
P27		P28		P29		P30		P31		P32	
KEDALAMAN	FS	KEDALAMAN	FS	KEDALAMAN	FS	KEDALAMAN	FS	KEDALAMAN	FS	KEDALAMAN	FS
0,08	0,14	0,03	0,10	0,07	0,11	0,14	0,21	0,03	0,06	0,04	0,08
0,09	0,14	0,04	0,10	0,08	0,13	0,16	0,23	0,04	0,08	0,04	0,08
0,09	0,14	0,04	0,12	0,10	0,15	0,16	0,23	0,05	0,09	0,04	0,09
0,10	0,16	0,05	0,15	0,11	0,17	0,19	0,26	0,07	0,12	0,05	0,10
0,12	0,19	0,10	0,16	0,12	0,18	0,22	0,30	0,09	0,15	0,07	0,13
0,15	0,22	0,11	0,21	0,15	0,21	0,25	0,34	0,15	0,23	0,15	0,24
0,25	0,40	0,25	0,74	0,25	0,51	0,50	1,00	0,25	0,63	0,25	0,54
0,50	0,75	0,50	0,77	0,50	0,75	0,75	1,03	0,50	1,22	0,50	0,64
0,75	1,09	0,75	0,83	0,75	0,80	1,00	1,02	0,75	1,07	0,75	0,93
1,00	1,42	1,00	1,22	1,00	1,07	1,25	1,23	1,00	1,83	1,00	1,40
1,25	1,96	1,25	2,72	1,25	1,39	1,50	1,42	1,25	2,03	1,25	1,60
1,50	2,07	1,50	1,65	1,50	1,74	1,75	1,62	1,50	1,99	1,50	2,12
1,75	2,14	1,75	1,83	1,75	1,60	2,00	1,81	1,75	2,35	1,75	1,77
2,00	2,21	2,00	1,85	2,00	1,78	2,25	1,99	2,00	2,56	2,00	2,22
2,25	2,61	2,25	2,19	2,25	1,97	2,50	2,24	2,25	2,52	2,25	2,17
2,50	2,55	2,50	4,05	2,50	2,26	2,75	2,89	2,50	2,09	2,50	2,37
2,75	2,76	2,68	13,82	2,75	5,14	3,00	3,72	2,75	2,71	2,75	3,02
3,00	5,72			2,93	17,10	3,18	10,68	3,00	5,50	3,00	2,90
3,15	12,49							3,25	7,76	3,25	2,96
										3,50	3,86
										3,75	5,31
										4,00	9,78



Gambar 4.7 Grafik hubungan antara kedalaman penetrasi dan nilai FS pada semua titik pengujian

Hasil tabel 4.8 dan Gambar 4.7, maka hubungan antara kedalaman penetrasi dan nilai FS pada masing-masing titik pengujian dapat diuraikan sebagai berikut :

- Titik pengujian P27 kedalaman penetrasi 0 - 0,50 m berpotensi likuefaksi dan kedalaman 0,75 - 3,15 m tidak berpotensi terjadi likuefaksi.
- Titik pengujian P28 kedalaman penetrasi 0 - 0,75 m berpotensi likuefaksi dan kedalaman 1,00 - 2,68 m tidak berpotensi terjadi likuefaksi.
- Titik pengujian P29 kedalaman penetrasi 0 – 0,75 m berpotensi likuefaksi dan kedalaman 1,00 – 2,93 m tidak berpotensi terjadi likuefaksi.
- Titik pengujian P30 kedalaman penetrasi 0 – 0,25 m berpotensi likuefaksi dan kedalaman 0,50 – 3,18 m tidak berpotensi terjadi likuefaksi.
- Titik pengujian P31 kedalaman penetrasi 0 – 0,25 m berpotensi likuefaksi dan kedalaman 0,50 – 3,25 m tidak berpotensi terjadi likuefaksi.
- Titik pengujian P32 kedalaman penetrasi 0 – 0,75 m berpotensi likuefaksi dan kedalaman 1,00 – 4,00 m tidak berpotensi terjadi likuefaksi.



Gambar 4.8 Perbandingan nilai FS terhadap kedalaman di setiap titik

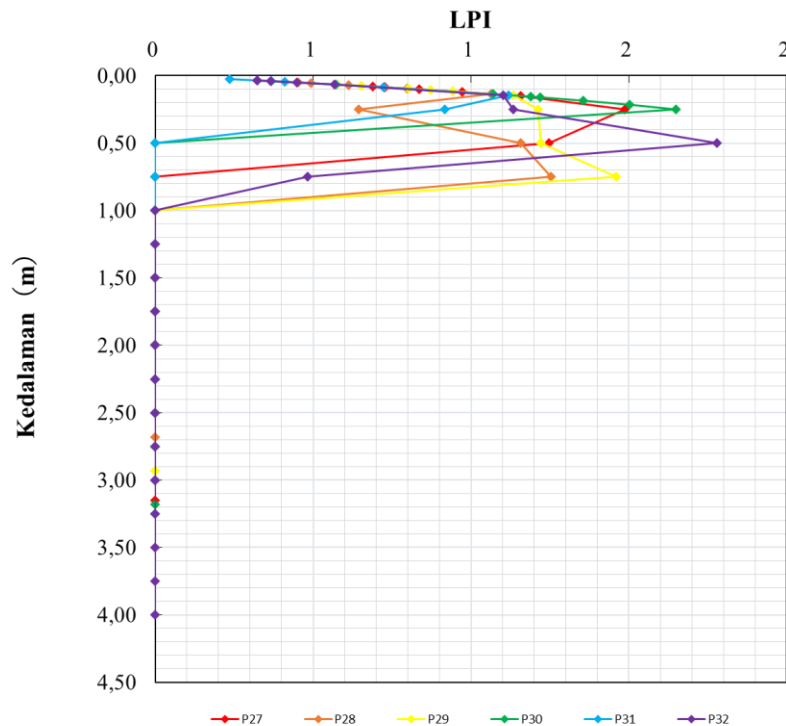
Untuk menghitung nilai *Liquefaction Potential Index* (LPI) pada contoh perhitungan titik P29 kedalaman 0.07 m, didapatkan nilai LPI = 0,58 maka berdasarkan tabel 2.4 mengenai tingkat keparahan likuefaksi masuk dalam kategori $0 < LPI \leq 2$ dengan tingkat keparahan yaitu menengah. Adapun hasil perhitungan nilai LPI pada titik P29 dengan berbagai kedalaman tersebut dapat dilihat pada tabel 4.9. Sedangkan hasil perhitungan pada titik P27 hingga titik P32 dengan berbagai kedalaman dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Nilai LPI pada titik P29

Kedalaman (m)	FS	zi (m)	Hi (m)	w (zi)	Fi	LPI	Keterangan
0,07	0,11	0,03	0,07	9,98	0,89	0,58	Rendah
0,08	0,13	0,04	0,08	9,98	0,87	0,65	Rendah
0,10	0,15	0,05	0,10	9,98	0,85	0,80	Rendah
0,11	0,17	0,05	0,11	9,97	0,83	0,87	Rendah
0,12	0,18	0,06	0,12	9,97	0,82	0,94	Rendah
0,15	0,21	0,07	0,15	9,96	0,79	1,13	Rendah
0,25	0,51	0,13	0,25	9,94	0,49	1,21	Rendah
0,50	0,75	0,25	0,50	9,88	0,25	1,22	Rendah
0,75	0,80	0,38	0,75	9,81	0,20	1,46	Rendah
1,00	1,07	0,50	1,00	9,75	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,25	1,39	0,63	1,25	9,69	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,50	1,74	0,75	1,50	9,63	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,75	1,60	0,88	1,75	9,56	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,00	1,78	1,00	2,00	9,50	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,25	1,97	1,13	2,25	9,44	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,50	2,26	1,25	2,50	9,38	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,75	5,14	1,38	2,75	9,31	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,93	17,10	1,47	2,93	9,27	0,00	0,00	Sangat Rendah
LPI = $\Sigma F \cdot W(z) \cdot H_i$						0,49	Rendah

Tabel 4.10 Rekapitulasi Nilai LPI pada Setiap Titik Pengujian

P27		P28		P29		P30		P31		P32	
KEDALAMAN	LPI	KEDALAMAN	LPI	KEDALAMAN	LPI	KEDALAMAN	LPI	KEDALAMAN	LPI	KEDALAMAN	LPI
0,08	0,69	0,05	0,45	0,07	0,58	0,14	1,07	0,03	0,24	0,04	0,32
0,09	0,73	0,06	0,49	0,08	0,65	0,16	1,19	0,04	0,37	0,04	0,32
0,09	0,73	0,07	0,61	0,10	0,80	0,16	1,22	0,05	0,41	0,04	0,37
0,10	0,84	0,09	0,73	0,11	0,87	0,19	1,36	0,07	0,57	0,05	0,45
0,12	0,97	0,10	0,80	0,12	0,94	0,22	1,50	0,09	0,72	0,07	0,57
0,15	1,16	0,14	1,06	0,15	1,13	0,25	1,65	0,15	1,12	0,15	1,10
0,25	1,49	0,25	0,64	0,25	1,21	0,50	0,00	0,25	0,92	0,25	1,13
0,50	1,25	0,50	1,16	0,50	1,22	0,75	0,00	0,50	0,00	0,50	1,78
0,75	0,00	0,75	1,25	0,75	1,46	1,00	0,00	0,75	0,00	0,75	0,48
1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,25	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
1,25	0,00	1,25	0,00	1,25	0,00	1,50	0,00	1,25	0,00	1,25	0,00
1,50	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	1,75	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00
1,75	0,00	1,75	0,00	1,75	0,00	2,00	0,00	1,75	0,00	1,75	0,00
2,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	2,25	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00
2,25	0,00	2,25	0,00	2,25	0,00	2,50	0,00	2,25	0,00	2,25	0,00
2,50	0,00	2,50	0,00	2,50	0,00	2,75	0,00	2,50	0,00	2,50	0,00
2,75	0,00	2,68	0,00	2,75	0,00	3,00	0,00	2,75	0,00	2,75	0,00
3,00	0,00			2,93	0,00	3,18	0,00	3,00	0,00	3,00	0,00
3,15	0,00							3,25	0,00	3,25	0,00
										3,50	0,00
										3,75	0,00
										4,00	0,00



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara kedalaman penetrasi dan nilai LPI pada semua titik pengujian

Hasil tabel 4.10 dan Gambar 4.9 maka hubungan antara kedalaman penetrasi dan nilai LPI pada masing-masing titik pengujian dapat diuraikan sebagai berikut :

- Titik pengujian P27 diperoleh pada kedalaman 0 – 0,50 m potensi likuefaksi rendah dan kedalaman penetrasi 0,75 – 3,15 m potensi likuefaksi sangat rendah.
- Titik pengujian P28 kedalaman penetrasi 0 - 0,75 m potensi likuefaksi rendah dan kedalaman 1,00 - 2,68 m potensi likuefaksi sangat rendah.
- Titik pengujian P29 kedalaman penetrasi 0 – 0,75 m potensi likuefaksi rendah dan kedalaman 1,00 – 2,93 m potensi likuefaksi sangat rendah.
- Titik pengujian P30 kedalaman penetrasi 0 – 0,25 m potensi likuefaksi rendah dan kedalaman 0,50 – 3,18 m potensi likuefaksi sangat rendah.
- Titik pengujian P31 kedalaman penetrasi 0 – 0,25 m potensi likuefaksi rendah dan kedalaman 0,50 – 3,25 m potensi likuefaksi sangat rendah.
- Titik pengujian P32 kedalaman penetrasi 0 – 0,75 m potensi likuefaksi rendah dan kedalaman 1,00 – 4,00 m potensi likuefaksi sangat rendah.

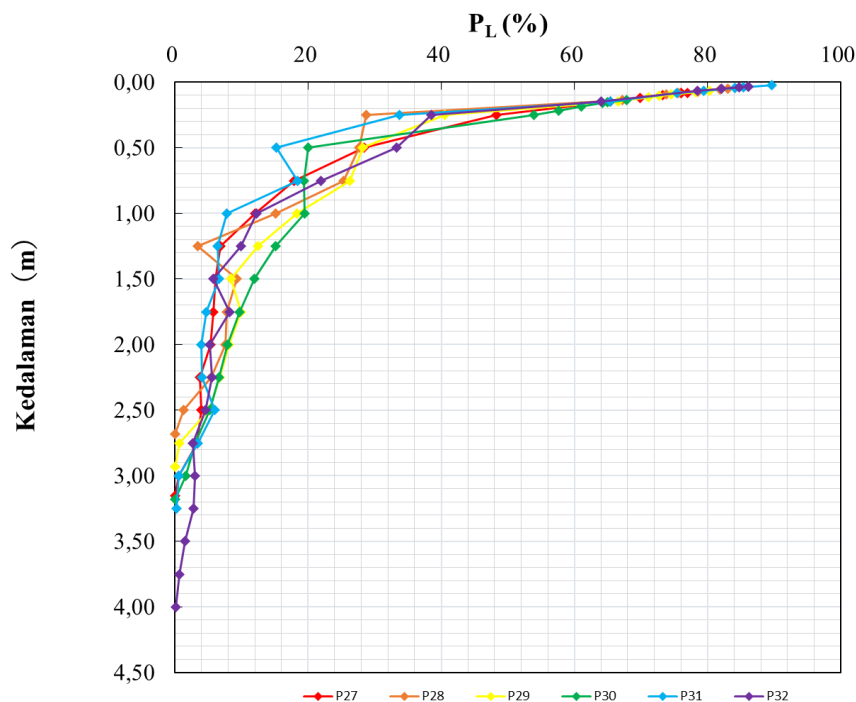
Untuk menghitung nilai *Probability of Liquefaction* (P_L) pada contoh perhitungan titik P29 kedalaman 0.07 m, didapatkan nilai $P_L = 0,80$ maka berdasarkan tabel 2.5 mengenai klasifikasi probabilitas likuefaksi, nilai tersebut masuk dalam kategori $0,65 \leq P_L < 0,85$ dengan tingkat sangat mungkin. Adapun hasil perhitungan nilai P_L pada titik P29 dengan berbagai kedalaman tersebut dapat dilihat pada tabel 4.11. Sedangkan hasil perhitungan pada titik P27 hingga titik P32 dengan berbagai kedalaman dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Nilai P_L pada titik P29

Kedalaman (m)	FS	P_L	Keterangan
0,07	0,11	0,80	Sangat mungkin
0,08	0,13	0,78	Sangat mungkin
0,10	0,15	0,75	Sangat mungkin
0,11	0,17	0,73	Sangat mungkin
0,12	0,18	0,71	Sangat mungkin
0,15	0,21	0,67	Sangat mungkin
0,25	0,51	0,40	Mungkin
0,50	0,75	0,28	Tidak mungkin
0,75	0,80	0,26	Tidak mungkin
1,00	1,07	0,18	Tidak mungkin
1,25	1,39	0,12	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,50	1,74	0,08	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,75	1,60	0,10	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,00	1,78	0,08	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,25	1,97	0,07	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,50	2,26	0,05	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,75	5,14	0,01	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,93	17,10	0,00	Hampir pasti tidak likuefaksi
		0,34	Tidak mungkin

Tabel 4.12 Rekapitulasi Nilai P_L pada Setiap Titik Pengujian

P27		P28		P29		P30		P31		P32	
KEDALAMAN	P_L	KEDALAMAN	P_L	KEDALAMAN	P_L	KEDALAMAN	P_L	KEDALAMAN	P_L	KEDALAMAN	P_L
0,08	76,94	0,05	83,10	0,07	80,28	0,14	67,80	0,03	89,65	0,04	86,10
0,09	75,98	0,06	81,92	0,08	78,25	0,16	64,96	0,04	85,40	0,04	86,10
0,09	75,98	0,07	78,63	0,10	74,51	0,16	64,28	0,05	84,11	0,04	84,70
0,10	73,25	0,09	75,64	0,11	72,78	0,19	61,08	0,07	79,44	0,05	82,07
0,12	69,91	0,10	73,78	0,12	71,13	0,22	57,61	0,09	75,34	0,07	78,50
0,15	65,44	0,14	67,20	0,15	66,61	0,25	53,97	0,15	65,36	0,15	63,98
0,25	48,34	0,25	28,70	0,25	40,50	0,50	20,03	0,25	33,70	0,25	38,54
0,50	28,43	0,50	27,70	0,50	28,22	0,75	19,41	0,50	15,28	0,50	33,28
0,75	17,87	0,75	25,32	0,75	26,32	1,00	19,51	0,75	18,42	0,75	21,94
1,00	12,01	1,00	15,16	1,00	18,36	1,25	15,11	1,00	7,77	1,00	12,30
1,25	6,79	1,25	3,43	1,25	12,44	1,50	11,98	1,25	6,38	1,25	9,91
1,50	6,12	1,50	9,30	1,50	8,46	1,75	9,68	1,50	6,62	1,50	5,82
1,75	5,74	1,75	7,76	1,75	9,89	2,00	7,94	1,75	4,71	1,75	8,26
2,00	5,36	2,00	7,62	2,00	8,12	2,25	6,60	2,00	3,94	2,00	5,29
2,25	3,75	2,25	5,45	2,25	6,76	2,50	5,22	2,25	4,07	2,25	5,54
2,50	3,95	2,50	1,31	2,50	5,13	2,75	3,00	2,50	5,97	2,50	4,62
2,75	3,32	2,68	0,03	2,75	0,70	3,00	1,63	2,75	3,47	2,75	2,70
3,00	0,51			2,93	0,02	3,18	0,08	3,00	0,57	3,00	2,98
3,15	0,05							3,25	0,21	3,25	2,84
										3,50	1,49
										3,75	0,63
										4,00	0,10



Gambar 4.10 Grafik hubungan antara kedalaman penetrasi terhadap nilai P_L pada setiap titik.

