

TUGAS AKHIR

ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN KOEFISIEN KESERAGAMAN (C_u) PADA UJI ANALISA DISTRIBUSI BUTIRAN TANAH DAN DATA SPT

(LIQUEFACTION POTENCY ANALYSIS BASED ON COEFFICIENT OF UNIFORMITY (C_u) ON SOIL GRAIN DISTRIBUTION ANALYSIS TEST AND SPT DATA)

**(Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 di Desa Tirtohargo,
Bantul)**

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



Dinda Kristina

18511065

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

2022

TUGAS AKHIR

ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN KOEFSIEN KESERAGAMAN (C_u) PADA UJI ANALISA DISTRIBUSI BUTIRAN TANAH DAN DATA SPT

(LIQUEFACTION POTENCY ANALYSIS BASED ON COEFFICIENT OF UNIFORMITY (C_u) ON SOIL GRAIN DISTRIBUTION ANALYSIS TEST AND SPT DATA)

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 di Desa

Tirtohargo, Bantul)

Disusun oleh



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

Diuji pada tanggal 19 September 2022

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.

NIK: 045110407

Penguji I

Muhammad Rifqi A, S.T., M.Eng.

NIK: 135111101

Penguji II

Ir. Akhmad Marzuko, M.T.

NIK: 885110107



Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng.

NIK: 885110101 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 19 September 2022

Yang _____, n,



LEMBAR DEDIKASI

Bismillahirrahmanirrahim

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala hidayah dan rahmat-Nya dipermudahkan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Dengan segala rasa terimakasih saya persembahkan tugas akhir ini kepada:

Allah S.W.T yang telah memberikan kemudahan serta kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini

Ibu Dwi Rostini Rodjikan dan Bapak Sofyan Mujiran selaku orang tua yang selalu memberikan semangat serta dukungan tiada henti dan

Untuk diri saya sendiri yang sudah mau berjuang melawan rasa mager untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan penulis rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Koefisien Keseragaman (Cu) Pada Pengujian Distribusi Ukuran Butiran Tanah Dan Data Spt* Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 Di Desa Tirtohargo, Bantul. Salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi sarjana di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia adalah dengan menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan meskipun banyak rintangan dan hambatan akan tetapi banyak pihak yang memberikan kritik, saran, dan dukungan semangat. Alhamdulillah dengan semua tugas akhir ini dapat diselesaikan. Dengan ini diucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

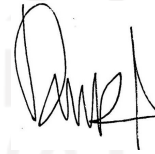
1. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan waktu, nasihat serta saran saat bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji I yang telah memberi masukan serta saran saat sidang Tugas Akhir ini
3. Bapak Ir. Akhmad Marzuko M.T. selaku dosen penguji II yang telah memberi masukan serta saran saat sidang Tugas Akhir ini
4. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
5. Keluarga yang telah memberikan dukungan, semangat serta doa

6. Pihak BBPJJN Jawa Tengah dan PT. Wika – Utama Jo pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2, yang telah memberikan izin untuk pengambilan data penelitian.
7. Teman-teman saya yang turut serta membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
8. Seluruh dosen, asisten, laboran, staff dan karyawan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah memberikan banyak ilmu dan membantu penulis dalam masa perkuliahan.

Dengan begini diharapkan Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Yogyakarta, September 2022

Penulis,



Dinda Kristina

18511065

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
LEMBAR DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACK</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Lokasi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.1 Analisis Potensi Likuifaksi Menggunakan Nilai SPT	5
2.1.2 Analisis Potensi Likuifaksi Menggunakan Nilai CPT	6
2.1.3 Analisis Potensi Likuifaksi Berdasar Gradasi Butiran Tanah	7
2.2 Perbedaan Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Tanah	12

3.1.1	Karakteristik Tanah	12
3.2	Klasifikasi Tanah	14
3.2.1	Klasifikasi <i>Unifield</i>	14
3.2.2	Klasifikasi AASHTO	15
3.3	Gempa Bumi	16
3.3.1	Parameter Gempa Bumi	16
3.3.2	Ukuran Kekuatan Gempa Bumi	17
3.3.3	Dampak Gempa Bumi	18
3.4	Likuifaksi	20
3.4.1	Perilaku Likuifaksi pada Tanah	21
3.4.2	Faktor-faktor Penyebab Terjadinya Likuifaksi	22
3.4.3	Bahaya Akibat Terjadinya Likuifaksi	24
3.5	Metode Analisis Potensi Likuifaksi	24
3.5.1	Analisis Distribusi Butiran Tanah	24
3.5.2	Analisis Hasil Pengujian SPT (<i>Standar Penetration Test</i>)	34
BAB IV METODE PENELITIAN		39
4.1	Umum	39
4.2	Tahapan Penelitian	39
4.3	Data Penelitian	40
4.3.1	Data Uji Laboratorium	40
4.3.2	Data Uji N-SPT (<i>Standard Penetration Test</i>)	42
4.4	Analisis Data	42
4.4.1	Analisis berdasarkan Distribusi Ukuran Butir	42
4.4.2	Analisis berdasarkan Data SPT	43
4.5	Bagan Alir Penelitian	44
BAB V PEMBAHASAN		45
5.1	Analisis Potensi Likuifaksi berdasarkan Distribusi Ukuran Butir	45
5.1.1	Data Laboratorium	45
5.1.2	Hasil Penelitian Laboratorium	45
5.1.3	Analisis Data Laboratorium	48
5.1.4	Pembahasan	60
5.2	Analisis Potensi Likuifaksi berdasarkan Data SPT	65

5.2.1 Data Umum	65
5.2.2 Daerah Gempa Pada Peta	67
5.2.3 Analisis Data SPT	67
5.3 Hubungan CRR dan C_u	127
5.3.1 Hubungan CRR (<i>Cyclic Resistance Ratio</i>) dan C_u	127
5.3.2 Grafik Hubungan CRR (<i>Cyclic Resistance Ratio</i>) dan C_u	128
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	129
5.1 Kesimpulan	129
6.2 Saran	129
DAFTAR PUSTAKA	131
Daftar Lampiran	134

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1 Karakteristik Tanah Berbutir Kasae dan Halus (Holtz and Kovacs)	13
Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unifield</i>	15
Tabel 3.3 Sistem Klasifikasi AASHTO	16
Tabel 3.4 Ukuran Kekuatan Gempa Berdasarkan Skala Intensitas Gempabumi	19
Tabel 3.5 Harga α untuk berbagai Harga G	26
Tabel 3.6 Faktor Koreksi Temperatur	27
Tabel 3.7 Harga Kedalaman Efektif Hidrometer 152 H	29
Tabel 3.8 Harga Nilai K untuk Analisis Hidrometer	31
Tabel 3. 9 Nilai Faktor Koreksi untuk $(N_1)_{60}$	36
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik Parangtritis	46
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik Tirtohargo	46
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Titik Parangtritis	47
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Titik Tirtohargo	47
Tabel 5.5 Rekapitulasi Analisis Saringan Titik Parangtritis Sampel 1	49
Tabel 5.6 Rekapitulasi Analisis Saringan Titik Parangtritis Sampel 2	49
Tabel 5.7 Perhitungan Persentase Lolos Saringan Rata-rata Titik Parangtritis	50
Tabel 5.8 Rekapitulasi Analisis Saringan Titik Tirtohargo Sampel 1	51
Tabel 5.9 Rekapitulasi Analisis Saringan Titik Tirtohargo Sampel 2	51
Tabel 5.10 Perhitungan Persentase Lolos Saringan Rata-rata Titik Tirtohargo	52
Tabel 5.11 Rekapitulasi Analisis Hidrometer Titik Parangtritis Sampel 1	54
Tabel 5.12 Rekapitulasi Analisis Hidrometer Titik Parangtritis Sampel 2	54

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Pengujian Analisis Hidrometer Titik Parangtritis	55
Tabel 5.14 Rekapitulasi Analisis Hidrometer Titik Tirtohargo Sampel 1	57
Tabel 5.15 Rekapitulasi Analisis Hidrometer Titik Tirtohargo Sampel 2	57
Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Pengujian Analisis Hidrometer Titik Tirtohargo	58
Tabel 5.17 Fraksi Tanah Titik Parangtritis	62
Tabel 5.18 Fraksi Tanah Titik Tirtohargo	63
Tabel 5.19 Data Koordinat, Kedalaman dan Muka Air Tanah	66
Tabel 5.20 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-01	76
Tabel 5.21 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-01	77
Tabel 5.22 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-01	79
Tabel 5.23 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-02	81
Tabel 5.24 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-02	82
Tabel 5.25 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-02	83
Tabel 5.26 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-03	85
Tabel 5.27 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-03	85
Tabel 5.28 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-03	86
Tabel 5.29 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-04	88
Tabel 5.30 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-04	89
Tabel 5.31 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-04	90
Tabel 5.32 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-05	92
Tabel 5.33 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-05	92
Tabel 5.34 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-05	93
Tabel 5.35 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-06	95
Tabel 5.36 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-06	96
Tabel 5.37 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-06	97

Tabel 5.38 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-07	99
Tabel 5.39 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-07	100
Tabel 5.40 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-07	101
Tabel 5.41 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-08	103
Tabel 5.42 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-08	103
Tabel 5.43 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-08	104
Tabel 5.44 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-09	106
Tabel 5.45 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-09	106
Tabel 5.46 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-09	107
Tabel 5.47 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-10	109
Tabel 5.48 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-10	110
Tabel 5.49 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-10	111
Tabel 5.50 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-11	113
Tabel 5.51 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-11	114
Tabel 5.52 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-11	115
Tabel 5.53 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-12	117
Tabel 5.54 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-12	118
Tabel 5.55 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-12	119
Tabel 5.56 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-13	121
Tabel 5.57 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-13	121
Tabel 5.58 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-13	122
Tabel 5.59 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-14	124
Tabel 5.60 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-14	124
Tabel 5.61 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-14	125
Tabel 5.62 Rekapitulasi Nilai C_U dan CRR	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian	4
Gambar 3.1 Peta Zona Wilayah Gempa Indonesia	20
Gambar 3.2 Kedalaman Efektif (L)	29
Gambar 3.3 Kurva Tipikal Ukuran Butir Tanah	32
Gambar 3.4 Kurva Distribusi Ukuran Butir (Tsuchida 1970)	33
Gambar 3.5 r_d Vs Depth Curves Developed	35
Gambar 4.1 Bagan Alir Peneitian	44
Gambar 5.1 Grafik Distribusi Butiran Tanah Titik Parangtritis	59
Gambar 5.2 Grafik Distribusi Butiran Tanah Titik Tirtohargo	60
Gambar 5.3 Grafik Penentuan D_{10} , D_{30} , D_{50} dan D_{60} Titik Parangtritis	61
Gambar 5.4 Grafik Penentuan D_{10} , D_{30} , D_{50} dan D_{60} Titik Tirtohargo	63
Gambar 5.5 Kurva Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Butiran Tanah	64
Gambar 5.6 Lokasi Titik Bor Pengujian SPT	66
Gambar 5.7 Peta Daerah Gempa Indonesia Menurut SNI 1726-2019	67
Gambar 5.8 Lapisan Tanah BH-01	68
Gambar 5.9 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-01	80
Gambar 5.10 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-02	84
Gambar 5.11 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-03	87
Gambar 5.12 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-04	91
Gambar 5.13 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-05	94
Gambar 5.14 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-06	98

Gambar 5.15 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-07	102
Gambar 5.16 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-08	105
Gambar 5.17 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-09	108
Gambar 5.18 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-10	112
Gambar 5.19 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-11	116
Gambar 5.20 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-12	120
Gambar 5.21 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-13	123
Gambar 5.22 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-14	126
Gambar 5.24 Grafik Hubungan Nilai C_{RR} dengan Nilai C_U	128

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat Uji Analisa Saringan

Lampiran 2 Alat Uji Analisa Hidrometer

Lampiran 3 Lokasi Titik Pengujian SPT

Lampiran 4 Data Hasil Uji Laboratorium

Lampiran 5 Data *Standard Penetration Test* (SPT)



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Cu	= koefisien keseragaman (uniform coefficient)
Cc	= koefisien gradasi (coefficient of gradation)
SPT	= Standard Penetration Test
CPT	= Cone Penetration Test
CRR	= Cyclic Resistance Ratio
CSR	= Cyclic Stress Ratio
SF	= Safety Factor
AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Officials Classification
ASTM	= American Society for testing dan Material
GI	= indeks kelompok (group indeks)
F	= persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm)
LL	= batas cair
Pl	= indeks plastisitas
Np	= Nonplastis
wf	= berat sampel lolos saringan (gr)
W	= berat sampel total (gr)
$\sum d$	= berat sampel tertahan saringan (gr)
P	= persen lolos saringan (%)
Rc	= pembacaan hidrometer terkoreksi
w	= berat benda uji (gr)
a	= konstanta yang tergantung dari kepadatan suspensi
Ra	= pembacaan hidrometer
Mt	= koreksi temperatur
x	= koreksi dispersing agent
R	= pembacaan hidrometer aktual
Cm	= koreksi meniskus

m_d	= masa stock yang tertinggal dalam cawan penguapan (gr)
d	= diameter butiran tanah (mm)
k	= konstanta tergantung temperatur suspensi dan berat jenis butiran tanah
L	= kedalaman efektif alat hidrometer (mm)
T	= waktu (menit)
D_{60}	= diameter butir pada presentase 60% (mm)
D_{10}	= ukuran efektif, diameter butir pada presentase 10% (mm)
D_{30}	= diameter butir pada presentase 30% (mm)
α_{max}	= percepatan permukaan tanah maksimum arah horizontal (m/s ²),
g	= percepatan gravitasi (m/s ²),
σ_v	= tegangan overburden vertikal total (kN/m ²),
σ'_v	= tegangan overburden vertikal efektif (kN/m ²),
rd	= koefisien tegangan reduksi.
z	= kedalaman dibawah permukaan tanah dalam satuan meter

ABSTRAK

Likuifaksi merupakan hilangnya kekuatan pada tanah yang diakibatkan oleh beban siklik yang terjadi pada saat gempa bumi dimana tanah dari keadaan padat menjadi cair dikarenakan meningkatnya tekanan air dan mengakibatkan melemahnya daya ikat pada tanah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adanya potensi likuifaksi pada Daerah Jembatan Kretek 2 Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, karena jika dilihat dari jenis tanah dan letak geografisnya sebagian besar pada daerah ini memiliki jenis tanah berpasir dan memiliki potensi gempa yang tinggi dimana hal tersebut sangat berpengaruh terhadap terjadinya likuifaksi.

Penelitian ini dilakukan dengan dua jenis analisis yaitu berdasarkan hasil uji distribusi ukuran butir tanah yang kemudian di evaluasi menggunakan kurva Tsuchida (1970) dan menggunakan metode Seed and Idris berdasarkan data SPT yang akan diperoleh nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) dan CSR (*Cyclic Stress Ratio*) sehingga didapatkan nilai tegangan *cyclic* atau ketahanan tanah likuifaksi, dari nilai tersebut akan di bandingkan dengan SF (*Safety Factor*).

Berdasarkan hasil analisis distribusi ukuran butir tanah menggunakan kurva Tsuchida (1970) pada Daerah Jembatan Kretek 2 ini didominasi tanah berpasir kelanauan yang dapat menyebabkan terjadinya likuifaksi. Berdasarkan analisis data SPT, seluruh titik SPT memiliki potensi likuifaksi yang cukup tinggi karena rata-rata diperoleh hasil dari perbandingan antara nilai CRR dan nilai CSR yaitu, diperoleh FS berkisar di antara 0,0 sampai dengan 0,9 dimana nilai tersebut kurang dari nilai safety factor = 1.

Kata kunci: Likuifaksi, Distribusi Ukuran Butir, SPT, CRR, CSR, Jembatan Kretek 2

ABSTRACT

Liquefaction is the loss of strength in the soil caused by cyclic loads that occur during an earthquake where the soil from a solid state becomes liquid due to increased water pressure and results in weakening of the binding capacity of the soil. This study was conducted to knowing the potential for liquefaction in the Kretek 2 Bridge Area, Bantul, Special Region of Yogyakarta, because when viewed from the type of soil and geographical location, most of this area has sandy soil types and has a high earthquake potential where it is very influential on the occurrence of liquefaction. Because when viewed from the type of soil and geographical location, most of this area has sandy soil types and has a high earthquake potential where it is very influential on the occurrence of liquefaction.

This research was conducted with two types of analysis, namely based on the results of the soil grain size distribution test which was then evaluated using the Tsuchida curve (1970) and using the Seed and Idris method based on SPT data to obtain the value of CRR (Cyclic Resistance Ratio) and CSR (Cyclic Stress Ratio) so that the value of cyclic stress or soil liquefaction resistance is obtained of that value will be compared with SF (Safety Factor).

Based on the results of the analysis of the distribution of soil grain size using the Tsuchida curve (1970) the area of Kretek Bridge 2 is dominated by silty sandy soil which can cause liquefaction. Based on the SPT data analysis, all SPT points have a fairly high liquefaction potential because the average results obtained from the comparison between CRR value and CSR value that is, obtained FS ranging from 0.0 to 0.9 where the value is less than the value of safety factor = 1.

Keywords: *Liquefaction, Grain Size Distribution, SPT, CRR, CSR, Kretek Bridge*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan bagian penting dari konstruksi struktur bangunan sipil karena mempunyai fungsi utama sebagai penerima serta pendukung beban dari struktur bangunan yang berada di atasnya, maka dari itu diperlukan kondisi tanah yang stabil untuk menjamin keamanan terhadap struktur bangunan. Dengan mengetahui suatu karakteristik tanah, maka dapat dibuat kesimpulan mengenai perilaku tanah agar tetap stabil dan aman serta dapat mengantisipasi bahaya apa saja yang bisa memengaruhi kestabilan dan keamanan tanah. Salah satu bahaya yang dapat mempengaruhi kestabilan tanah yaitu beban dinamis yang ditimbulkan dari gempa.

Indonesia sendiri merupakan salah satu negara yang cukup rawan terhadap gempa karena letak dari Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif yaitu lempeng India Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Eurasia. Gempa bumi merupakan suatu sentakan yang berasal dari dalam bumi kemudian merambat ke permukaan bumi yang dapat menyebabkan suatu kerusakan pada struktur tanah. Salah satu kerusakan struktur tanah yang diakibatkan oleh gempa bumi yaitu likuifaksi.

Boulanger, R.W dan Idriss (2014) menyatakan bahwa likuifaksi merupakan peristiwa perubahan fase padat ke fase cair yang terjadi karena meningkatnya tekanan air pori di dalam rongga tanah. Likuifaksi umumnya terjadi pada jenis tanah berbutir halus yang mengandung pasir jenuh. Yang mana, ketika menerima beban dinamis dari gempa tanah akan kehilangan tegangan efektif dan menyebabkan tanah berubah layaknya cairan.

Kretek, Bantul sendiri merupakan daerah yang mempunyai jenis tanah granular (pasir) dengan sisipan lempung atau lempung kepasiran. Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 berjarak sekitar ± 1 Km dari pesisir pantai

Parangtritis yang mempunyai jenis tanah lempung kepasiran dan sangat berpotensi terjadi likuifaksi. Oleh sebab itu, penulis tertarik untuk menganalisis potensi likuifaksi pada proyek pembangunan Jembatan Kretek 2.

Dalam menganalisis potensi likuifaksi pada daerah Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 penulis menggunakan dua metode yaitu analisis potensi likuifaksi berdasarkan data uji laboratorium analisis distribusi ukuran butir dan berdasarkan data pengujian lapangan berupa data N-SPT.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasar latar belakang permasalahan diatas, maka didapat rumusan masalah yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana potensi likuifaksi pada hasil uji distribusi ukuran butir tanah berdasarkan nilai koefisien keseragaman (C_u) pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2?
2. Bagaimana potensi likuifaksi pada hasil uji distribusi ukuran butir tanah berdasarkan kurva *Tsuchida* (1970)?
3. Bagaimana potensi likuifaksi berdasarkan perbandingan nilai *Cyclic Resistance Ratio* (C_{RR}) dan nilai *Cyclic Stress Ratio* (C_{SR}) pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2?
4. Bagaimana pengaruh nilai koefisien keseragaman (C_u) terhadap nilai *Cyclic Resistance Ratio* (C_{RR})?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui potensi likuifaksi pada hasil uji distribusi ukuran butir tanah berdasarkan nilai koefisien keseragaman (C_u) pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2
2. Mengetahui potensi likuifaksi pada hasil uji distribusi ukuran butir tanah berdasarkan kurva *Tsuchida* (1970)

3. Mengetahui potensi likuifaksi berdasarkan perbandingan nilai *Cyclic Resistance Ratio* (C_{RR}) dan nilai *Cyclic Stress Ratio* (C_{SR}) pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2
5. Bagaimana pengaruh nilai koefisien keseragaman (C_u) terhadap nilai *Cyclic Resistance Ratio* (C_{RR})

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat menambah pengetahuan pada bidang geoteknika terutama mengenai likuifaksi
2. Dapat mengetahui konsep analisis likuifaksi sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan struktur bangunan sipil
3. Dapat menambah pengetahuan terkait likuifaksi terhadap para pembacanya

1.5 Batasan Penelitian

Batasan-batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sampel tanah yang digunakan pada uji distribusi ukuran butir diambil dari 2 titik tanah Desa Tirtohargo, Bantul pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2
2. Data tanah yang digunakan pada penelitian menggunakan data tanah yang diperoleh dari Desa Tirtohargo, Bantul pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2
3. Analisis yang dilakukan menggunakan metode perhitungan *Cyclic Stress Ratio* (C_{SR}) dan *Cyclic Resistance Ratio* (C_{RR}), yang mana menggunakan data lapangan berupa hasil uji SPT (*Standar Penetretion Test*) dari Desa Tirtohargo, Bantul pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2
4. Menggunakan data SPT sebanyak 14 titik dan menggunakan 2 sampel tanah Desa Tirtohargo Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 Yogyakarta.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di wilayah Desa Tirtohargo, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun detail lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Untuk melakukan penelitian maka perlu dilakukan tinjauan pustaka pada penelitian terdahulu guna menjadi acuan terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Adapun referensi yang dapat dijadikan acuan yaitu berupa jurnal ilmiah dan tugas akhir. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu mengenai analisis potensi likuifaksi.

2.1.1 Analisis Potensi Likuifaksi Menggunakan Nilai SPT

Penelitian yang dilakukan oleh Tandaju, Manoppo, dan Ticoh (2019) pada PLTU area Gorontalo ini bertujuan untuk mengidentifikasi terjadinya potensi likuifaksi pada proyek pembangunan PLTU Gorontalo. Analisis ini menggunakan metode perhitungan *Cyclic Stress Ratio* (C_{SR}) dan *Cyclic Resistance Ratio* (C_{RR}) berdasar data *Standart Penetration Test* (SPT).

Dalam analisis potensi likuifaksi ini dilakukan dengan menggunakan data hasil tes uji lapangan atau uji SPT guna mendapatkan nilai rasio tegangan siklik (C_{SR}) dan nilai rasio tahanan siklik (C_{RR}). Kemudian dicari nilai SF dari perbandingan nilai C_{RR} yaitu nilai yang menjelaskan kekuatan tanah terhadap beban siklis yang diakibatkan oleh beban gempa bumi dengan nilai C_{SR} atau nilai tegangan yang disebabkan gempa bumi.

Hasil dari penelitian ini diperoleh kesimpulan pada 2 titik, yaitu terjadi potensi likuifaksi pada lapisan tanah 1,5 m – 3 m pada titik BH1 dan pada titik BH3 pada gempa $M_w = 7$ dan $M_w = 7,4$ terjadi potensi likuifaksi pada lapisan tanah 1,5 m, sedangkan untuk $M_w = 7.8$ dan $M_w = 8$ terjadi potensi likuifaksi pada lapisan tanah 1,5 m – 3 m.

Penelitian yang dilakukan oleh Yudi Hasbi (2021) di wilayah bandara *New Yogyakarta International Airport (NYIA)* dimana pada wilayah ini berjarak $\pm 1,5$

km dari pesisir pantai dengan jenis tanah lempung berpasir yang diketahui berpotensi terjadi likuifaksi.

Dalam analisis ini peneliti menggunakan metode SPT dan CPT yang mana dari kedua data tersebut diperoleh nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) dan nilai CSR (*Cyclic Resistance Ratio*) kemudian dari kedua nilai tersebut dibandingkan dengan nilai SF (*Safety factor*) guna mengetahui potensi likuifaksi.

Dari hasil penelitian berdasarkan data SPT diperoleh nilai CSR dan CRR bervariasi dengan nilai SF 0,1 sampai dengan 0,9 dimana nilai tersebut kurang dari 1 yang berarti dapat berpotensi likuifaksi, sedangkan berdasar data CPT diperoleh nilai CRR dan CSR di seluruh titik kedalaman 1 – 12,6 m dengan nilai SF 0,01 sampai dengan 0,4 dimana nilai tersebut kurang dari 1 yang berarti berpotensi terhadap likuifaksi.

2.1.2 Analisis Potensi Likuifaksi Menggunakan Nilai CPT

Penelitian yang dilakukan oleh Iswanti Widiya Ambarwati, Selly Feranie, dan Adrin Tohari (2020) pada wilayah cekungan Bandung ini menggunakan metode uji penetrasi konus atau CPT. Metode CPT ini mempunyai kelebihan yaitu pada hasil uji lebih konsisten untuk mendeteksi beberapa variasi jenis tanah dengan kualitas data yang lebih baik serta bisa memberikan data kedalaman dan ketebalan lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi yang lebih akurat dibanding dengan metode uji lapangan lainnya.

Adapun evaluasi potensi likuifaksi pada penelitian ini yaitu dilakukan dengan menentukan nilai *Cyclic resistance ratio* (C_{RR}) dan *cyclic stress ratio* (C_{SR}) dimana CSR merupakan rasio tegangan siklik. Perhitungan nilai CRR dihasilkan dengan menggunakan metode Robertson dan Wride (1998) dan nilai CSR dihasilkan dengan menggunakan persamaan Seed dan Idriss (1971). Hasil perhitungan kedua nilai tersebut digunakan untuk menentukan nilai *safety factor* (S_F) terhadap likuifaksi. Besarnya penurunan tanah yang terjadi ini dapat diketahui dari persamaan Ishihara & Yoshimine (1992).

Dari hasil analisis pada penelitian ini diperoleh jenis lapisan tanah pada wilayah Cekungan Bandung, yaitu didominasi oleh tanah lempung dengan sisipan pasir kelanauan sehingga likuifaksi dapat terjadi pada lapisan campuran pasir dan

juga tanah lanau pada kedalaman yang bervariasi mulai dari permukaan hingga kedalaman 15 m.

Penelitian yang dilakukan oleh Deo Pratama Prayitno dan Hanindya Kusuma Artati (2021) di kawasan Rrumah Sakit UII Desa Wirejo, Bantul, DIY ini menggunakan data dari distribusi ukuran butir tanah dan data CPT. Dilihat dari letak geografisnya, Bantul memiliki potensi gempa yang tinggi karena berada dekat dengan garis sesar opak.

Analisis ini dilakukan dengan data distribusi butir tanah ini dievaluasi menggunakan kurva *Tsuchida (1970)*. Analisis berdasarkan data CPT dievaluasi menggunakan persamaan dari *Seed & Idriss (1971)* dan *IM Idriss & RW Boulanger (2008)* guna mendapatkan nilai keamanan lapisan tanah yang digunakan untuk memprediksi tingkat potensi likuifaksi menggunakan nilai LPI dengan persamaan *Luna & Frost (1998)*.