Hasil tabel 4.12 dan Gambar 4.10 maka hubungan antara kedalaman penetrasi dan nilai P_L pada masing-masing titik pengujian dapat diuraikan sebagai berikut :

- Titik pengujian P27 diperoleh pada kedalaman 0 – 0,15 m sangat mungkin berpotensi likuefaksi, pada kedalaman 0,25 m mungkin terjadi likuefaksi, pada kedalaman 0,50 – 0,75 tidak mungkin terjadi likuefaksi dan pada kedalaman 1,00 – 3,15 m hampir pasti tidak terjadi likuefaksi.
- Titik pengujian P28 diperoleh pada kedalaman 0 – 0,14 m sangat mungkin terjadi likuefaksi, pada kedalaman 0,25 – 1,00 m tidak mungkin terjadi likuefaksi dan pada kedalaman 1,25 – 2,68 m hampir pasti tidak terjadi likuefaksi.
- Titik pengujian P29 pada kedalaman 0 – 0,15 m sangat mungkin terjadi likuefaksi, pada kedalaman 0,25 m mungkin terjadi likuefaksi, pada kedalaman 0,50 – 1,00 m tidak mungkin terjadi likuefaksi dan pada kedalaman 1,25 – 2,93 m hampir pasti tidak terjadi likuefaksi.
- Titik pengujian P30 pada kedalaman 0 – 0,14 m sangat mungkin terjadi likuefaksi, pada kedalaman 0,16 – 0,25 m mungkin terjadi likuefaksi, pada

kedalaman 0,50 – 1,25 m tidak mungkin terjadi likuefaksi dan pada kedalaman 1,50 – 3,18 m hampir pasti tidak terjadi likuefaksi.

- Titik pengujian P31 diperoleh pada kedalaman 0 – 0,04 m hampir pasti terjadi likuefaksi, pada kedalaman 0,05 – 0,15 m sangat mungkin terjadi likuefaksi, pada kedalaman 0,25 – 0,75 m tidak mungkin terjadi likuefaksi dan pada kedalaman 1,00 – 3,25 m hampir pasti tidak terjadi likuefaksi.
- Titik pengujian P32 diperoleh pada kedalaman 0 – 0,04 m hampir pasti terjadi likuefaksi, pada kedalaman 0,04 – 0,07 m sangat mungkin terjadi likuefaksi, pada kedalaman 0,15 – 0,25 m mungkin terjadi likuefaksi, pada kedalaman 0,50 – 0,75 m tidak mungkin terjadi likuefaksi dan pada kedalaman 1,00 – 4,00 m hampir pasti tidak terjadi likuefaksi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Karakteristik tanah pada jalan Labu Kelurahan Balaroa berdasarkan hasil pengujian laboratorium berupa analisa saringan, hidrometer, dan batas - batas atterberg diperoleh jenis klasifikasi tanah berdasarkan sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) yaitu : pada titik P27 sampai dengan P32 merupakan jenis tanah pasir yang sangat halus dengan plastisitas yang rendah (ML). Daya dukung tanah berdasarkan pada pengujian SWS diperoleh nilai q_a pada setiap titik pengujian di kedalaman penetrasi masing-masing. Kedalaman 0 - 1 m nilai q_a berada pada rentang 0 – 120,43 kN/m², kedalaman 1 – 2 m nilai q_a diperoleh 30,00 – 135,60 kN/m², kedalaman 2 – 4 m nilai q_a berada pada rentang 30,00 – 296,67 kN/m². Sedangkan nilai q_u pada setiap titik pengujian di kedalaman penetrasi masing – masing. Kedalaman 0 – 1 m nilai q_u berada pada rentang 2,25 – 129,78 kN/m², kedalaman 1 – 2 m nilai q_u diperoleh 45,00 – 144,00 kN/m², kedalaman 2 – 4 m nilai q_u berada pada rentang 45,00 – 295,00 kN/m².
2. Dari hasil analisa potensi likuefaksi di sekitar jalan Labu Kelurahan Balaroa dapat disimpulkan sebagai berikut :
 - a) Hasil perhitungan nilai *Factor of Safety* (FS) diperoleh bahwa lapisan tanah pada keenam titik pengujian yang berpotensi likuefaksi pada kedalaman penetrasi rentang 0 – 0,75 m. Sedangkan yang tidak berpotensi pada kedalaman penetrasi rentang 0,50 – 4,00 m.
 - b) Hasil perhitungan nilai *Liquefaction Potential Index* (LPI) diperoleh bahwa lapisan tanah pada keenam titik pengujian yang berpotensi likuefaksi rendah dengan kedalaman penetrasi rentang 0 – 0,75 m. Sedangkan yang berpotensi likuefaksi sangat rendah berada pada kedalaman penetrasi rentang 0,50 – 4,00 m.

- c) Hasil perhitungan nilai *Probability of Liquefaction* (P_L) diperoleh bahwa lapisan tanah pada keenam titik pengujian masuk dalam kategori sangat mungkin pada kedalaman penetrasi rentang 0 – 0,15 m, kategori mungkin terjadi pada kedalaman penetrasi rentang 0,15 – 0,25 m, tidak mungkin terjadi likuefaksi pada kedalaman penetrasi rentang 0,25 – 1,25 m, dan kategori hampir pasti tidak terjadi likuefaksi pada kedalaman penetrasi rentang 1,00 – 4,00 m.

5.2 Saran

1. Untuk pengembangan penelitian ini kedepannya, perlu dilakukan pengujian dengan alat *Swedish Weigth Sounding* dengan jumlah titik pengujian yang lebih banyak dikarenakan luas daerah Jalan Labu Kelurahan Balaroa yang cukup luas, sehingga hasil yang di peroleh dapat mewakili kondisi asli.
2. Dalam pengambilan sampel tanah untuk pengujian laboratorium penulis menyarankan untuk mengambil tanah dengan kedalaman yang lebih dalam dari pengujian ini agar dapat memperoleh tanah yang tidak terganggu atau tanah asli lokasi penelitian.
3. Sebelum melakukan penelitian terkait potensi likuefaksi pada suatu daerah, sebaiknya untuk melakukan survey lokasi terlebih dahulu untuk menentukan titik koordinat pengujian, mengetahui muka air tanah dan juga melakukan perijinan sebelum melakukan penelitian.
4. Untuk pengembangan penelitian ini kedepannya, perlu dilakukan pengujian lainnya sehingga dapat membandingkan serta mengkaitkan hasil yang telah didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhitama Rachman, Amien Widodo, Juan Pandu Gya Nur Rochman, (2017)
Penentuan Magnitudo Gempa Bumi Dengan Menganalisis Amplitudo Anomali
Manetik Prekursor Gempa Bumi Dan Jarak *Hypocenter*
- Bahri, Z., & Mungkin, M. (2019). Penggunaan SCR sebagai alarm peringatan dini
pada saat terjadi gempa bumi. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 4(3),
101-105.
- Bergdahl, U., Broms, B.B., and Muromachi, T., (1988). "Swedish Weight Sounding
Test: International Reference Test Procedure," *Penetration Testing, ISOPT-1,*
De Ruiter (ed.), A.A. Balkema Inc., 71-90.
- BMKG, (2019). Buku Saku Mengenal Gempa Bumi dan Tsunami. Jakarta : Badan
Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Bowles, E. (1989). Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Jakarta: PT. Erlangga.
- Broms, B.B., and Flodin, N., (1988). "History of Soil Penetration Testing,"
Penetration Testing, A.Balkema Inc.
- Das Bradja M. (1992). *Principle os soil Dynamic* PWS KENT Publishing Company
- Das D. (2005). *Fundamentals Of Geotechnical Engineering 2nd.* Thomson USA.
- Day, R.W., 2002, *Geotechnical Earthquake Engineering Handbook*, Mc Graw-Hill,
New York: USA. *Foundations Division, ASCE, Vol. 95, No. SM5, pp. 1199-*
1218.
- ENV 1997:3-2000, (2000). Euro Code 7: *Geotechnical Design Assisted by Field*
Testing, 146.s
- Hannich, D., Hoetzl, H., Ehret, D., Huber, G., Danchiv, A., dan Bretotean, M. (2007).
Liquefaction Probability in Bucharest and Influencing Factor. Bucharest,
Romania.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah 1(3rd ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada
University Press
- Iwasaki, T., Arakawa, T., and Tokida, K. (1984). *Simplified Procedures for Assessing*
Soil Liquefaction during Earthquakes, Soil Dynamics and Earthquake
Engineering, Vol.3. Southampton.

- Kushartomo, W., & Sidharta, C. K. 2022. Konstruksi Bangunan Gedung dan Infrastruktur yang Berkelanjutan dan Berkeselamatan. Lembaga Penelitian dan Publikasi Ilmiah Universitas Tarumanagara: Jakarta Barat
- Legrans, R. R. (2016). Studi Potensi Likuifaksi Berdasarkan Uji Penetrasi Standar (SPT) Di Pesisir Pantai Belang Minahasa Tenggara. *Tekno*, 14(65).
- Mase, L. Z. (2014, June). Analisis Pendahuluan Potensi Likuifaksi di Kali Opak Imogiri Daerah Istimewa Yogyakarta. In *Proceeding of* (pp. 10-11).
- Muley, P., Maheshwari, B. K., dan Paul, D. K. (2018). *Assessment of Liquefaction Potential Index for Roorkee Region Seismic Design of Shallow Foundations on Hill Slopes View project CBR ratio study View project. Indian Institute of Technology Roorkee 90*. Paper No. 257. India
- Oka, F., 1995, “*Soil Mechanics Lecture*”, Morikita Publishing Company, Tokyo, Japan.
- Rahayu, A., Indrajaya, A., Hidayat, N., & Arifin, B. (2023). Potensi likuefaksi di daerah petobo palu berdasarkan hasil uji cpt dan SWS. *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)*, 1(6).
- Sarapang, H. T., Rogi, O. H., & Hanny, P. (2019). Analisis kerentanan bencana tsunami di Kota Palu. *Spasial*, 6(2), 432-439.
- Seed, H. B., & Idriss I. M. (1971). “*Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential.*” *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division* 97(9). doi: <https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0001662>.
- Tohari. Adrin, Imam A. Sadisun, Dwiharso Nugroho. (2014) *Fasies sedimen Kuarter berpotensi likuifaksi Pesisir Kota Padang, Provinsi Sumatra Barat berdasarkan data inti bor dan CPTu*. Jl. Diponegoro No.57, Cihaur Geulis, Kec. Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat 40122
- Toprak, Selcuk, & Holzer, T. L. (2003). “*Liquefaction Potential Index: Field Assessment.*” *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 129(4):315–22. doi: 10.1061/(asce)1090- 0241(2003)129:4(315).
- Tsuchida, H., 1970, *Prediction and Countermeasure against Liquefaction in Sand Deposits, Abstract of the Seminar of the Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport, Yokosuka, Japan, pp.*

- Yakin, Y. A., Pratiwi, D. S., & Jaelani, F. T. (2023). Pengaruh Magnitude Moment Terhadap Potensi Likuefaksi Tanah Loose Sand Jenuh Air Menggunakan Model UBC3D-PLM. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(2).
- Youd, T. L., & Idriss, I. M. (2001). *Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 127(4), 297-313. New York.

LAMPIRAN

Lampiran - 1 Pengujian *Swedish Weight Sounding* pada semua titik pengujian





Lampiran - 2 Pengujian Analisa Saringan



Lampiran - 3 Pengujian Batas – batas Atteberg



Lampiran - 4 Pengujian Berat Jenis



Lampiran - 5 Pengujian Berat Isi



Lampiran - 6 Pengujian Hidrometer



Lampiran - 7 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P27

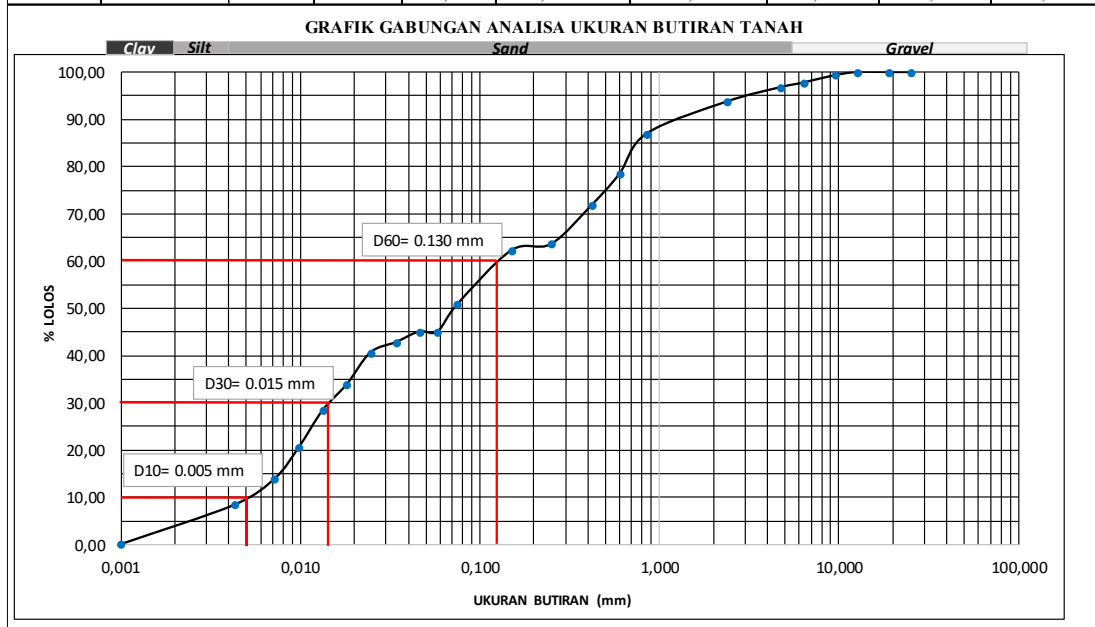


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO

Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

ANALISA SARINGAN & HIDROMETER										
PROYEK	:	Penelitian Tugas Akhir				DIKERJAKAN	:	Surya Wijaya Ardin		
PEKERJAAN	:	Analisa Saringan & Hidrometer				DIHITUNG	:	Surya Wijaya Ardin		
LOKASI	:	Jl. Labu				DIPERIKSA	:			
NO.	:	P27				TANGGAL	:			
Berat kering Analisa Sarings :	617	gr								
Berat Contoh kering :	50,00	gr								
Berat Jenis (Gs) :	2,320									
Lolos sieve No. 200 :	50,82	%								
Koreksi Meniskus (Fm) :	1									
Koreksi Bacaan Nol, (Fz) :	2									
Koreksi Temperatur (CT) :	2,5									
a	:	1,094								
Tipe hidrometer	:	152 h								
					</					



Lampiran - 8 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P28



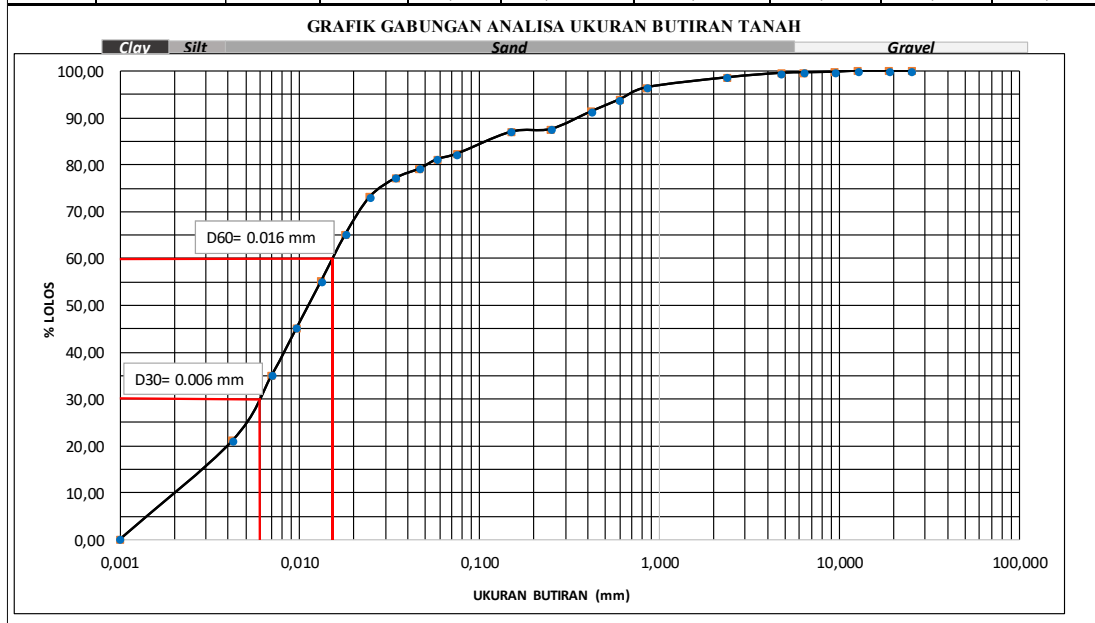
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO

Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

ANALISA SARINGAN & HIDROMETER					
PROYEK	: Penelitian Tugas Akhir	DIKERJAKAN	: Surya Wijaya Ardin		
PEKERJAAN	: Analisa Saringan & Hidrometer	DIHITUNG	: Surya Wijaya Ardin		
LOKASI	: Jl. Labu	DIPERIKSA			
NO.	: P28	TANGGAL			