Adapun hasil dari penelitian berdasarkan kurva *Tsuchida (1970)* di Desa Wirejo pada lapisan tanah kedalaman 1 m didominasi oleh tanah berpasir kelanauan yang berpotensi likuifaksi. Berdasarkan data CPT pada seluruh titik sondir berpotensi terjadi likuifaksi yang tinggi dengan nilai LPI berturut-turut sebesar 48.405; 52.160; 57.498 dan 46.942 dengan kedalaman zona yang berpotensi likuifaksi dari 0,2 – 13,2 meter dari permukaan tanah.

2.1.3 Analisis Potensi Likuifaksi Berdasar Gradasi Butiran Tanah

Penelitian yang dilakukan oleh Hakam (2013) di Pantai Padang bertujuan untuk mengetahui gambaran tentang gradasi butiran tanah yang memiliki potensi likuifaksi pada daerah yang telah terlikuifaksi yang berada dekat tepi pantai. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan analisis saringan terhadap sampel tanah yang telah terlikuifaksi.

Kemudian gradasi butiran tanah yang ada pada kedalaman-kedalaman tertentu di analisis dengan membandingkan kedua kurva yaitu, kurva gradasi butiran tanah dengan kurva potensi likuifaksi.

Hasil dari analisis tersebut menunjukkan bahwa daerah Pantai Padang memiliki gradasi butiran tanah yang berpotensi likuifaksi. Kedalaman tanah yang

berpotensi likuifaksi pada daerah Pantai Padang ini berada di lapisan dengan kedalaman kurang dari 10 m.

Penelitian yang dilakukan oleh Siahaan (2015) di kota Padang ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan tanah terhadap potensi likuifaksi. Penelitian ini juga bertujuan guna mendapatkan gambaran terkait kondisi keadaan tanah pada lokasi penelitian terhadap potensi likuifaksi yang bisa saja terjadi akibat gempa yang telah terjadi.

Adapun sampel penelitian yang digunakan yaitu tanah pasir jenuh terhadap likuifaksi dengan adanya beban dinamis atau siklik dengan adanya evaluasi pada tanah berdasar ukuran butiran dan tingkat keseragaman yaitu koefisien keseragaman (C_u) atau gradasi tanah.

Dari penelitian diatas diperoleh hasil bahwa semua sampel memiliki tingkat gradasi yang buruk yang dihasilkan dari grafik analisa saringan. Semakin tinggi nilai C_u pada tanah berpasir, maka semakin kecil penurunan terjadi.

Penelitian yang dilakukan oleh Srikit (2017) di daerah *New Yogyakarta International Airport (NYIA)* bertujuan guna mengetahui adanya potensi likuifaksi pada daerah tersebut dengan berdasar data distribusi ukuran butir menggunakan kurva Tsuchida (1970).

Metode ini mengemukakan suatu kurva distribusi ukuran tanah yang dapat memperkirakan kerentanan tanah terhadap potensi likuifaksi. Dalam kurva Tsuchida terdapat batas-batas distribusi butir tanah yang peka terhadap potensi likuifaksi.

Dari analisis berdasarhasil uji distribusi ukuran butir di Desa Glagah dan Desa Palihan diketahui bahwa tanah pada kedalaman 2 m berupa tanah pasir yang dapat berpotensi terjadi likuifaksi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa daerah pembangunan Bandara NYIA dapat berpotensi terjadi likuifaksi.

2.2 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang telah dibahas sebelumnya maka terdapat perbedaan yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

Aspek	Penelitian Terdahulu						
Peneliti	Srikit (2019)	Caver Allen Vallery Tandaju, Fabian J. Manoppo, Jack H. Ticoh (2019)	Abdul Hakam (2013)	Saut Pantas O. Siahaan (2015)	Iswanti Widiya Ambarwati, Selly Feranie, Dan Adrin Tohari (2020)	Yudi Hasbi (2021)	Deo Pratama Prayitno, Hanindya Kusuma Artati (2021)
Judul	Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir Dan Data N-Spt (Liquefaction Potency Analysis Based On Transformed Size Distribution And N-Spt Data)	Analisis Potensi Likuifaksi (Studi Kasus: Pltu Area Gorontalo)	Penelusuran Potensi Likuifaksi Pantai Padang Berdasarkan Gradasi Butiran dan Tahanan Penetrasi Standar	Percobaan Potensi Likuifaksi I Pada Tanah Pasir Seragam Dengan Permodelan Alat Di Laboratorium	Analisis Potensi Likuifaksi Di Wilayah Cekungan Bandung Dengan Menggunakan Metode Uji Penetrasi Konus	Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Dan CPT	Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir Tanah dan Data <i>Cone Penetration Test</i> (CPT)
Lokasi	Daerah Pembangunan NYIA, Kulon Progo	PLTU, Gorontalo	Pantai Padang	Kota Padang	Wilayah Cekungan Bandung	Jalur KA Bandara <i>New Yogyakarta International Airport</i>)	Kawasan Rumah Sakit UII Desa Wirejo, Bantul, DIY
Tujuan	Untuk mengetahui potensi likuifaksi dengan berdasar	Mengidentifikasi potensi likuifaksi	Untuk mengetahui gambaran	Untuk menganalisa stabilisasi tanah	Untuk mengetahui potensi	Untuk mengetahui potensi likuifaksi	Untuk mengetahui potensi

Aspek	Penelitian Terdahulu						
	distribusi ukuran butir dan data N-SPT	berdasar perhitungan CSR dan CRR menggunakan data SPT	mengenai gradasi butiran tanah yang terlikuifaksi	terhadap potensi likuifaksi dan memperoleh gambaran terkait kondisi tanah di lokasi penelitian terhadap likuifaksi	likuifaksi dan penurunan tanah yang di akibatkan oleh likuifaksi berdasar uji penetrasi konus atau CPT	berdasarkan dat SPT dan CPT	likuifaksi berdasarkan ukuran butir tanah dan data CPT
Metode	1. Menggunakan kurva Tsuchida 2. Menggunakan data N-SPT dengan metode Seed, Martin & Lysmer (1975) Menggunakan data N-SPT dengan metode Velera & Donovan (1977)	Mengevaluasi nilai CRR (Cyclic Resistance Ratio) dan nilai CSR (Cyclic Stress Ratio) kemudian di membandingkan kedua nilai tersebut untuk memperoleh nilai faktor keaman.	1. Membandingkan gradasi butiran pada setiap lapisan kedalaman tertentu dengan gradasi butiran tanah yang telah terlikuifaksi sebelumnya 2. Meghitung perbandingan tegangan lapisan tanah dan tahanannya (seed dan Idriss, 1982)	1. Melakukan pengujian analisa saringan pada sampel tanah 2. Dilakukan pengujian penggetaran berdasarkan data analisa saringan sampel tanah pasir seragam yang tertahan	Metode CPT untuk mendapat nilai tahanan konus (q_c) dan nilai hambatan selimut (f_s) di setiap jenis lapisan tanah. Berdasar data CPT menentukan nilai CRR dan CSR dengan persamaan Seed dan Idriss (1971)	1. Menggunakan evaluasi berdasarkan kurva <i>Tsuchida</i> (1970) 2. Menggunakan persamaan <i>Seed & Idriss</i> (1971) dan <i>IM Idriss & RW Boulanger</i> (2008) untuk mencari nilai keamanan pada tanah.	Menggunakan metode yang dikembangkan oleh <i>Seed and Idriss</i> untuk mencari nilai CRR (Cyclic Resistance Ratio) dan CSR (Cryclic Stress Ratio) kemudian dibandingkan dengan nilai <i>safety factor</i> (SF)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

Aspek	Penelitian Terdahulu						
Hasil	Hasil perhitungan analisis pada penelitian ini menunjukkan bahwa lapisan tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi didominasi dari beberapa jenis tanah yaitu tanah pasir kelanauan dan lanau kepasiran pada kedalaman 0.2-3 m, 0.4 m, 2.4 m, 3.6 m, 7.6-7.8 m dan 8.2 m.	Pada titik BH-1 dapat berpotensi likuifaksi di kedalaman 1.5 m dan 3 m untuk semua variasi gempa. Pada titik BH-3 dapat berpotensi likuifaksi untuk gempa 7 dan 7.4 magnitude pada kedalaman 1.5 m dan untuk gempa 7.8 dan 8 magnitude terjadi pada kedalaman 1.5 m sampai 3 m.	Dari kedua cara analisis diatas yaitu berdasarkan gradasi butiran lapisan tanah dan rasio tegangan-tahanan siklik, maka disimpulkan bahwa tanah di Pantai Padang berpotensi likuifaksi akibat gempa bumi yang besar. Potensi likuifaksi ini berada di kedalaman 4 m sampai 12 m.	Diperoleh kesimpulan bahwa semakin tinggi nilai Cu pada tanah pasir maka semakin kecil terjadi penurunan. Hal ini berarti bahwa tingkat penurunan likuifaksi tidak hanya dipengaruhi oleh ukuran butiran tetapi juga dipengaruhi oleh tingkat keseragaman tanah pasir.	Diperoleh hasil berupa jenis lapisan tanah yang didominasi oleh tanah lempung dengan sisipan pasir kelanauan sehingga potensi likuifaksi dapat terjadi pada lapisan tanah pasir dan lanau di kedalaman yang bervariasi, yaitu mulai dari permukaan hingga 15 m.	Berdasarkan kurva <i>Tsuchida (1970)</i> pada lapisan tanah di kedalaman 1 meter didominasi oleh tanah berpasir kelanauan yang berpotensi likuifaksi. Sedangkan berdasarkan data CPT pada seluruh titik sondir memiliki potensi likuifaksi yang cukup tinggi.	Diperoleh jenis pasir berlempung (SC) dan nilai SF sekita 0,1 – 0,9 dimana nilai tersebut kurang dari 1 yang berarti berpotensi terhadap likuifaksi.

(Sumber: Srikrit 2019, Tanjadu dkk 2019, Hakam 2013, Siahaan 2015 Ambarwati dkk 2020, Prayitno 2021, dan Hasbi 2021)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Hardiyatmo (2017) menyatakan bahwa tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Pembentukan tanah dari batuan induknya dapat berupa proses kimia maupun fisik. Proses pembentukan tanah secara fisik yaitu mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca.

Ukuran butiran tanah bergantung pada diameter partikel tanah yang membentuk masa tanah itu sendiri. Fraksi tanah berbutir kasar dapat dilihat dan dikenali secara langsung karena ukurannya yang tergolong besar.

Berikut merupakan sifat-sifat fraksi tanah berbutir kasar, yaitu:

1. tidak memiliki sifat kohesi,
2. tingkat nilai kompressibilitas tinggi serta nilai elastisitas besar, sehingga baik untuk material urugan,
3. porositas tinggi karena banyak mempunyai *void* atau lubang dalam susunan strukturnya,
4. mempunyai kuat geser besar,
5. dapat terkonsolidasi dalam waktu yang relative cepat,
6. partikel berukuran $> 0,075$.

3.1.1 Karakteristik Tanah

Hardiyatmo (2017) menyatakan bahwa karakteristik suatu tanah bergantung pada tekstur ukuran butirannya. Menurut tekstur butiran tanah terbagi menjadi dua macam yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Tanah partikelnya berdiameter melebihi sekitar 0,05 atau 0,075 mm disebut tanah

berbutir kasar, sedangkan tanah yang berdiameter lebih kecil dari nilai tersebut disebut tanah berbutir halus. Kerikil dan pasir merupakan tanah berbutir kasar, sedangkan lempung dan lanau merupakan tanah berbutir halus. Hal lain yang bisa membedakan jenis tanah ini yaitu sifat kohesi dan plastisnya. Contohnya pasir merupakan tanah yang non-kohesif dan tidak plastis, sedangkan lempung merupakan tanah kohesif dan plastis. Pada umumnya, perilaku tanah sangat dipengaruhi oleh adanya mineral lempung dan air. Adapun karakteristik tanah berbutir halus dan kasar dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Karakteristik Tanah Berbutir Kasar dan Halus (Holtz and Kovacs)

Jenis Tanah	Ukuran Butir	Karakteristik	Pengaruh air pada sifat keteknikan	Pengaruh distribusi butiran pada sifat keteknikan
Kerikil, pasir	- Berbutir kasar - Butiran individual dapat dilihat oleh mata	- Tak berkoheksi - Non plastis - Granuler	- Relatif tidak penting (kecuali: tanah granuler longgar, jenuh dan beban dinamik)	- Berpengaruh
Lanau	- Berbutir halus - Butiran individual tidak dapat dilihat oleh mata	- Tak berkoheksi - Non plastis - Granuler	- Berpengaruh	- Sangat berpengaruh
Lempung	- Berbutir halus - Butiran individual tidak	- Kohesif - Plastis	- Sangat berpengaruh	- Relatif tak berpengaruh

Lanjutan Tabel 3.1 Karakteristik Tanah Berbutir Kasar dan Halus (Holtz and Kovacs)

Jenis Tanah	Ukuran Butir	Karakteristik	Pengaruh air pada sifat keteknikan	Pengaruh distribusi butiran pada sifat keteknikan
	dapat dilihat oleh mata			

(Sumber: Hardiyatmo 2017)

3.2 Klasifikasi Tanah

Hardiyatmo (2017) klasifikasi tanah merupakan pemilihan tanah-tanah kedalam kelompok ataupun subkelompok yang menunjukkan sifat atau kelakuan yang sama. Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang sering digunakan, yaitu klasifikasi menurut *Unified Soil Classification System* dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Kedua sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir, batas cair, dan indeks plastisitas.

3.2.1 Klasifikasi *Unifield*

Hardiyatmo (2017) dalam klasifikasi *Unifield*, tanah diklasifikasikan menjadi dua jenis ukuran yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Tanah berbutir kasar yaitu tanah yang tertahan pada saringan nomer 200, dan tanah berbutir halus merupakan tanah yang lolos pada saringan nomor 200. Tanah diklasifikasikan dalam beberapa kelompok simbol seperti dibawah ini.

- G* = keirikil (*gravel*)
- S* = pasir (*sand*)
- C* = lempung (*clay*)
- M* = lanau (*silt*)
- O* = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)
- Pt* = tanah gambut (*peat*)
- W* = gradasi baik (*well-graded*)
- P* = gradasi buruk (*poorly-graded*)

H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)

L = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah *Unifield*

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% buliran tertahan saringan no. 200 (0.075 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung
	Pasir lebih dari 50% atau lebih dari fraksi kasar saringan no. 4 (< 4.75 mm)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
		SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0.075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (<i>lean clays</i>)
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (<i>fatty clays</i>)
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
	Tanah dengan kadar organik tinggi	P _t	Gambut (<i>peat</i>) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi

(Sumber: Hardiyatmo, 2017)

3.2.2 Klasifikasi AASHTO

Hardiyatmo (2017) sistem klasifikasi tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) mengklasifikasikan tanah kedalam delapan kelompok besar yaitu, yaitu A-1 sampai dengan A-8 yang termasuk dalam sub-sub kelompok pada Tabel 3.2. Tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang kemudian dihitung dengan menggunakan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan yaitu analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Berikut ini merupakan Tabel 3.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Tabel 3.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler (<35% lolos saringan no. 200)							Tanah-tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan no. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisis saringan (%lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-			-	-	-	-
0,425 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	50 min	-	-			-	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no.40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

(Sumber: Hardiyatmo 2017)

catatan:

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5;

Untuk $PL < 30$, klasifikasinya A-7-6

Np = Nonplastis

3.3 Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan peristiwa bencana alam dimana terjadi pelepasan energi dari dalam bumi secara tiba-tiba hingga menciptakan gelombang seismik yang mengakibatkan terjadinya getaran pada permukaan bumi. Penyebab utama kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi yaitu guncangan tanah, tsunami akibat gempa terjadi di dasar laut serta kegagalan tanah berupa tanah longsor, penurunan tanah dan likuifaksi.

3.3.1 Parameter Gempa Bumi

Waraouw dkk (2019) menyatakan bahwa gempa bumi dapat menyebabkan suatu kegagalan struktur akibat hilangnya daya dukung tanah pada tanah yang jenuh air. Parameter-parameter gempa bumi yaitu sebagai berikut:

1. *Origine Time* atau waktu kejadian gempa bumi, dimana terlepasnya akumulasi tegangan (*stress*) yang berbentuk pelajaran gelombang gempa dan

dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik pada satuan waktu setempat atau *Universal Time Coordinated (UTC)*.

2. Magnitude yaitu ukuran kekuatan gempa bumi yang menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempa bumi terjadi. Satuan magnitude yang umumnya digunakan di Indonesia yaitu Skala Richter (SR).
3. Episentrum atau *epicenter* merupakan titik di permukaan bumi yang berupa refleksi tegak lurus dari kedalaman sumber gempa bumi. Posisi episentrum ini dimuat dengan sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur.
4. Kedalaman sumber gempa bumi atau hiposentrum merupakan jarak yang dihitung tegak lurus dari permukaan bumi. Kedalaman sumber gempa ini ada tiga zona yaitu zona dangkal, zona sedang dan zona dalam.

3.3.2 Ukuran Kekuatan Gempa Bumi

Day (2001) menyatakan bahwa untuk mengukur suatu kekuatan gempa dapat diketahui berdasar magnitudo dan intensitas gempa. Magnitudo dihitung berdasarkan besarnya energi yang dilepas, sedangkan intensitas gempa berdasar berapa besar kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi. Umumnya para ahli seismologis menggunakan skala besaran magnitudo yang berbeda-beda. Diantaranya yaitu sebagai berikut:

1. *Local Magnitude Scale (M_L)*

Magnitudo gempa diukur menggunakan seismograf standar berdasar perpindahan gerakan tanah. Salah satunya yaitu *magnitude scale* atau biasa dikenal dengan istilah *Skala Richther (SR)*. Dengan meningkatnya energi yang dilepaskan maka percepatan tanah maksimum dan durasi bergetar ikut meningkat pula.

2. *Surface Wave Magnitude Scale (M_S)*

Skala besaran magnitudo ini dihitung berdasar amplitudo pada gelombang permukaan yang mempunyai periode waktu 20 detik.

3. *Moment Magnitude Scale (M_W)*

Skala magnitudo momen ini merupakan metode yang umum digunakan untuk menghitung kekuatan besar gempa. Pada metode ini seluruh ukuran gempa

cenderung diperhitungkan. Salah satunya berupa momen seismik (M_0) yang ditentukan berdasarkan radius pengaruh pada permukaan.

3.3.3 Dampak Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan peristiwa yang cukup sulit diprediksi serta tidak dapat dihindari. Banyak dampak negatif yang disebabkan oleh gempa bumi, terutama terhadap struktur-struktur bangunan seperti menimbulkan runtuhnya gedung serta bangunan lainnya. Dampak dan tingkat kerusakan akibat gempa bumi dapat diperkirakan dalam skala *Modified Mercalli Intensity (MMI)* dan Skala Intensitas Gempabumi BMKG (SIG-BMKG). Skala intensitas ini bertujuan guna masyarakat dapat lebih memahami tingkatan dampak akibat gempa bumi.

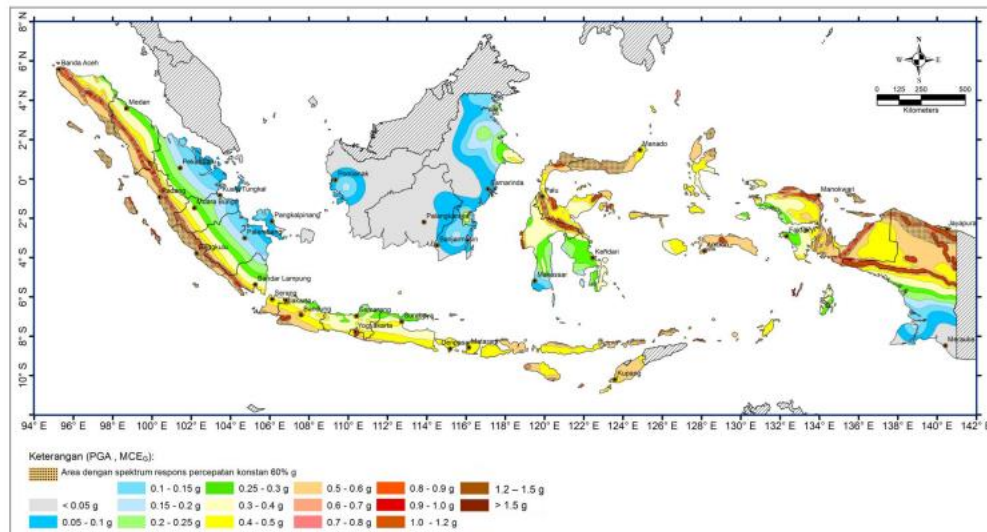
Dalam SIG-BMKG dijelaskan secara rinci dengan menggunakan keterangan warna serta nilai percepatan tanah maksimum dapat dilihat pada Tabel 3.4 dibawah ini.

**Tabel 3.4 Ukuran Kekuatan Gempa Berdasarkan Skala Intensitas
Gempabumi**

Skala SIG BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	TIDAK DIRASAKAN (Not Felt)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.	I-II	< 2.9
II	Hijau	DIRASAKAN (Felt)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-V	2.9-88
III	Kuning	KERUSAKAN RINGAN (Slight Damage)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, atap bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.	VI	89-167
IV	Jingga	KERUSAKAN SEDANG (Moderate Damage)	Banyak Retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar atap bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII- VIII	168- 564
V	Merah	KERUSAKAN BERAT (Heavy Damage)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX- XII	> 564

(Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2019)

Berikut ini merupakan peta zona wilayah gempa bumi di Indonesia yang dikutip dari SNI 1726-2019. Peta zona wilayah gempa bumi Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Peta Zona Wilayah Gempa Indonesia

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.4 Likuifaksi

Likuifaksi merupakan perubahan kondisi tanah dari solid menjadi cair yang terjadi ketika tanah menerima beban siklik (dinamik), misalnya berupa beban dari gempa bumi dan menyebabkan hilangnya kekuatan lapisan tanah. Likuifaksi biasa terjadi pada tanah jenur air, dimana seluruh rongga tanah dipenuhi oleh air sehingga pada saat terjadi getaran, air memberikan suatu tekanan yang berpengaruh pada kepadatan tanah. Sebelum adanya getaran yang diakibatkan oleh gempa bumi, tanah memiliki tekanan air yang relatif rendah. Namun setelah menerima getaran, tekanan air di dalam tanah menjadi tinggi hingga mampu menggerakkan partikel-partikel tanah.

Pada kondisi ini tanah sudah tidak lagi memiliki daya dukung, tanah berbentuk cairan dan tidak lagi memiliki kestabilan. Hal itulah yang membuat beban-beban berupa bangunan struktur di atas permukaan tanah akan amblas dan masuk kedalam tanah.

Idriss, I & Boulanger (2008) dalam Warouw dkk (2019) menyatakan bahwa likuifaksi merupakan hilangnya kekuatan tanah akibat kenaikan tegangan air pori dan turunnya tekanan efektif dari lapisan tanah yang timbul diakibatkan oleh beban siklik. Akibat struktur tanah pasir (*cohesionless*) menerima tegangan

geser secara berturut-turut sehingga struktur tanah pasir memadat, tetapi karena peristiwa siklik terjadi secara cepat maka proses pemadatan tidak terjadi dan tegangan air pori meningkat.

3.4.1 Perilaku Likuifaksi pada Tanah

Kramer (1996) dalam Siahaan (2015) menyatakan bahwa terdapat dua bagian penting perilaku likuifaksi tanah terkait gempa bumi yang dibedakan berdasar mekanisme terjadinya likuifaksi itu sendiri, yaitu sebagai berikut.

1. *Flow liquiefaction*

Flow liquiefaction merupakan kondisi rusaknya keseimbangan statis tanah yang diakibatkan oleh beban statis maupun dinamis dengan kekuatan residual tanah rendah. Yang mana, kekuatan residual ini berasal dari sisa kekuatan tanah yang terlikuifaksi. Guna menjaga keseimbangan statis pada tanah, suatu massa tanah harus lebih besar daripada besar kuat geser tanah yang terjadi pada saat terjadinya likuifaksi. Umumnya, *flow liquiefaction* dapat terjadi pada tanah pasir lepas (*loose sand*) yang dipicu dari sumber getaran nonseismik beban dinamis seperti *pile driving hammer*, gempa bumi, dan ledakan. Yang mana, ketika beban ini bekerja tanah tidak memiliki waktu yang cukup untuk mempertahankan tegangan statis yang terjadi pada tanah sebelum menerima beban.

2. *Cyclic Mobility*

Cyclic mobility merupakan likuifaksi yang diakibatkan oleh beban siklik pada saat tegangan geser statik lebih kecil daripada kekuatan geser tanah yang terlikuifaksi. Beban siklik merupakan beban yang terjadi secara bolak-balik atau beban getaran yang diakibatkan oleh gempa bumi. Deformasi yang disebabkan oleh *cyclic mobility* ini berkembang dengan cepat akibat tegangan statis. Selain itu, likuifaksi menyebabkan naiknya tegangan air pori yang mengakibatkan air pori mengalir cepat ke permukaan tanah dengan membawa butiran-butiran pasir berupa semburan lumpur atau letupan pasir (*sand boil*) yang telah terlepas dari ikatan partikel melalui celah yang terbentuk pada saat proses terjadinya likuifaksi.

3.4.2 Faktor-faktor Penyebab Terjadinya Likuifaksi

Pada dasarnya dalam menganalisa terjadinya likuifaksi diperlukan pemahaman mengenai penyebab terjadinya likuifaksi itu sendiri. Secara umum, penyebab terjadinya likuifaksi yaitu karena bertambahnya tekanan hidrostatis secara berlebihan dan berulang pada tanah tak berkohesi dan jenuh air pada saat gempa bumi berlangsung. Dimana, pada saat terjadi gempa air pori pada tanah berpasir tidak mempunyai cukup waktu untuk mengalir keluar dan terperangkap yang mengakibatkan partikel-partikel tanah tidak dapat merapat untuk membentuk konfigurasi yang lebih padat. Tekanan air pori yang meningkat di dalam tanah ini dapat memperkecil gaya ikat antar partikel-partikel tanah sehingga kekuatan tanah berkurang. Apabila tekanan air pori ini mencapai tekanan batas maksimal, maka pasir akan mengalami perubahan bentuk secara cepat dengan nilai tegangan dan regangan mencapai 20% atau selebihnya. Jika perubahan bentuk pasir tersebut mencapai nilai tidak terbatas dan tanpa diiringi dengan daya tahan tanah maka tanah dapat mengalami likuifaksi.

Day (2001) menyatakan bahwa berdasar hasil uji laboratorium, observasi dan studi lapangan ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya likuifaksi diantaranya sebagai berikut.

1. Intensitas, durasi, serta karakteristik gempa bumi

Tanah mengalami likuifaksi apabila tanah diberi getaran. Dimana, gerakan tanah seperti percepatan dan durasi gempa yang terjadi dapat menentukan regangan geser yang menjadi penyebab reaksi antar partikel tanah dan menyebabkan meningkatnya tekanan air pori. Potensi besaran likuifaksi ini dapat meningkat seiring intensitas gempa dan berapa lama durasi guncangan itu terjadi. Gempa yang memiliki kekuatan tertinggi akan menghasilkan percepatan tanah maksimal pada tanah dasar.

2. Muka Air Tanah (MAT)

Permukaan yang berdekatan dengan muka air tanah merupakan kondisi yang paling rentan untuk terjadi likuifaksi.

3. Jenis Tanah

Diketahui bahwa jenis tanah yang rentan terhadap terjadinya likuifaksi yaitu jenis tanah nonplastis (non-kohefif). Tanah nonkohefif yang rentan terhadap likuifaksi diantaranya berupa pasir bersih (*clean sand*), pasir berlumpur non-plastis (*nonplastic silty sand*), lumpur non-plastis (*nonplastic silt*) dan kerikir (*gravel*).

4. Kepadatan relatif awal (*Initial relative density*)

Berdasar hasil studi lapangan bahwa tanah non-kohefif ini mempunyai kepadatan relatif yang lepas rentan terhadap terjadinya likuifaksi. Apabila tanah mempunyai *relative density* yang besar maka semakin besar pula ketahanan tanah terhadap potensi likuifaksi.

5. Gradasi dan analisis butir tanah

Tanah yang bergradasi seragam atau *uniform graded soil* cenderung tidak memiliki kestabilan dan lebih rentan terhadap potensi likuifaksi daripada tanah yang bergradasi baik atau *well graded soil*. Tanah bergradasi baik mempunyai partikel yang saling mengisi rongga kosong serta dapat mengurangi potensi kontraksi tanah sehingga menghasilkan tekanan air pori yang lebih sedikit selama terjadinya gempa bumi.

6. Kondisi drainase dan endapan

Apabila tekanan air pori meningkat dan terdisipasi dengan keluarnya air pori melalui pori-pori tanah, maka memungkinkan tidak akan terjadi potensi likuifaksi. Oleh sebab itu, drainase dengan lapisan kerikir dapat membantu mengurangi potensi terjadinya likuifaksi. Disisi lain, endapan yang terbentuk pada sungai, danau dan lautan cenderung membentuk lapisan konsistensi tanah yang lepas dan terjadi segregasi sehingga membuat tanah lebih rentan terhadap terjadinya likuifaksi.

7. Historis lingkungan tanah

Menurut Finn et al (1970) dan Sedd et al (1975), historis lingkungan tanah dapat berpengaruh terhadap terjadinya likuifaksi. Misal, pada tanah yang sudah lama mengendap dan telah mengalami guncangan seismik akan meningkatkan ketahanan tanah tersebut terhadap likuifaksi dibandingkan dengan tanah baru yang memiliki kerapatan identik.

3.4.3 Bahaya Akibat Terjadinya Likuifaksi

Menurut Nurbani (2019) bahwa penyebab paling dahsyat dari kerusakan struktur selama terjadinya gempa bumi yaitu likuifaksi yang terjadi pada tanah pasir yang jenuh air. Idriss (2008) dalam Nurbani (2019) menyatakan bahwa pada umumnya gejala yang diakibatkan oleh likuifaksi yaitu berupa semburan pasir (*sand boiling*) atau semburan lumpur (*mud spouts*).

Seperti yang telah dijelaskan bahwa likuifaksi pada tanah dapat merusak dan menimbulkan dampak negatif terhadap kestabilan tanah serta bangunan di atasnya. Beberapa bahaya yang ditimbulkan akibat likuifaksi yaitu:

1. Hilangnya daya dukung tanah lateral
2. Hilangnya daya dukung tanah
3. Terjadi pengapungan struktur yang dibenamkan dalam tanah
4. Memberi tekanan besar pada dinding penahan tanah hingga mampu menyebabkan dinding penahan miring dan bergeser
5. Terjadi *lateral spreading*
6. Terjadi *lateral flow*

3.5 Metode Analisis Potensi Likuifaksi

Untuk menganalisis potensi likuifaksi dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu dari hasil tes uji laboratorium dan pendekatan perhitungan dari data uji tes di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil nilai potensi likuifaksi berdasar hasil uji laboratorium yaitu uji distribusi butiran tanah dan dari hasil uji lapangan yaitu SPT (*Standar Penetration Test*).

3.5.1 Analisis Distribusi Butiran Tanah

Hardiyatmo (2017) menyatakan bahwa analisis ukuran butiran tanah merupakan suatu penentu presentase berat butiran tanah pada satu unit saringan dengan beberapa ukuran diameter lubang tertentu. Metode ini digunakan untuk menentukan penyebaran atau distribusi butiran tanah yang memiliki ukuran lebih besar dari 0,075 mm saringan no 200. Sedangkan untuk menentukan butiran tanah yang lebih kecil dari 0,075 mm menggunakan analisa hidrometer.

1. Pengujian Analisa Saringan

Analisis saringan merupakan pengujian yang bertujuan untuk menentukan presentase ukuran butir tanah pada benda uji yang tertahan saringan no 200. Dari hasil pengujian analisis saringan diperoleh nilai berat pada setiap diameter saringan yang kemudian dihitung hingga memperoleh nilai persen lolos saringan. Adapun untuk menghitung berat butir tanah yang lolos dari masing-masing saringan berdasarkan berat butir tanah yang tertahan dapat menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$wf = W - \sum d \quad (3.1)$$

dengan:

wf = berat sampel lolos saringan (gr)

W = berat sampel total (gr)

$\sum d$ = berat sampel tertahan saringan (gr)

Kemudian untuk menghitung presentase butir tanah yang lolos dari masing-masing saringan, terhadap sampel tanah total dapat menggunakan Persamaan 3.3 berikut.

$$P = \frac{wf}{W} \times 100\% \quad (3.2)$$

dengan:

P = persen lolos saringan (%)

wf = berat sampel lolos saringan (gr)

W = berat sampel total (gr)

2. Pengujian Analisa Hidrometer

Maksud dari pengujian hidrometer adalah 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 dapat dicari menggunakan Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$P = \frac{Rc \times a}{w} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan:

P = persen lolos saringan (%)

Rc = pembacaan hidrometer terkoreksi

w = berat benda uji (gr)

a = konstanta yang tergantung dari kepadatan suspensi

Untuk perkiraan harga Berat Jenis tanah, G dan kepadatan air adalah 1,00 pada temperatur 20°C. Harga a dapat diperoleh dari Persamaan 3.5 berikut ini.

$$a = \frac{2,65-1,00}{2,65} \times \frac{G}{G-1} \quad (3.4)$$

Harga dari a diberikan dalam 2 desimal yang ditunjukkan dalam Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.5 Harga a untuk berbagai Harga G

Berat Jenis, G	Konstanta, a
2,95	0,94
2,85	0,96
2,75	0,98
2,65	1,00
2,55	1,02
2,45	1,05
2,35	1,08

(Sumber: SNI 3423, 2008)

Nilai koreksi diperlukan agar pembacaan hidrometer lebih akurat dan teliti. Koreksi pembacaan hidrometer dapat dilihat pada Persamaan 3.6 berikut ini.

$$Rc = Ra + Mt + x \quad (3.5)$$

dengan:

R_c = pembacaan hidrometer terkoreksi

R_a = pembacaan hidrometer

M_t = koreksi temperatur

x = koreksi *dispersing agent*

Adapun pembacaan hidrometer aktual dapat dilihat pada Persamaan 3.7 berikut.

$$R = R_a + C_m \quad (3.6)$$

dengan:

R = pembacaan hidrometer aktual

C_m = koreksi meniskus

Hidrometer dikalibrasi pada temperatur air 20°C, oleh karena itu apabila pengujian dilakukan pada temperatur selain 20°C maka *density* air dan alat hidrometer akan berubah. Adapun nilai koreksi temperatur dapat dilihat pada Tabel 3.7 dibawah ini.

Tabel 3.6 Faktor Koreksi Temperatur

Temperatur ° C	Faktor koreksi Mt	Temperatur ° C	Faktor koreksi Mt	Temperatur ° C	Faktor koreksi Mt
15,0	-0,8	21,5	+0,3	28	+1,8
15,5	-0,7	22	+0,4	28,5	+1,9
16,0	-0,6	22,5	+0,5	29	+2,1
16,5	-0,6	23	+0,6	29,5	+2,2
17,0	-0,5	23,5	+0,7	30	+2,3
17,5	-0,4	24	+0,8	30,5	+2,5
18,0	-0,4	24,5	+0,9	31	+2,6
18,5	-0,3	25	+1,0	31,5	+2,8

Lanjutan Tabel 3.6 Faktor Koreksi Temperatur

Temperatur ° C	Faktor koreksi Mt	Temperatur ° C	Faktor koreksi Mt	Temperatur ° C	Faktor koreksi Mt
19,0	-0,2	25,5	+1,1	32	+2,9
19,5	-0,1	26	+1,3	32,5	+3,0
20,0	+0,0	26,5	+1,4	33	+3,2
20,5	+0,1	27	+1,5	33,5	+3,2
21,0	+0,2	27,5	+1,6	34	+3,5

(Engineer Manual EM 1110-2-1906)

Menambahkan *dispersing agent* akan mempengaruhi density air, sehingga proses sedimentasi akan lebih cepat dari pada media air. Koreksi *dispersing agent* dilakukan dengan menguapkan 50 ml *stock dispersing agent* di dalam oven dengan temperatur 10°C - 110°C hingga kering. Masa stock yang tertinggal dalam cawan penguapan ditimbang guna diketahui berat, md gram. *Dispersing agent* dapat dilihat pada Persamaan 3.8 berikut ini.

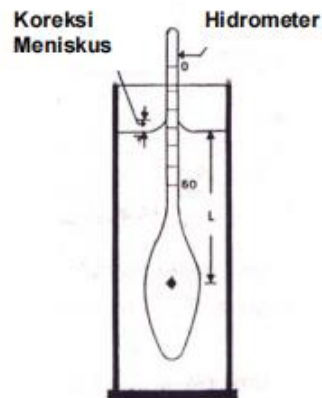
$$x = -(2m_d) \quad (3.7)$$

dengan:

x = *dispersing agent*

m_d = masa stock yang tertinggal dalam cawan penguapan (gr)

Koreksi meniskus harus diperhatikan karena pada permukaan air di sekeliling batang alat hidrometer lebih tinggi dari permukaan air sebenarnya, kondisi lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kedalaman Efektif (L)

(Sumber: SNI 3423, 2008)

Dengan melakukan pembacaan hidrometer dan koreksi meniskus dalam selang waktu tertentu, maka akan diperoleh besaran ukuran butir tanah. Koreksi meniskus dapat dilihat pada Persamaan 3.9 berikut.

$$C_m = (Pembacaan B - pembacaan A) \times 1000 \quad (3.8)$$

dengan:

C_m = koreksi meniskus

$Pembacaan A$ = pembacaan tinggi air di luar hidrometer

$Pembacaan B$ = pembacaan tinggi air di sekeliling batang hidrometer

Untuk menentukan kedalaman efektif hidrometer tipe 152H dapat menggunakan Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.7 Harga Kedalaman Efektif Hidrometer 152 H

Pembacaan aktual hidrometer	Kedalaman efektif L (mm)	Pembacaan aktual hidrometer	Kedalaman efektif L (mm)
0	163	31	112
1	161	32	111
2	160	33	109

Lanjutan Tabel 3.7 Harga Kedalaman Efektif Hidrometer 152 H

Pembacaan aktual hidrometer	Kedalaman efektif L (mm)	Pembacaan aktual hidrometer	Kedalaman efektif L (mm)
3	158	34	107
4	156	35	106
5	155		
6	153	36	104
7	152	37	102
8	150	38	101
9	148	39	99
10	147	40	97
11	145	41	96
12	143	42	94
13	142	43	92
14	140	44	91
15	138	45	89
16	137	46	88
17	135	47	86
18	133	48	84
19	132	49	83
20	130	50	81
21	129	51	79
22	127	52	78
23	125	53	76
24	124	54	74
25	122	55	73
26	120	56	71
27	119	57	70
28	117	58	68
29	115	59	66
30	114	60	65

(Sumber: SNI 3423, 2008)

Diameter butiran tanah dalam suspensi pada kedalaman efektif untuk setiap pembacaan pada menit T ditentukan menggunakan Persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$d = K \sqrt{\frac{L}{T}} \quad (3.9)$$

dengan:

d = diameter butiran tanah (mm)

k = konstanta tergantung temperatur suspensi dan berat jenis butiran tanah

L = kedalaman efektif alat hidrometer (mm)

T = waktu (menit)

Nilai k yang digunakan dalam rumus menghitung diameter butir tanah pada analisis hidrometer dapat dilihat pada Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.8 Harga Nilai K untuk Analisis Hidrometer

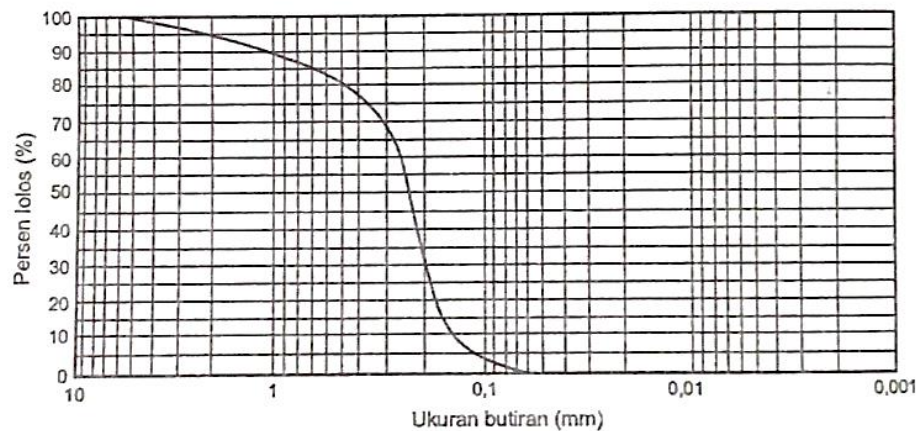
Temperatur °C	Berat jenis butiran tanah								
	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85
16	0.01510	0.01505	0.01481	0.01457	0.01435	0.01414	0.01394	0.01374	0.01356
17	0.01511	0.01486	0.01462	0.01439	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356	0.01338
18	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339	0.01321
19	0.01474	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.1323	0.01305
20	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307	0.01289
21	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291	0.01273
22	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276	0.01258
23	0.01404	0.01381	0.01358	0.01337	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261	0.01243
24	0.01388	0.01365	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246	0.01229
25	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232	0.01215
26	0.01357	0.01334	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01218	0.01201
27	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204	0.01188
28	0.01327	0.01304	0.01283	0.01264	0.01244	0.01225	0.01208	0.01191	0.01175
29	0.01312	0.01290	0.01269	0.01249	0.01230	0.01212	0.01195	0.01178	0.01162
30	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01199	0.01182	0.01165	0.01149

⁽¹⁾ Sumber : ASTM D 422-63 (Reapproved 1990)

(Sumber: SNI 3423, 2008)

3. Kurva Distribusi Butir Tanah

Dari analisa saringan dan analisa hidrometer akan mendapatkan hasil diameter butir dan persen lolos yang akan disajikan dalam bentuk kurva tipikal distribusi butir tanah. Kurva distribusi butir tanah dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Kurva Tipikal Ukuran Butir Tanah

(Sumber: Hardiyatmo 2017)

Koefisien keseragaman atau C_u (*uniformity coefficient*) merupakan kemiringan dari kurva peyebaran butir tanah. Keseragaman tersebut dipresentasikan sebagai perbandingan ukuran saringan yang mana masing-masing 60 % dan 10 % tanah lolos pada ukuran lubang saringan tersebut. Koefisien keseragaman dapat dilihat pada Persamaan 3.11 berikut.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3.10)$$

dengan:

C_u = koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*)

D_{60} = diameter butir pada presentase 60% (mm)

D_{10} = ukuran efektif, diameter butir pada presentase 10% (mm)

Nilai koefisien gradasi (*coefficient of gradation*) dapat menggunakan Persamaan 3.12 berikut.

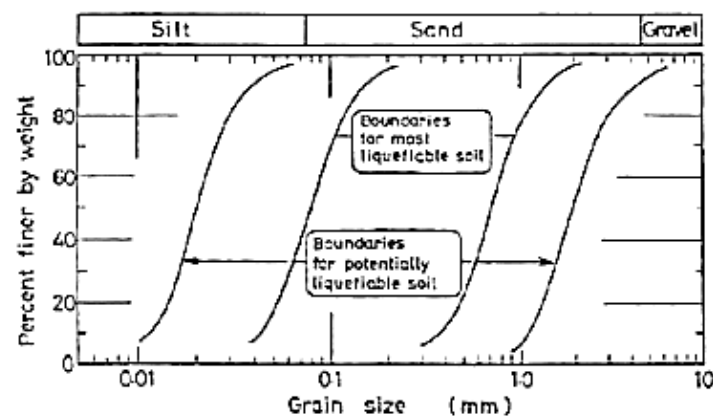
$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}} \quad (3.11)$$

dengan:

C_c = koefisien gradasi (*coefficient of gradation*)

D_{30} = diameter butir pada presentase 30% (mm)

Berdasar hasil distribusi butiran tanah Tsuchida mengusulkan batas-batas distribusi butir tanah yang peka terhadap potensi likuifaksi. Kurva ini bertujuan untuk memperkirakan kerentanan tanah terhadap potensi likuifaksi. Adapun batas-batas tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Kurva Distribusi Ukuran Butir (Tsuchida 1970)

(Sumber: Tsuchida 1970)

Batas *Boundaries for most liquefiable soil* merupakan batasan tanah paling berpotensi likuifaksi karena adanya butiran halus yang menurunkan tingkat kecenderungan tanah memadat ketika mengalami getaran, butiran halus yang plastis membuat butir pasir akan menjadi lebih sulit bergerak diantara partikel sedangkan butiran halus yang tidak plastis tidak akan berpengaruh apa-apa. Sedangkan, batas *boundaries for potentially liquefiable soil* merupakan batasan untuk tanah berpotensi likuifaksi karena terdapat butiran kasar yang bersifat permeabel sehingga pada saat gempa terjadi dapat melepaskan tekanan air pori secara partial.

Menurut (Youd dan Gilstrap, 1999 dalam Dat 2002; Perlea dkk, 1999 dalam Prakash dan Puri, 2003) dalam Pawirodikromo (2012) ada beberapa kriteria yang membuat tanah mengalami likuifaksi, diantaranya yaitu:

- 1) diameter tengah D_{50} antara 0,02-1,0 mm

- 2) kandungan *finer*, butir $D < 0,005$ mm tidak lebih dari 20%
- 3) koefisien keseragaman $D_{60} / D_{10} < 10$
- 4) kepadatan relatif $D_r < 75\%$
- 5) indeks plastisitas $IP < 13\%$

Maka dari itu tanah yang mempunyai gradasi baik tidak rentan terhadap terjadinya likuifaksi dibandingkan dengan tanah yang memiliki gradasi buruk. Dengan adanya butiran pengisi diantara butiran kasar akan membuat tanah menjadi lebih solid dan mengurangi potensi perubahan volume tanah pada saat kondisi terdrainase sehingga tidak akan terjadi tekanan air pori berlebih.

3.5.2 Analisis Hasil Pengujian SPT (*Standar Penetration Test*)

Uji SPT (*Standar Penetration Test*) merupakan uji yang dilakukan bersamaan dengan pengeboran. Dimana uji tersebut bertujuan untuk mengetahui perlawananan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan menggunakan teknik penumbukan. Data SPT ini banyak digunakan untuk mengungkap tahanan tanah berpasir yang rentan terhadap potensi likuifaksi karena SPT menghasilkan sampel tanah yang mewakili untuk menentukan sifat-sifat indeks melalui uji laboratorium. SPT atau bor dalam merupakan uji yang dipakai untuk mencari nilai CSR (*Cyclic Stress Ratio*) dan CRR (*Cyclic Resistance Ratio*). Dimana dari kedua perbandingan nilai tersebut kemudian dicari nilai faktor keamanan untuk menyimpulkan potensi terjadinya likuifaksi.

1. Metode CSR (*Cyclic Stress Ratio*)

Likuifaksi terjadi pada tanah pasir jenuh yang disebabkan oleh CSR (*Cyclic Stress Ratio*) yang diakibatkan dari gempa bumi. Seed dan Idriss (1971) mengembangkan persamaan untuk rasio tegangan siklik tanah dengan Persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$CSR = (0,65 \left(\frac{\alpha_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) r_d \quad (3.12)$$

dengan:

CSR = *cyclic stress ratio* atau tegangan siklik penyebab likuifaksi,

α_{max} = percepatan permukaan tanah maksimum arah horizontal (m/s²),

- g = percepatan gravitasi,
 σ_v = tegangan *overburden* vertikal total,
 σ'_v = tegangan *overburden* vertikal efektif,
 rd = koefisien tegangan reduksi.

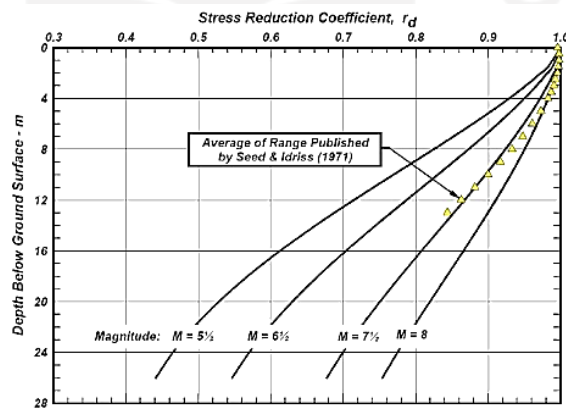
Untuk dapat memperhitungkan koefisien reduksi tegangan, Liao dan Whitman (1986) mengembangkan persamaan untuk mengestimasi nilai rd . besarnya koefisien rd tersebut dapat ditentukan pada Persamaan 3.13 sampai 3.16 sebagai berikut.

$$rd = 1,0 - 0,00765Z \text{ untuk } Z \leq 9,15 \text{ m} \quad (3.13)$$

$$rd = 1,174 - 0,0267Z \text{ untuk } 9,15 \text{ m} < Z \leq 23 \text{ m} \quad (3.14)$$

$$rd = 0,774 - 0,008z \text{ untuk } 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m} \quad (3.15)$$

$$rd = 0,5 \text{ untuk } z \geq 30 \text{ m} \quad (3.16)$$



Gambar 3.5 rd Vs Depth Curves Developed

(Sumber: I.M Idriss and R.W. Boulanger)

TF Blake (1996) mempermudah perhitungan dengan memperkirakan nilai tengah plot kurva pada Gambar 3.5 diatas dengan Persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$Rd = \frac{(1,000 - 0,4113z_{0,5} + 0,04052z + 0,001753z_{1,5})}{1,000 - 0,4177z_{0,5} + 0,05729z - 0,006205z_{1,5} + 0,001210z_2} \quad (3.17)$$

dengan:

z = kedalaman dibawah permukaan tanah dalam satuan meter

2. Metode C_{RR} (Cyclic Resistance Ratio)

C_{RR} (Cyclic Resistance Ratio) merupakan tanah untuk menahan likuifaksi yang dapat ditentukan berdasar data hasil uji. Nilai C_{RR} bergantung dari hasil uji seperti uji SPT atau CPT karena pada umumnya berkorelasi dengan parameter *in situ*, seperti nilai penetrasi resisten CPT, jumlah pukulan SPT, atau kecepatan gelombang geser, VS (Idriss dan Boulanger, 2008).

Apabila nilai CRR lebih besar daripada CSR maka tanah aman dari potensi likuifaksi. Namun apabila nilai CRR lebih kecil daripada nilai CSR maka tanah tidak aman atau berpotensi terjadinya likuifaksi.

Adapun langkah-langkah untuk mendapatkan nilai CRR dari hasil uji SPT yaitu sebagai berikut.

- a. Mementukan nilai $(N_1)_{60}$ dengan menggunakan faktor koreksi dan dinormalisasikan dengan Persamaan 3.18 sebagai berikut.

$$(N_1)_{60} = N_m \cdot C_N \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \quad (3.18)$$

dimana nilai N_m diperoleh dari nilai SPT dan data lainnya merupakan faktor koreksi (normalisasi) yang dapat ditentukan dari Tabel 3.10 berikut.

Tabel 3. 9 Nilai Faktor Koreksi untuk $(N_1)_{60}$

Faktor	Variabel Alat	Simbol	Koreksi
Tegangan Total	-----	C_N	$\left(\frac{Pa}{\sigma'v}\right)^n$
	-----	C_N	$C_N \leq 1,7$
Rasio Energi	Hammer Donat	C_E	0,5 – 1,0
	Safety Hammer	C_E	0,7 – 1,2
	Automatic Hammer	C_E	0,8 – 1,3
Diameter Lubang	65 – 115 mm	C_B	1
	150 mm	C_B	1,05
	200 mm	C_B	1,15

Lanjutan Tabel 3. 9 Nilai Faktor Koreksi untuk (N1)60

Faktor	Variabel Alat	Simbol	Koreksi
Panjang Rod	< 3	C_R	0,75
	3 – 4 m	C_R	0,8
	4 – 6 m	C_R	0,85
	6 – 10 m	C_R	0,95
	10 – 30 m	C_R	1
Metoda Sampling	Sampler standard	C_S	1
	Sampler standard	C_S	1,1 – 1,3

(Sumber; Youd dan Idriss, 1997)

- b. Menghitung nilai CRR dengan Persamaan 3.20 berikut

$$CRR = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{\{10 \times (N_1)_{60} + 45\}^2} - \frac{1}{200} \quad (3.19)$$

- c. IM Idris dan R.B. Seed mengembangkan persamaan sebagai faktor koreksi (N1) 60 penyetaraan nilai *cleand sand*, (N1)60cs, dapat dilihat pada Persamaan 3.19 berikut.

$$\alpha = 0 \quad \text{untuk } FC \leq 5\%$$

$$\beta = 1$$

$$\alpha = e^{\left[1,76 - \frac{190}{FC^2}\right]} \quad \text{untuk } FC \leq 35\%$$

$$\beta = [0,99 + (FC^{1,5}/1)]$$

$$\alpha = 5 \quad \text{untuk } FC \geq 35\%$$

$$\beta = 1,2$$

$$(N1)_{60cs} = \alpha + \beta(N1)_{60} \quad (3.20)$$

- d. Menghitung nilai faktor keamanan likuifaksi dengan Persamaan 3.21 berikut.

$$F_s = CRR / CSR \quad (3.21)$$

Dalam menganalisis diperlukan suatu pegangan sebagai parameter untuk mengetahui apakah analisis tersebut berpotensi likuifaksi atau tidak. Nilai pegangan yang dimaksud yaitu faktor keamanan. Dalam analisis ini dibutuhkan nilai CSR dan CRR dengan menggunakan Persamaan 3.22, 3.23, 3.24, 3.25 Youd dan Idris (2001) sebagai berikut.

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} \quad (3.22)$$

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} < 1 \text{ terjadi likuifaksi} \quad (3.23)$$

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} = 1 \text{ kondisi kritis berpotensi likuifaksi} \quad (3.24)$$

$$F_s = \frac{CRR}{CSR} > 1 \text{ tidak terjadi likuifaksi} \quad (3.25)$$

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi terjadinya likuifaksi pada daerah yang diketahui memiliki jenis tanah pasir jenuh. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan kruva Tsuchida (1970) dan berdasarkan data SPT.

4.2 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perumusan masalah

Pada tahap ini yaitu meliputi rumusan masalah, penentuan topik penelitian, serta manfaat dan tujuan dari penelitian ini.

2. Studi literatur

Melakukan studi literatur untuk menemukan informasi terkait dengan penelitian yang akan dilakukan guna mendapatkan data yang optimal. Studi literatur dilakukan berdasar beberapa sumber seperti buku, jurnal, maupun laporan sebagai penunjang terhadap penelitian ini.

3. Pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data uji laboratorium dan uji lapangan berupa hasil pengujian N-SPT (*Standart Penetration Test*) yang dilakukan pada proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 di Desa Tirtohargo.

4. Analisis data

Pada tahap ini data yang diperoleh dari hasil uji laboratorium dan uji lapangan pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 diolah menggunakan program *Microsoft Excel* dengan menggunakan beberapa teori dan aturan

yang berlaku yaitu metode NCEER dengan memperhitungkan nilai CSR dan CRR.

5. Tahap kesimpulan dan Saran Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dan saran untuk memberi masukan terhadap penelitian selanjutnya agar lebih baik dari penelitian yang dilakukan sekarang.

4.3 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan data uji laboratorium dan data lapangan. Pengambilan data tanah untuk uji laboratorium dilakukan pada dua titik di Desa Tirtoharjo sedangkan data lapangan berupa hasil pengujian N-SPT (*Standart Penetration Test*) diperoleh dari proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 Yogyakarta.

4.3.1 Data Uji Laboratorium

Untuk memperoleh data distribusi ukuran butir tanah dilakukan menggunakan dua pengujian yaitu pengujian analisa hidrometer dan pengujian analisa saringan. Berikut merupakan prosedur pengujian distribusi butir tanah.

1. Pengujian Analisa Hidrometer

Maksud dari pengujian ini yaitu untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan no 10. Berikut merupakan prosedur pengujian analisa hidrometer.

a. Persiapan pengujian

- 1) Membuat larutan standar dengan melarutkan *reagen* sebanyak 2 gram dalam 300 cc air destilasi pada gelas ukur A hingga larut, kemudian larutan dibagi menjadi dua bagian. Satu bagian dimasukkan dalam tabung B kapasitas 1000 cc sedangkan bagian lain tetap berada dalam gelas ukur A
- 2) Membuat *suspensi* (campuran sampel tanah dengan larutan standar) dengan memasukkan $\pm 50-60$ gram kering oven kedalam gelas ukur A, kemudian rendam selama ± 30 menit lalu diaduk/dihancurkan dengan *mixer* selama ± 10 menit hingga menjadi suspensi. Suspensi

dimasukkan kedalam tabung pengendapan C kemudian di kocok sebanyak 60 kali

b. Pelaksanaan pengujian

- 1) Pembacaan hidrometer dilakukan saat setelah suspensi dikocok, tabug C diletakkan di meja dan saat itu dihitung sebagai T_0
- 2) Cara melakukan pembacaan hidrometer adalah sebagai berikut:
 - a) Kira-kira selama 20-25 detik sebelum pembacaan suspensi, hidrometer dalam tabung B dicelupkan secara hati-hati pada suspensi di tabung C sampai mencapai kedalaman taksiran yang akan terbaca, kemudian dilepaskan (jangan sampai timbul guncangan) dan baca skala yang ditunjuk oleh puncak *miniskus* muka air = R_1
 - b) Setelah tabung C dibaca, pindahkan kembali hidrometer kedalam tabung B dan baca skala hidrometer = R_2 dalam air tabung B
- 3) Setelah pembacaan hidrometer selesai, kemudian ukur suhu suspensi dengan termometer
- 4) Pembacaan dilakukan pada setiap menit (T) ke 2, 5, 30, 60, 25 dan 1440 menit dari T_0
- 5) Setelah pembacaan terakhir tuangkan suspensi pada tabung C diatas saringan no 200, lalu cuci sampel tanah yang tertahan di atas saringan dengan menggunakan kuas sampai air yang keluar dari ayakan benear bersih. Hasil pencucian digunakan sebagai sampel pada Analisa Saringan setelah dijemur hingga kering.

2. Pengujian Analisa Saringan

Tujuan pada pengujian ini yaitu untuk menentukan presentase ukuran utir tanah pada benda uji yang tertahan saringan no 200. Benda uji yang digunakan adalah butiran tanah yang tertinggal pada saringan no 200 yang sudah dikeringkan. Prosedur pengujian analisa saringan dapata dilihat sebagai berikut.

a. Persiapan pengujian

Menyiapkan sampel tanah yang sudah dikeirngkan dari analisis hidrometer.

b. Pelaksanaan pengujian

- 1) Menyaring butiran tanah yang tertahan pada saringan no 200 dengan satu set saringan yang disusun dengan urutan dari atas mulai no 10, 20, 40, 60, 140, 200, dan pan
- 2) Meletakkan susunan saringan tersebut pada mesin penggetar dan digetarkan selama 3-5 menit
- 3) Menimbang butir-butir tanah yang tertahan pada masing-masing saringan (d1, d2, d3, d4, d5, d6)

4.3.2 Data Uji N-SPT (Standard Penetration Test)

Data pengujian N-SPT (*Standard Penetration Test*) diperoleh dari Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 Yogyakarta. data ini berupa data uji lapangan N-SPT dan data properties tanah.

4.4 Analisis Data

Tahapan analisis data pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

4.4.1 Analisis berdasarkan Distribusi Ukuran Butir

Dalam analisis distribusi ukuran butir terdapat dua pengujian yaitu analisa hidrometer dan analisa saringan. Berikut merupakan analisis yang dilakukan pada pengujian distribusi ukuran butir.

1. Analisa uji hidrometer

Pengujian ini menghasilkan data pembacaan hidrometer pada menit (T) ke 2, 5, 30, 60, 250 dan 1440 menit dari nilai T_0 , kemudian data tersebut diolah hingga mendapatkan ukuran diameter butir tanah dan presentase berat (P %) pada setiap diameter ukuran butir.

2. Analisa Saringan

Pengujian ini menghasilkan berat tanah pada setiap ukuran saringan. Yang mana hasil data tersebut diolah untuk mendapatkan nilai butir tanah dan presentase butir tanah yang lolos dari masing-masing saringan.

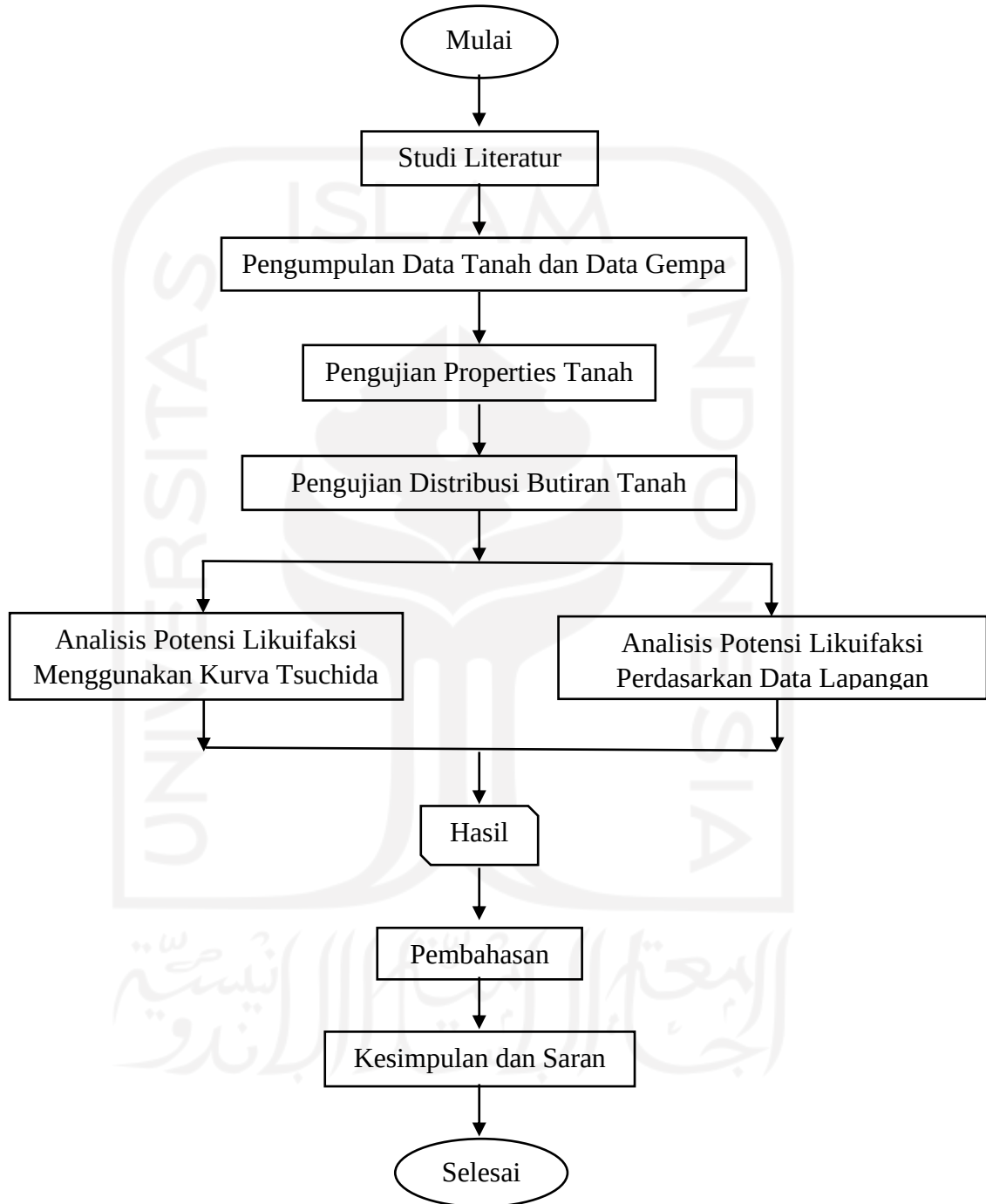
Berdasarkan data yang diperoleh dari analisa uji hidrometer dan analisa saringan kemudian data tersebut disajikan dalam bentuk grafik distribusi butiran tanah untuk dapat menentukan nilai D10, D30, D50, dan D6.

4.4.2 Analisis berdasarkan Data SPT

Berdasarkan data SPT yang diperoleh dari Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 dapat diketahui potensi likuifaksi pada beberapa titik di kedalaman tertentu. Berikut merupakan tahapan untuk menganalisis potensi likuifaksi tersebut.

1. Menentukan apakah tanah yang ditinjau memiliki sifat yang berpotensi terhadap likuifaksi atau tidak
2. Tanah harus berada dibawah muka air tanah (MAT)
3. Menentukan nilai CSR (*cyclic stress ratio*)
4. Dari nilai parameter tanah yang diperoleh dari $(N_1)_{60}$ dengan menggunakan faktor koreksi yang dinormalisasikan, maka dapat ditentukan nilai CRR (*cyclic resistance ratio*)
5. Hasil perhitungan kedua nilai tersebut digunakan untuk menentukan nilai *safety factor* (SF) terhadap likuifaksi.

4.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Potensi Likuifaksi berdasarkan Distribusi Ukuran Butir

Potensi likuifaksi merupakan peristiwa hilangnya kekuatan tanah yang diakibatkan oleh kenaikan tegangan air pori dan turunnya tekanan efektif dari lapisan tanah yang ditimbulkan dari beban siklik. Hal ini biasanya terjadi pada tanah berbutir halus dengan gradasi yang seragam, karena tanah yang memiliki gradasi seragam lebih tidak stabil dibandingkan dengan tanah yang bergradasi baik. Dimana tanah yang bergradasi baik memiliki berbagai ukuran butir yang merata sehingga mampu saling mengisi dan mengikat rongga didalam tanah. Adapun gradasi distribusi ukuran tanah ini dapat diketahui dengan melakukan analisis ukuran butiran tanah berupa analisis saringan dan analisis hidrometer pada laboratorium hingga diperoleh data diameter ukuran butir yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik dan diplot kedalam kurva distribusi ukuran butir (Tsuchida 1970) untuk memperoleh hasil perkiraan kerentanan tanah terhadap potensi likuifaksi.

5.1.1 Data Laboratorium

Pengujian laboratorium yang dilakukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini menggunakan sampel tanah yang diambil langsung dari lokasi penelitian pada daerah Jembatan Kretek 2 Bantul, Yogyakarta. Pada pengujian ini menggunakan empat sampel tanah yang masing-masing diambil pada dua titik lokasi yang berbeda dengan titik pertama bernama Parangtritis di Lintang $8^{\circ}01'06.1''$.S dan Bujur $110^{\circ}29'32.4''$ E, titik kedua bernama Tirtohargo di Lintang $8^{\circ}00'74.8''$.S dan Bujur $110^{\circ}29'23.4''$ E.

5.1.2 Hasil Penelitian Laboratorium

Hasil penelitian laboratorium diperoleh dari pengujian analisa saringan dan hidrometer menggunakan empat sampel pada dua titik yang berbeda, yaitu titik Parangtritis dan titik Tirtohargo. Berikut merupakan data yang diperoleh dari hasil pengujian analisa saringan dan analisa hidrometer di Laboratorium.

1. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisis saringan merupakan pengujian untuk menentukan presentase berat butir agregat yang lolos dari satu set saringan no: 10,20, 40, 60, 140, 200 serta pan saringan. Hasil pengujian dari sampel tanah titik Parangtritis dan titik Tirtohargo dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik Parangtritis

No	Nomor Saringan	Diameter Saringan	Sampel 1	Sampel 2
			Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Tertahan
		mm	gr	gr
1	4	4,475	1,59	0,6
2	10	2	1,92	1,16
3	20	0,85	1,95	2,63
4	40	0,425	168,41	78,71
5	60	0,25	221,9	264,7
6	140	0,106	97,83	146,86
7	200	0,075	2,63	2,88
8	Pan	-	3,77	2,46
9	Total		500	500

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik Tirtohargo

No	Nomor Saringan	Diameter Saringan	Sampel 1	Sampel 2
			Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Tertahan
		mm	gr	gr
1	4	4,475	58,91	48,7
2	10	2	43,66	46,79
3	20	0,85	97,31	104,92
4	40	0,425	173,99	179,75
5	60	0,25	78,27	78,4
6	140	0,106	42,84	37,26
7	200	0,075	2,63	1,99
8	Pan	-	2,39	2,19
9	Total		500	500

2. Pengujian Hidrometer

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan tanah lolos saringan 200 pada titik Parangtritis sampel 1 sebesar 0,75 % sampel 2 sebesar 0,49 % dan pada titik Tirtohargo sampel 1 sebesar 0,48 % sampel 2 sebesar 0,44 %. Pada pengujian hidrometer memerlukan minimal 50-60gram setiap sampel sehingga dilakukan penyaringan kembali untuk mendapatkan sampel pengujian hidrometer sesuai ketentuan SNI 3423:2008. Hasil pengujian analisis hydrometer pada titik Parangtritis dan Tirtohargo dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Titik Parangtritis

Waktu (t)	Sampel 1		Sampel 2	
	Suhu (T)	Pembacaan Hidrometer	Suhu (T)	Pembacaan Hidrometer
Menit	°	Ra	°	Ra
0	26	42	26	42
2	26	35	26	35
5	26	18	26	18
30	26	6	26	6
60	26	5	26	5
85	26	2	26	2
1440	26	1	26	1

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Titik Tirtohargo

Waktu (t)	Sampel 1		Sampel 2	
	Suhu (T)	Pembacaan Hidrometer	Suhu (T)	Pembacaan Hidrometer
Menit	°	Ra	°	Ra
0	26	50	26	52
2	26	25	26	30
5	26	16	26	21
30	26	6	26	9
60	26	4	26	5
85	26	2	26	3
1440	26	1	26	0

5.1.3 Analisis Data Laboratorium

Berdasar hasil data yang diperoleh dari pengujian di Laboratorium maka selanjutnya dilakukan analisis guna mendapatkan hasil nilai presentase tanah lolos serta diameter ukuran butiran tanah yang kemudian digunakan untuk membuat grafik distribusi ukuran butiran tanah. Analisis data hasil pengujian laboratorium berupa analisis saringan dan analisis hidrometer pada titik Parangtritis dan Tirtohargo dapat dilihat sebagai berikut.

1. Analisis Saringan

a. Titik Parangtritis

Analisis berdasar data pengujian analisa saringan pada titik Parangtritis sampel 1 dapat dilihat sebagai berikut.

1) Berat Sampel Tanah Lolos Saringan

$$\begin{aligned}\sum d_4 &= 1,59 \text{ gram} \\ W_f &= W - \sum d \\ W_{f_4} &= 500 - 1,59 \\ &= 498,41 \text{ gram}\end{aligned}$$

2) Presentase Tanah Tertahan Saringan

$$\begin{aligned}\text{Presentase Tertahan \#4} &= \frac{\sum d_4}{W} \times 100\% \\ &= \frac{1,59}{500} \times 100\% \\ &= 0,32 \%\end{aligned}$$

3) Presentase Tanah Lolos Saringan

$$\begin{aligned}\text{Presentase Lolos \#4} &= \frac{W_{f_4}}{W} \times 100\% \\ &= \frac{498,41}{500} \times 100\% \\ &= 99,68 \%\end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan dari pengujian analisis saringan pada sampel tanah titik parangtritis dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Analisis Saringan Titik Parangtritis Sampel 1

No. Saringan	Diamater Saringan	Berat Tertahan	Berat Lolos	Persentase Tertahan	Persentase Lolos
	mm	gram	gram	%	%
4	4,475	1,59	498,41	0,318	99,682
10	2	1,92	496,49	0,384	99,298
20	0,85	1,95	494,54	0,39	98,908
40	0,425	168,41	326,13	33,682	65,226
60	0,25	221,9	104,23	44,38	20,846
140	0,106	97,83	6,4	19,566	1,28
200	0,075	2,63	3,77	0,526	0,754
Pan		3,77	0	0,754	0

Tabel 5.6 Rekapitulasi Analisis Saringan Titik Parangtritis Sampel 2

No. Saringan	Diamater Saringan	Berat Tertahan	Berat Lolos	Persentase Tertahan	Persentase Lolos
	mm	gram	gram	%	%
4	4,475	0,6	499,4	0,12	99,88
10	2	1,16	498,24	0,232	99,648
20	0,85	2,63	495,61	0,526	99,122
40	0,425	78,71	416,9	15,742	83,38
60	0,25	264,7	152,2	52,94	30,44
140	0,106	146,86	5,34	29,372	1,068
200	0,075	2,88	2,46	0,576	0,492
Pan		2,46	0	0,492	0

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan sampel 1 dan sampel 2 pada Titik Parangtritis maka diperoleh hasil rata-rata persentase tanah lolos saringan pada pengujian analisis saringan. Hasil rata-rata persentase tanah lolos saringan pada pada Titik Parangtritis dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Perhitungan Persentase Lolos Saringan Rata-rata Titik Parangtritis

No. Saringan	Diamater Saringan	Persentase Lolos Sampel I	Persentase Lolos Sampel II	Persentase Lolos Rata-rata
	mm	%	%	%
4	4,475	99,682	99,88	99,781
10	2	99,298	99,648	99,473
20	0,85	98,908	99,122	99,015
40	0,425	65,226	83,38	74,303
60	0,25	20,846	30,44	25,643
140	0,106	1,28	1,068	1,174
200	0,075	0,754	0,492	0,623
Pan		0	0	0

b. Titik Tirtohargo

Analisis berdasar data pengujian analisa saringan pada titik Tirtohargo sampel 1 dapat dilihat sebagai berikut.

1) Berat Sampel Tanah Lolos Saringan

$$\begin{aligned}\sum d_4 &= 58,91 \text{ gram} \\ Wf &= W - \sum d \\ Wf_4 &= 500 - 58,91 \\ &= 441,09 \text{ gram}\end{aligned}$$

2) Presentase Tanah Tertahan Saringan

$$\begin{aligned}\text{Presentase Tertahan \#4} &= \frac{\sum d_4}{W} \times 100\% \\ &= \frac{58,91}{500} \times 100\% \\ &= 11,78 \%\end{aligned}$$

3) Presentase Tanah Lolos Saringan

$$\begin{aligned}\text{Presentase Lolos \#4} &= \frac{Wf_4}{W} \times 100\% \\ &= \frac{441,09}{500} \times 100\% \\ &= 88,22 \%\end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan dari pengujian analisis saringan pada sampel tanah Titik Tirtohargo dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Analisis Saringan Titik Tirtohargo Sampel 1

No. Saringan	Diamater Saringan	Berat Tertahan	Berat Lolos	Persentase Tertahan	Persentase Lolos
	mm	gram	gram	%	%
4	4,475	58,91	441,09	11,782	88,218
10	2	43,66	397,43	8,732	79,486
20	0,85	97,31	300,12	19,462	60,024
40	0,425	173,99	126,13	34,798	25,226
60	0,25	78,27	47,86	15,654	9,572
140	0,106	42,84	5,02	8,568	1,004
200	0,075	2,63	2,39	0,526	0,478
Pan		2,39	0	0,478	0

Tabel 5.9 Rekapitulasi Analisis Saringan Titik Tirtohargo Sampel 2

No. Saringan	Diamater Saringan	Berat Tertahan	Berat Lolos	Persentase Tertahan	Persentase Lolos
	mm	gram	gram	%	%
4	4,475	48,7	451,3	9,74	90,26
10	2	46,79	404,51	9,358	80,902
20	0,85	104,92	299,59	20,984	59,918
40	0,425	179,75	119,84	35,95	23,968
60	0,25	78,4	41,44	15,68	8,288
140	0,106	37,26	4,18	7,452	0,836
200	0,075	1,99	2,19	0,398	0,438
Pan		2,19	0	0,438	0

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan sampel 1 dan sampel 2 pada Titik Parangtritis maka diperoleh hasil rata-rata persentase tanah lolos saringan pada pengujian analisis saringan. Hasil rata-rata persentase tanah lolos saringan pada pada Titik Parangtritis dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

**Tabel 5.10 Perhitungan Persentase Lolos Saringan Rata-rata Titik
Tirtohargo**

No. Saringan	Diamater Saringan	Persentase Lolos Sampel 1	Persentase Lolos Sampel 2	Persentase Lolos Rata-rata
	mm	%	%	%
4	4,475	88,218	90,26	89,239
10	2	79,486	80,902	80,194
20	0,85	60,024	59,918	59,971
40	0,425	25,226	23,968	24,597
60	0,25	9,572	8,288	8,93
140	0,106	1,004	0,836	0,92
200	0,075	0,478	0,438	0,458
Pan		0	0	0

2. Analisis Hidrometer

a. Titik Parangtritis

Analisis berdasar data pengujian hidrometer pada titik Parangtritis sampel 1 dapat dilihat sebagai berikut.

1) Sampel Tanah

Persen lolos #200 = 0,754%

Berat jenis = 2,683

Berat sampel tanah = 60 gram

2) Nilai Konstanta, a

Nilai konstanta, a = 0,99

3) Koreksi Hidrometer

Koreksi pembacaan hidrometer dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.6 berikut.

Temperatur untuk Mt 26°C = +1,3

Dispersing agent, x = -2

Meniscus, Cm = 1

Hidrometer mula-mula, Ra = 35

$$\begin{aligned}
 \text{Hidrometer terkoreksi, } R_{C_2} &= R_a + M_t + x \\
 &= 35 + 1,3 + (-2) \\
 &= 34,3
 \end{aligned}$$

4) Persen Lolos Setiap Saringan

Persentase sampel tanah lolos saringan dalam suspensi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{R_c \times a}{W} \times 100 \times \text{Persen lolos \#200} \\
 P &= \frac{34,3 \times 0,99}{60} \times 0,754\% \\
 P &= 0,427\%
 \end{aligned}$$

5) Pembacaan Hidrometer Aktual

Pembacaan hidrometer aktual dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.7 berikut.

$$\begin{aligned}
 R &= R_a + C_m \\
 R_2 &= 35 + 1 \\
 R_2 &= 36
 \end{aligned}$$

6) Harga Kedalaman Efektif (L)

Harga kedalaman efektif (L) pada analisis ini diperoleh berdasarkan ketentuan yang telah disajikan dalam Tabel 3.8 Maka diperoleh harga kedalaman efektif (L) dengan pembacaan hidrometer aktual sejumlah 36 pada menit ke-2 adalah sebesar 10,4 cm.

7) Harga Konstanta (K)

Harga konstanta (K) diperoleh berdasarkan Tabel 3.9 dengan melakukan interpolasi berat jenis antara 2,65 dan 2,7 dan didapatkan nilai harga konstanta (K) sebesar 0,01263.

8) Diameter Butiran Tanah (D)

Diameter butiran tanah pada larutan suspensi dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut.

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}}$$

$$D_2 = 0,01263 \sqrt{\frac{10,4}{2}}$$

$$D_2 = 0,01263$$

Rekapitulasi hasil perhitungan dari pengujian analisis hidrometer pada sampel tanah Titik Parangtritis dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Analisis Hidrometer Titik Parangtritis Sampel 1

Waktu	Temperatur	Pembacaan Hidrometer	Pembacaan Hidrometer Terkoreksi	Persen lolos	Pembacaan Hidrometer Aktual	Kedalaman Efektif, L	K	Diameter
t	T	Ra	Rc	%	R	cm		D
0	26	42	41,3	0,5138	43	9,2	0,0126	0
2	26	35	34,3	0,4267	36	10,4	0,0126	0,0288
5	26	18	17,3	0,2152	19	13,2	0,0126	0,0205
30	26	6	5,3	0,0659	7	15,2	0,0126	0,0090
60	26	5	4,3	0,0535	6	15,3	0,0126	0,0064
250	26	2	1,3	0,0162	3	15,8	0,0126	0,0032
1440	26	1	0,3	0,0037	2	16	0,0126	0,0013

Tabel 5.12 Rekapitulasi Analisis Hidrometer Titik Parangtritis Sampel 2

Waktu	Temperatur	Pembacaan Hidrometer	Pembacaan Hidrometer Terkoreksi	Persen lolos	Pembacaan Hidrometer Aktual	Kedalaman Efektif, L	K	Diameter
t	T	Ra	Rc	%	R	cm		D
0	26	52	51,3	0,5885	53	7,6	0,0126	0
2	26	30	29,3	0,2401	31	11,2	0,0126	0,0321
5	26	21	20,3	0,1779	22	12,7	0,0126	0,0209
30	26	9	8,3	0,0535	10	14,7	0,0126	0,0090
60	26	5	4,3	0,0286	6	15,3	0,0126	0,0064
250	26	3	2,3	0,0037	4	15,6	0,0126	0,0032
1440	26	0	0	0	1	16,1	0,0126	0,0013

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan sampel 1 dan sampel 2 pada Titik Parangtritis maka diperoleh hasil rata-rata pengujian analisis hidrometer yang ditinjau berdasarkan persentase tanah lolos serta diameter. Hasil rata-rata pengujian analisis hidrometer pada Titik Parangtritis dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Pengujian Analisis Hidrometer Titik Parangtritis

Diameter Butiran Sampel 1	Diameter Butiran Sampel 2	Diameter Butiran Rata-rata	Persentase Tanah Lolos Sampel 1	Persentase Tanah Lolos Sampel 2	Persentase Tanah Lolos Rata-rata
D	D	D			
mm	mm	mm	%	%	%
0	0	0	0,5138	0,5885	0,5511
0,0288	0,0321	0,0304	0,4267	0,2401	0,3334
0,0205	0,0209	0,0207	0,2152	0,1779	0,1966
0,0090	0,0090	0,0090	0,0659	0,0535	0,0597
0,0064	0,0064	0,0064	0,0535	0,0286	0,0411
0,0032	0,0032	0,0032	0,0162	0,0037	0,0100
0,0013	0,0013	0,0013	0,0037	0,0000	0,0019

b. Titik Tirtohargo

Analisis berdasar data pengujian hidrometer pada titik Parangtritis sampel 1 dapat dilihat sebagai berikut.