Berat kering Analisa Saring:	996	gr							
Berat Contoh kering	:	50,00	gr						
Berat Jenis (Gs)	:	2,047							
Lolos sieve No. 200	:	82,28	%						
Koreksi Meniskus (Fm)	:	1							
Koreksi Bacaan Nol, (Fz)	:	2							
Koreksi Temperatur (CT)	:	2,5							
a	:	1.217							
Tipe hidrometer	:	152 h							



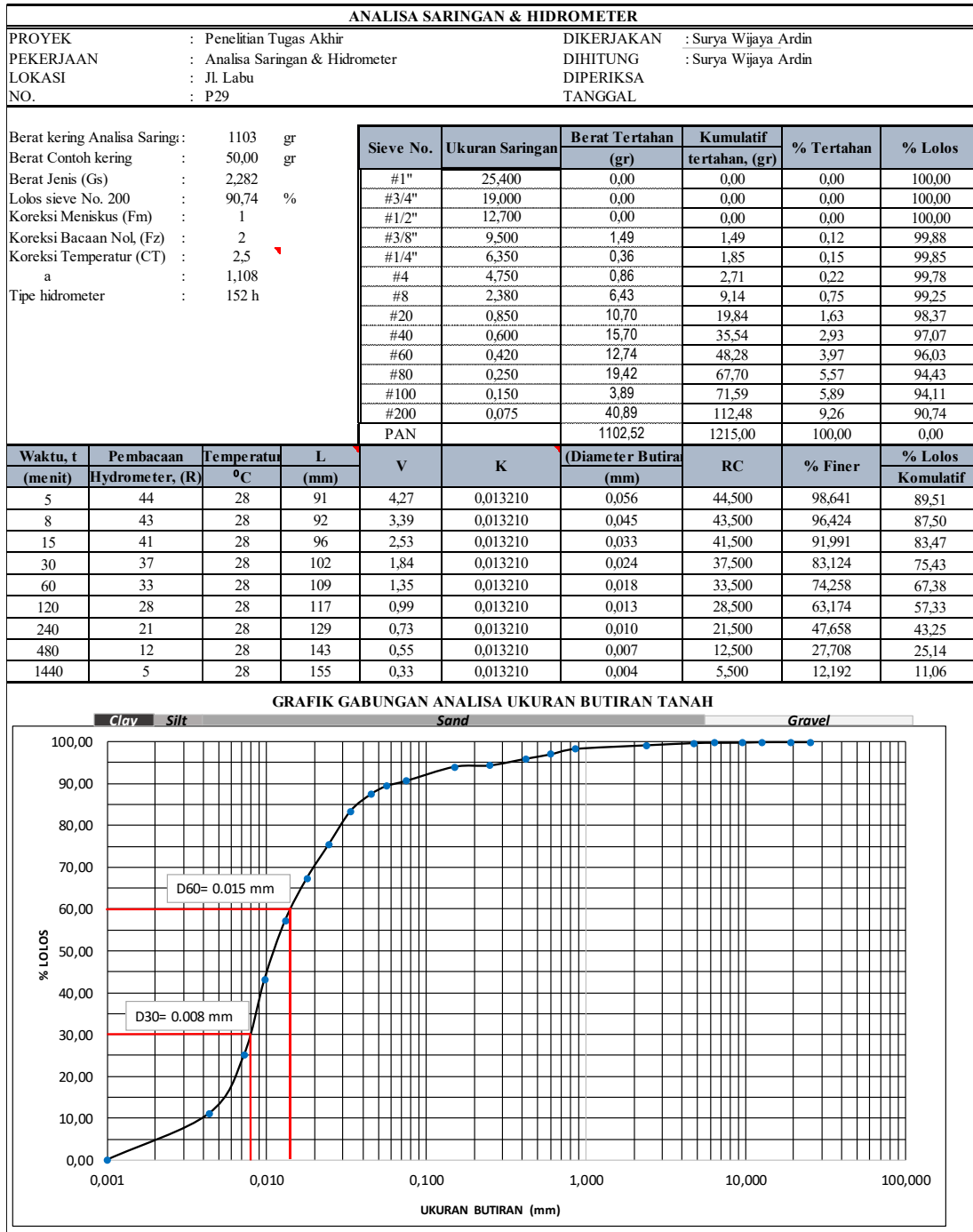
Lampiran - 9 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P29



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO

Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166



Lampiran - 10 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P30



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO

Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

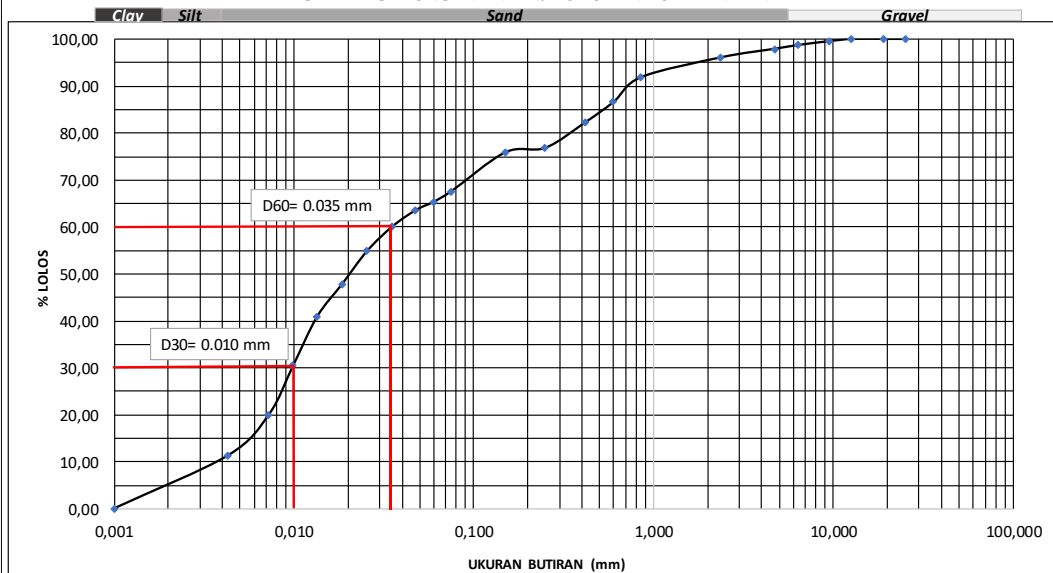
ANALISA SARINGAN & HIDROMETER					
PROYEK	: Penelitian Tugas Akhir	DIKERJAKAN	: Surya Wijaya Ardin		
PEKERJAAN	: Analisa Saringan & Hidrometer	DIHITUNG	: Surya Wijaya Ardin		
LOKASI	: Jl. Labu	DIPERIKSA			
NO.	: P30	TANGGAL			

Berat kering Analisa Saring:	821	gr				
Berat Contoh kering	50,00	gr				
Berat Jenis (Gs)	1,935					
Lolos sieve No. 200	67,56	%				
Koreksi Meniskus (Fm)	1					
Koreksi Bacaan Nol, (Fz)	2					
Koreksi Temperatur (CT)	2,5					
a	1,289					
Tipe hidrometer	152 h					

Sieve No.	Ukuran Saringan	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif tertahan, (gr)	% Tertahan	% Lolos
#1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
#3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
#1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
#3/8"	9,500	5,66	5,66	0,47	99,53
#1/4"	6,350	10,13	15,79	1,30	98,70
#4	4,750	9,42	25,21	2,07	97,93
#8	2,380	22,21	47,42	3,90	96,10
#20	0,850	51,52	98,94	8,14	91,86
#40	0,600	63,58	162,52	13,38	86,62
#60	0,420	52,02	214,54	17,66	82,34
#80	0,250	67,22	281,76	23,19	76,81
#100	0,150	11,49	293,25	24,14	75,86
#200	0,075	100,95	394,20	32,44	67,56
PAN		820,80	1215,00	100,00	0,00

Waktu, t (menit)	Pembacaan Hydrometer, (R)	Temperatur °C	L (mm)	V	K	(Diameter Butira (mm))	RC	% Finer	% Lolos Komulatif
5	37	28	102	4,52	0,013210	0,060	37,500	96,643	65,29
8	36	28	104	3,61	0,013210	0,048	36,500	94,065	63,55
15	34	28	107	2,67	0,013210	0,035	34,500	88,911	60,06
30	31	28	112	1,93	0,013210	0,026	31,500	81,180	54,84
60	27	28	119	1,41	0,013210	0,019	27,500	70,871	47,88
120	23	28	125	1,02	0,013210	0,013	23,500	60,563	40,91
240	17	28	135	0,75	0,013210	0,010	17,500	45,100	30,47
480	11	28	145	0,55	0,013210	0,007	11,500	29,637	20,02
1440	6	28	153	0,33	0,013210	0,004	6,500	16,751	11,32

GRAFIK GABUNGAN ANALISA UKURAN BUTIRAN TANAH



Lampiran - 11 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P31



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO

Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

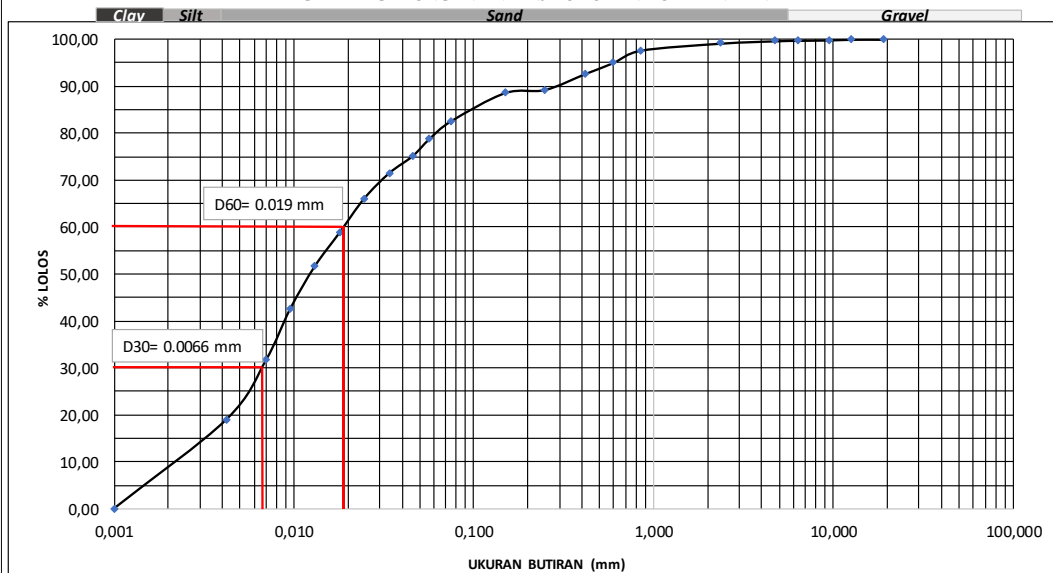
ANALISA SARINGAN & HIDROMETER					
PROYEK	: Penelitian Tugas Akhir	DIKERJAKAN	: Surya Wijaya Ardin		
PEKERJAAN	: Analisa Saringan & Hidrometer	DIHITUNG	: Surya Wijaya Ardin		
LOKASI	: Jl. Labu	DIPERIKSA			
NO.	: P31	TANGGAL			

Berat kering Analisa Saringan:	1029	gr				
Berat Contoh kering	50,00	gr				
Berat Jenis (Gs)	2,315					
Lolos sieve No. 200	82,61	%				
Koreksi Meniskus (Fm)	1					
Koreksi Bacaan Nol, (Fz)	2					
Koreksi Temperatur (CT)	2,5					
a	1,096					
Tipe hidrometer	152 h					

Sieve No.	Ukuran Saringan	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif tertahan, (gr)	% Tertahan	% Lolos
#1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
#3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
#1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
#3/8"	9,500	1,82	1,82	0,15	99,85
#1/4"	6,350	1,01	2,83	0,23	99,77
#4	4,750	1,29	4,12	0,33	99,67
#8	2,380	6,25	10,37	0,83	99,17
#20	0,850	18,78	29,15	2,34	97,66
#40	0,600	32,67	61,82	4,97	95,03
#60	0,420	28,93	90,75	7,29	92,71
#80	0,250	42,64	133,39	10,71	89,29
#100	0,150	8,24	141,63	11,38	88,62
#200	0,075	74,86	216,49	17,39	82,61
PAN		1028,51	1245,00	100,00	0,00

Waktu, t (menit)	Pembacaan Hydrometer, (R)	Temperatur °C	L (mm)	V	K	(Diameter Butira (mm))	RC	% Finer	% Lolos Komulatif
5	43	28	92	4,29	0,013210	0,057	43,500	95,364	78,78
8	41	28	96	3,46	0,013210	0,046	41,500	90,979	75,16
15	39	28	99	2,57	0,013210	0,034	39,500	86,595	71,54
30	36	28	104	1,86	0,013210	0,025	36,500	80,018	66,10
60	32	28	111	1,36	0,013210	0,018	32,500	71,249	58,86
120	28	28	117	0,99	0,013210	0,013	28,500	62,480	51,62
240	23	28	125	0,72	0,013210	0,010	23,500	51,518	42,56
480	17	28	135	0,53	0,013210	0,007	17,500	38,365	31,69
1440	10	28	147	0,32	0,013210	0,004	10,500	23,019	19,02

GRAFIK GABUNGAN ANALISA UKURAN BUTIRAN TANAH



Lampiran - 12 Hasil Pengujian Gradasi Butiran pada titik P32



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO

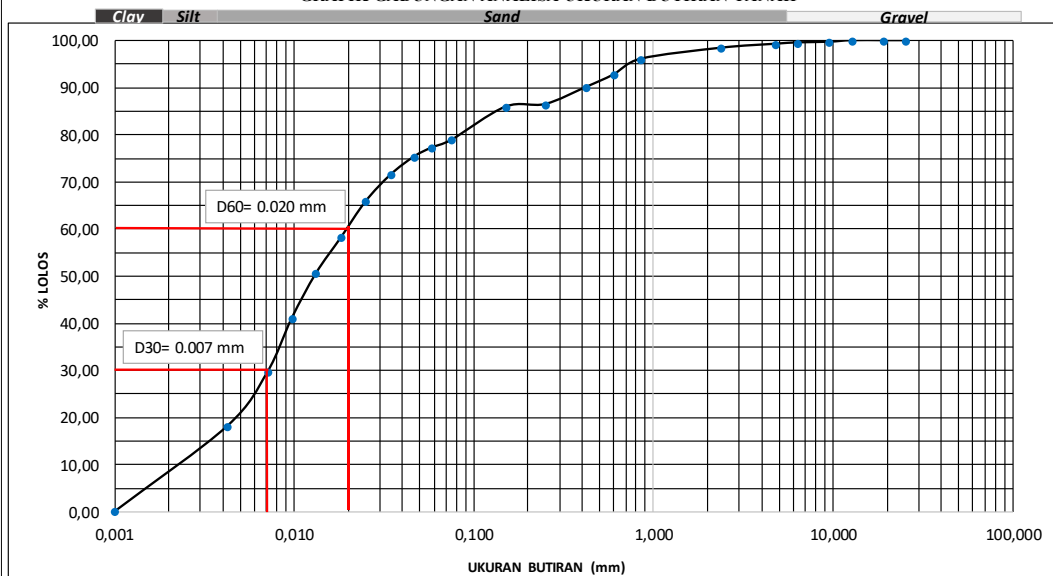
Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

ANALISA SARINGAN & HIDROMETER					
PROYEK	: Penelitian Tugas Akhir	DIKERJAKAN	: Surya Wijaya Ardin		
PEKERJAAN	: Analisa Sarangan & Hidrometer	DIHITUNG	: Surya Wijaya Ardin		
LOKASI	: Jl. Labu	DIPERIKSA			
NO.	: P32	TANGGAL			

Berat kering Analisa Saring :	964	gr	Sieve No.	Ukuran Saringan	Berat Tertahan	Kumulatif	% Tertahan	% Lolos
Berat Contoh kering :	50,00	gr			(gr)	tertahan, (gr)		
Berat Jenis (Gs) :	2,062		#1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
Lolos sieve No. 200 :	78,86	%	#3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
Koreksi Meniskus (Fm) :	1		#1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
Koreksi Bacaan Nol, (Fz) :	2		#3/8"	9,500	4,08	4,08	0,33	99,67
Koreksi Temperatur (CT) :	2,5		#1/4"	6,350	1,61	5,69	0,47	99,53
a :	1,209		#4	4,750	3,63	9,32	0,76	99,24
Tipe hidrometer :	152 h		#8	2,380	10,22	19,54	1,60	98,40
			#20	0,850	28,58	48,12	3,94	96,06
			#40	0,600	40,70	88,82	7,27	92,73
			#60	0,420	32,65	121,47	9,94	90,06
			#80	0,250	43,99	165,46	13,54	86,46
			#100	0,150	6,97	172,43	14,11	85,89
			#200	0,075	85,95	258,38	21,14	78,86
			PAN		963,62	1222,00	100,00	0,00

Waktu, t (menit)	Pembacaan Hydrometer, (R)	Temperatur °C	L (mm)	V	K	(Diameter Butiran (mm))	RC	% Finer	% Lolos Kumulatif
5	40	28	97	4,40	0,013210	0,058	40,500	97,924	77,22
8	39	28	99	3,52	0,013210	0,046	39,500	95,506	75,31
15	37	28	102	2,61	0,013210	0,034	37,500	90,670	71,50
30	34	28	107	1,89	0,013210	0,025	34,500	83,416	65,78
60	30	28	114	1,38	0,013210	0,018	30,500	73,745	58,15
120	26	28	120	1,00	0,013210	0,013	26,500	64,073	50,53
240	21	28	129	0,73	0,013210	0,010	21,500	51,984	40,99
480	15	28	138	0,54	0,013210	0,007	15,500	37,477	29,55
1440	9	28	148	0,32	0,013210	0,004	9,500	22,970	18,11