1) Sampel Tanah

Persen lolos #200 = 0,754%
 Berat jenis = 2,67
 Berat sampel tanah = 60 gram

2) Nilai Konstanta, a

Nilai konstanta, a = 0,99

3) Koreksi Hidrometer

Koreksi pembacaan hidrometer dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.6 berikut.

Temperatur untuk Mt 26°C = +1,3
Dispersing agent, x = -2
 Meniscus, Cm = 1
 Hidrometer mula-mula, Ra = 25
 Hidrometer terkoreksi, Rc₂ = $Ra + Mt + x$
 = 25 + 1,3 + (-2)
 = 49,3

4) Persen Lolos Setiap Saringan

Persentase sampel tanah lolos saringan dalam suspensi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.4 berikut.

$$P = \frac{Rc \times a}{W} \times 100 \times \text{Persen lolos \#200}$$

$$P = \frac{49,3 \times 0,99}{60} \times 0,478\%$$

$$P = 0,389\%$$

5) Pembacaan Hidrometer Aktual

Pembacaan hidrometer aktual dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.7 berikut.

$$R = Ra + Cm$$

$$R_2 = 25 + 1$$

$$R_2 = 26$$

6) Harga Kedalaman Efektif (L)

Harga kedalaman efektif (L) pada analisis ini diperoleh berdasarkan ketentuan yang telah disajikan dalam Tabel 3.8. Maka diperoleh harga kedalaman efektif (L) dengan pembacaan hidrometer aktual sejumlah 26 pada menit ke-2 adalah sebesar 12 cm.

7) Harga Konstanta (K)

Harga konstanta (K) diperoleh berdasarkan Tabel 3.9 dengan melakukan interpolasi berat jenis antara 2,65 dan 2,7 dan didapatkan nilai harga konstanta (K) sebesar 0,01263.

8) Diamter Butiran Tanah (D)

Diameter butiran tanah pada larutan suspensi dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut.

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}}$$

$$D_2 = 0,01263 \sqrt{\frac{12}{2}}$$

$$D_2 = 0,03092$$

Rekapitulasi hasil perhitungan dari pengujian analisis hidrometer pada sampel tanah Titik Parangtritis dapat dilihat pada Tabel 5.14 dan Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Analisis Hidrometer Titik Tirtohargo Sampel 1

Waktu	Temperatur	Pembacaan Hidrometer	Pembacaan Hidrometer Terkoreksi	Persen lolos	Pembacaan Hidrometer Aktual	Kedalaman Efektif, L	K	Diameter
t	T	Ra	Rc	%	R	cm		D
0	26	50	49,3	0,3888	51	7,9	0,0126	0,0000
2	26	25	24,3	0,1917	26	12	0,0126	0,0309
5	26	16	15,3	0,1207	17	13,5	0,0126	0,0207
30	26	6	5,3	0,0418	7	15,2	0,0126	0,0090
60	26	4	3,3	0,0260	5	15,5	0,0126	0,0064
250	26	2	1,3	0,0103	3	15,8	0,0126	0,0032
1440	26	1	0,3	0,0024	2	16	0,0126	0,0013

Tabel 5.15 Rekapitulasi Analisis Hidrometer Titik Tirtohargo Sampel 2

Waktu	Temperatur	Pembacaan Hidrometer	Pembacaan Hidrometer Terkoreksi	Persen lolos	Pembacaan Hidrometer Aktual	Kedalaman Efektif, L	K	Diameter
t	T	Ra	Rc	%	R	cm		D
0	26	52	51,3	0,4046	53	7,6	0,01263	0
2	26	30	29,3	0,23109	31	11,2	0,01263	0,02988
5	26	21	20,3	0,16011	22	12,7	0,01263	0,02012
30	26	9	8,3	0,06546	10	14,7	0,01263	0,00884
60	26	5	4,3	0,03391	6	15,3	0,01263	0,00638
250	26	3	2,3	0,01814	4	15,6	0,01263	0,00315
1440	26	0	0	0	1	16,1	0,01263	0,00133

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan sampel 1 dan sampel 2 pada Titik Tirtohargo maka diperoleh hasil rata-rata pengujian analisis hidrometer yang ditinjau berdasarkan persentase tanah lolos serta diameter. Hasil rata-rata pengujian analisis hidrometer pada Titik Tirtohargo dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Hasil Perhitungan Pengujian Analisis Hidrometer Titik Tirtohargo

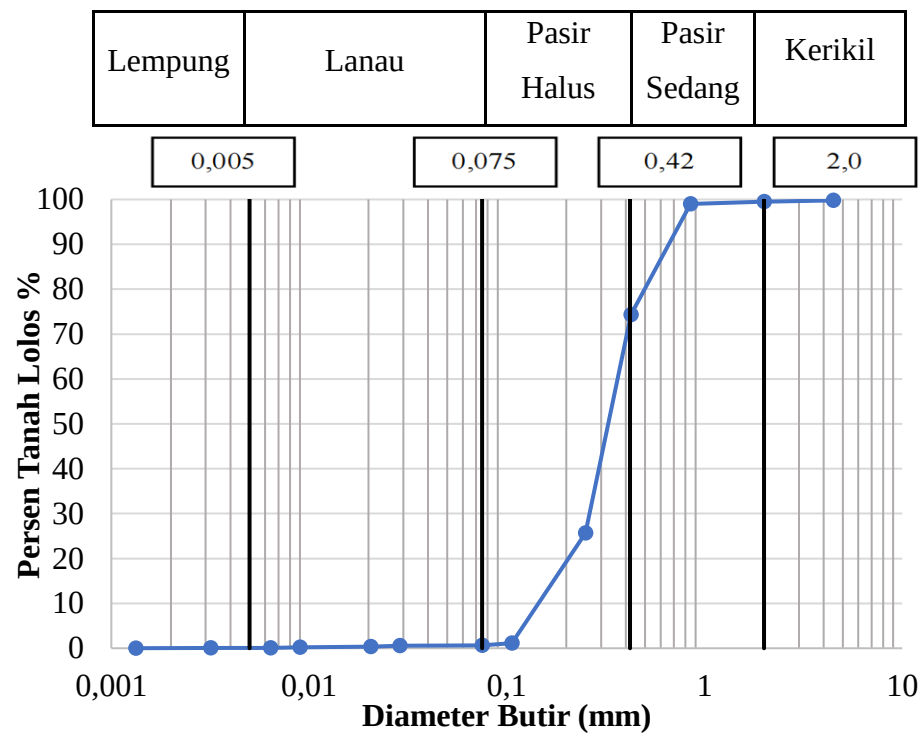
Diameter Butiran Sampel 1	Diameter Butiran Sampel 2	Diameter Butiran Rata-rata	Persentase Tanah Lolos Sampel 1	Persentase Tanah Lolos Sampel 2	Persentase Tanah Lolos Rata-rata
D	D	D			
mm	mm	mm	%	%	%
0,0000	0	0	0,3888	0,4046	0,3967
0,0309	0,02988	0,0304	0,1917	0,2311	0,2114
0,0207	0,02012	0,0204	0,1207	0,1601	0,1404
0,0090	0,00884	0,0089	0,0418	0,0655	0,0536
0,0064	0,00638	0,0064	0,0260	0,0339	0,0300
0,0032	0,00315	0,0032	0,0103	0,0181	0,0142
0,0013	0,00133	0,0013	0,0024	0,0000	0,0012

3. Grafik Distribusi Ukuran Butir Tanah

Berdasar hasil pengujian analisis saringan dan hidrometer maka digambarkan grafik distribusi butiran tanah dengan absis berupa diameter butir tanah dan persentase tanah loos (%) menggunakan skala logaritma. Berikut merupakan grafik distribusi tanah Titik Parangtritis dan Titik Tirtohargo.

a. Titik Parangtritis

Dari perhitungan hasil pengujian analisis saringan dan analisis hidrometer maka diperoleh hasil data yang disajikan dalam bentuk grafik distribusi ukuran butir tanah yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.

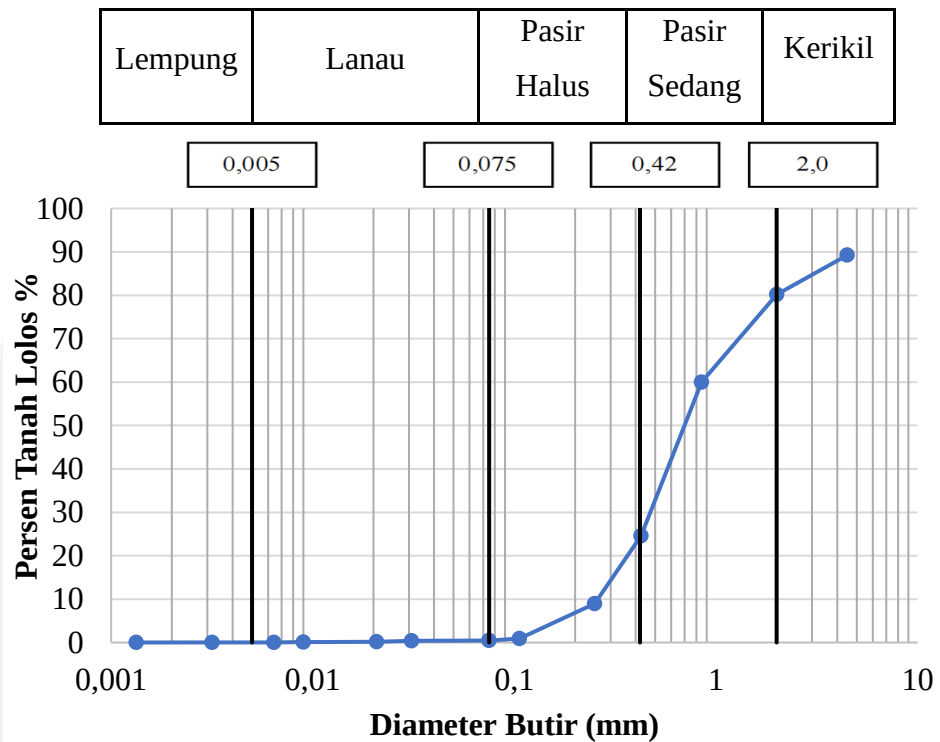


Gambar 5.1 Grafik Distribusi Butiran Tanah Titik Parangtritis

Berdasarkan grafik distribusi butiran tanah diatas maka dapat dilakukan klasifikasi sampel tanah berdasar klasifikasi ASTM sehingga diperoleh persentase setiap jenis tanah sebagai berikut.

Persentase Kerikil	= 0,219 %
Persentase Pasir Sedang	= 0,766 %
Persentase Pasir Halus	= 97,841 %
Persentase Lanau	= 0,551 %
Lempung	= 0,623 %
Jumlah	= 100 %

b. Titik Tirtohargo

**Gambar 5.2 Grafik Distribusi Butiran Tanah Titik Tirtohargo**

Berdasarkan grafik distribusi butiran tanah diatas maka dapat dilakukan klasifikasi sampel tanah berdasar klasifikasi ASTM sehingga diperoleh persentase setiap jenis tanah sebagai berikut.

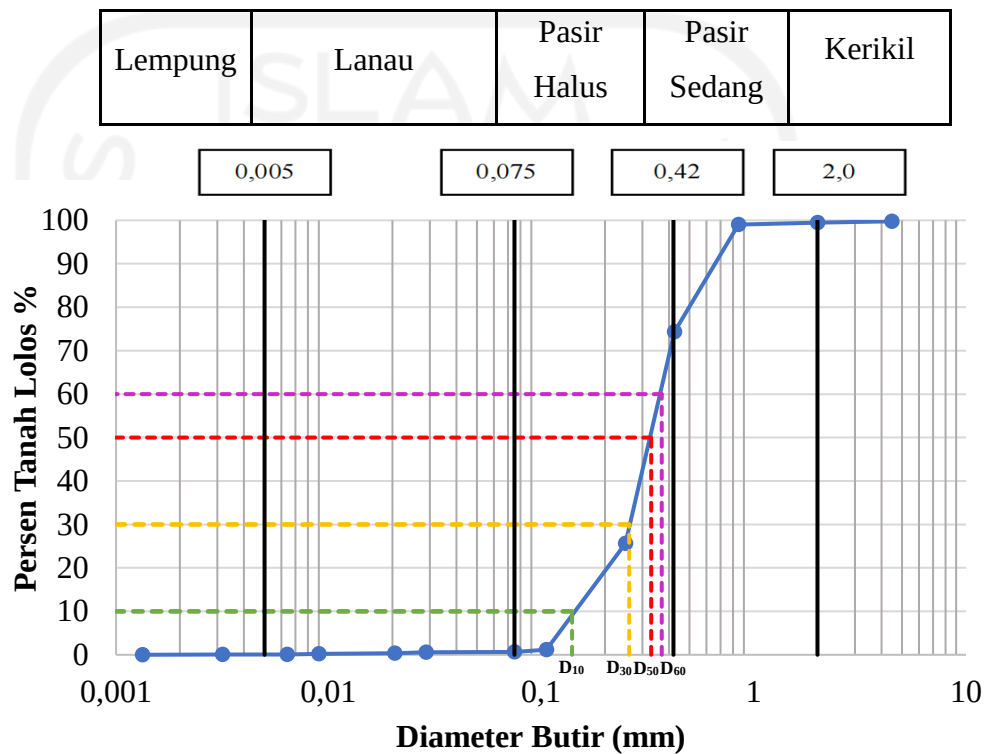
Persentase Kerikil	= 10,761 %
Persentase Pasir Sedang	= 29,268 %
Persentase Pasir Halus	= 59,051 %
Persentase Lanau	= 0,462 %
Persentase Lempung	= 0,458 %
Jumlah	= 100 %

5.1.4 Pembahasan

Berikut ini merupakan grafik penentuan D_{10} , D_{30} , D_{50} dan D_{60} dari hasil pengujian analisis saringan dan analisis hidrometer pada sampel tanah di Titik Parangtritis dan Titik Tirtohargo yang disajikan dalam bentuk grafik distribusi ukuran butir tanah yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 berikut.

1. Titik Parangtritis

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian analisa saringan dan hidrometer kemudian dilakukan analisis dan disajikan dalam bentuk grafik distribusi ukuran butir tanah untuk menentukan D_{10} , D_{30} , D_{50} dan D_{60} . Adapun grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.3 dibawah ini.



Gambar 5.3 Grafik Penentuan D_{10} , D_{30} , D_{50} dan D_{60} Titik Parangtritis

Berdasarkan grafik penentuan D_{10} , D_{30} , D_{50} dan D_{60} pada Gambar 5.3 diatas, maka diperoleh fraksi-fraksi sampel tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

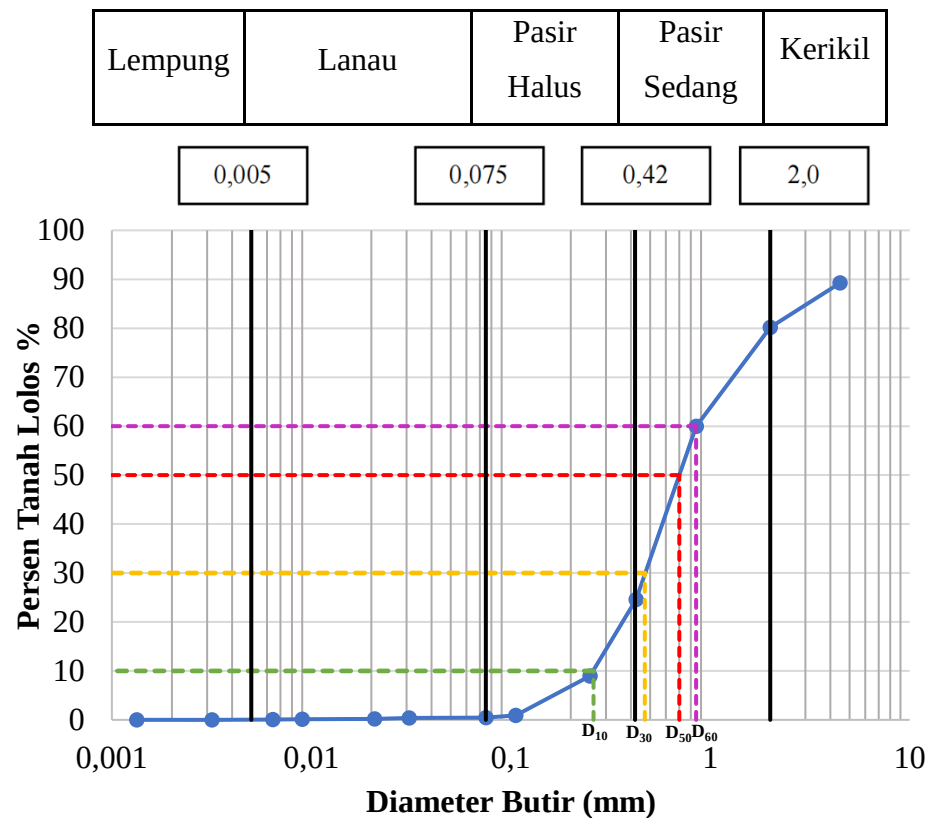
Tabel 5.17 Fraksi Tanah Titik Parangtritis

Uraian	Hasil	Satuan
Lolos Saringan 200	0,623	%
Kerikil	0,219	%
Pasir Sedang	0,766	%
Pasir Halus	97,841	%
Lanau	0,551	%
Lempung	0,623	%
D ₁₀	0,14	mm
D ₃₀	0,26	mm
D ₅₀	0,33	mm
D ₆₀	0,37	mm
$C_u = D_{60} / D_{10}$	2,643	
$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$	1,305	

Berdasarkan hasil pada Tabel 5.17 diatas maka di tentukan potensi likuifaksi berdasarkan kriteria menurut Youd dan Gilstrap, 1999 dalam Day 2002; Perlea dkk,1999 dalam Prakash dan Puri 2003 dan diperoleh hasil $D_{50} = 0,37$ yang berada diantara rentan 0,02 – 1,00 sehingga termasuk dalam jenis tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi. Berdasarkan kandungan *finer*, butir $D < 0,005$ mm tidak lebih dari 20% seperti yang dapat dilihat dari persentase tanah lempung di Titik Parangtritis yaitu sebesar 0,623% sehingga tanah tersebut termasuk dalam kriteria tanah yang berpotensi likuifaksi. Berdasar koefisien keseragaman nilai C_u diperoleh sebesar $2,643 < 10$ sehingga tanah tersebut termasuk dalam kriteria tanah yang berpotensi likuifaksi.

2. Titik Tirtohargo

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian analisa saringan dan hidrometer kemudian dilakukan analisis dan disajikan dalam bentuk grafik distribusi ukuran butir tanah untuk menentukan D_{10} , D_{30} , D_{50} dan D_{60} . Adapun grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.4 dibawah ini.



Gambar 5.4 Grafik Penentuan D_{10} , D_{30} , D_{50} dan D_{60} Titik Tirtohargo

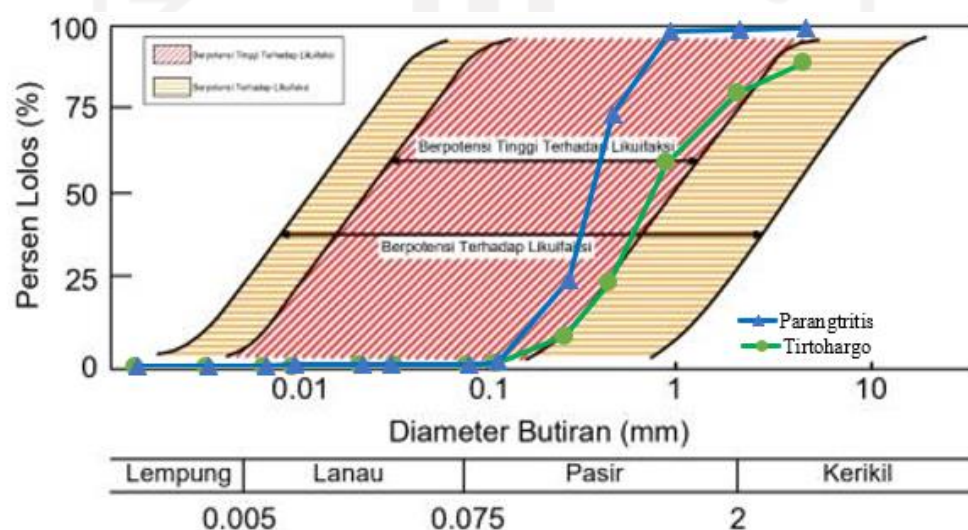
Berdasarkan grafik penentuan D_{10} , D_{30} , D_{50} dan D_{60} pada Gambar 5.4 diatas, maka diperoleh fraksi-fraksi sampel tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Fraksi Tanah Titik Tirtohargo

Uraian	Hasil	Satuan
Lolos Saringan 200	0,458	%
Kerikil	10,761	%
Pasir Sedang	29,268	%
Pasir Halus	59,051	%
Lanau	0,462	%
Lempung	0,458	%
D_{10}	0,26	mm
D_{30}	0,47	mm
D_{50}	0,70	mm
D_{60}	0,85	mm
$Cu = D_{60} / D_{10}$	3,269	
$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$	0,999	

Berdasarkan hasil pada Tabel 5.18 diatas maka di tentukan potensi likuifaksi berdasarkan kriteria menurut Youd dan Gilstrap, 1999 dalam Day 2002; Perlea dkk,1999 dalam Prakash dan Puri 2003 dan diperoleh hasil $D_{50} = 0,70$ yang berada diantara rentan $0,02 - 1,00$ sehingga termasuk dalam jenis tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi. Berdasarkan kandungan *finer*, butir $D < 0,005$ mm tidak lebih dari 20% seperti yang dapat dilihat dari persentase tanah lempung di Titik Parangtritis yaitu sebesar 0,458% sehingga tanah tersebut termasuk dalam kriteria tanah yang berpotensi likuifaksi. Berdasar koefisien keseragaman nilai C_u diperoleh hasil sebesar $3,269 < 10$ sehingga tanah tersebut termasuk dalam kriteria tanah yang berpotensi likuifaksi.

Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan dan analisis hidrometer pada sampel tanah di Titik Parangtritis dan Titik Tirtohargo Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta diperoleh hasil grafik distribusi ukuran butiran tanah, kemudian di plot kedalam sebuah kurva yang dikemukakan oleh Tsuchida (1970) yang menggambarkan batasan gradasi butiran tanah yang berpotensi likuifaksi hingga berpotensi tinggi likuifaksi. Hasil plot grafik terhadap kurva Tsuchida (1970) dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 Kurva Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Butiran Tanah

Berdasarkan grafik distribusi ukuran butiran tanah yang di plotkan kedalam kurva potensi likuifaksi Tsuchida (1970) diperoleh hasil bahwa sampel tanah Titik Parangtritis dan Titik Tirtohargo, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta mengandung jenis tanah pasir-lanau lempungan serta memiliki ukuran butiran pasir yang termasuk kedalam batasan zona berpotensi likuifaksi, dengan kriteria butiran pada Titik Parangtritis memiliki nilai D_{50} sebesar 0,37 dan $D_{<0,005}$ mm sebesar 0,623% sedangkan pada Titik Tirtohargo memiliki nilai D_{50} sebesar 0,70 dan $D_{<0,005}$ sebesar 0,458%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel tanah pada Titik Tirtohargo dan Titik Parangtritis berpotensi terhadap likuifaksi.

5.2 Analisis Potensi Likuifaksi berdasarkan Data SPT

Data SPT yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data dari hasil pengujian N-SPT pada Proyek Jembatan Kretek 2 Bantul, Yogyakarta. Pada pengujian ini menghasilkan nilai N-SPT, kadar air serta jenis tanah pada kedalaman tertentu, yang dapat digunakan pada analisis untuk mencari nilai CSR (*Cyclic Stress Ratio*), nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) dan nilai FS yang akan dibandingkan untuk mengetahui potensi likuifaksi pada daerah penelitian.

5.2.1 Data Umum

Analisis potensi likuifaksi pada penelitian ini mengambil sumber data dari Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 yang berada di daerah Tirtohargo, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa data lapangan SPT. Pada proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 ini telah dilakukan pengujian geoteknik dan uji laboratorium yang nantinya hasil uji tersebut digunakan dalam menganalisis potensi likuifaksi pada penelitian ini.

Pengujian *Standar Penetratio Test* (SPT) ini terdiri atas uji pemukulan belah dinding tebal ke dalam tanah yang disertai dengan pengukuran jumlah pukulan guna memasukkan tabung belah sedalam 300mm secara *vertikal*. Pada pengujian ini digunakan palu seberat 63,5 kg yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuhnya sebesar 0,76 m. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama

yaitu tahap dudukan, kemudian jumlah pukulan untuk memasukkan tahap kedua dan ketiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT.



Gambar 5.6 Lokasi Titik Bor Pengujian SPT

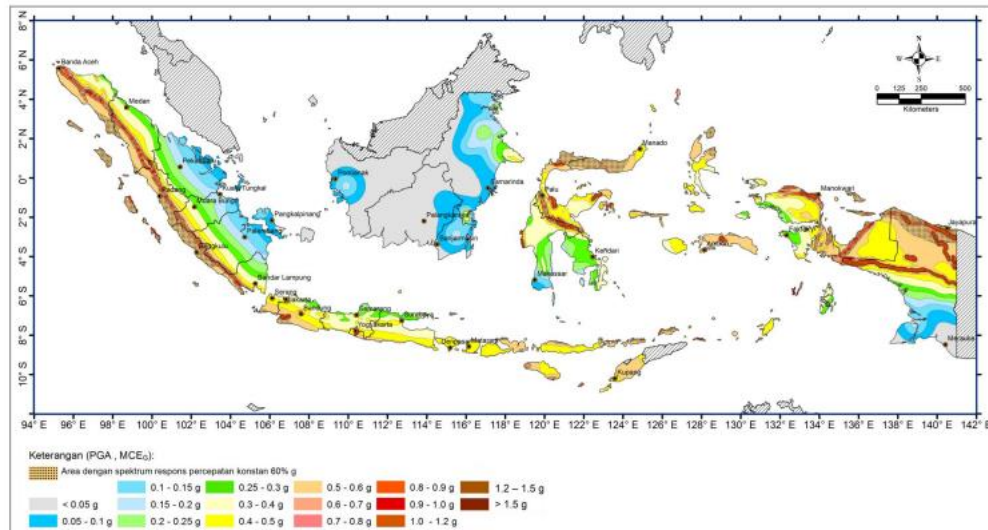
Sampel SPT diambil sebanyak 14 titik pengeboran yaitu titik BH-01, BH-02, BH-03, BH-04, BH-05, BH-06, BH-07, BH-08, BH-09, BH-10, BH-11, BH-12, BH-13, BH-14. Adapun data tanah pada setiap titik dapat dilihat pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

Tabel 5.19 Data Koordinat, Kedalaman dan Muka Air Tanah

No	Lokasi	Koordinat		Kedalaman (m)	MAT (m)
		X	Y		
1	BH-01	422.085.747	9.114.831.457	40	1,2
2	BH-02	422.081.383	9.114.787.827	40	1,5
3	BH-03	422.104.084	9.114.708.224	40	1
4	BH-04	422.100.242	9.114.703.647	40	1
5	BH-05	422.123.627	9.114.703.725	40	0,5
6	BH-06	422.118.421	9.114.619.365	40	1
7	BH-07	422.142.729	9.114.580.693	40	1
8	BH-08	422.138.053	9.114.534.978	40	1
9	BH-09	422.161.306	9.114.498.234	40	1,5
10	BH-10	421.997.024	9.115.069.673	40	1,2
11	BH-11	422.035.577	9.114.991.696	40	1,5
12	BH-12	422.062.227	9.114.913.310	40	1,5
13	BH-13	422.290.491	9.114.392.059	20	9
14	BH-14	422.429.463	9.114.330.459	20	3

5.2.2 Daerah Gempa Pada Peta

Berdasarkan Peta Daerah Gempa Indonesia SNI 1726-2019 wilayah Bantul memiliki nilai PGA sebesar 0,9-1 g dan diambil nilai PGA paling maksimum yaitu 1 g. Peta daerah gempa dapat dilihat pada Gambar 5.7 dibawah ini.