GRAFIK GABUNGAN ANALISA UKURAN BUTIRAN TANAH



Lampiran - 13 Hasil Pengujian Berat Jenis pada titik P27 dan P28

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166						
Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR		Dikerjakan : SURYA WIJAYA ARDIN				
Lokasi : JL. LABU		Dihitung : SURYA WIJAYA ARDIN				
No.Contoh : P27 - P28		Diperiksa :				
Ked. Sampel :		Tanggal :				
BERAT JENIS TANAH (Gs) SNI 03-1964-1990						
No. Piknometer			Titik 27		Titik 28	
			A	B	A	B
Berat Piknometer	(W1)	(gram)	47,95	46,71	45,93	34,94
Berat Piknometer + Tanah kering	(W2)	(gram)	77,24	77,04	74,53	62,40
Berat Tanah Kering	(Wt= W2-W1)	(gram)	29,29	30,33	28,60	27,46
Berat. Piknometer + Tanah. Kering + Air	(W3)	(gram)	166,94	164,90	158,06	154,77
Berat. Piknometer + Air	(W4)	(gram)	150,31	147,94	145,25	139,59
Temperatur	(C°)		29	29	29	29
Faktor Koreksi Temperatur	(K)		0,9989	0,9989	0,9989	0,9989
Berat. Piknometer + Air terkoreksi	(W5)		150,14	147,78	145,09	139,44
Berat Jenis Tanah	(W2-W1)/[(W5-W1)-(W3-W2)]		2,344	2,296	1,830	2,264
Berat Jenis Tanah rata-rata	(Gs)		2,32		2,05	
<u>Catatan:</u>						

Lampiran - 14 Hasil Pengujian Berat Jenis pada titik P29 dan P30

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166					
Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR		Dikerjakan : SURYA WIJAYA ARDIN			
Lokasi : JL. LABU		Dihitung : SURYA WIJAYA ARDIN			
No.Contoh : P29 - P30		Diperiksa :			
Ked. Sampel :		Tanggal :			
BERAT JENIS TANAH (Gs) SNI 03-1964-1990					
No. Piknometer		Titik 29		Titik 30	
		A	B	A	B
Berat Piknometer (W1) (gram)		47,86	46,65	45,80	34,80
Berat Piknometer + Tanah kering (W2) (gram)		75,45	74,70	68,25	60,34
Berat Tanah Kering (Wt= W2-W1) (gram)		27,59	28,05	22,45	25,54
Berat. Piknometer + Tanah. Kering + Air (W3) (gram)		165,29	163,18	154,16	153,51
Berat. Piknometer + Air (W4) (gram)		149,94	147,60	146,00	139,32
Temperatur (C°)		29	29	29	29
Faktor Koreksi Temperatur (K)		0,9989	0,9989	0,9989	0,9989
Berat. Piknometer + Air terkoreksi (W5)		149,78	147,44	145,84	139,17
Berat Jenis Tanah $(W2-W1)/[(W5-W1)-(W3-W2)]$		2,285	2,279	1,589	2,281
Berat Jenis Tanah rata-rata (Gs)		2,28		1,93	
<u>Catatan:</u> 					

Lampiran - 15 Hasil Pengujian Berat Jenis pada titik P31 dan P32

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166					
Pekerjaan : PENELITIAN TUGAS AKHIR		Dikerjakan : SURYA WIJAYA ARDIN			
Lokasi : JL. LABU		Dihitung : SURYA WIJAYA ARDIN			
No.Contoh : P31 - P32		Diperiksa :			
Ked. Sampel :		Tanggal :			
BERAT JENIS TANAH (Gs) SNI 03-1964-1990					
No. Piknometer		Titik 31		Titik 32	
		A	B	A	B
Berat Piknometer (W1) (gram)		47,91	46,66	45,85	34,93
Berat Piknometer + Tanah kering (W2) (gram)		81,08	73,86	89,21	81,92
Berat Tanah Kering (Wt= W2-W1) (gram)		33,17	27,20	43,36	46,99
Berat. Piknometer + Tanah. Kering + Air (W3) (gram)		168,75	162,87	165,93	165,43
Berat. Piknometer + Air (W4) (gram)		150,17	147,50	146,03	139,36
Temperatur (C°)		29	29	29	29
Faktor Koreksi Temperatur (K)		0,9989	0,9989	0,9989	0,9989
Berat. Piknometer + Air terkoreksi (W5)		150,00	147,34	145,87	139,21
Berat Jenis Tanah $(W2-W1)/[(W5-W1)-(W3-W2)]$		2,300	2,331	1,861	2,263
Berat Jenis Tanah rata-rata (Gs)		2,32		2,06	
<u>Catatan:</u> 					

Lampiran - 16 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P27

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu Telp. 422611 Psw 166			
Pekerjaan	: PENELITIAN TUGAS AKHIR	Dikerjakan	: SURYA WIJAYA ARDIN
Lokasi	: JL. LABU	Dihitung	: SURYA WIJAYA ARDIN
No.Contoh	: P27	Diperiksa	
Ked. Sampel		Tanggal	
BERAT ISI SNI 03-3637-1994			
Nomor Contoh		P27	
Nomor Cetakan		A	B
(A) Berat Cetakan (Gr)		9,48	9,13
(C) Berat Cetakan + Tanah Basah (Gr)		46,45	46,28
(D) Berat Cetakan + Tanah Kering (Gr)		39,38	39,48
(E) Kadar Air (W) = $(C - D / D - A) \times 100\%$		23,65	22,41
Kadar Air rata-rata		23,03	
(F) Volume Cetakan		570,80	570,80
(G) Berat Sampel ((Gr)		1034	1034
(H) Berat Isi Basah (gb) = $(G/F) ((Gr/Cm^3)$		1,811	1,811
Berat Isi Basah rata-rata		1,811	
(I) Berat Isi kering (gd) = $(H \times 100 / 100 + E) (gr/Cm^3)$		1,465	1,480
Berat Isi Kering rata-rata		1,472	

Lampiran - 17 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P28

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu Telp. 422611 Psw 166			
Pekerjaan	: PENELITIAN TUGAS AKHIR	Dikerjakan	: SURYA WIJAYA ARDIN
Lokasi	: JL. LABU	Dihitung	: SURYA WIJAYA ARDIN
No.Contoh	: P28	Diperiksa	
Ked. Sampel		Tanggal	
BERAT ISI SNI 03-3637-1994			
Nomor Contoh		P28	
Nomor Cetakan		A	B
(A) Berat Cetakan (Gr)		9,56	9,34
(C) Berat Cetakan + Tanah Basah (Gr)		45,76	44,64
(D) Berat Cetakan + Tanah Kering (Gr)		37,91	37,22
(E) Kadar Air (W) = $(C - D / D - A) \times 100\%$		27,69	26,61
Kadar Air rata-rata		27,15	
(F) Volume Cetakan		587,43	587,43
(G) Berat Sampel ((Gr)		1055	1055
(H) Berat Isi Basah (gb) = $(G/F) ((Gr/Cm^3)$		1,796	1,796
Berat Isi Basah rata-rata		1,796	
(I) Berat Isi kering (gd) = $(H \times 100 / 100 + E) (gr/Cm^3)$		1,407	1,418
Berat Isi Kering rata-rata		1,412	

Lampiran - 18 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P29

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu Telp. 422611 Psw 166			
Pekerjaan	: PENELITIAN TUGAS AKHIR	Dikerjakan	: SURYA WIJAYA ARDIN
Lokasi	: JL. LABU	Dihitung	: SURYA WIJAYA ARDIN
No.Contoh	: P29	Diperiksa	
Ked. Sampel		Tanggal	

BERAT ISI

SNI 03-3637-1994

Nomor Contoh	P29	
Nomor Cetakan	A	B
(A) Berat Cetakan (Gr)	10,54	9,79
(C) Berat Cetakan + Tanah Basah (Gr)	45,43	46,24
(D) Berat Cetakan + Tanah Kering (Gr)	38,18	38,48
(E) Kadar Air (W) = $(C - D / D - A) \times 100\%$	26,23	27,05
Kadar Air rata-rata	26,64	
(F) Volume Cetakan	570,80	570,80
(G) Berat Sampel ((Gr)	1129	1129
(H) Berat Isi Basah (gb) = $(G/F) ((Gr/Cm^3)$	1,978	1,978
Berat Isi Basah rata-rata	1,978	
(I) Berat Isi kering (gd) = $(H \times 100 / 100 + E) (gr/Cm^3)$	1,567	1,557
Berat Isi Kering rata-rata	1,562	

Lampiran - 19 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P30

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu Telp. 422611 Psw 166			
Pekerjaan	: PENELITIAN TUGAS AKHIR	Dikerjakan	: SURYA WIJAYA ARDIN
Lokasi	: JL. LABU	Dihitung	: SURYA WIJAYA ARDIN
No.Contoh	: P30	Diperiksa	
Ked. Sampel		Tanggal	
BERAT ISI SNI 03-3637-1994			
Nomor Contoh		P30	
Nomor Cetakan		A	B
(A) Berat Cetakan (Gr)		17,87	18,21
(C) Berat Cetakan + Tanah Basah (Gr)		48,77	49,18
(D) Berat Cetakan + Tanah Kering (Gr)		43,16	43,71
(E) Kadar Air (W) = $(C - D / D - A) \times 100\%$		22,18	21,45
Kadar Air rata-rata		21,82	
(F) Volume Cetakan		576,34	576,34
(G) Berat Sampel ((Gr)		1014	1014
(H) Berat Isi Basah (gb) = $(G/F) ((Gr/Cm^3)$		1,759	1,759
Berat Isi Basah rata-rata		1,759	
(I) Berat Isi kering (gd) = $(H \times 100 / 100 + E) (gr/Cm^3)$		1,440	1,449
Berat Isi Kering rata-rata		1,444	

Lampiran - 20 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P31

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu Telp. 422611 Psw 166			
Pekerjaan	: PENELITIAN TUGAS AKHIR	Dikerjakan	: SURYA WIJAYA ARDIN
Lokasi	: JL. LABU	Dihitung	: SURYA WIJAYA ARDIN
No.Contoh	: P31	Diperiksa	
Ked. Sampel		Tanggal	
BERAT ISI SNI 03-3637-1994			
Nomor Contoh		P31	
Nomor Cetakan		A	B
(A) Berat Cetakan (Gr)		10,60	11,29
(C) Berat Cetakan + Tanah Basah (Gr)		48,35	49,17
(D) Berat Cetakan + Tanah Kering (Gr)		41,65	42,37
(E) Kadar Air (W) = $(C - D / D - A) \times 100\%$		21,58	21,88
Kadar Air rata-rata		21,73	
(F) Volume Cetakan		587,43	587,43
(G) Berat Sampel ((Gr)		1074	1074
(H) Berat Isi Basah (gb) = $(G/F) ((Gr/Cm^3)$		1,828	1,828
Berat Isi Basah rata-rata		1,828	
(I) Berat Isi kering (gd) = $(H \times 100 / 100 + E) (gr/Cm^3)$		1,504	1,500
Berat Isi Kering rata-rata		1,502	

Lampiran - 21 Hasil Pengujian Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Volume pada titik P32

 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu Telp. 422611 Psw 166			
Pekerjaan	: PENELITIAN TUGAS AKHIR	Dikerjakan	: SURYA WIJAYA ARDIN
Lokasi	: JL. LABU	Dihitung	: SURYA WIJAYA ARDIN
No.Contoh	: P32	Diperiksa	
Ked. Sampel		Tanggal	

BERAT ISI

SNI 03-3637-1994

Nomor Contoh	P32	
Nomor Cetakan	A	B
(A) Berat Cetakan (Gr)	11,21	11,02
(C) Berat Cetakan + Tanah Basah (Gr)	47,66	47,32
(D) Berat Cetakan + Tanah Kering (Gr)	41,71	41,62
(E) Kadar Air (W) = $(C - D / D - A) \times 100\%$	19,51	18,63
Kadar Air rata-rata	19,07	
(F) Volume Cetakan	565,26	565,26
(G) Berat Sampel ((Gr)	1105	1105
(H) Berat Isi Basah (gb) = $(G/F) ((Gr/Cm^3)$	1,955	1,955
Berat Isi Basah rata-rata	1,955	
(I) Berat Isi kering (gd) = $(H \times 100 / 100 + E) (gr/Cm^3)$	1,636	1,648
Berat Isi Kering rata-rata	1,642	

Lampiran - 22 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P27



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO

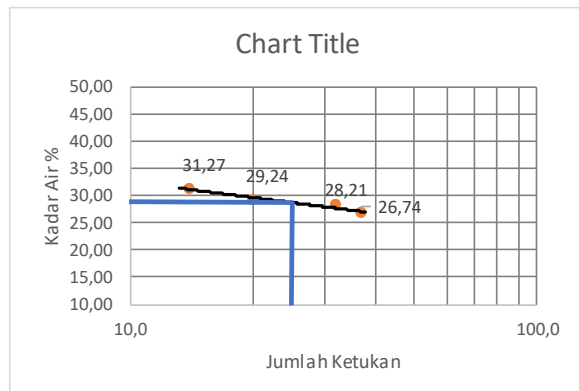
Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

PEMERIKSAAN ATTERBERG LIMIT

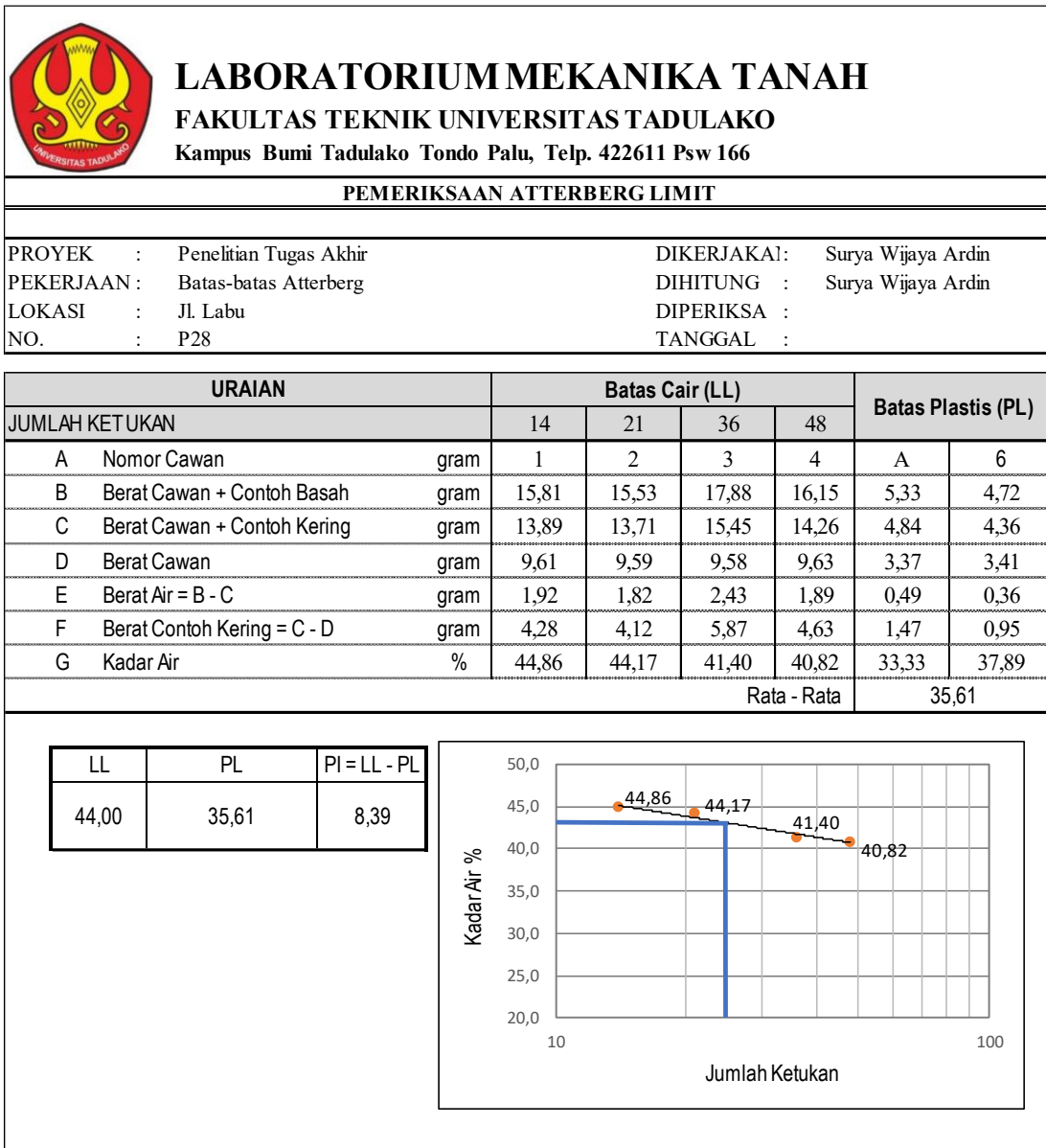
PROYEK :	Penelitian Tugas Akhir	DIKERJAKAN :	Surya Wijaya Ardin
PEKERJAAN :	Batas-batas Atterberg	DIHITUNG :	Surya Wijaya Ardin
LOKASI :	Jl. Labu	DIPERIKSA :	
NO. :	P27	TANGGAL :	

URAIAN			Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
JUMLAH KETUKAN			14	20	32	37		
A	Nomor Cawan	gram	1	2	3	4	5	6
B	Berat Cawan + Contoh Basah	gram	11,34	8,32	9,52	8,41	7,36	5,75
C	Berat Cawan + Contoh Kering	gram	9,57	7,32	8,29	7,49	6,85	5,43
D	Berat Cawan	gram	3,91	3,90	3,93	4,05	4,78	4,12
E	Berat Air = B - C	gram	1,77	1,00	1,23	0,92	0,51	0,32
F	Berat Contoh Kering = C - D	gram	5,66	3,42	4,36	3,44	2,07	1,31
G	Kadar Air	%	31,27	29,24	28,21	26,74	24,64	24,43
Rata - Rata							24,53	

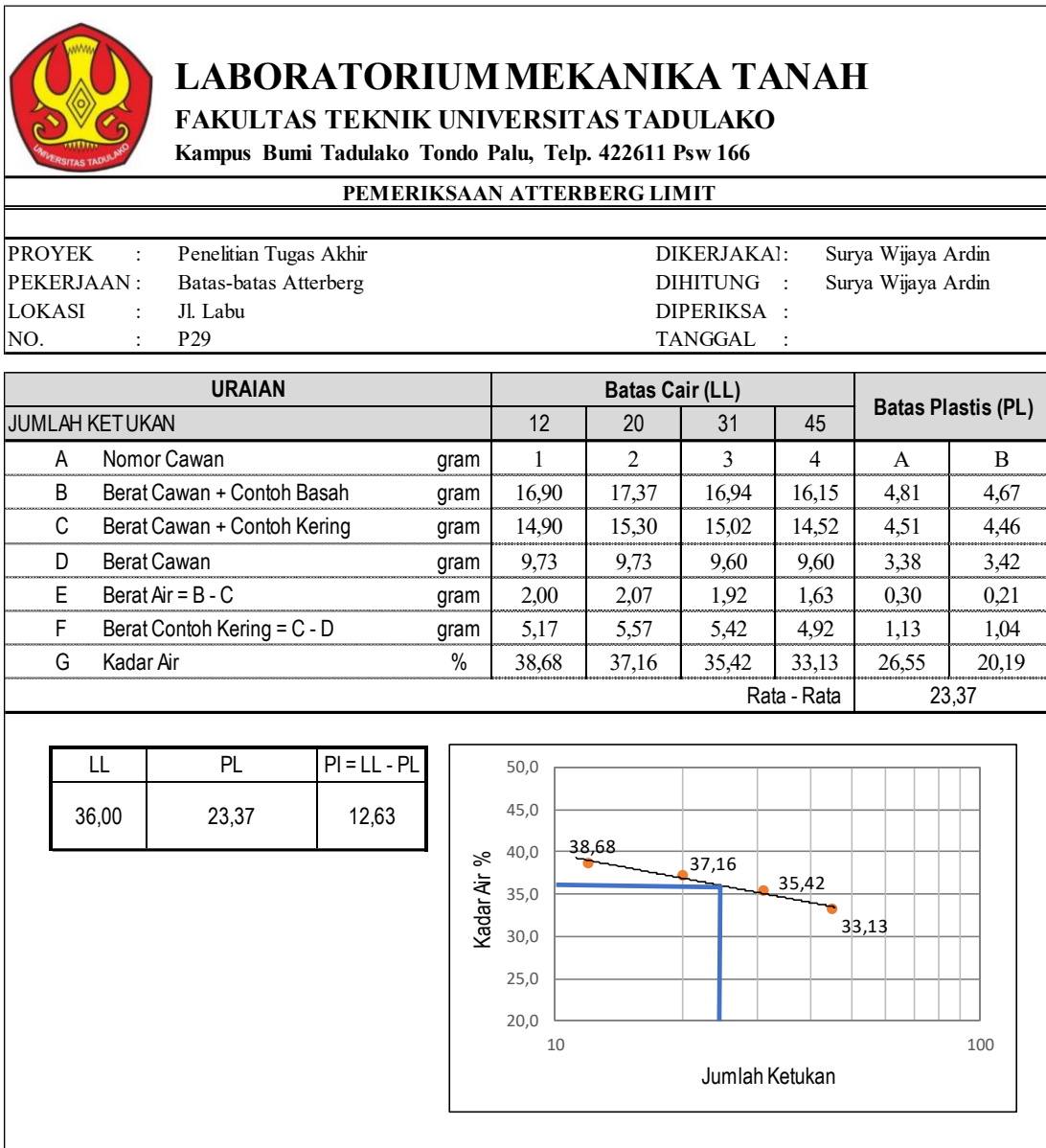
LL	PL	PI = LL - PL
29,00	24,53	4,47



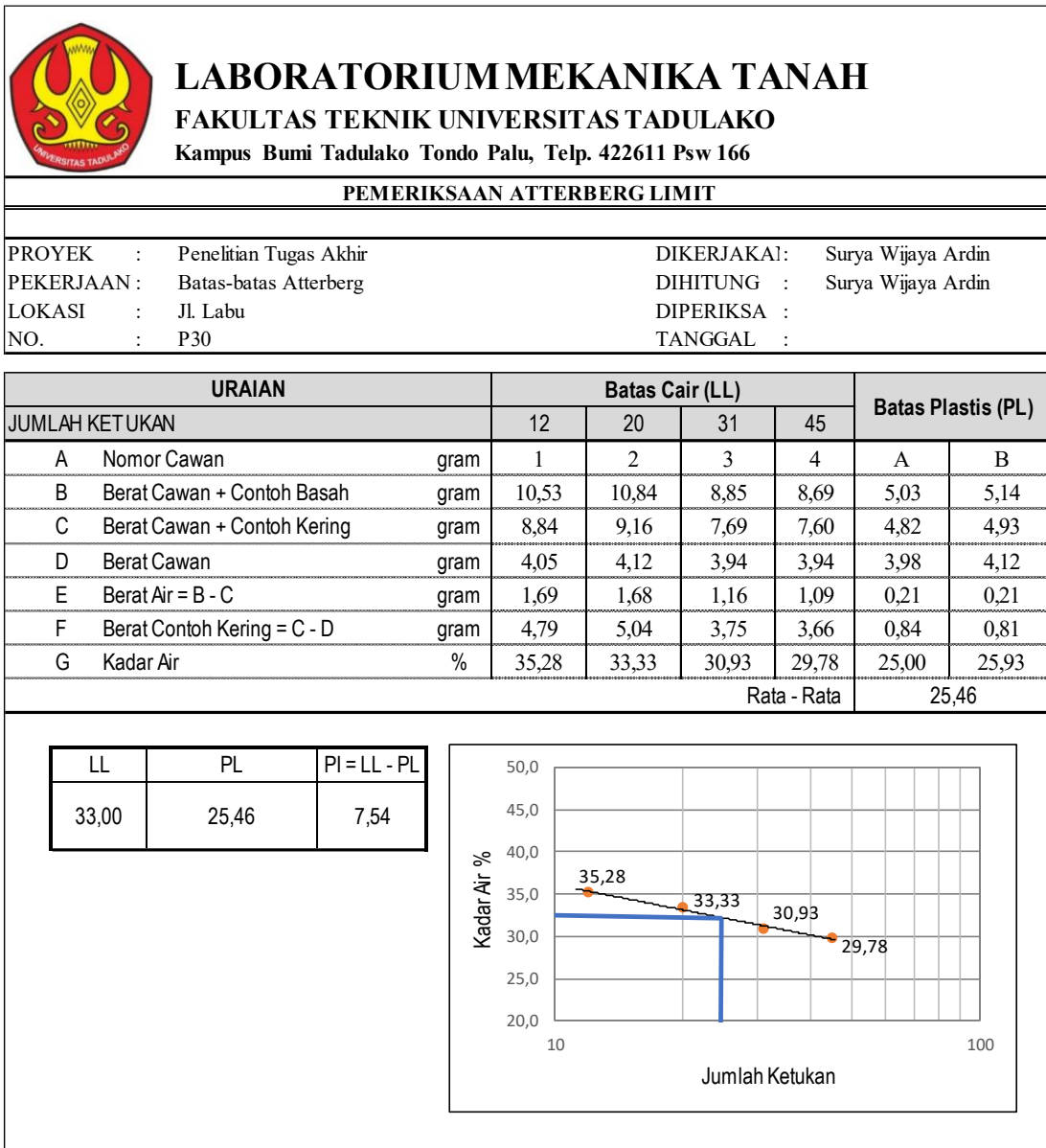
Lampiran - 23 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P28



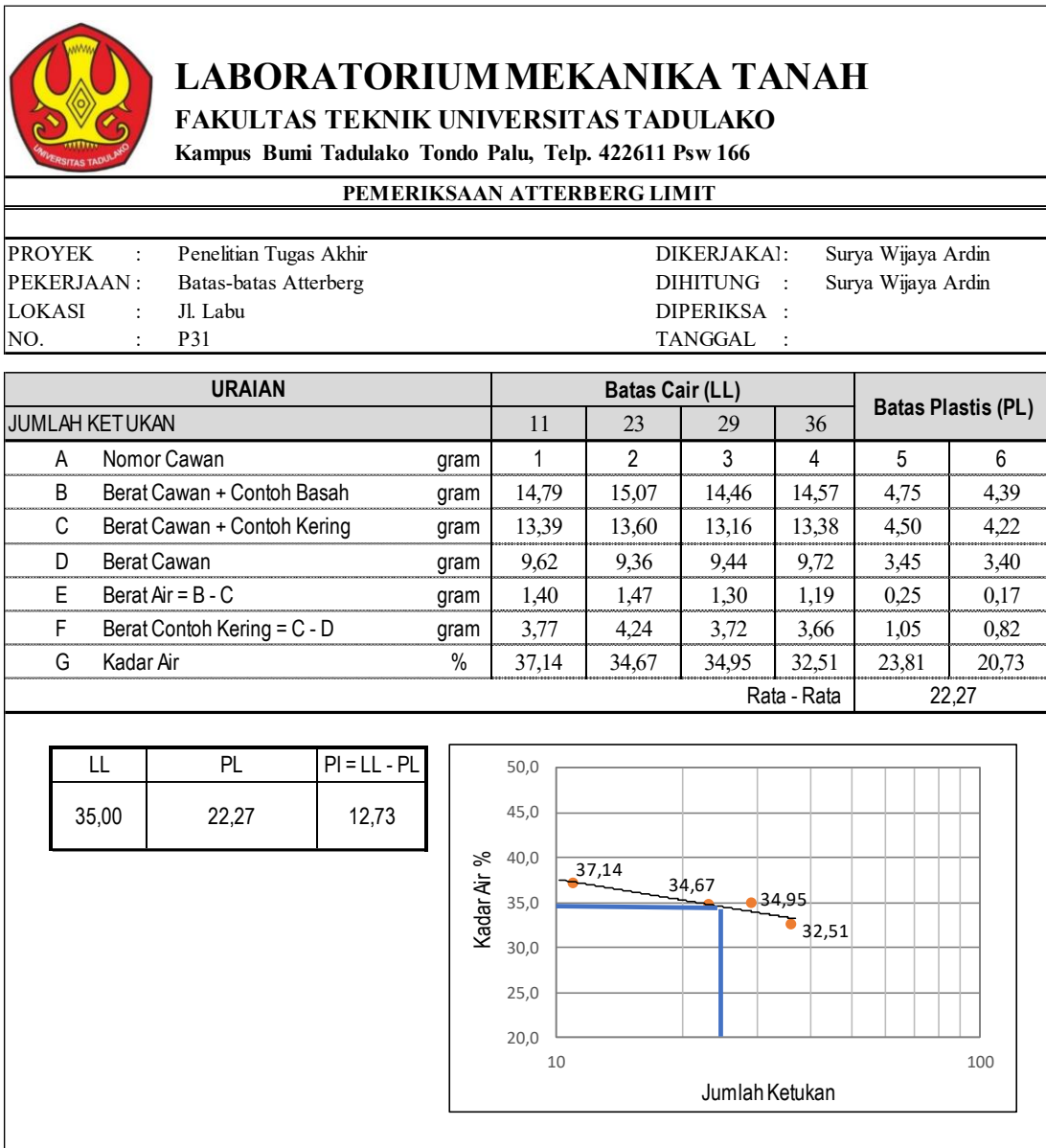
Lampiran - 24 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P29



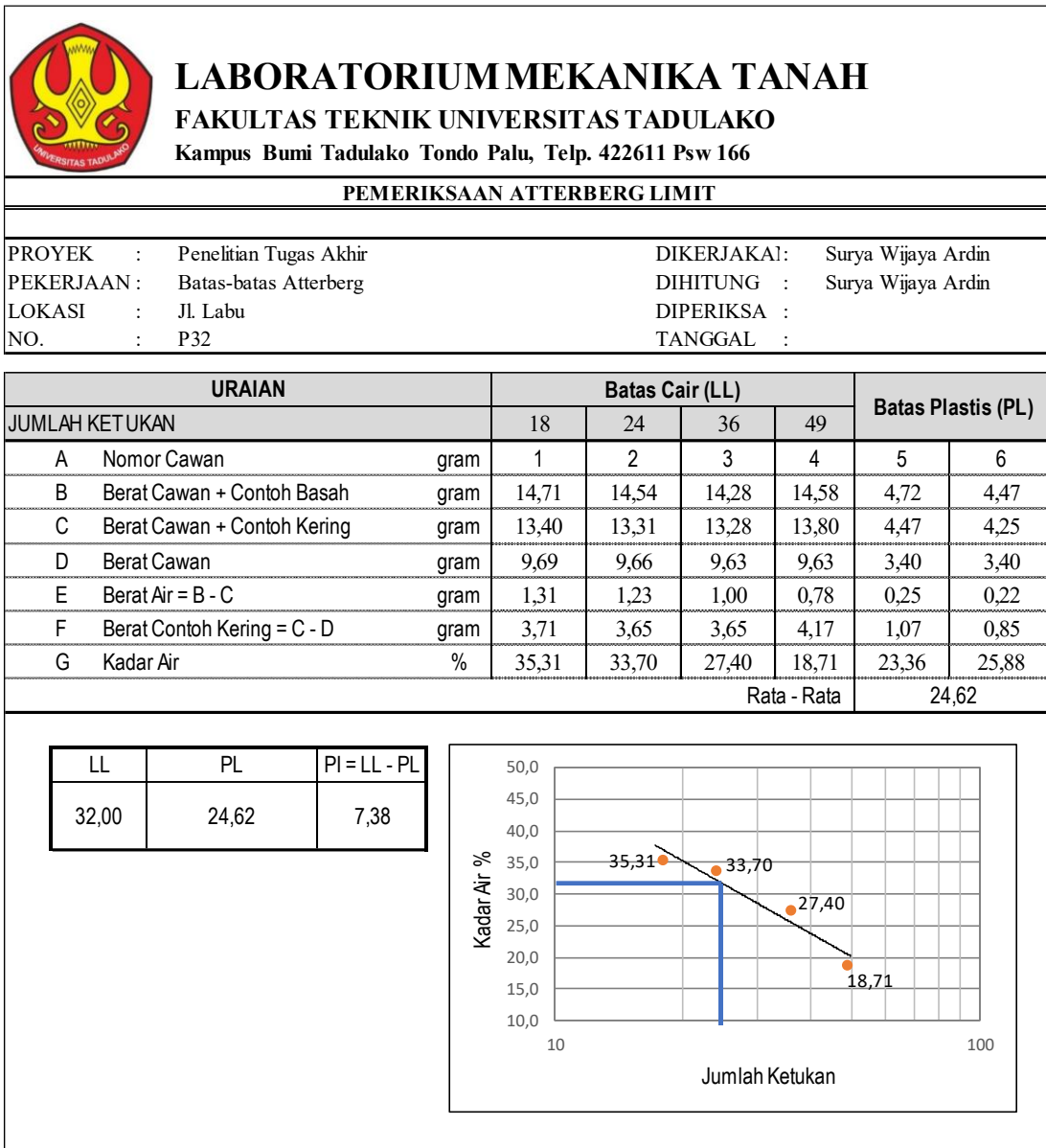
Lampiran - 25 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P30



Lampiran - 26 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P31



Lampiran - 27 Hasil Pengujian Batas – batas Atterberg pada titik P32



Lampiran - 28 Tabel Pengujian *Swedish Weight Sounding* P27

NILAI N-SPT TITIK P27								
Kedalaman Penetrasi	Beban	Jumlah Setengah Putaran per L	Jumlah Penetrasi	Jumlah Setengah Putaran per Meter	Daya Dukung Izin	Kuat Tekan Bebas	Nilai N - SPT	
D (m)	Wsw (kN)	Na (n)	L (cm)	Nsw (n/m)	q _a (kN/m ²)	q _u (kN/m ²)	N - SPT (Tanah Berbutir Kasar)	N - SPT (Tanah Berbutir Halus)
0,08	0,05				0,00	2,25	0,00	0
0,09	0,15				0,00	6,75	0,00	0
0,09	0,25				0,00	11,25	0,00	0
0,10	0,50				0,00	22,50	0,00	0
0,12	0,75				0,00	33,75	0,00	0
0,15	1,00				0,00	45,00	0,00	0
0,25	1,00	3,00	10,00	30,00	54,00	67,50	2,01	2
0,50	1,00	11,00	25,00	44,00	65,20	78,00	2,95	2
0,75	1,00	14,00	25,00	56,00	74,80	87,00	3,75	3
1,00	1,00	16,00	25,00	64,00	81,20	93,00	4,29	3
1,25	1,00	24,00	25,00	96,00	106,80	117,00	6,43	5
1,50	1,00	19,00	25,00	76,00	90,80	102,00	5,09	4
1,75	1,00	14,00	25,00	56,00	74,80	87,00	3,75	3
2,00	1,00	10,00	25,00	40,00	62,00	75,00	2,68	2
2,25	1,00	14,00	25,00	56,00	74,80	87,00	3,75	3
2,50	1,00	8,00	25,00	32,00	55,60	69,00	2,15	2
2,75	1,00	8,00	25,00	32,00	55,60	69,00	2,15	2
3,00	1,00	48,00	25,00	192,00	183,60	189,00	12,87	10