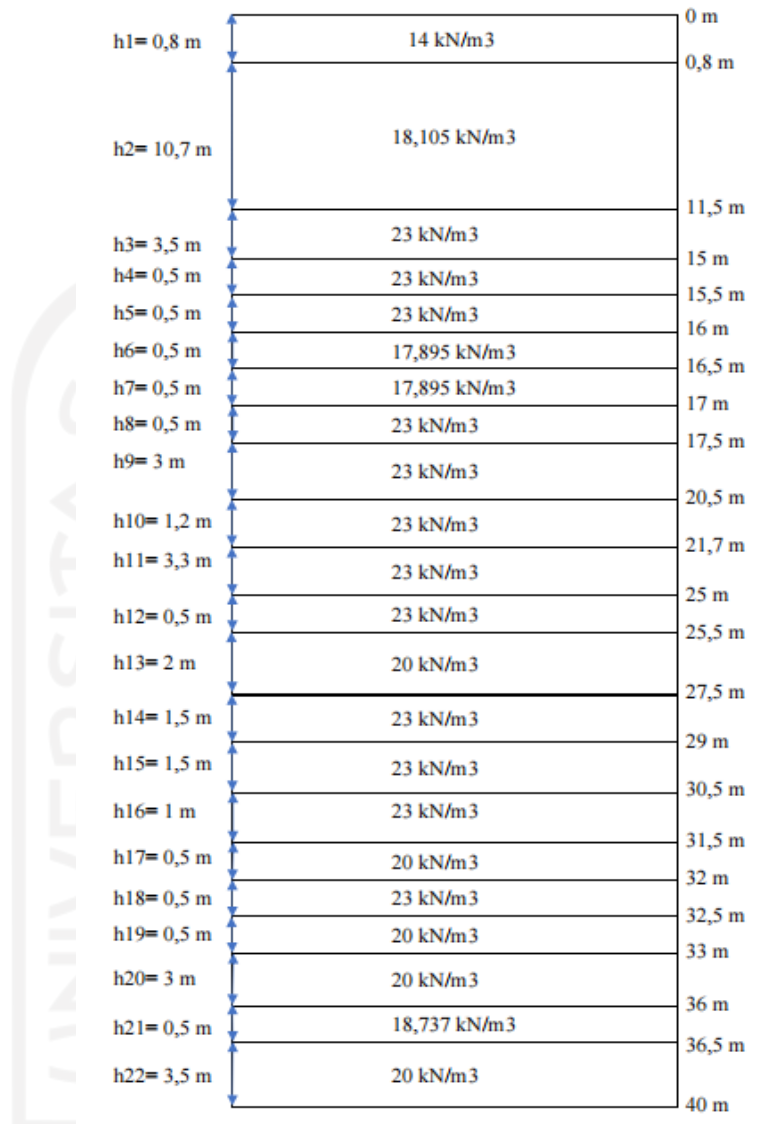
Gambar 5.7 Peta Daerah Gempa Indonesia Menurut SNI 1726-2019

Sumber: SNI 1726-2019

5.2.3 Analisis Data SPT

Analisis data SPT pada penelitian ini menggunakan metode CSR (*Cyclic Stress Ratio*) dan CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) yang nantinya kedua nilai ini akan akan dibandingkan untuk mencari nilai FS guna mengetahui potensi likuifaksi.

Analisis berdasarkan data SPT ini dihitung menggunakan bantuan perangkat lunak berupa *Microsoft Excel* yang kemudian menghasilkan hasil akhir berupa sebuah grafik untuk menganalisis adanya potensi likuifaksi pada lokasi penelitian. Adapun contoh perhitungan analisis likuifaksi berdasarkan data SPT dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.



Gambar 5.8 Lapisan Tanah BH-01

Data Umum:

- Muka Air Tanah (MAT) = 1,2 m
- Percepatan Gravitasi (g) = 9,81 m/s²
- Berat volume tanah 1 (γ_1) = 14 kN/m³
- Berat Volume Air (γ_w) = 9,81 kN/m³
- Kedalaman Lapisan (z1) = 40 m
- Jarak antar kedalaman (h1) = 0,8 m
- a max = 1 g

Pada perhitungan ini hanya akan dijabarkan dari 3 lapisan saja adapun lapisan lainnya dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan CRR, CSR, dan FS.

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

a. Perhitungan Tegangan Efektif (σ')

1) Lapisan 1

$$\begin{aligned}\text{Tegangan total } (\sigma_1) &= (z_1 \times \gamma) \\ &= 0,8 \times 14 \\ &= 11,2 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan air pori } (u) &= hw \times \gamma_w \\ &= 0 \times 9,81 \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan efektif } (\sigma'_1) &= \sigma - u \\ &= 11,2 - 0 \\ &= 11,2 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

2) Lapisan 2

$$\begin{aligned}\text{Tegangan total } (\sigma_2) &= \sigma_1 + (z_2 \times \gamma) \\ &= 11,2 + (11,5 \times 18,105) \\ &= 219,411 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan air pori } (u) &= hw \times \gamma_w \\ &= 9,5 \times 9,81 \\ &= 93,195 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan efektif } (\sigma'_2) &= \sigma - u \\ &= 219,411 - 93,195 \\ &= 126,216 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

3) Lapisan 3

$$\begin{aligned}\text{Tegangan total } (\sigma_3) &= \sigma_2 + (z_3 \times \gamma) \\ &= 219,411 + (15 \times 23) \\ &= 564,411 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan air pori } (u) &= hw \times \gamma_w \\ &= 2,3 \times 9,81 \\ &= 22,563 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan efektif } (\sigma'3) &= \sigma - u \\
 &= 564,411 - 22,563 \\
 &= 541,848 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Nilai Faktor Reduksi (Rd)

Nilai faktor reduksi (rd) merupakan nilai yang mempengaruhi tegangan dalam tanah. Nilai ini dihitung menggunakan persamaan (*Liao dan Whitemann, 1986*) yang nantinya diperoleh nilai rata-rata koefisien tegangan reduksi (rd). Adapun persamaan serta syarat yang di berlakukan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R_d &= 1,0 - 0,00765Z \text{ untuk } Z \leq 9,15 \text{ m} \\
 R_d &= 1,174 - 0,0267Z \text{ untuk } 9,15 \text{ m} < Z \leq 23 \text{ m} \\
 R_d &= 0,774 - 0,008z \text{ untuk } 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m} \\
 R_d &= 0,5 \text{ untuk } z \geq 30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

1) Lapisan 1

$$\begin{aligned}
 R_d &= 1 - 0,00765 \times z \\
 &= 1 - 0,00765 \times 0,8 \\
 &= 0,994
 \end{aligned}$$

2) Lapisan 2

$$\begin{aligned}
 R_d &= 1,174 - 0,0267 \times z \\
 &= 1,174 - 0,0267 \times 11,5 \\
 &= 0,867
 \end{aligned}$$

3) Lapisan 3

$$\begin{aligned}
 R_d &= 1,174 - 0,0267 \times z \\
 &= 1,174 - 0,0267 \times 15 \\
 &= 0,773
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Nilai *Cyclic Stress Ratio* (C_{SR})

Perhitungan nilai CSR ini dihitung menggunakan persamaa *Seed* dan *Idriss* (1971) sebagai berikut.

1) Lapisan 1

$$CSR = 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \times \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'v} \right) \times rd$$

$$= 0,65 \times (1) \times \left(\frac{11,2}{11,2}\right) \times 0,994$$

$$= 0,646$$

2) Lapisan 2

$$\text{CSR} = 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \times \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'v}\right) \times rd$$

$$= 0,65 \times (1) \times \left(\frac{219,411}{126,216}\right) \times 0,867$$

$$= 0,979$$

3) Lapisan 3

$$\text{CSR} = 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \times \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'v}\right) \times rd$$

$$= 0,65 \times (1) \times \left(\frac{564,411}{541,848}\right) \times 0,774$$

$$= 0,524$$

2. Perhitungan Nilai *Cyclic Resistance Ratio* (C_{RR})

Dalam mencari nilai C_{RR} dapat menggunakan tabel nilai faktor koreksi untuk (N1)60 yang diperoleh dari *Skempton (1986)* dan berdasarkan persamaan teori *Youd and Idriss (1997)*. Adapun persamaan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut.

$$(N1)60 = Nm \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS$$

Keterangan:

Nm : Hasil uji SPT di lapangan

CN : Faktor koreksi terhadap tegangan *vertikal efektif* (nilainya $\leq 1,7$)

CE : Faktor rasio tenaga

CB : Faktor diameter lubang

CR : Faktor panjang rod

CS : Faktor metoda sampling

Diketahui:

$CE = 1,3$ (dari tabel nilai faktor koreksi (N1)60)

$CB = 1$ (dari tabel nilai faktor koreksi (N1)60)

$CR = 0,75$ (dari tabel nilai faktor koreksi (N1)60)

$CS = 1$ (dari tabel nilai faktor koreksi $(N1)60$)

$Pa = 100$ Kpa

a. Hasil Pembacaan N-SPT (NM)

1) Lapisan 1 = 0

2) Lapisan 2 = 38

3) Lapisan 3 = 41

b. Perhitungan Faktor koreksi terhadap tegangan vertikal efektif (CN)

1) Lapisan 1

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + (\frac{\sigma'}{Pa}))}$$

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + (\frac{11,2}{100}))}$$

$$CN = 0,1677$$

2) Lapisan 2

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + (\frac{\sigma'}{Pa}))}$$

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + (\frac{126,216}{100}))}$$

$$CN = 0,894$$

3) Lapisan 3

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + (\frac{\sigma'}{Pa}))}$$

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + (\frac{541,848}{100}))}$$

$$CN = 0,332$$

c. Menentukan nilai α dan β

Diketahui

$FC = 9,735\%$, maka

$$\alpha = e^{[1,76 - \frac{190}{FC^2}]}$$

$$\alpha = e^{\left[1,76 - \frac{190}{9,735^2}\right]}$$

$$\alpha = 0,782$$

$$\beta = \left[0,99 + \left(\frac{FC^{2,5}}{1000}\right)\right]$$

$$\beta = \left[0,99 + \left(\frac{9,735^{2,5}}{1000}\right)\right]$$

$$\beta = 0,959$$

d. Perhitungan Nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR)

1) Lapisan 1

$$(N1)_{60} = Nm \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS$$

$$= 0 \times 1,677 \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1$$

$$= 0$$

$$(N1)_{60cs} = \alpha + \beta \times (N1)_{60}$$

$$= 0,782 + 0,959 \times 0$$

$$= 0,782$$

$$CRR = \frac{1}{34 - (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{[10 \times (N1)_{60cs} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

$$= \frac{1}{34 - 0,782} + \frac{0,782}{135} + \frac{50}{[10 \times 0,782 + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

$$= 0,049$$

2) Lapisan 2

$$(N1)_{60} = Nm \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS$$

$$= 38 \times 0,894 \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1$$

$$= 33,105$$

$$(N1)_{60cs} = \alpha + \beta \times (N1)_{60}$$

$$= 0,782 + 0,959 \times 33,105$$

$$= 32,551$$

$$CRR = \frac{1}{34 - (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{[10 \times (N1)_{60cs} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

$$= \frac{1}{34 - 32,551} + \frac{32,551}{135} + \frac{50}{[10 \times 32,551 + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

$$= 0,927$$

3) Lapisan 3

$$\begin{aligned}
 (N1)_{60} &= Nm \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS \\
 &= 41 \times 0,332 \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
 &= 13,288
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (N1)_{60cs} &= \alpha + \beta \times (N1)_{60} \\
 &= 0,782 + 0,959 \times 13,288 \\
 &= 13,533
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CRR &= \frac{1}{34 - (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{[10 \times (N1)_{60cs} + 45]^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34 - 13,533} + \frac{13,533}{135} + \frac{50}{[10 \times 13,533 + 45]^2} - \frac{1}{200} \\
 &= 0,146
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Nilai FS

Nilai FS digunakan untuk menentukan apakah terjadi likuiasi atau tidak pada lokasi penelitian dengan cara membandingkan nilai CRR dan CSR. Adapun contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned}
 FS1 &= \frac{CRR}{CSR} \\
 &= \frac{0,049}{0,646} \\
 &= 0,076 < 1 \text{ (terjadi likuifaksi)}
 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned}
 FS2 &= \frac{CRR}{CSR} \\
 &= \frac{0,927}{0,979} \\
 &= 0,946 < 1 \text{ (terjadi likuifaksi)}
 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned}
 FS3 &= \frac{CRR}{CSR} \\
 &= \frac{0,146}{0,523} \\
 &= 0,278 < 1 \text{ (terjadi likuifaksi)}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan data N-SPT diatas akan di paparkan hasil perhitungan berupa tabel dan grafik. Pada bagian tabel akan memuat hasil perhitungan likuifaksi menggunakan program *Microsoft Excel* dan grafik dari

hasil perhitungan yang terdiri dari 4 variabel yaitu nilai CSR, CRR, FS, dan kedalaman titik uji.



a. Titik BH-01

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-01 dapat dilihat pada Tabel 5.20, Tabel 5.21, Tabel 5.22, dan Gambar 5.9 berikut ini.

Tabel 5.20 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-01

Lapisan	Kedalaman (h) m	Beda Tinggi m	Jenis Tanah	PGA g	rd	γ (kN/m ³)	Tegangan Total σ kN/m ²	Tekanan Pori (U) kN/m ²	Tegangan Efektif σ' kN/m ²	σ/σ'	CSR
1	0,8	0,8	Pasir lempungan	1	0,994	14	11,2	0	11,200	1	0,646
2	11,5	10,7	Pasir kasar	1	0,867	18,105	219,411	93,195	126,216	1,738	0,980
3	15	3,5	Pasir	1	0,774	23	564,411	22,563	541,848	1,042	0,524
4	15,5	0,5	Pasir sedang	1	0,760	23	920,911	0	920,911	1	0,494
5	16	0,5	Pasir halus	1	0,747	23	1288,911	0	1288,911	1	0,485
6	16,5	0,5	Pasir kasar	1	0,733	17,895	1584,174	0	1584,174	1	0,477
7	17	0,5	Pasir halus	1	0,720	17,895	1888,384	0	1888,384	1	0,468
8	17,5	0,5	Pasir sedang	1	0,707	23	2290,884	0	2290,884	1	0,459
9	20,5	3	Pasir halus	1	0,627	23	2762,384	17,658	2744,726	1,006	0,410
10	21,7	1,2	Pasir sedang	1	0,595	23	3261,484	0	3261,484	1	0,386
11	25	3,3	Pasir halus	1	0,574	23	3836,484	20,601	3815,883	1,005	0,375
12	25,5	0,5	Pasir lempungan	1	0,57	23	4422,984	0	4422,984	1	0,371
13	27,5	2	Lempung pasir	1	0,554	20	4972,984	7,848	4965,136	1,002	0,361
14	29	1,5	Pasir lempung-lanauan	1	0,542	23	5639,984	2,943	5637,041	1,001	0,352
15	30,5	1,5	Lempung pasir	1	0,5	23	6341,484	2,943	6338,541	1,000	0,325
16	31,5	1	Pasir lempungan	1	0,5	23	7065,984	0	7065,984	1	0,325
17	32	0,5	Lempung pasir	1	0,5	20	7705,984	0	7705,984	1	0,325

Lanjutan Tabel 5.20 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-01

Lapisan	Kedalaman (h)	Beda Tinggi	Jenis Tanah	PGA	rd	Y	Tegangan Total σ	Tekanan Pori (U)	Tegangan Efektif σ'	σ/σ'	CSR
	m	m		g		(kN/m ³)	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		
18	32,5	0,5	Pasir lempungan	1	0,5	23	8453,484	0	8453,484	1	0,325
19	33	0,5	Lempung pasiran	1	0,5	20	9113,484	0	9113,484	1	0,325
20	36	3	Lempung pasiran	1	0,5	20	9833,484	17,658	9815,826	1,002	0,326
21	36,5	0,5	Pasir lempungan	1	0,5	18,737	10517,379	0	10517,379	1	0,325
22	40	3,5	Lempung pasiran	1	0,5	20	11317,379	22,563	11294,816	1,002	0,326

Tabel 5.21 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-01

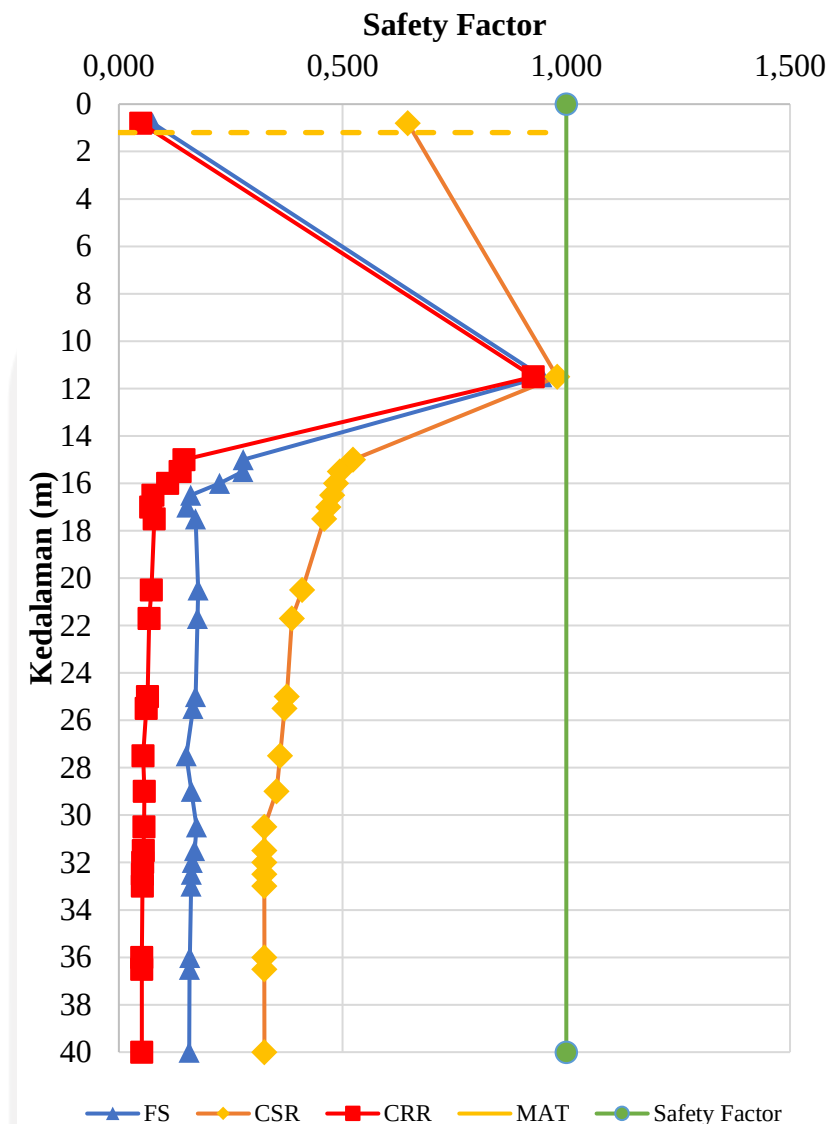
Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N- SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	0,8	0,8	Lempung pasiran	0	1,677	1,3	1	0,75	1	0	0,782	0,049
2	11,5	10,7	Pasir kasar	38	0,894	1,3	1	0,75	1	33,105	32,551	0,927
3	15	3,5	Pasir	41	0,332	1,3	1	0,75	1	13,288	13,533	0,146
4	15,5	0,5	Pasir sedang	60	0,211	1,3	1	0,75	1	12,364	12,647	0,137
5	16	0,5	Pasir halus	60	0,156	1,3	1	0,75	1	9,135	9,548	0,109
6	16,5	0,5	Pasir kasar	40	0,129	1,3	1	0,75	1	5,035	5,614	0,077
7	17	0,5	Pasir halus	40	0,110	1,3	1	0,75	1	4,272	4,882	0,071
8	17,5	0,5	Pasir sedang	60	0,091	1,3	1	0,75	1	5,338	5,905	0,079
9	20,5	3	Pasir halus	60	0,077	1,3	1	0,75	1	4,493	5,093	0,073
10	21,7	1,2	Pasir sedang	60	0,065	1,3	1	0,75	1	3,806	4,434	0,068
11	25	3,3	Pasir halus	60	0,056	1,3	1	0,75	1	3,270	3,920	0,064

Lanjutan Tabel 5.21 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-01

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N- SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
12	25,5	0,5	Pasir lempungan	60	0,048	1,3	1	0,75	1	2,833	3,501	0,062
13	27,5	2	Lempung pasiran	38	0,043	1,3	1	0,75	1	1,603	2,320	0,055
14	29	1,5	Pasir lempung- lanauan	57	0,038	1,3	1	0,75	1	2,124	2,820	0,057
15	30,5	1,5	Lempung pasiran	60	0,034	1,3	1	0,75	1	1,993	2,694	0,057
16	31,5	1	Pasir lempungan	57	0,031	1,3	1	0,75	1	1,701	2,415	0,055
17	32	0,5	Lempung pasiran	50	0,028	1,3	1	0,75	1	1,370	2,097	0,053
18	32,5	0,5	Pasir lempungan	50	0,026	1,3	1	0,75	1	1,251	1,982	0,053
19	33	0,5	Lempung pasiran	50	0,024	1,3	1	0,75	1	1,162	1,897	0,052
20	36	3	Lempung pasiran	44	0,022	1,3	1	0,75	1	0,950	1,694	0,052
21	36,5	0,5	Pasir lempungan	44	0,021	1,3	1	0,75	1	0,887	1,633	0,051
22	40	3,5	Lempung pasiran	47	0,019	1,3	1	0,75	1	0,883	1,630	0,051

Tabel 5.22 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-01

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
	m	m					
1	0,8	0,8	Lempung Pasiran	0,646	0,049	0,076	Berpotensi Likuifaksi
2	11,5	10,7	Pasir Kasar	0,980	0,927	0,946	Berpotensi Likuifaksi
3	15	3,5	Pasir	0,524	0,146	0,278	Berpotensi Likuifaksi
4	15,5	0,5	Pasir Sedang	0,494	0,137	0,278	Berpotensi Likuifaksi
5	16	0,5	Pasir Halus	0,485	0,109	0,225	Berpotensi Likuifaksi
6	16,5	0,5	Pasir Kasar	0,477	0,077	0,161	Berpotensi Likuifaksi
7	17	0,5	Pasir Halus	0,468	0,071	0,152	Berpotensi Likuifaksi
8	17,5	0,5	Pasir Sedang	0,459	0,079	0,172	Berpotensi Likuifaksi
9	20,5	3	Pasir Halus	0,410	0,073	0,177	Berpotensi Likuifaksi
10	21,7	1,2	Pasir Sedang	0,386	0,068	0,176	Berpotensi Likuifaksi
11	25	3,3	Pasir Halus	0,375	0,064	0,172	Berpotensi Likuifaksi
12	25,5	0,5	Pasir Lempungan	0,371	0,062	0,166	Berpotensi Likuifaksi
13	27,5	2	Lempung Pasiran	0,361	0,055	0,151	Berpotensi Likuifaksi
14	29	1,5	Pasir Lempung-Lanauan	0,352	0,057	0,163	Berpotensi Likuifaksi
15	30,5	1,5	Lempung Pasiran	0,325	0,057	0,174	Berpotensi Likuifaksi
16	31,5	1	Pasir Lempungan	0,325	0,055	0,169	Berpotensi Likuifaksi
17	32	0,5	Lempung Pasiran	0,325	0,053	0,164	Berpotensi Likuifaksi
18	32,5	0,5	Pasir Lempungan	0,325	0,053	0,163	Berpotensi Likuifaksi
19	33	0,5	Lempung Pasiran	0,325	0,052	0,161	Berpotensi Likuifaksi
20	36	3	Lempung Pasiran	0,326	0,052	0,158	Berpotensi Likuifaksi
21	36,5	0,5	Pasir Lempungan	0,325	0,051	0,158	Berpotensi Likuifaksi
22	40	3,5	Lempung Pasiran	0,326	0,051	0,157	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.9 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-01

Dari perhitungan pada titik BH-01 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.9 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 0,8 m sampai lapisan 22 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai SF pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

b. Titik BH-02

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-02 dapat dilihat pada Tabel 5.23, Tabel 5.24, Tabel 5.25, dan Gambar 5.10 berikut ini.