Lampiran - 29 Tabel Pengujian *Swedish Weight Sounding* P28

NILAI N-SPT TITIK P28								
Kedalaman Penetrasi	Beban	Jumlah Setengah Putaran per L	Jumlah Penetrasi	Jumlah Setengah Putaran per Meter	Daya Dukung Izin	Kuat Tekan Bebas	Nilai N - SPT	
D (m)	Wsw (kN)	Na (n)	L (cm)	Nsw (n/m)	q _a (kN/m ²)	q _u (kN/m ²)	N - SPT (Tanah Berbutir Kasar)	N - SPT (Tanah Berbutir Halus)
0,05	0,05				0,00	2,25	0,00	0,00
0,06	0,15				0,00	6,75	0,00	0,00
0,07	0,25				0,00	11,25	0,00	0,00
0,09	0,50				0,00	22,50	0,00	0,00
0,10	0,75				0,00	33,75	0,00	0,00
0,14	1,00				0,00	45,00	0,00	0,00
0,25	1,00	13,00	11,50	113,04	120,43	129,78	7,58	5,66
0,50	1,00	9,00	25,00	36,00	58,80	72,00	2,41	1,80
0,75	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
1,00	1,00	6,00	25,00	24,00	49,20	63,00	1,61	1,20
1,25	1,00	33,00	25,00	132,00	135,60	144,00	8,85	6,60
1,50	1,00	5,00	25,00	20,00	46,00	60,00	1,34	1,00
1,75	1,00	4,00	25,00	16,00	42,80	57,00	1,07	0,80
2,00	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
2,25	1,00	3,00	25,00	12,00	39,60	54,00	0,81	0,60
2,50	1,00	27,00	25,00	108,00	116,40	126,00	7,24	5,40
2,68	1,00	50,00	18,00	277,78	252,22	253,33	18,61	13,89

Lampiran - 30 Tabel Pengujian *Swedish Weight Sounding* P29

NILAI N-SPT TITIK P29								
Kedalaman Penetrasi	Beban	Jumlah Setengah Putaran per L	Jumlah Penetrasi	Jumlah Setengah Putaran per Meter	Daya Dukung Izin	Kuat Tekan Bebas	Nilai N - SPT	
D (m)	Wsw (kN)	Na (n)	L (cm)	Nsw (n/m)	q _a (kN/m ²)	q _u (kN/m ²)	N - SPT (Tanah Berbutir Kasar)	N - SPT (Tanah Berbutir Halus)
0,07	0,05				0,00	2,25	0,00	0,00
0,08	0,15				0,00	6,75	0,00	0,00
0,10	0,25				0,00	11,25	0,00	0,00
0,11	0,50				0,00	22,50	0,00	0,00
0,12	0,75				0,00	33,75	0,00	0,00
0,15	1,00				0,00	45,00	0,00	0,00
0,25	1,00	6,00	10,50	57,14	75,71	87,86	3,83	2,86
0,50	1,00	9,00	25,00	36,00	58,80	72,00	2,41	1,80
0,75	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
1,00	1,00	2,00	25,00	8,00	36,40	51,00	0,54	0,40
1,25	1,00	5,00	25,00	20,00	46,00	60,00	1,34	1,00
1,50	1,00	8,00	25,00	32,00	55,60	69,00	2,15	1,60
1,75	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
2,00	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
2,25	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
2,50	1,00	6,00	25,00	24,00	49,20	63,00	1,61	1,20
2,75	1,00	38,00	25,00	152,00	151,60	159,00	10,19	7,60
2,93	1,00	50,00	18,00	277,78	252,22	253,33	18,61	13,89

Lampiran - 31 Tabel Pengujian *Swedish Weight Sounding* P30

NILAI N-SPT TITIK P30								
Kedalaman Penetrasi	Beban	Jumlah Setengah Putaran per L	Jumlah Penetrasi	Jumlah Setengah Putaran per Meter	Daya Dukung Izin	Kuat Tekan Bebas	Nilai N - SPT	
D (m)	Wsw (kN)	Na (n)	L (cm)	Nsw (n/m)	q _a (kN/m ²)	q _u (kN/m ²)	N - SPT (Tanah Berbutir Kasar)	N - SPT (Tanah Berbutir Halus)
0,14	0,05				0,00	2,25	0,00	0,00
0,16	0,15				0,00	6,75	0,00	0,00
0,16	0,25				0,00	11,25	0,00	0,00
0,19	0,50				0,00	22,50	0,00	0,00
0,22	0,75				0,00	33,75	0,00	0,00
0,25	1,00	0,00	3,50	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
0,50	1,00	23,00	25,00	92,00	103,60	114,00	6,17	4,60
0,75	1,00	10,00	25,00	40,00	62,00	75,00	2,68	2,00
1,00	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
1,25	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
1,50	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
1,75	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
2,00	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
2,25	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
2,50	1,00	6,00	25,00	24,00	49,20	63,00	1,61	1,20
2,75	1,00	14,00	25,00	56,00	74,80	87,00	3,75	2,80
3,00	1,00	23,00	25,00	92,00	103,60	114,00	6,17	4,60
3,18	1,00	50,00	18,00	277,78	252,22	253,33	18,61	13,89

Lampiran - 32 Tabel Pengujian *Swedish Weight Sounding* P31

NILAI N-SPT TITIK P31								
Kedalaman Penetrasi	Beban	Jumlah Setengah Putaran per L	Jumlah Penetrasi	Jumlah Setengah Putaran per Meter	Daya Dukung Izin	Kuat Tekan Bebas	Nilai N - SPT	
D (m)	Wsw (kN)	Na (n)	L (cm)	Nsw (n/m)	q _a (kN/m ²)	q _u (kN/m ²)	N - SPT (Tanah Berbutir Kasar)	N - SPT (Tanah Berbutir Halus)
0,03	0,05				0,00	2,25	0,00	0,00
0,04	0,15				0,00	6,75	0,00	0,00
0,05	0,25				0,00	11,25	0,00	0,00
0,07	0,50				0,00	22,50	0,00	0,00
0,09	0,75				0,00	33,75	0,00	0,00
0,15	1,00	0,00	6,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
0,25	1,00	9,00	10,50	85,71	98,57	109,29	5,74	4,29
0,50	1,00	27,00	25,00	108,00	116,40	126,00	7,24	5,40
0,75	1,00	9,00	25,00	36,00	58,80	72,00	2,41	1,80
1,00	1,00	22,00	25,00	88,00	100,40	111,00	5,90	4,40
1,25	1,00	19,00	25,00	76,00	90,80	102,00	5,09	3,80
1,50	1,00	12,00	25,00	48,00	68,40	81,00	3,22	2,40
1,75	1,00	14,00	25,00	56,00	74,80	87,00	3,75	2,80
2,00	1,00	13,00	25,00	52,00	71,60	84,00	3,49	2,60
2,25	1,00	13,00	25,00	52,00	71,60	84,00	3,49	2,60
2,50	1,00	1,00	25,00	4,00	33,20	48,00	0,27	0,20
2,75	1,00	8,00	25,00	32,00	55,60	69,00	2,15	1,60
3,00	1,00	38,00	25,00	152,00	151,60	159,00	10,19	7,60
3,25	1,00	50,00	25,00	200,00	190,00	195,00	13,40	10,00

Lampiran - 33 Tabel Pengujian *Swedish Weight Sounding* P32

NILAI N-SPT TITIK P32								
Kedalaman Penetrasi	Beban	Jumlah Setengah Putaran per L	Jumlah Penetrasi	Jumlah Setengah Putaran per Meter	Daya Dukung Izin	Kuat Tekan Bebas	Nilai N - SPT	
D (m)	Wsw (kN)	Na (n)	L (cm)	Nsw (n/m)	q _a (kN/m ²)	q _u (kN/m ²)	N - SPT (Tanah Berbutir Kasar)	N - SPT (Tanah Berbutir Halus)
0,04	0,05				0,00	2,25	0,00	0,00
0,04	0,15				0,00	6,75	0,00	0,00
0,04	0,25				0,00	11,25	0,00	0,00
0,05	0,50				0,00	22,50	0,00	0,00
0,07	0,75				0,00	33,75	0,00	0,00
0,15	1,00				0,00	45,00	0,00	0,00
0,25	1,00	6,00	10,50	57,14	75,71	87,86	3,83	2,86
0,50	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
0,75	1,00	2,00	25,00	8,00	36,40	51,00	0,54	0,40
1,00	1,00	9,00	25,00	36,00	58,80	72,00	2,41	1,80
1,25	1,00	7,00	25,00	28,00	52,40	66,00	1,88	1,40
1,50	1,00	13,00	25,00	52,00	71,60	84,00	3,49	2,60
1,75	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
2,00	1,00	5,00	25,00	20,00	46,00	60,00	1,34	1,00
2,25	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
2,50	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
2,75	1,00	7,00	25,00	28,00	52,40	66,00	1,88	1,40
3,00	1,00	2,00	25,00	8,00	36,40	51,00	0,54	0,40
3,25	1,00	0,00	25,00	0,00	30,00	45,00	0,00	0,00
3,50	1,00	9,00	25,00	36,00	58,80	72,00	2,41	1,80
3,75	1,00	22,00	25,00	88,00	100,40	111,00	5,90	4,40
4,00	1,00	50,00	25,00	200,00	190,00	195,00	13,40	10,00

Lampiran - 34 Tabel Hasil Perhitungan *Factor of Safety* P27

NILAI FS TITIK P27																					
Kedalaman D (m)	Berat Isi (kN/m ³)	σ_v (kN/m ²)	σ'_v (kN/m ²)	rd	Pa (kN/m ²)	a max (g)	g (m/s ²)	CSR	N-SPT	(N1) ₆₀	FC (%)	α	β	(N1) _{60 CS}	CRR _{7,5}	MSF	f	K σ	CRR _{Mw}	FS	Keterangan
0,08	17,76	1,42	1,42	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	50,82	5,40	1,35	5,40	0,09	1,03	0,80	0,03	0,00	0,14	Berpotensi Likuefaksi
0,09	17,76	1,51	1,51	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	50,82	5,40	1,35	5,40	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,14	Berpotensi Likuefaksi
0,09	17,76	1,51	1,51	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	50,82	5,40	1,35	5,40	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,14	Berpotensi Likuefaksi
0,10	17,76	1,78	1,78	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	50,82	5,40	1,35	5,40	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,16	Berpotensi Likuefaksi
0,12	17,76	2,13	2,13	1,00	101	0,34	9,81	0,02245	0	0	50,82	5,40	1,35	5,40	0,09	1,03	0,80	0,05	0,00	0,19	Berpotensi Likuefaksi
0,15	17,76	2,66	2,66	1,00	101	0,34	9,81	0,02244	0	0	50,82	5,40	1,35	5,40	0,09	1,03	0,80	0,06	0,01	0,22	Berpotensi Likuefaksi
0,25	17,76	4,44	4,44	1,00	101	0,34	9,81	0,02241	2	1,50	50,82	5,40	1,35	7,43	0,10	1,03	0,78	0,09	0,01	0,40	Berpotensi Likuefaksi
0,50	17,76	8,88	8,88	0,99	101	0,34	9,81	0,02232	2	2,20	50,82	5,40	1,35	8,38	0,11	1,03	0,78	0,15	0,02	0,75	Berpotensi Likuefaksi
0,75	17,76	13,32	13,32	0,99	101	0,34	9,81	0,02224	3	2,80	50,82	5,40	1,35	9,19	0,11	1,03	0,77	0,21	0,02	1,09	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,00	17,76	17,76	17,76	0,99	101	0,34	9,81	0,02215	3	3,20	50,82	5,40	1,35	9,73	0,12	1,03	0,77	0,26	0,03	1,42	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,25	17,76	22,20	22,20	0,98	101	0,34	9,81	0,02207	5	4,80	50,82	5,40	1,35	11,90	0,13	1,03	0,76	0,32	0,04	1,96	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,50	17,76	26,64	26,64	0,98	101	0,34	9,81	0,02199	4	3,80	50,82	5,40	1,35	10,54	0,12	1,03	0,77	0,36	0,05	2,07	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,75	17,76	31,08	31,08	0,97	101	0,34	9,81	0,02190	3	2,80	50,82	5,40	1,35	9,19	0,11	1,03	0,77	0,40	0,05	2,14	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,00	17,76	35,52	35,52	0,97	101	0,34	9,81	0,02182	2	2,00	50,82	5,40	1,35	8,11	0,11	1,03	0,78	0,44	0,05	2,21	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,25	17,76	39,96	39,96	0,97	101	0,34	9,81	0,02173	3	2,80	50,82	5,40	1,35	9,19	0,11	1,03	0,77	0,49	0,06	2,61	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,50	17,76	44,40	44,40	0,96	101	0,34	9,81	0,02165	2	1,60	50,82	5,40	1,35	7,57	0,10	1,03	0,78	0,53	0,06	2,55	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,75	17,76	48,84	48,84	0,96	101	0,34	9,81	0,02156	2	1,60	50,82	5,40	1,35	7,57	0,10	1,03	0,78	0,57	0,06	2,76	Tidak Berpotensi Likuefaksi
3,00	17,76	53,28	53,28	0,96	101	0,34	9,81	0,02148	10	9,60	50,82	5,40	1,35	18,39	0,19	1,03	0,72	0,63	0,12	5,72	Tidak Berpotensi Likuefaksi
3,15	17,76	55,94	55,94	0,95	101	0,34	9,81	0,02143	17	16,67	50,82	5,40	1,35	27,94	0,38	1,03	0,66	0,68	0,27	12,49	Tidak Berpotensi Likuefaksi
																				2,06	Tidak Berpotensi Likuefaksi

Keterangan :

Muka Air Tanah -----

Lampiran - 35 Tabel Hasil Perhitungan *Factor of Safety* P28

NILAI FS TITIK P28																						
Kedalaman D (m)	Berat Isi (kN/m ³)	σ_v (kN/m ²)	σ'_v (kN/m ²)	rd	Pa (kN/m ²)	a max (g)	g (m/s ²)	CSR	N-SPT	(N1) ₆₀	FC (%)	α	β	(N1) ₆₀ CS	CRR _{7,5}	MSF	f	K σ	CRR _{Mw}	FS	Keterangan	
0,05	17,61	0,88	0,88	1,00	101	0,34	9,81	0,02247	0	0	82,28	5,65	1,74	5,65	0,09	1,03	0,80	0,02	0,00	0,10	Berpotensi Likuefaksi	
0,06	17,61	0,97	0,97	1,00	101	0,34	9,81	0,02247	0	0	82,28	5,65	1,74	5,65	0,09	1,03	0,80	0,02	0,00	0,10	Berpotensi Likuefaksi	
0,07	17,61	1,23	1,23	1,00	101	0,34	9,81	0,02247	0	0	82,28	5,65	1,74	5,65	0,09	1,03	0,80	0,03	0,00	0,12	Berpotensi Likuefaksi	
0,09	17,61	1,50	1,50	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	82,28	5,65	1,74	5,65	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,15	Berpotensi Likuefaksi	
0,10	17,61	1,67	1,67	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	82,28	5,65	1,74	5,66	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,16	Berpotensi Likuefaksi	
0,14	17,61	2,38	2,38	1,00	101	0,34	9,81	0,02245	0	0	82,28	5,65	1,74	5,66	0,09	1,03	0,80	0,05	0,00	0,21	Berpotensi Likuefaksi	
0,25	17,61	4,40	4,40	1,00	101	0,34	9,81	0,02241	6	6	82,28	5,65	1,74	15,47	0,16	1,03	0,73	0,10	0,02	0,74	Berpotensi Likuefaksi	
0,50	17,61	8,81	8,81	0,99	101	0,34	9,81	0,02232	2	2	82,28	5,65	1,74	8,78	0,11	1,03	0,78	0,15	0,02	0,77	Berpotensi Likuefaksi	
0,75	17,61	13,21	13,21	0,99	101	0,34	9,81	0,02224	0	0	82,28	5,65	1,74	5,66	0,09	1,03	0,80	0,20	0,02	0,83	Berpotensi Likuefaksi	
1,00	17,61	17,61	17,61	0,99	101	0,34	9,81	0,02215	1	1	82,28	5,65	1,74	7,74	0,10	1,03	0,78	0,25	0,03	1,22	Tidak Berpotensi Likuefaksi	
1,25	17,61	22,01	22,01	0,98	101	0,34	9,81	0,02207	7	7	82,28	5,65	1,74	17,12	0,18	1,03	0,72	0,33	0,06	2,72	Tidak Berpotensi Likuefaksi	
1,50	17,61	26,42	26,42	0,98	101	0,34	9,81	0,02199	1	1	82,28	5,65	1,74	7,39	0,10	1,03	0,78	0,35	0,04	1,65	Tidak Berpotensi Likuefaksi	
1,75	17,61	30,82	30,82	0,97	101	0,34	9,81	0,02190	1	1	82,28	5,65	1,74	7,05	0,10	1,03	0,79	0,39	0,04	1,83	Tidak Berpotensi Likuefaksi	
2,00	17,61	35,22	35,22	0,97	101	0,34	9,81	0,02182	0	0	82,28	5,65	1,74	5,66	0,09	1,03	0,80	0,43	0,04	1,85	Tidak Berpotensi Likuefaksi	
2,25	17,61	39,62	39,62	0,97	101	0,34	9,81	0,02173	1	1	82,28	5,65	1,74	6,70	0,10	1,03	0,79	0,48	0,05	2,19	Tidak Berpotensi Likuefaksi	
2,50	17,61	44,03	44,03	0,96	101	0,34	9,81	0,02165	5	5	82,28	5,65	1,74	15,03	0,16	1,03	0,74	0,54	0,09	4,05	Tidak Berpotensi Likuefaksi	
2,68	17,61	47,19	47,19	0,96	101	0,34	9,81	0,02159	14	14	82,28	5,65	1,74	29,77	0,47	1,03	0,64	0,61	0,30	13,82	Tidak Berpotensi Likuefaksi	
																				1,91	Tidak Berpotensi Likuefaksi	