Tabel 5.23 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-02

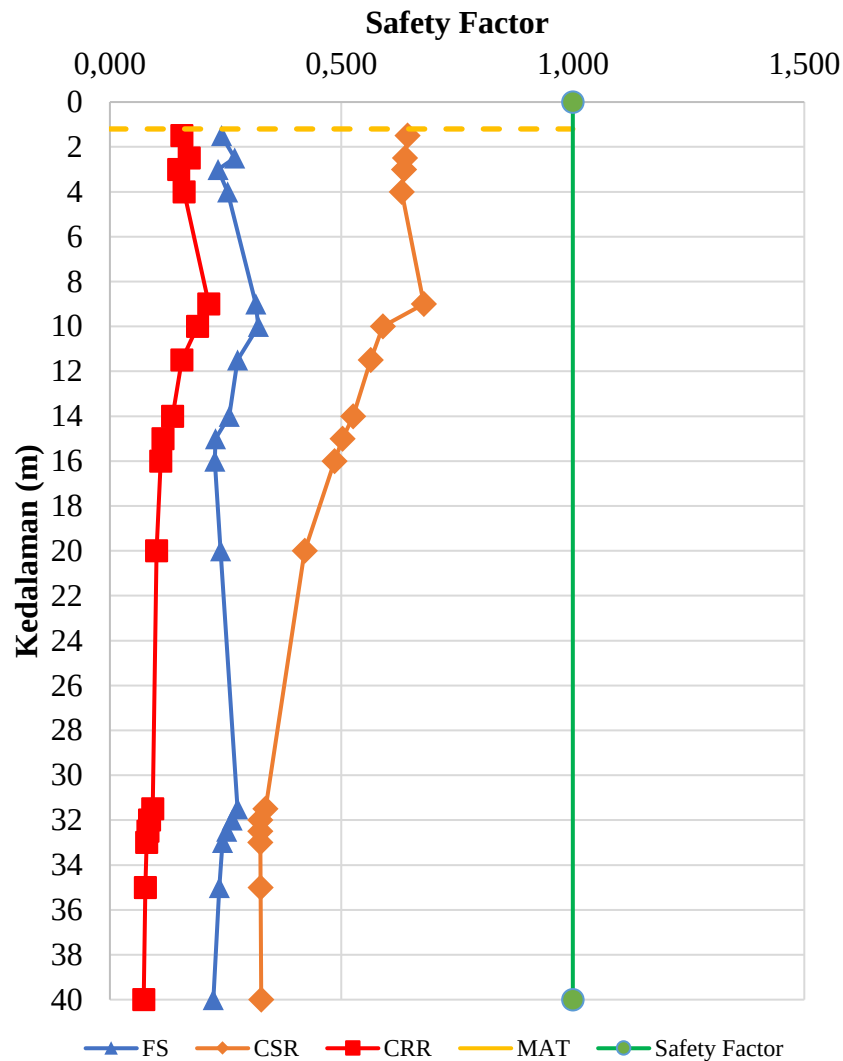
Lapisan	Kedalaman (h)	Beda Tinggi	Jenis Tanah	PGA	Rd	γ (Kn/M3)	Tegangan Total σ kN/m ²	Tekanan Pori (U) kN/m ²	Tegangan Efektif σ' kN/m ²	σ/σ'	CSR
	m	m		G							
1	1,5	1,5	Pasir Lanau-Lempungan	1	0,989	15,2	22,800	0	22,800	1	0,643
2	2,5	1	Lempung Pasiran	1	0,981	17,333	66,133	0	66,133	1	0,638
3	3	0,5	Pasir Kasar	1	0,977	14,211	108,765	0	108,765	1	0,635
4	4	1	Pasir Kasar	1	0,969	15,263	169,818	0	169,818	1	0,630
5	9	5	Pasir Kasar	1	0,931	16,632	319,502	34,335	285,167	1,120	0,678
6	10	1	Pasir Halus	1	0,907	19,158	511,081	0	511,081	1	0,590
7	11,5	1,5	Pasir Sedang	1	0,867	19,579	736,239	0	736,239	1	0,564
8	14	2,5	Pasir Halus	1	0,800	23	1058,239	9,81	1048,429	1,009	0,525
9	15	1	Pasir Kasar	1	0,774	23	1403,239	0	1403,239	1	0,503
10	16	1	Pasir Halus	1	0,747	23	1771,239	0	1771,239	1	0,485
11	20	4	Pasir Sedang	1	0,64	23	2231,239	24,525	2206,714	1,011	0,421
12	31,5	11,5	Pasir Halus	1	0,5	23	2955,739	98,1	2857,639	1,034	0,336
13	32	0,5	Pasir Halus	1	0,5	23	3691,739	0	3691,739	1	0,325
14	32,5	0,5	Pasir Kasar	1	0,5	23	4439,239	0	4439,239	1	0,325
15	33	0,5	Pasir Kasar	1	0,5	23	5198,239	0	5198,239	1	0,325
16	35	2	Pasir Halus	1	0,5	23	6003,239	4,905	5998,334	1,001	0,325
17	40	5	Lempung Pasiran	1	0,5	19,789	6794,818	34,335	6760,483	1,005	0,327

Tabel 5.24 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-02

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	1,5	1,5	Pasir Lanau-Lempungan	8	1,541	1,3	1	0,75	1	12,017	14,508	0,155
2	2,5	1	Lempung Pasiran	12	1,182	1,3	1	0,75	1	13,829	16,129	0,172
3	3	0,5	Pasir Kasar	12	0,962	1,3	1	0,75	1	11,252	13,824	0,148
4	4	1	Pasir Kasar	17	0,759	1,3	1	0,75	1	12,582	15,014	0,160
5	9	5	Pasir Kasar	34	0,543	1,3	1	0,75	1	18,000	19,861	0,214
6	10	1	Pasir Halus	46	0,349	1,3	1	0,75	1	15,635	17,745	0,189
7	11,5	1,5	Pasir Sedang	48	0,257	1,3	1	0,75	1	12,025	14,515	0,155
8	14	2,5	Pasir Halus	53	0,188	1,3	1	0,75	1	9,730	12,462	0,135
9	15	1	Pasir Kasar	51	0,144	1,3	1	0,75	1	7,182	10,182	0,115
10	16	1	Pasir Halus	58	0,116	1,3	1	0,75	1	6,578	9,642	0,110
11	20	4	Pasir Sedang	58	0,095	1,3	1	0,75	1	5,347	8,541	0,100
12	31,5	11,5	Pasir Halus	60	0,074	1,3	1	0,75	1	4,322	7,624	0,093
13	32	0,5	Pasir Halus	60	0,058	1,3	1	0,75	1	3,376	6,778	0,086
14	32,5	0,5	Pasir Kasar	60	0,048	1,3	1	0,75	1	2,823	6,282	0,082
15	33	0,5	Pasir Kasar	60	0,041	1,3	1	0,75	1	2,420	5,922	0,079
16	35	2	Pasir Halus	60	0,036	1,3	1	0,75	1	2,104	5,639	0,077
17	40	5	Lempung Pasiran	49	0,032	1,3	1	0,75	1	1,528	5,124	0,073

Tabel 5.25 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-02

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
	m	m					
1	1,5	1,5	Pasir Lanau-Lempungan	0,643	0,155	0,241	Berpotensi Likuifaksi
2	2,5	1	Lempung Pasiran	0,638	0,172	0,269	Berpotensi Likuifaksi
3	3	0,5	Pasir Kasar	0,635	0,148	0,234	Berpotensi Likuifaksi
4	4	1	Pasir Kasar	0,630	0,160	0,254	Berpotensi Likuifaksi
5	9	5	Pasir Kasar	0,678	0,214	0,315	Berpotensi Likuifaksi
6	10	1	Pasir Halus	0,590	0,189	0,321	Berpotensi Likuifaksi
7	11,5	1,5	Pasir Sedang	0,564	0,155	0,275	Berpotensi Likuifaksi
8	14	2,5	Pasir Halus	0,525	0,135	0,258	Berpotensi Likuifaksi
9	15	1	Pasir Kasar	0,503	0,115	0,228	Berpotensi Likuifaksi
10	16	1	Pasir Halus	0,485	0,110	0,227	Berpotensi Likuifaksi
11	20	4	Pasir Sedang	0,421	0,100	0,239	Berpotensi Likuifaksi
12	31,5	11,5	Pasir Halus	0,336	0,093	0,276	Berpotensi Likuifaksi
13	32	0,5	Pasir Halus	0,325	0,086	0,264	Berpotensi Likuifaksi
14	32,5	0,5	Pasir Kasar	0,325	0,082	0,252	Berpotensi Likuifaksi
15	33	0,5	Pasir Kasar	0,325	0,079	0,243	Berpotensi Likuifaksi
16	35	2	Pasir Halus	0,325	0,077	0,236	Berpotensi Likuifaksi
17	40	5	Lempung Pasiran	0,327	0,073	0,223	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.10 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-02

Dari perhitungan pada titik BH-02 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.10 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 0,5 m sampai lapisan 17 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai *safety factor* pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

c. Titik BH-03

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-03 dapat dilihat pada Tabel 5.26, Tabel 5.27, Tabel 5.28, dan Gambar 5.11 berikut ini.

Tabel 5.26 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-03

Lapisan	Kedalaman (h)	Beda Tinggi	Jenis Tanah	PGA	Rd	Y	Tegangan Total σ	Tekanan Pori (U)	Tegangan Efektif σ'	σ/σ'	CSR
	m	m		G		(Kn/M3)	kN/m2	kN/m2	kN/m2		
1	4	4	Pasir Kasar	1	0,969	16,105	64,421	29,43	34,991	1,841	1,160
2	6	2	Pasir Sedang	1	0,954	17,789	171,158	9,81	161,348	1,061	0,658
3	7	1	Pasir Halus	1	0,946	16,947	289,789	0	289,789	1	0,615
4	10	3	Pasir Sedang	1	0,907	18,947	479,263	19,62	459,643	1,043	0,615
5	19	9	Pasir Sedang	1	0,667	23	916,263	78,48	837,783	1,094	0,474
6	33	14	Pasir Halus	1	0,5	18,105	1513,737	127,53	1386,207	1,092	0,355
7	40	7	Pasir Kasar	1	0,5	19,789	2305,316	58,86	2246,456	1,026	0,334

Tabel 5.27 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-03

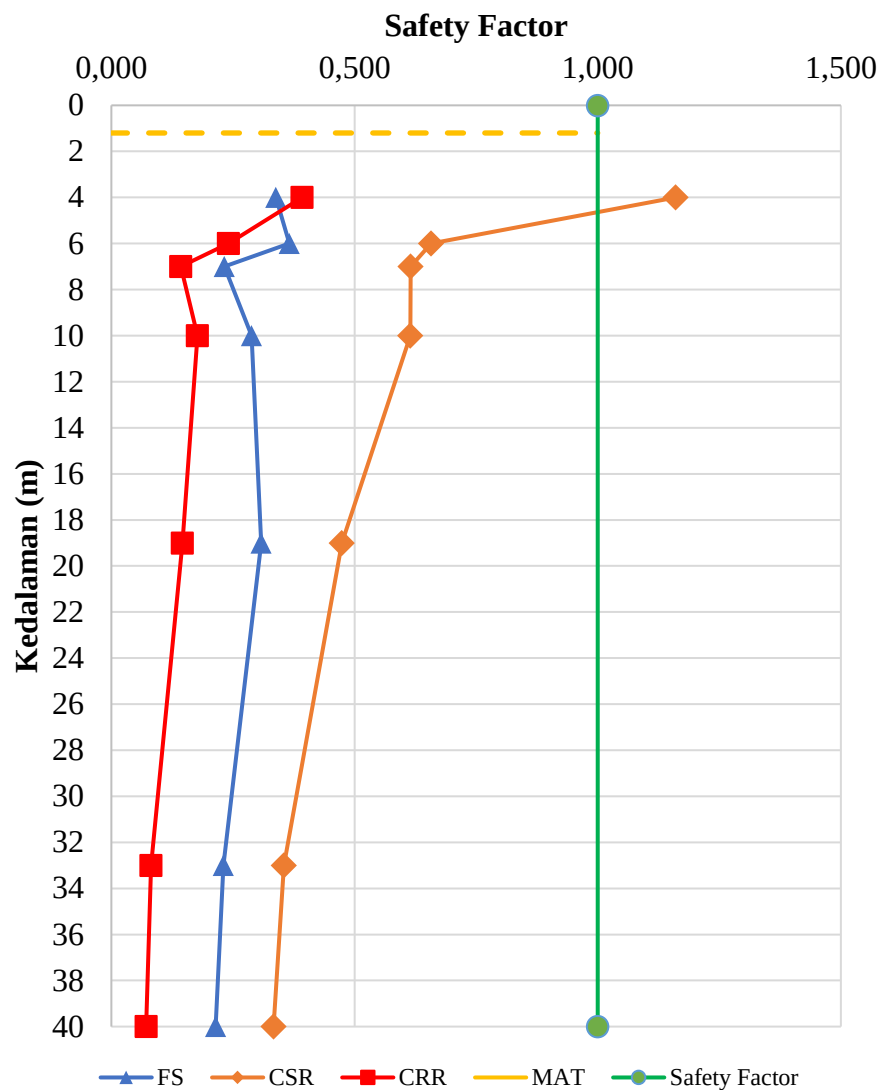
Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N- SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	4	4	Pasir Kasar	21	1,419	1,3	1	0,75	1	29,063	28,599	0,392
2	6	2	Pasir Sedang	29	0,782	1,3	1	0,75	1	22,110	21,914	0,241
3	7	1	Pasir Halus	25	0,537	1,3	1	0,75	1	13,086	13,237	0,143
4	10	3	Pasir Sedang	45	0,380	1,3	1	0,75	1	16,652	16,667	0,177

Lanjutan Tabel 5.27 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-03

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
5	19	9	Pasir Sedang	60	0,230	1,3	1	0,75	1	13,437	13,575	0,146
6	33	14	Pasir Halus	41	0,146	1,3	1	0,75	1	5,839	6,269	0,082
7	40	7	Pasir Kasar	49	0,093	1,3	1	0,75	1	4,441	4,926	0,072

Tabel 5.28 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-03

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
	m	m					
1	4	4	Pasir Kasar	1,160	0,392	0,338	Terjadi Likuifaksi
2	6	2	Pasir Sedang	0,658	0,241	0,366	Terjadi Likuifaksi
3	7	1	Pasir Halus	0,615	0,143	0,232	Terjadi Likuifaksi
4	10	3	Pasir Sedang	0,615	0,177	0,288	Terjadi Likuifaksi
5	19	9	Pasir Sedang	0,474	0,146	0,308	Terjadi Likuifaksi
6	33	14	Pasir Halus	0,355	0,082	0,231	Terjadi Likuifaksi
7	40	7	Pasir Kasar	0,334	0,072	0,214	Terjadi Likuifaksi



Gambar 5.11 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-03

Dari perhitungan pada titik BH-03 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.11 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 4 m sampai lapisan 7 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai SF pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

d. Titik BH-04

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-04 dapat dilihat pada Tabel 5.29, Tabel 5.30, Tabel 5.31, dan Gambar 5.12 berikut ini.

Tabel 5.29 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-04

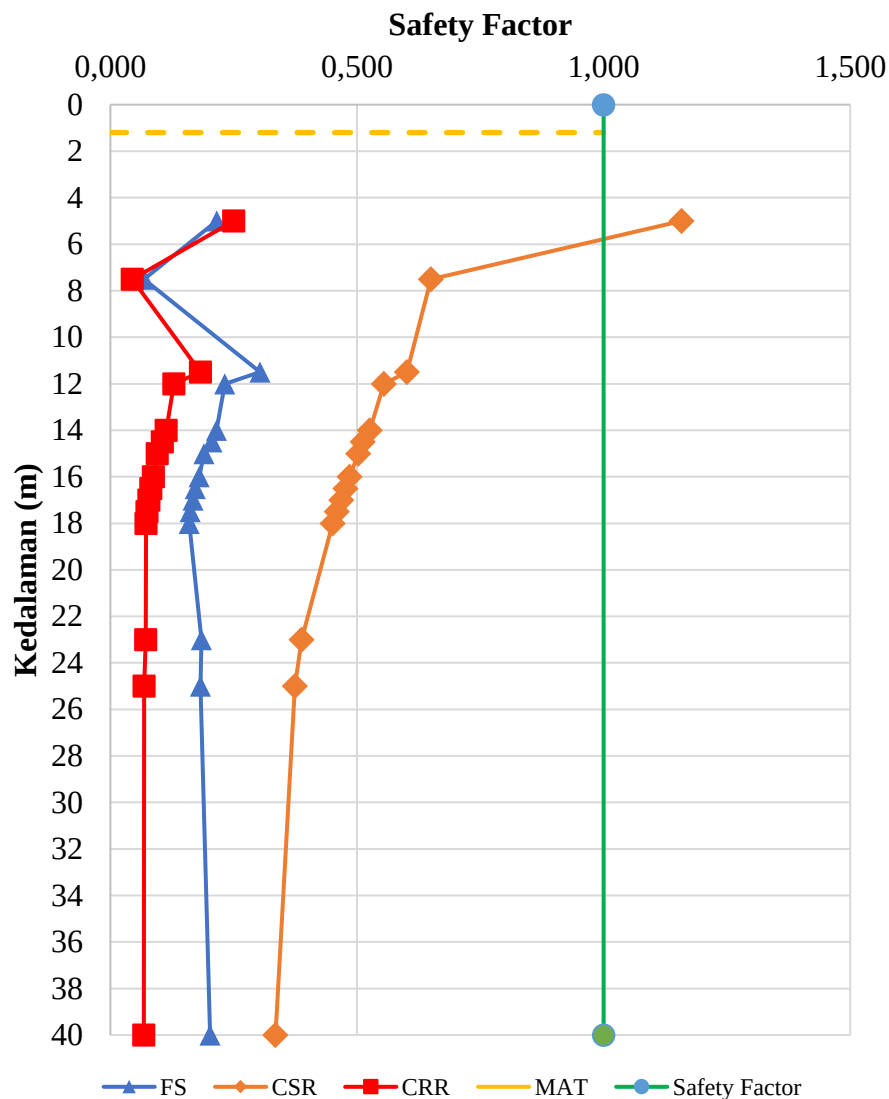
Lapisan	Kedalaman (h)	Beda Tinggi	Jenis Tanah	PGA	rd	γ	Tegangan Total σ	Tekanan Pori (U)	Tegangan Efektif σ'	σ/σ'	CSR
	m	m		g		(kN/m ³)					
1	5	5	Pasir kasar	1	0,962	17,053	85,263	39,24	46,023	1,853	1,158
2	7,5	2,5	Pasir sedang	1	0,943	23	257,763	14,715	243,048	1,061	0,650
3	11,5	4	Pasir halus	1	0,867	18,105	465,974	29,43	436,544	1,067	0,602
4	12	0,5	Pasir kasar	1	0,854	17,263	673,132	0	673,132	1	0,555
5	14	2	Pasir sedang	1	0,800	17,684	920,711	9,81	910,901	1,011	0,526
6	14,5	0,5	Pasir halus	1	0,787	18,737	1192,395	0	1192,395	1	0,511
7	15	0,5	Pasir kasar	1	0,774	18,737	1473,447	0	1473,447	1	0,503
8	16	1	Pasir sedang	1	0,747	18,526	1769,868	0	1769,868	1	0,485
9	16,5	0,5	Pasir kasar	1	0,733	18,526	2075,553	0	2075,553	1	0,477
10	17	0,5	Pasir sedang	1	0,720	18,526	2390,500	0	2390,500	1	0,468
11	17,5	0,5	Pasir kasar	1	0,707	18,105	2707,342	0	2707,342	1	0,459
12	18	0,5	Pasir sedang	1	0,693	18,105	3033,237	0	3033,237	1	0,451
13	23	5	Pasir kasar	1	0,590	18,947	3469,026	39,24	3429,786	1,011	0,388
14	25	2	Pasir sedang	1	0,574	18,316	3926,921	9,81	3917,111	1,003	0,374
15	40	15	Pasir sedang	1	0,5	19,368	4701,658	137,34	4564,318	1,030	0,335

Tabel 5.30 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-04

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	5	5	Pasir kasar	36	1,325	1,3	1	0,75	1	46,512	45,837	0,250
2	7,5	2,5	Pasir sedang	65	0,606	1,3	1	0,75	1	38,404	38,266	0,044
3	11,5	4	Pasir halus	41	0,395	1,3	1	0,75	1	15,802	17,159	0,183
4	12	0,5	Pasir kasar	37	0,277	1,3	1	0,75	1	10,007	11,747	0,129
5	14	2	Pasir sedang	39	0,213	1,3	1	0,75	1	8,115	9,980	0,113
6	14,5	0,5	Pasir halus	44	0,168	1,3	1	0,75	1	7,191	9,118	0,105
7	15	0,5	Pasir kasar	44	0,138	1,3	1	0,75	1	5,923	7,934	0,095
8	16	1	Pasir sedang	43	0,116	1,3	1	0,75	1	4,880	6,960	0,087
9	16,5	0,5	Pasir kasar	43	0,100	1,3	1	0,75	1	4,201	6,326	0,082
10	17	0,5	Pasir sedang	43	0,088	1,3	1	0,75	1	3,674	5,833	0,078
11	17,5	0,5	Pasir kasar	41	0,078	1,3	1	0,75	1	3,111	5,307	0,074
12	18	0,5	Pasir sedang	41	0,070	1,3	1	0,75	1	2,789	5,007	0,072
13	23	5	Pasir kasar	45	0,062	1,3	1	0,75	1	2,719	4,942	0,072
14	25	2	Pasir sedang	42	0,054	1,3	1	0,75	1	2,232	4,486	0,068
15	40	15	Pasir sedang	47	0,047	1,3	1	0,75	1	2,152	4,412	0,068

Tabel 5.31 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-04

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
	m	m					
1	5	5	Pasir kasar	1,158	0,250	0,216	Berpotensi Likuifaksi
2	7,5	2,5	Pasir sedang	0,650	0,044	0,068	Berpotensi Likuifaksi
3	11,5	4	Pasir halus	0,602	0,183	0,303	Berpotensi Likuifaksi
4	12	0,5	Pasir kasar	0,555	0,129	0,232	Berpotensi Likuifaksi
5	14	2	Pasir sedang	0,526	0,113	0,215	Berpotensi Likuifaksi
6	14,5	0,5	Pasir halus	0,511	0,105	0,206	Berpotensi Likuifaksi
7	15	0,5	Pasir kasar	0,503	0,095	0,190	Berpotensi Likuifaksi
8	16	1	Pasir sedang	0,485	0,087	0,180	Berpotensi Likuifaksi
9	16,5	0,5	Pasir kasar	0,477	0,082	0,173	Berpotensi Likuifaksi
10	17	0,5	Pasir sedang	0,468	0,078	0,167	Berpotensi Likuifaksi
11	17,5	0,5	Pasir kasar	0,459	0,074	0,162	Berpotensi Likuifaksi
12	18	0,5	Pasir sedang	0,451	0,072	0,160	Berpotensi Likuifaksi
13	23	5	Pasir kasar	0,388	0,072	0,185	Berpotensi Likuifaksi
14	25	2	Pasir sedang	0,374	0,068	0,183	Berpotensi Likuifaksi
15	40	15	Pasir sedang	0,335	0,068	0,202	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.12 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-04

Dari perhitungan pada titik BH-04 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.12 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF=1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 5 m sampai lapisan 15 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai *SF* pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* =1.

e. Titik BH-05

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-05 dapat dilihat pada Tabel 5.32, Tabel 5.33, Tabel 5.34, dan Gambar 5.13 berikut ini.

Tabel 5.32 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-05

Lapisan	Kedalaman (H)	Beda Tinggi	Jenis Tanah	PGA	Rd	γ (Kn/M ³)	Tegangan Total σ kN/m ²	Tekanan Pori (U) kN/m ²	Tegangan Efektif σ' kN/m ²	σ/σ'	CSR
	M	M		G							
1	2	2	Pasir Kasar	1	0,985	15,053	30,105	14,715	15,390	1,956	1,252
2	5	3	Pasir Halus	1	0,962	16,737	113,789	24,525	89,264	1,275	0,797
3	15	10	Pasir Halus	1	0,774	17,895	382,211	93,195	289,016	1,322	0,665
4	18	3	Pasir Kasar	1	0,693	17,263	692,947	24,525	668,422	1,037	0,467
5	23	5	Pasir Halus	1	0,59	16,211	1065,789	44,145	1021,644	1,043	0,400
6	28,5	5,5	Pasir Kasar	1	0,546	16,421	1533,789	49,05	1484,739	1,033	0,367
7	40	11,5	Pasir Halus	1	0,5	23	2453,789	107,91	2345,879	1,046	0,340

Tabel 5.33 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-05

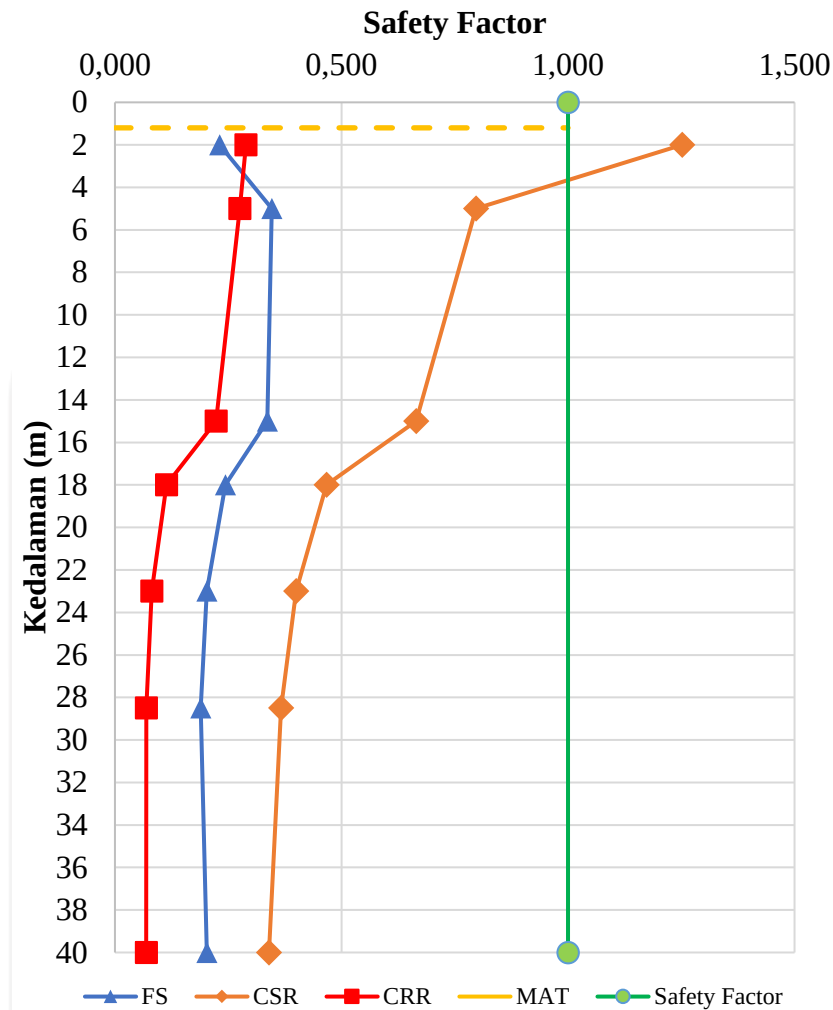
Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N- SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	2	2	Pasir Kasar	16	1,625	1,3	1	0,75	1	25,349	24,863	0,289
2	5	3	Pasir Halus	24	1,051	1,3	1	0,75	1	24,600	24,140	0,276
3	15	10	Pasir Halus	40	0,538	1,3	1	0,75	1	20,977	20,641	0,224
4	18	3	Pasir Kasar	37	0,279	1,3	1	0,75	1	10,066	10,102	0,114
5	23	5	Pasir Halus	32	0,193	1,3	1	0,75	1	6,012	6,186	0,081
6	28,5	5,5	Pasir Kasar	33	0,137	1,3	1	0,75	1	4,411	4,639	0,069

Lanjutan Tabel 5.33 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-05

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
7	40	11,5	Pasir Halus	50	0,089	1,3	1	0,75	1	4,349	4,580	0,069

Tabel 5.34 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-05

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
	m	m					
1	2	2	Pasir kasar	1,252	0,289	0,231	Berpotensi Likuifaksi
2	5	3	Pasir halus	0,797	0,276	0,346	Berpotensi Likuifaksi
3	15	10	Pasir halus	0,665	0,224	0,336	Berpotensi Likuifaksi
4	18	3	Pasir kasar	0,467	0,114	0,244	Berpotensi Likuifaksi
5	23	5	Pasir halus	0,400	0,081	0,203	Berpotensi Likuifaksi
6	28,5	5,5	Pasir kasar	0,367	0,069	0,189	Berpotensi Likuifaksi
7	40	11,5	Pasir halus	0,340	0,069	0,203	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.13 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-05

Dari perhitungan pada titik BH-05 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.13 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF=1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 2 m sampai lapisan 7 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai *SF* pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* =1.

f. Titik BH-06

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-06 dapat dilihat pada Tabel 5.35, Tabel 5.36, Tabel 5.37, dan Gambar14 berikut ini.