Keterangan :

Muka Air Tanah -----

Lampiran - 36 Tabel Hasil Perhitungan *Factor of Safety* P29

NILAI FS TITIK P29																					
Kedalaman D (m)	Berat Isi (kN/m ³)	σ_v (kN/m ²)	σ'_v (kN/m ²)	rd	Pa (kN/m ²)	a max (g)	g (m/s ²)	CSR	N-SPT	(N1) ₆₀	FC (%)	α	β	(N1) ₆₀ CS	CRR _{7.5}	MSF	f	K σ	CRR _{Mw}	FS	Keterangan
0,07	16,82	1,09	1,09	1,00	101	0,34	9,81	0,02247	0	0	90,74	5,68	1,85	5,68	0,09	1,03	0,80	0,03	0,00	0,11	Berpotensi Likuefaksi
0,08	16,82	1,26	1,26	1,00	101	0,34	9,81	0,02247	0	0	90,74	5,68	1,85	5,68	0,09	1,03	0,80	0,03	0,00	0,13	Berpotensi Likuefaksi
0,10	16,82	1,60	1,60	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	90,74	5,68	1,85	5,68	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,15	Berpotensi Likuefaksi
0,11	16,82	1,77	1,77	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	90,74	5,68	1,85	5,68	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,17	Berpotensi Likuefaksi
0,12	16,82	1,93	1,93	1,00	101	0,34	9,81	0,02245	0	0	90,74	5,68	1,85	5,68	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,18	Berpotensi Likuefaksi
0,15	16,82	2,44	2,44	1,00	101	0,34	9,81	0,02244	0	0	90,74	5,68	1,85	5,69	0,09	1,03	0,80	0,05	0,00	0,21	Berpotensi Likuefaksi
0,25	16,82	4,21	4,21	1,00	101	0,34	9,81	0,02241	3	3	90,74	5,68	1,85	10,98	0,13	1,03	0,76	0,09	0,01	0,51	Berpotensi Likuefaksi
0,50	16,82	8,41	8,41	0,99	101	0,34	9,81	0,02232	2	2	90,74	5,68	1,85	9,02	0,11	1,03	0,77	0,15	0,02	0,75	Berpotensi Likuefaksi
0,75	16,82	12,62	12,62	0,99	101	0,34	9,81	0,02224	0	0	90,74	5,68	1,85	5,69	0,09	1,03	0,80	0,19	0,02	0,80	Berpotensi Likuefaksi
1,00	16,82	16,82	16,82	0,99	101	0,34	9,81	0,02215	0	0	90,74	5,68	1,85	6,43	0,09	1,03	0,79	0,24	0,02	1,07	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,25	16,82	21,03	21,03	0,98	101	0,34	9,81	0,02207	1	1	90,74	5,68	1,85	7,54	0,10	1,03	0,78	0,29	0,03	1,39	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,50	16,82	25,23	25,23	0,98	101	0,34	9,81	0,02199	2	2	90,74	5,68	1,85	8,65	0,11	1,03	0,78	0,34	0,04	1,74	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,75	16,82	29,44	29,44	0,97	101	0,34	9,81	0,02190	0	0	90,74	5,68	1,85	5,69	0,09	1,03	0,80	0,38	0,03	1,60	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,00	16,82	33,64	33,64	0,97	101	0,34	9,81	0,02182	0	0	90,74	5,68	1,85	5,69	0,09	1,03	0,80	0,42	0,04	1,78	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,25	16,82	37,85	37,85	0,97	101	0,34	9,81	0,02173	0	0	90,74	5,68	1,85	5,69	0,09	1,03	0,80	0,46	0,04	1,97	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,50	16,82	42,19	39,74	0,96	101	0,34	9,81	0,02298	1	1	90,74	5,68	1,85	7,91	0,10	1,03	0,78	0,48	0,05	2,26	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,75	16,82	46,54	44,08	0,96	101	0,34	9,81	0,02276	8	8	90,74	5,68	1,85	19,78	0,20	1,03	0,71	0,56	0,12	5,14	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,93	16,82	49,66	47,90	0,96	101	0,34	9,81	0,02230	14	14	90,74	5,68	1,85	31,44	0,59	1,03	0,63	0,62	0,38	17,10	Tidak Berpotensi Likuefaksi
																				2,06	Tidak Berpotensi Likuefaksi

Keterangan :

Muka Air Tanah -----

Lampiran - 37 Tabel Hasil Perhitungan *Factor of Safety* P30

NILAI FS TITIK P30																					
Kedalaman D (m)	Berat Isi (kN/m ³)	σ_v (kN/m ²)	σ'_v (kN/m ²)	rd	Pa (kN/m ²)	a max (g)	g (m/s ²)	CSR	N-SPT	(N1) ₆₀	FC (%)	α	β	(N1) ₆₀ cs	CRR _{7.5}	MSF	f	K σ	CRR _{Mw}	FS	Keterangan
0,14	17,25	2,33	2,33	1,00	101	0,34	9,81	0,02245	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,05	0,00	0,21	Berpotensi Likuefaksi
0,16	17,25	2,67	2,67	1,00	101	0,34	9,81	0,02244	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,06	0,01	0,23	Berpotensi Likuefaksi
0,16	17,25	2,76	2,76	1,00	101	0,34	9,81	0,02244	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,06	0,01	0,23	Berpotensi Likuefaksi
0,19	17,25	3,19	3,19	1,00	101	0,34	9,81	0,02243	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,06	0,01	0,26	Berpotensi Likuefaksi
0,22	17,25	3,71	3,71	1,00	101	0,34	9,81	0,02242	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,07	0,01	0,30	Berpotensi Likuefaksi
0,25	17,25	4,31	4,31	1,00	101	0,34	9,81	0,02241	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,08	0,01	0,34	Berpotensi Likuefaksi
0,50	17,25	8,63	8,63	0,99	101	0,34	9,81	0,02232	5	5	67,56	5,58	1,55	12,69	0,14	1,03	0,75	0,16	0,02	1,00	Tidak Berpotensi Likuefaksi
0,75	17,25	12,94	12,94	0,99	101	0,34	9,81	0,02224	2	2	67,56	5,58	1,55	8,67	0,11	1,03	0,78	0,20	0,02	1,03	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,00	17,25	17,25	17,25	0,99	101	0,34	9,81	0,02215	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,24	0,02	1,02	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,25	17,25	21,56	21,56	0,98	101	0,34	9,81	0,02207	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,29	0,03	1,23	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,50	17,25	25,88	25,88	0,98	101	0,34	9,81	0,02199	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,34	0,03	1,42	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,75	17,25	30,19	30,19	0,97	101	0,34	9,81	0,02190	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,38	0,04	1,62	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,00	17,25	34,50	34,50	0,97	101	0,34	9,81	0,02182	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,43	0,04	1,81	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,25	17,25	38,81	38,81	0,97	101	0,34	9,81	0,02173	0	0	67,56	5,58	1,55	5,58	0,09	1,03	0,80	0,47	0,04	1,99	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,50	17,25	43,33	40,87	0,96	101	0,34	9,81	0,02295	1	1	67,56	5,58	1,55	7,43	0,10	1,03	0,78	0,49	0,05	2,24	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,75	17,25	47,84	45,39	0,96	101	0,34	9,81	0,02273	3	3	67,56	5,58	1,55	9,91	0,12	1,03	0,77	0,54	0,07	2,89	Tidak Berpotensi Likuefaksi
3,00	17,25	52,35	49,90	0,96	101	0,34	9,81	0,02254	5	5	67,56	5,58	1,55	12,69	0,14	1,03	0,75	0,59	0,08	3,72	Tidak Berpotensi Likuefaksi
3,18	17,25	56,86	54,41	0,95	101	0,34	9,81	0,02238	14	14	67,56	5,58	1,55	27,04	0,35	1,03	0,66	0,66	0,24	10,68	Tidak Berpotensi Likuefaksi
																				1,79	Tidak Berpotensi Likuefaksi

Keterangan :

Muka Air Tanah -----

Lampiran - 38 Tabel Hasil Perhitungan *Factor of Safety* P31

NILAI FS TITIK P31																					
Kedalaman	Berat Isi	σ_v	σ'_v	rd	Pa	a max	g (m/s ²)	CSR	N-SPT	(N1) ₆₀	FC (%)	α	β	(N1) ₆₀	CRR _{7.5}	MSF	f	K σ	CRR _{Mw}	FS	Keterangan
D (m)	(kN/m ³)	(kN/m ²)	(kN/m ²)		(kN/m ²)	(g)								cs							
0,03	17,93	0,45	0,45	1,00	101	0,34	9,81	0,02248	0	0	82,61	5,65	1,74	5,65	0,09	1,03	0,80	0,01	0,00	0,06	Berpotensi Likuefaksi
0,04	17,93	0,72	0,72	1,00	101	0,34	9,81	0,02248	0	0	82,61	5,65	1,74	5,65	0,09	1,03	0,80	0,02	0,00	0,08	Berpotensi Likuefaksi
0,05	17,93	0,81	0,81	1,00	101	0,34	9,81	0,02248	0	0	82,61	5,65	1,74	5,65	0,09	1,03	0,80	0,02	0,00	0,09	Berpotensi Likuefaksi
0,07	17,93	1,17	1,17	1,00	101	0,34	9,81	0,02247	0	0	82,61	5,65	1,74	5,66	0,09	1,03	0,80	0,03	0,00	0,12	Berpotensi Likuefaksi
0,09	17,93	1,52	1,52	1,00	101	0,34	9,81	0,02246	0	0	82,61	5,65	1,74	5,66	0,09	1,03	0,80	0,04	0,00	0,15	Berpotensi Likuefaksi
0,15	17,93	2,60	2,60	1,00	101	0,34	9,81	0,02244	0	0	82,61	5,65	1,74	5,66	0,09	1,03	0,80	0,05	0,01	0,23	Berpotensi Likuefaksi
0,25	17,93	4,48	4,48	1,00	101	0,34	9,81	0,02241	4	4	82,61	5,65	1,74	13,12	0,14	1,03	0,75	0,10	0,01	0,63	Berpotensi Likuefaksi
0,50	17,93	8,97	8,97	0,99	101	0,34	9,81	0,02232	5	5	82,61	5,65	1,74	15,06	0,16	1,03	0,74	0,17	0,03	1,22	Tidak Berpotensi Likuefaksi
0,75	17,93	13,45	13,45	0,99	101	0,34	9,81	0,02224	2	2	82,61	5,65	1,74	8,79	0,11	1,03	0,78	0,21	0,02	1,07	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,00	17,93	17,93	17,93	0,99	101	0,34	9,81	0,02215	4	4	82,61	5,65	1,74	13,32	0,14	1,03	0,75	0,27	0,04	1,83	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,25	17,93	22,41	22,41	0,98	101	0,34	9,81	0,02207	4	4	82,61	5,65	1,74	12,27	0,13	1,03	0,75	0,32	0,04	2,03	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,50	17,93	26,90	26,90	0,98	101	0,34	9,81	0,02199	2	2	82,61	5,65	1,74	9,84	0,12	1,03	0,77	0,36	0,04	1,99	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,75	17,93	31,38	31,38	0,97	101	0,34	9,81	0,02190	3	3	82,61	5,65	1,74	10,53	0,12	1,03	0,77	0,41	0,05	2,35	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,00	17,93	35,86	35,86	0,97	101	0,34	9,81	0,02182	3	3	82,61	5,65	1,74	10,18	0,12	1,03	0,77	0,45	0,06	2,56	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,25	17,93	40,43	37,97	0,97	101	0,34	9,81	0,02314	3	3	82,61	5,65	1,74	10,18	0,12	1,03	0,77	0,47	0,06	2,52	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,50	17,93	44,99	42,54	0,96	101	0,34	9,81	0,02290	0	0	82,61	5,65	1,74	6,01	0,09	1,03	0,79	0,50	0,05	2,09	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,75	17,93	49,56	47,10	0,96	101	0,34	9,81	0,02269	2	2	82,61	5,65	1,74	8,44	0,11	1,03	0,78	0,55	0,06	2,71	Tidak Berpotensi Likuefaksi
3,00	17,93	54,12	51,67	0,96	101	0,34	9,81	0,02250	8	8	82,61	5,65	1,74	18,89	0,19	1,03	0,71	0,62	0,12	5,50	Tidak Berpotensi Likuefaksi
3,25	17,93	58,69	56,23	0,95	101	0,34	9,81	0,02233	10	10	82,61	5,65	1,74	23,07	0,25	1,03	0,69	0,67	0,17	7,76	Tidak Berpotensi Likuefaksi
																				1,84	Tidak Berpotensi Likuefaksi

Keterangan :

Muka Air Tanah -----

Lampiran - 39 Tabel Hasil Perhitungan *Factor of Safety* P32

NILAI FS TITIK P32																					
Kedalaman D (m)	Berat Isi (kN/m ³)	σ_v (kN/m ²)	σ'_v (kN/m ²)	rd	Pa (kN/m ²)	a max (g)	g (m/s ²)	CSR	N-SPT	(N1) ₆₀	FC (%)	α	β	(N1) ₆₀ cs	CRR _{7.5}	MSF	f	K σ	CRR _{Mw}	FS	Keterangan
0,04	19,17	0,67	0,67	1,00	101	0,34	9,81	0,02248	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,02	0,00	0,08	Berpotensi Likuefaksi
0,04	19,17	0,67	0,67	1,00	101	0,34	9,81	0,02248	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,02	0,00	0,08	Berpotensi Likuefaksi
0,04	19,17	0,77	0,77	1,00	101	0,34	9,81	0,02248	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,02	0,00	0,09	Berpotensi Likuefaksi
0,05	19,17	0,96	0,96	1,00	101	0,34	9,81	0,02247	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,02	0,00	0,10	Berpotensi Likuefaksi
0,07	19,17	1,25	1,25	1,00	101	0,34	9,81	0,02247	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,03	0,00	0,13	Berpotensi Likuefaksi
0,15	19,17	2,78	2,78	1,00	101	0,34	9,81	0,02244	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,06	0,01	0,24	Berpotensi Likuefaksi
0,25	19,17	4,79	4,79	1,00	101	0,34	9,81	0,02241	3	3	78,86	5,64	1,69	10,47	0,12	1,03	0,77	0,10	0,01	0,54	Berpotensi Likuefaksi
0,50	19,17	9,59	9,59	0,99	101	0,34	9,81	0,02232	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,15	0,01	0,64	Berpotensi Likuefaksi
0,75	19,17	14,38	14,38	0,99	101	0,34	9,81	0,02224	0	0	78,86	5,64	1,69	6,32	0,09	1,03	0,79	0,21	0,02	0,93	Berpotensi Likuefaksi
1,00	19,17	19,17	19,17	0,99	101	0,34	9,81	0,02215	2	2	78,86	5,64	1,69	8,69	0,11	1,03	0,78	0,28	0,03	1,40	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,25	19,17	23,96	23,96	0,98	101	0,34	9,81	0,02207	1	1	78,86	5,64	1,69	8,01	0,10	1,03	0,78	0,33	0,04	1,60	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,50	19,17	28,76	28,76	0,98	101	0,34	9,81	0,02199	3	3	78,86	5,64	1,69	10,04	0,12	1,03	0,77	0,38	0,05	2,12	Tidak Berpotensi Likuefaksi
1,75	19,17	33,55	33,55	0,97	101	0,34	9,81	0,02190	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,42	0,04	1,77	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,00	19,17	38,34	38,34	0,97	101	0,34	9,81	0,02182	1	1	78,86	5,64	1,69	7,33	0,10	1,03	0,79	0,47	0,05	2,22	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,25	19,17	43,13	43,13	0,97	101	0,34	9,81	0,02173	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,51	0,05	2,17	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,50	19,17	47,93	47,93	0,96	101	0,34	9,81	0,02165	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,55	0,05	2,37	Tidak Berpotensi Likuefaksi
2,75	19,17	52,72	52,72	0,96	101	0,34	9,81	0,02156	1	1	78,86	5,64	1,69	8,01	0,10	1,03	0,78	0,60	0,07	3,02	Tidak Berpotensi Likuefaksi
3,00	19,17	57,51	57,51	0,96	101	0,34	9,81	0,02148	0	0	78,86	5,64	1,69	6,32	0,09	1,03	0,79	0,64	0,06	2,90	Tidak Berpotensi Likuefaksi
3,25	19,17	62,30	62,30	0,95	101	0,34	9,81	0,02140	0	0	78,86	5,64	1,69	5,64	0,09	1,03	0,80	0,68	0,06	2,96	Tidak Berpotensi Likuefaksi
3,50	19,17	67,10	67,10	0,95	101	0,34	9,81	0,02131	2	2	78,86	5,64	1,69	8,69	0,11	1,03	0,78	0,73	0,08	3,86	Tidak Berpotensi Likuefaksi
3,75	19,17	71,89	71,89	0,94	101	0,34	9,81	0,02123	4	4	78,86	5,64	1,69	13,08	0,14	1,03	0,75	0,78	0,11	5,31	Tidak Berpotensi Likuefaksi
4,00	19,17	76,68	76,68	0,94	101	0,34	9,81	0,02114	10	10	78,86	5,64	1,69	22,55	0,24	1,03	0,69	0,83	0,21	9,78	Tidak Berpotensi Likuefaksi
																				2,01	Tidak Berpotensi Likuefaksi

Keterangan :

Muka Air Tanah -----

Lampiran - 40 Tabel Hasil Perhitungan *Liquefaction Potential Index* P27

LPI TITIK P27							
Kedalaman	FS	zi	Hi	w (zi)	Fi	LPI	Keterangan
(m)		(m)	(m)				
0,08	0,14	0,04	0,08	9,98	0,86	0,69	Rendah
0,09	0,14	0,04	0,09	9,98	0,86	0,73	Rendah
0,09	0,14	0,04	0,09	9,98	0,86	0,73	Rendah
0,10	0,16	0,05	0,10	9,98	0,84	0,84	Rendah
0,12	0,19	0,06	0,12	9,97	0,81	0,97	Rendah
0,15	0,22	0,08	0,15	9,96	0,78	1,16	Rendah
0,25	0,40	0,13	0,25	9,94	0,60	1,49	Rendah
0,50	0,75	0,25	0,50	9,88	0,25	1,25	Rendah
0,75	1,09	0,38	0,75	9,81	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,00	1,42	0,50	1,00	9,75	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,25	1,96	0,63	1,25	9,69	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,50	2,07	0,75	1,50	9,63	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,75	2,14	0,88	1,75	9,56	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,00	2,21	1,00	2,00	9,50	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,25	2,61	1,13	2,25	9,44	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,50	2,55	1,25	2,50	9,38	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,75	2,76	1,38	2,75	9,31	0,00	0,00	Sangat Rendah
3,00	5,72	1,50	3,00	9,25	0,00	0,00	Sangat Rendah
3,15	12,49	1,58	3,15	9,21	0,00	0,00	Sangat Rendah
LPI = $\Sigma F \cdot W(z) \cdot H_i$						0,41	Rendah

Lampiran - 41 Tabel Hasil Perhitungan *Liquefaction Potential Index* P28

LPI TITIK P28							
Kedalaman (m)	FS	zi (m)	Hi (m)	w (zi)	Fi	LPI	Keterangan
0,05	0,10	0,03	0,05	9,99	0,90	0,45	Rendah
0,06	0,10	0,03	0,06	9,99	0,90	0,49	Rendah
0,07	0,12	0,04	0,07	9,98	0,88	0,61	Rendah
0,09	0,15	0,04	0,09	9,98	0,85	0,73	Rendah
0,10	0,16	0,05	0,10	9,98	0,84	0,80	Rendah
0,14	0,21	0,07	0,14	9,97	0,79	1,06	Rendah
0,25	0,74	0,13	0,25	9,94	0,26	0,64	Rendah
0,50	0,77	0,25	0,50	9,88	0,23	1,16	Rendah
0,75	0,83	0,38	0,75	9,81	0,17	1,25	Rendah
1,00	1,22	0,50	1,00	9,75	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,25	2,72	0,63	1,25	9,69	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,50	1,65	0,75	1,50	9,63	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,75	1,83	0,88	1,75	9,56	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,00	1,85	1,00	2,00	9,50	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,25	2,19	1,13	2,25	9,44	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,50	4,05	1,25	2,50	9,38	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,68	13,82	1,34	2,68	9,33	0,00	0,00	Sangat Rendah
LPI = $\Sigma F \cdot W(z) \cdot H_i$						0,42	Rendah

Lampiran - 42 Tabel Hasil Perhitungan *Liquefaction Potential Index* P29

LPI TITIK P29							
Kedalaman (m)	FS	zi (m)	Hi (m)	w (zi)	Fi	LPI	Keterangan
0,07	0,11	0,03	0,07	9,98	0,89	0,58	Rendah
0,08	0,13	0,04	0,08	9,98	0,87	0,65	Rendah
0,10	0,15	0,05	0,10	9,98	0,85	0,80	Rendah
0,11	0,17	0,05	0,11	9,97	0,83	0,87	Rendah
0,12	0,18	0,06	0,12	9,97	0,82	0,94	Rendah
0,15	0,21	0,07	0,15	9,96	0,79	1,13	Rendah
0,25	0,51	0,13	0,25	9,94	0,49	1,21	Rendah
0,50	0,75	0,25	0,50	9,88	0,25	1,22	Rendah
0,75	0,80	0,38	0,75	9,81	0,20	1,46	Rendah
1,00	1,07	0,50	1,00	9,75	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,25	1,39	0,63	1,25	9,69	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,50	1,74	0,75	1,50	9,63	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,75	1,60	0,88	1,75	9,56	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,00	1,78	1,00	2,00	9,50	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,25	1,97	1,13	2,25	9,44	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,50	2,26	1,25	2,50	9,38	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,75	5,14	1,38	2,75	9,31	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,93	17,10	1,47	2,93	9,27	0,00	0,00	Sangat Rendah
LPI = $\Sigma F \cdot W(z) \cdot H_i$						0,49	Rendah

Lampiran - 43 Tabel Hasil Perhitungan *Liquefaction Potential Index* P30

LPI TITIK 30							
Kedalaman (m)	FS	zi (m)	Hi (m)	w (zi)	Fi	LPI	Keterangan
0,14	0,21	0,07	0,14	9,97	0,79	1,07	Rendah
0,16	0,23	0,08	0,16	9,96	0,77	1,19	Rendah
0,16	0,23	0,08	0,16	9,96	0,77	1,22	Rendah
0,19	0,26	0,09	0,19	9,95	0,74	1,36	Rendah
0,22	0,30	0,11	0,22	9,95	0,70	1,50	Rendah
0,25	0,34	0,13	0,25	9,94	0,66	1,65	Rendah
0,50	1,00	0,25	0,50	9,88	0,00	0,00	Sangat Rendah
0,75	1,03	0,38	0,75	9,81	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,00	1,02	0,50	1,00	9,75	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,25	1,23	0,63	1,25	9,69	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,50	1,42	0,75	1,50	9,63	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,75	1,62	0,88	1,75	9,56	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,00	1,81	1,00	2,00	9,50	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,25	1,99	1,13	2,25	9,44	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,50	2,24	1,25	2,50	9,38	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,75	2,89	1,38	2,75	9,31	0,00	0,00	Sangat Rendah
3,00	3,72	1,50	3,00	9,25	0,00	0,00	Sangat Rendah
3,18	10,68	1,59	3,18	9,21	0,00	0,00	Sangat Rendah
LPI = $\Sigma F \cdot W(z) \cdot H_i$						0,44	Rendah

Lampiran - 44 Tabel Hasil Perhitungan *Liquefaction Potential Index* P31

LPI TITIK P31							
Kedalaman (m)	FS	zi (m)	Hi (m)	w (zi)	Fi	LPI	Keterangan
0,03	0,06	0,01	0,03	9,99	0,94	0,24	Rendah
0,04	0,08	0,02	0,04	9,99	0,92	0,37	Rendah
0,05	0,09	0,02	0,05	9,99	0,91	0,41	Rendah
0,07	0,12	0,03	0,07	9,98	0,88	0,57	Rendah
0,09	0,15	0,04	0,09	9,98	0,85	0,72	Rendah
0,15	0,23	0,07	0,15	9,96	0,77	1,12	Rendah
0,25	0,63	0,13	0,25	9,94	0,37	0,92	Rendah
0,50	1,22	0,25	0,50	9,88	0,00	0,00	Sangat Rendah
0,75	1,07	0,38	0,75	9,81	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,00	1,83	0,50	1,00	9,75	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,25	2,03	0,63	1,25	9,69	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,50	1,99	0,75	1,50	9,63	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,75	2,35	0,88	1,75	9,56	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,00	2,56	1,00	2,00	9,50	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,25	2,52	1,13	2,25	9,44	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,50	2,09	1,25	2,50	9,38	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,75	2,71	1,38	2,75	9,31	0,00	0,00	Sangat Rendah
3,00	5,50	1,50	3,00	9,25	0,00	0,00	Sangat Rendah
3,25	7,76	1,63	3,25	9,19	0,00	0,00	Sangat Rendah
LPI = $\Sigma F \cdot W(z) \cdot H_i$						0,23	Rendah

Lampiran - 45 Tabel Hasil Perhitungan *Liquefaction Potential Index* P32

LPI TITIK P32							
Kedalaman (m)	FS	zi (m)	Hi (m)	w (zi)	Fi	LPI	Keterangan
0,04	0,08	0,02	0,04	9,99	0,92	0,32	Rendah
0,04	0,08	0,02	0,04	9,99	0,92	0,32	Rendah
0,04	0,09	0,02	0,04	9,99	0,91	0,37	Rendah
0,05	0,10	0,03	0,05	9,99	0,90	0,45	Rendah
0,07	0,13	0,03	0,07	9,98	0,87	0,57	Rendah
0,15	0,24	0,07	0,15	9,96	0,76	1,10	Rendah
0,25	0,54	0,13	0,25	9,94	0,46	1,13	Rendah
0,50	0,64	0,25	0,50	9,88	0,36	1,78	Rendah
0,75	0,93	0,38	0,75	9,81	0,07	0,48	Rendah
1,00	1,40	0,50	1,00	9,75	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,25	1,60	0,63	1,25	9,69	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,50	2,12	0,75	1,50	9,63	0,00	0,00	Sangat Rendah
1,75	1,77	0,88	1,75	9,56	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,00	2,22	1,00	2,00	9,50	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,25	2,17	1,13	2,25	9,44	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,50	2,37	1,25	2,50	9,38	0,00	0,00	Sangat Rendah
2,75	3,02	1,38	2,75	9,31	0,00	0,00	Sangat Rendah
3,00	2,90	1,50	3,00	9,25	0,00	0,00	Sangat Rendah
3,25	2,96	1,63	3,25	9,19	0,00	0,00	Sangat Rendah
3,50	3,86	1,75	3,50	9,13	0,00	0,00	Sangat Rendah
3,75	5,31	1,88	3,75	9,06	0,00	0,00	Sangat Rendah
4,00	9,78	2,00	4,00	9,00	0,00	0,00	Sangat Rendah
LPI = $\Sigma F \cdot W(z) \cdot H_i$						0,30	Rendah

Lampiran - 46 Tabel Hasil Perhitungan *Probability of Liquefaction* P27

P_L TITIK P27			
Kedalaman (m)	FS	P _L	Keterangan
0,08	0,14	0,77	Sangat mungkin
0,09	0,14	0,76	Sangat mungkin
0,09	0,14	0,76	Sangat mungkin
0,10	0,16	0,73	Sangat mungkin
0,12	0,19	0,70	Sangat mungkin
0,15	0,22	0,65	Sangat mungkin
0,25	0,40	0,48	Mungkin
0,50	0,75	0,28	Tidak mungkin
0,75	1,09	0,18	Tidak mungkin
1,00	1,42	0,12	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,25	1,96	0,07	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,50	2,07	0,06	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,75	2,14	0,06	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,00	2,21	0,05	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,25	2,61	0,04	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,50	2,55	0,04	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,75	2,76	0,03	Hampir pasti tidak likuefaksi
3,00	5,72	0,01	Hampir pasti tidak likuefaksi
3,15	12,49	0,00	Hampir pasti tidak likuefaksi
		0,31	Tidak mungkin

Lampiran - 47 Tabel Hasil Perhitungan *Probability of Liquefaction* P28

P_L TITIK P28			
Kedalaman (m)	FS	P _L	Keterangan
0,05	0,10	0,83	Sangat mungkin
0,06	0,10	0,82	Sangat mungkin
0,07	0,12	0,79	Sangat mungkin
0,09	0,15	0,76	Sangat mungkin
0,10	0,16	0,74	Sangat mungkin
0,14	0,21	0,67	Sangat mungkin
0,25	0,74	0,29	Tidak mungkin
0,50	0,77	0,28	Tidak mungkin
0,75	0,83	0,25	Tidak mungkin
1,00	1,22	0,15	Tidak mungkin
1,25	2,72	0,03	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,50	1,65	0,09	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,75	1,83	0,08	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,00	1,85	0,08	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,25	2,19	0,05	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,50	4,05	0,01	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,68	13,82	0,00	Hampir pasti tidak likuefaksi
		0,35	Tidak mungkin

Lampiran - 48 Tabel Hasil Perhitungan *Probability of Liquefaction* P29

P_L TITIK P29			
Kedalaman (m)	FS	P _L	Keterangan
0,07	0,11	0,80	Sangat mungkin
0,08	0,13	0,78	Sangat mungkin
0,10	0,15	0,75	Sangat mungkin
0,11	0,17	0,73	Sangat mungkin
0,12	0,18	0,71	Sangat mungkin
0,15	0,21	0,67	Sangat mungkin
0,25	0,51	0,40	Mungkin
0,50	0,75	0,28	Tidak mungkin
0,75	0,80	0,26	Tidak mungkin
1,00	1,07	0,18	Tidak mungkin
1,25	1,39	0,12	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,50	1,74	0,08	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,75	1,60	0,10	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,00	1,78	0,08	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,25	1,97	0,07	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,50	2,26	0,05	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,75	5,14	0,01	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,93	17,10	0,00	Hampir pasti tidak likuefaksi
		0,34	Tidak mungkin

Lampiran - 49 Tabel Hasil Perhitungan *Probability of Liquefaction* P30

P_L TITIK P30			
Kedalaman (m)	FS	P _L	Keterangan
0,14	0,21	0,68	Sangat mungkin
0,16	0,23	0,65	Mungkin
0,16	0,23	0,64	Mungkin
0,19	0,26	0,61	Mungkin
0,22	0,30	0,58	Mungkin
0,25	0,34	0,54	Mungkin
0,50	1,00	0,20	Tidak mungkin
0,75	1,03	0,19	Tidak mungkin
1,00	1,02	0,20	Tidak mungkin
1,25	1,23	0,15	Tidak mungkin
1,50	1,42	0,12	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,75	1,62	0,10	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,00	1,81	0,08	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,25	1,99	0,07	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,50	2,24	0,05	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,75	2,89	0,03	Hampir pasti tidak likuefaksi
3,00	3,72	0,02	Hampir pasti tidak likuefaksi
3,18	10,68	0,00	Hampir pasti tidak likuefaksi
		0,27	Tidak mungkin

Lampiran - 50 Tabel Hasil Perhitungan *Probability of Liquefaction P31*

P_L TITIK P31			
Kedalaman (m)	FS	P _L	Keterangan
0,03	0,06	0,90	Hampir pasti likuefaksi
0,04	0,08	0,85	Hampir pasti likuefaksi
0,05	0,09	0,84	Sangat mungkin
0,07	0,12	0,79	Sangat mungkin
0,09	0,15	0,75	Sangat mungkin
0,15	0,23	0,65	Sangat mungkin
0,25	0,63	0,34	Tidak mungkin
0,50	1,22	0,15	Tidak mungkin
0,75	1,07	0,18	Tidak mungkin
1,00	1,83	0,08	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,25	2,03	0,06	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,50	1,99	0,07	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,75	2,35	0,05	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,00	2,56	0,04	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,25	2,52	0,04	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,50	2,09	0,06	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,75	2,71	0,03	Hampir pasti tidak likuefaksi
3,00	5,50	0,01	Hampir pasti tidak likuefaksi
3,25	7,76	0,00	Hampir pasti tidak likuefaksi
		0,31	Tidak mungkin

Lampiran - 51 Tabel Hasil Perhitungan *Probability of Liquefaction* P32

P_L TITIK P32			
Kedalaman (m)	FS	P _L	Keterangan
0,04	0,08	0,86	Hampir pasti likuefaksi
0,04	0,08	0,86	Hampir pasti likuefaksi
0,04	0,09	0,85	Sangat mungkin
0,05	0,10	0,82	Sangat mungkin
0,07	0,13	0,78	Sangat mungkin
0,15	0,24	0,64	Mungkin
0,25	0,54	0,39	Mungkin
0,50	0,64	0,33	Tidak mungkin
0,75	0,93	0,22	Tidak mungkin
1,00	1,40	0,12	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,25	1,60	0,10	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,50	2,12	0,06	Hampir pasti tidak likuefaksi
1,75	1,77	0,08	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,00	2,22	0,05	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,25	2,17	0,06	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,50	2,37	0,05	Hampir pasti tidak likuefaksi
2,75	3,02	0,03	Hampir pasti tidak likuefaksi
3,00	2,90	0,03	Hampir pasti tidak likuefaksi
3,25	2,96	0,03	Hampir pasti tidak likuefaksi
3,50	3,86	0,01	Hampir pasti tidak likuefaksi
3,75	5,31	0,01	Hampir pasti tidak likuefaksi
4,00	9,78	0,00	Hampir pasti tidak likuefaksi
		0,29	Tidak mungkin

Lampiran - 52 Foto Bersama setelah pengujian di lapangan