Tabel 5.35 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-06

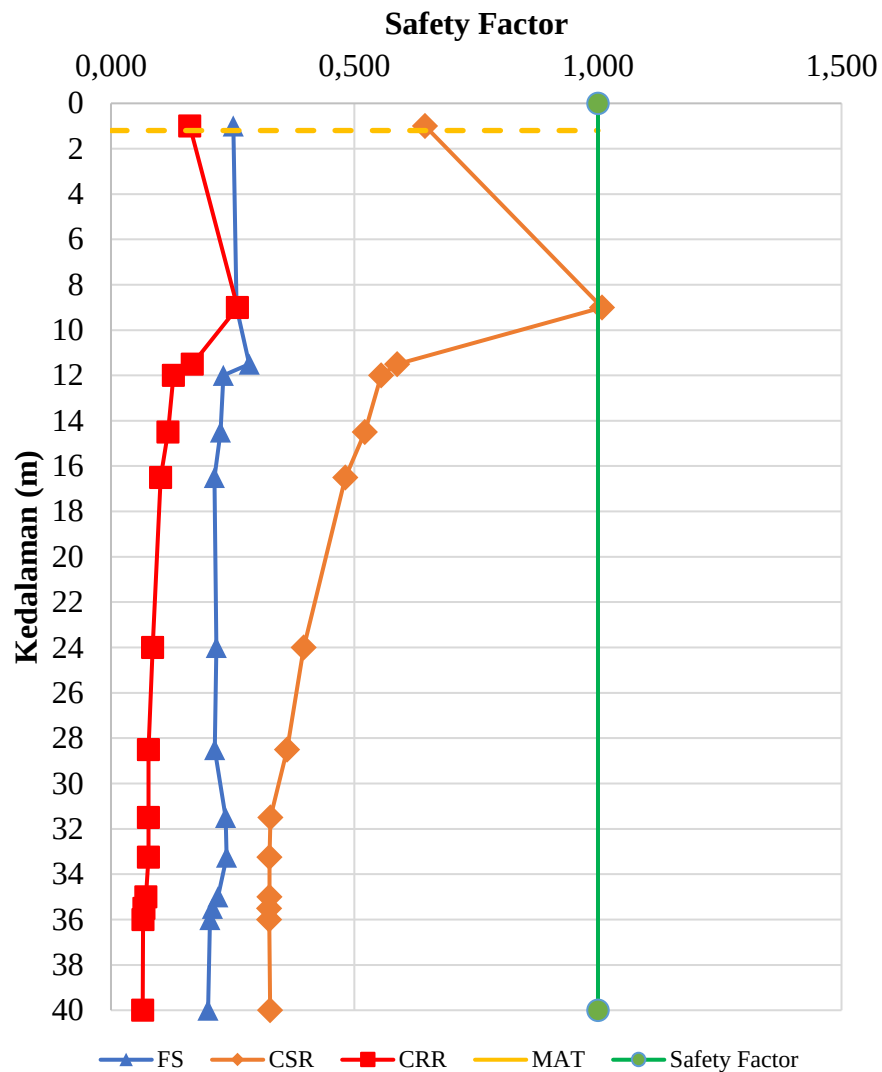
Lapisan	Kedalaman (H)	Beda Tinggi	Jenis Tanah	PGA	rd	γ	Tegangan Total σ	Tekanan Pori (U)	Tegangan Efektif σ'	σ/σ'	CSR
	m	m		g		(kN/m ³)	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		
1	1	1	Lempung pasiran kasar	1	0,992	23	23	0	23,000	1	0,645
2	9	8	Pasir kasar	1	0,931	16,526	171,737	68,67	103,067	1,666	1,009
3	11,5	2,5	Pasir sedang	1	0,867	15,789	353,316	14,715	338,601	1,043	0,588
4	12	0,5	Pasir kasar	1	0,854	15,789	542,789	0	542,789	1	0,555
5	14,5	2,5	Pasir sedang	1	0,787	16,842	787,000	14,715	772,285	1,019	0,521
6	16,5	2	Pasir kasar	1	0,733	17,053	1068,368	9,81	1058,558	1,009	0,481
7	24	7,5	Pasir sedang	1	0,582	16	1452,368	63,765	1388,603	1,046	0,396
8	28,5	4,5	Pasir lanau lempungan	1	0,546	15,789	1902,368	34,335	1868,033	1,018	0,361
9	31,5	3	pasir halus	1	0,5	17,684	2459,421	19,62	2439,801	1,008	0,328
10	33,25	1,75	Pasir kasar	1	0,5	23	3224,171	7,3575	3216,814	1,002	0,326
11	35	1,75	pasir halus	1	0,5	19,158	3894,697	7,3575	3887,340	1,002	0,326
12	35,5	0,5	Pasir kasar	1	0,5	18,105	4537,434	0	4537,434	1	0,325
13	36	0,5	pasir halus	1	0,5	18,105	5189,224	0	5189,224	1	0,325
14	40	4	Pasir sedang	1	0,5	18,316	5921,855	29,43	5892,425	1,005	0,327

Tabel 5.36 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-06

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	1	1	Lempung Pasiran Kasar	9	1,538	1,3	1	0,75	1	13,5	15,183	0,162
2	9	8	Pasir Kasar	23	0,986	1,3	1	0,75	1	22,117	23,186	0,260
3	11,5	2,5	Pasir Sedang	30	0,480	1,3	1	0,75	1	14,032	15,677	0,167
4	12	0,5	Pasir Kasar	30	0,332	1,3	1	0,75	1	9,709	11,661	0,128
5	14,5	2,5	Pasir Sedang	35	0,247	1,3	1	0,75	1	8,414	10,459	0,117
6	16,5	2	Pasir Kasar	36	0,187	1,3	1	0,75	1	6,552	8,729	0,102
7	24	7,5	Pasir Sedang	31	0,146	1,3	1	0,75	1	4,408	6,738	0,086
8	28,5	4,5	Pasir Lanau Lempungan	30	0,111	1,3	1	0,75	1	3,237	5,650	0,077
9	31,5	3	Pasir Halus	39	0,086	1,3	1	0,75	1	3,268	5,679	0,077
10	33,25	1,75	Pasir Kasar	51	0,066	1,3	1	0,75	1	3,278	5,689	0,077
11	35	1,75	Pasir Halus	46	0,055	1,3	1	0,75	1	2,462	4,931	0,072
12	35,5	0,5	Pasir Kasar	41	0,047	1,3	1	0,75	1	1,888	4,398	0,068
13	36	0,5	Pasir Halus	41	0,041	1,3	1	0,75	1	1,656	4,182	0,066
14	40	4	Pasir Sedang	42	0,037	1,3	1	0,75	1	1,498	4,035	0,065

Tabel 5.37 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-06

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	1	1	Lempung pasiran kasar	0,645	0,162	0,251	Berpotensi Likuifaksi
2	9	8	Pasir kasar	1,009	0,260	0,258	Berpotensi Likuifaksi
3	11,5	2,5	Pasir sedang	0,588	0,167	0,284	Berpotensi Likuifaksi
4	12	0,5	Pasir kasar	0,555	0,128	0,231	Berpotensi Likuifaksi
5	14,5	2,5	Pasir sedang	0,521	0,117	0,225	Berpotensi Likuifaksi
6	16,5	2	Pasir kasar	0,481	0,102	0,212	Berpotensi Likuifaksi
7	24	7,5	Pasir sedang	0,396	0,086	0,216	Berpotensi Likuifaksi
8	28,5	4,5	Pasir lanau lempungan	0,361	0,077	0,213	Berpotensi Likuifaksi
9	31,5	3	pasir halus	0,328	0,077	0,236	Berpotensi Likuifaksi
10	33,25	1,75	Pasir kasar	0,326	0,077	0,237	Berpotensi Likuifaksi
11	35	1,75	pasir halus	0,326	0,072	0,220	Berpotensi Likuifaksi
12	35,5	0,5	Pasir kasar	0,325	0,068	0,208	Berpotensi Likuifaksi
13	36	0,5	pasir halus	0,325	0,066	0,204	Berpotensi Likuifaksi
14	40	4	Pasir sedang	0,327	0,065	0,199	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.14 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-06

Dari perhitungan pada titik BH-06 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.14 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 1 m sampai lapisan 14 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai *SF* pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

g. Titik BH-07

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-07 dapat dilihat pada Tabel 5.38, Tabel 5.39, Tabel 5.40, dan Gambar 5.15 berikut ini.

Tabel 5.38 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-07

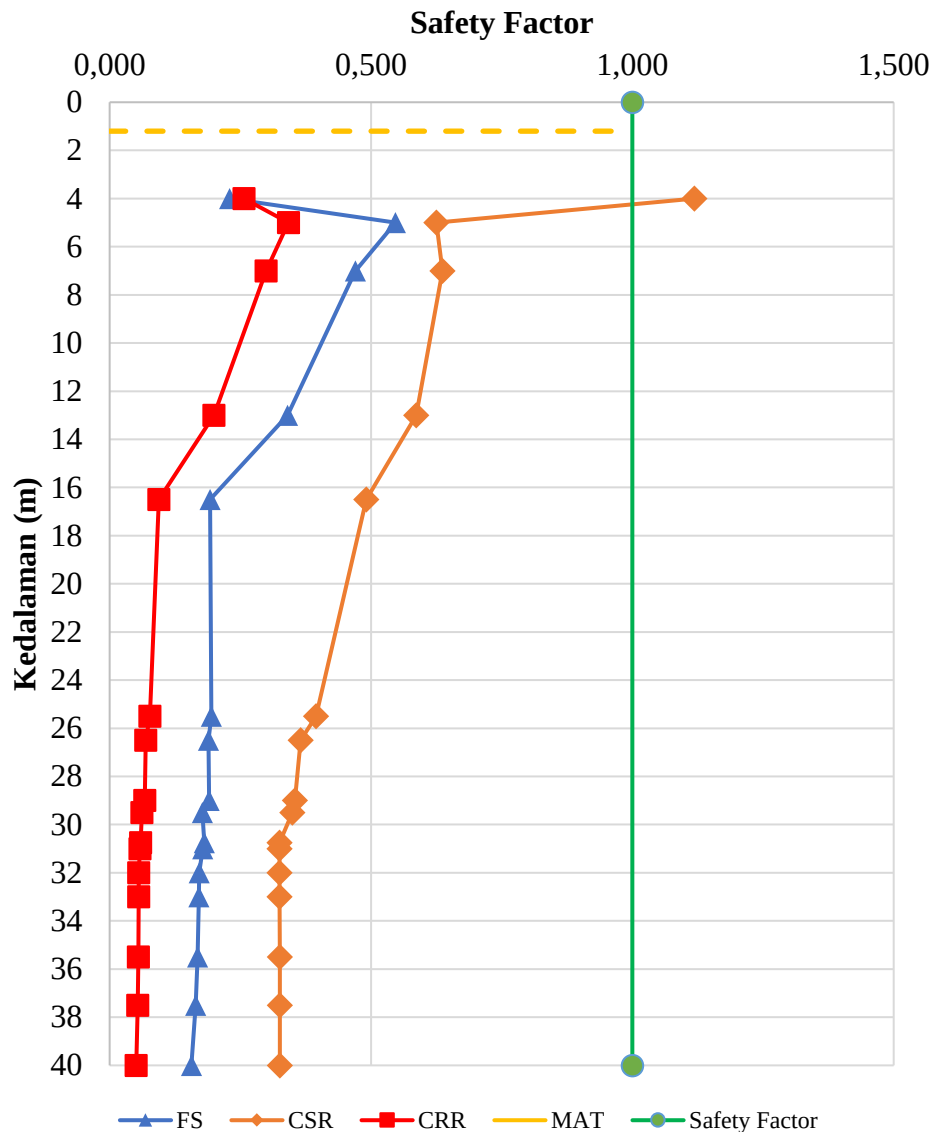
Lapisan	Kedalaman (H)	Beda Tinggi	Jenis Tanah	PGA	rd	γ	Tegangan Total σ	Tekanan Pori (U)	Tegangan Efektif σ'	σ/σ'	CSR
	m	m		g		(kN/m ³)	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		
1	4	4	Pasir lanau lempungan halus	1	0,969	16,842	67,368	29,43	37,938	1,776	1,119
2	5	1	pasir halus	1	0,962	16,842	151,579	0	151,579	1	0,625
3	7	2	Pasir kerikil kasar	1	0,946	19,579	288,632	9,81	278,822	1,035	0,637
4	13	6	pasir halus	1	0,827	23	587,632	49,05	538,582	1,091	0,586
5	16,5	3,5	Pasir kerikil kasar	1	0,733	16,632	862,053	24,525	837,528	1,029	0,491
6	25,5	9	Pasir kerikil kasar	1	0,57	16,421	1280,789	78,48	1202,309	1,065	0,395
7	26,5	1	pasir halus	1	0,562	17,263	1738,263	0	1738,263	1	0,365
8	29	2,5	Pasir lanau lempungan halus	1	0,542	18,947	2287,737	14,715	2273,022	1,006	0,355
9	29,5	0,5	Lempung pasiran halus	1	0,538	20	2877,737	0	2877,737	1	0,350
10	30,75	1,25	Lempung	1	0,5	20	3492,737	2,4525	3490,284	1,001	0,325
11	31	0,25	Lempung pasiran	1	0,5	20	4112,737	0	4112,737	1	0,325
12	32	1	pasir halus	1	0,5	23	4848,737	0	4848,737	1	0,325
13	33	1	pasir lempungan halus	1	0,5	23	5607,737	0	5607,737	1	0,325
14	35,5	2,5	Pasir sedikit lempung halus	1	0,5	23	6424,237	14,715	6409,522	1,002	0,326
15	37,5	2	pasir halus	1	0,5	23	7286,737	9,81	7276,927	1,001	0,325
16	40	2,5	Pasir kasar	1	0,5	18,316	8019,368	14,715	8004,653	1,002	0,326

Tabel 5.39 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-07

Lapisan	kedalaman	beda tinggi	jenis tanah	N- SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	4	4	Pasir lanau lempungan halus	35	1,393	1,3	1	0,75	1	47,534	46,310	0,257
2	5	1	pasir halus	35	0,810	1,3	1	0,75	1	27,644	27,127	0,342
3	7	2	Pasir kerikil kasar	48	0,552	1,3	1	0,75	1	25,816	25,364	0,299
4	13	6	pasir halus	58	0,334	1,3	1	0,75	1	18,891	18,685	0,200
5	16,5	3,5	Pasir kerikil kasar	34	0,230	1,3	1	0,75	1	7,616	7,812	0,094
6	25,5	9	Pasir kerikil kasar	33	0,166	1,3	1	0,75	1	5,353	5,629	0,077
7	26,5	1	pasir halus	37	0,118	1,3	1	0,75	1	4,271	4,586	0,069
8	29	2,5	Pasir lanau lempungan halus	45	0,092	1,3	1	0,75	1	4,034	4,357	0,067
9	29,5	0,5	Lempung pasiran halus	45	0,073	1,3	1	0,75	1	3,220	3,572	0,062
10	30,75	1,25	Lempung	46	0,061	1,3	1	0,75	1	2,733	3,102	0,059
11	31	0,25	Lempung pasiran	50	0,052	1,3	1	0,75	1	2,534	2,910	0,058
12	32	1	pasir halus	50	0,044	1,3	1	0,75	1	2,158	2,548	0,056
13	33	1	pasir lempungan halus	56	0,038	1,3	1	0,75	1	2,097	2,489	0,055
14	35,5	2,5	Pasir sedikit lempung halus	60	0,034	1,3	1	0,75	1	1,971	2,368	0,055
15	37,5	2	pasir halus	59	0,030	1,3	1	0,75	1	1,711	2,117	0,053
16	40	2,5	Pasir kasar	42	0,027	1,3	1	0,75	1	1,109	1,536	0,051

Tabel 5.40 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-07

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	4	4	Pasir lanau lempungan halus	1,119	0,257	0,230	Berpotensi Likuifaksi
2	5	1	pasir halus	0,625	0,342	0,547	Berpotensi Likuifaksi
3	7	2	Pasir kerikil kasar	0,637	0,299	0,470	Berpotensi Likuifaksi
4	13	6	pasir halus	0,586	0,200	0,340	Berpotensi Likuifaksi
5	16,5	3,5	Pasir kerikil kasar	0,491	0,094	0,192	Berpotensi Likuifaksi
6	25,5	9	Pasir kerikil kasar	0,395	0,077	0,195	Berpotensi Likuifaksi
7	26,5	1	pasir halus	0,365	0,069	0,189	Berpotensi Likuifaksi
8	29	2,5	Pasir lanau lempungan halus	0,355	0,067	0,190	Berpotensi Likuifaksi
9	29,5	0,5	Lempung pasir halus	0,350	0,062	0,177	Berpotensi Likuifaksi
10	30,75	1,25	Lempung	0,325	0,059	0,181	Berpotensi Likuifaksi
11	31	0,25	Lempung pasir halus	0,325	0,058	0,178	Berpotensi Likuifaksi
12	32	1	pasir halus	0,325	0,056	0,171	Berpotensi Likuifaksi
13	33	1	pasir lempungan halus	0,325	0,055	0,170	Berpotensi Likuifaksi
14	35,5	2,5	Pasir sedikit lempung halus	0,326	0,055	0,168	Berpotensi Likuifaksi
15	37,5	2	pasir halus	0,325	0,053	0,164	Berpotensi Likuifaksi
16	40	2,5	Pasir kasar	0,326	0,051	0,156	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.15 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-07

Dari perhitungan pada titik BH-07 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.15 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 4 m sampai lapisan 16 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai *SF* pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

h. Titik BH-08

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-08 dapat dilihat pada Tabel 5.41, Tabel 5.42, Tabel 5.43, dan Gambar 5.16 berikut ini.

Tabel 5.41 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-08

Lapisan	Kedalaman (h) m	Beda Tinggi m	Jenis Tanah	PGA g	rd	γ (kN/m ³)	Tegangan Total σ kN/m ²	Tekanan Pori (U) kN/m ²	Tegangan Efektif σ' kN/m ²	σ/σ'	CSR
1	1	1	Pasir lanau lempungan halus	1	0,992	15,2	15,2	0	15,200	1	0,645
2	3,5	2,5	Pasir kasar	1	0,973	14	64,200	14,715	49,485	1,297	0,821
3	9	5,5	Pasir kasar	1	0,931	23	271,200	44,145	227,055	1,194	0,723
4	12,5	3,5	Pasir kasar	1	0,840	23	558,700	24,525	534,175	1,046	0,571
5	20,5	8	Pasir halus	1	0,627	23	1030,200	68,67	961,530	1,071	0,436
6	22,5	2	Pasir kasar	1	0,573	23	1547,700	9,81	1537,890	1,006	0,375
7	33	10,5	Pasir halus	1	0,5	19,158	2179,911	93,195	2086,716	1,045	0,340
8	40	7	Pasir kasar kerikil	1	0,5	24	3139,911	58,86	3081,051	1,019	0,331

Tabel 5.42 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-08

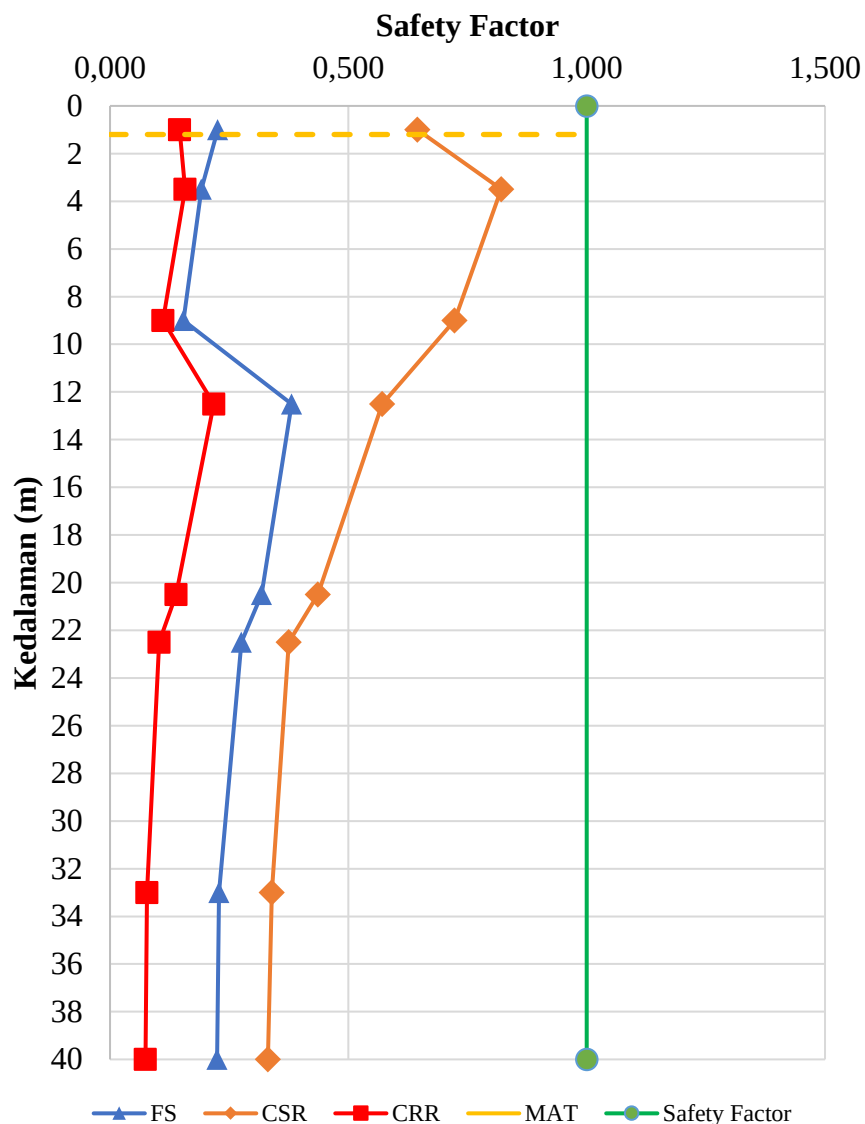
Lapisan	Kedalaman m	Beda Tinggi m	Jenis Tanah	N- SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
					Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	1	1	Pasir lanau lempungan halus	8	1,627	1,3	1	0,75	1	12,692	13,550	0,146
2	3,5	2,5	Pasir kasar	11	1,298	1,3	1	0,75	1	13,922	14,717	0,157
3	9	5,5	Pasir kasar	65	0,634	1,3	1	0,75	1	40,174	39,636	0,111
4	12,5	3,5	Pasir kasar	60	0,336	1,3	1	0,75	1	19,674	20,177	0,218

Lanjutan Tabel 5.42 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-08

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
5	20,5	8	Pasir halus	60	0,203	1,3	1	0,75	1	11,900	12,798	0,139
6	22,5	2	Pasir kasar	60	0,133	1,3	1	0,75	1	7,763	8,871	0,103
7	33	10,5	Pasir halus	46	0,100	1,3	1	0,75	1	4,471	5,747	0,078
8	40	7	Pasir kasar kerikil	60	0,069	1,3	1	0,75	1	4,021	5,319	0,074

Tabel 5.43 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-08

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	1	1	Pasir lanau lempungan halus	0,645	0,146	0,226	Berpotensi Likuifaksi
2	3,5	2,5	Pasir kasar	0,821	0,157	0,192	Berpotensi Likuifaksi
3	9	5,5	Pasir kasar	0,723	0,111	0,154	Berpotensi Likuifaksi
4	12,5	3,5	Pasir kasar	0,571	0,218	0,381	Berpotensi Likuifaksi
5	20,5	8	Pasir halus	0,436	0,139	0,318	Berpotensi Likuifaksi
6	22,5	2	Pasir kasar	0,375	0,103	0,275	Berpotensi Likuifaksi
7	33	10,5	Pasir halus	0,340	0,078	0,229	Berpotensi Likuifaksi
8	40	7	Pasir kasar kerikil	0,331	0,074	0,225	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.16 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-08

Dari perhitungan pada titik BH-08 diperoleh hasil grafik pada Gambar 16 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 1 m sampai lapisan 8 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai SF pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

i. Titik BH-09

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-09 dapat dilihat pada Tabel 5.44, Tabel 5.45, Tabel 5.46, dan Gambar 5.17 berikut ini.

Tabel 5.44 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-09

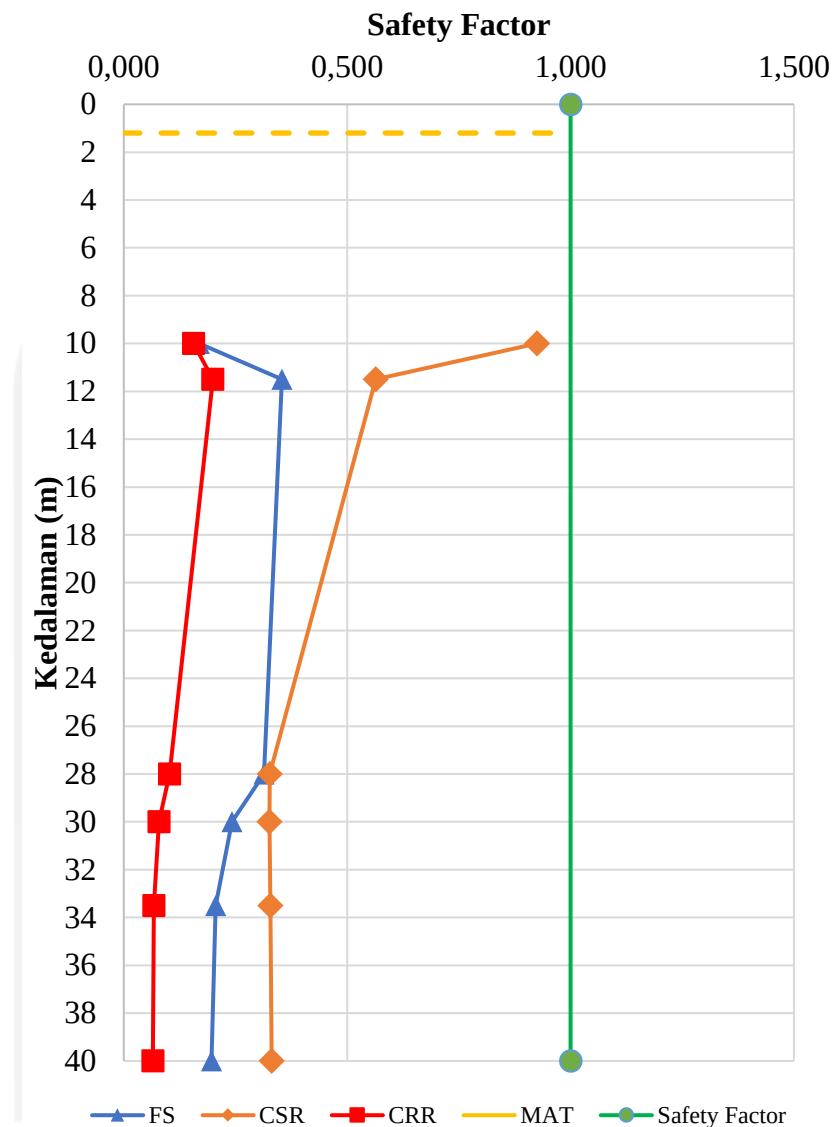
Lapisan	Kedalaman (h) m	Beda Tinggi m	Jenis Tanah	PGA g	rd	γ (kN/m ³)	Tegangan Total σ kN/m ²	Tekanan Pori (U) kN/m ²	Tegangan Efektif σ' kN/m ²	σ/σ'	CSR
1	10	10	Pasir halus sedang	1	0,907	23	230	83,385	146,615	1,569	0,925
2	11,5	1,5	Pasir halus	1	0,867	23	494,500	0	494,500	1	0,564
3	28	16,5	Pasir kerikilan kasar	1	0,426	17,053	971,974	147,15	824,824	1,178	0,327
4	30	2	Pasir sedang	1	0,5	17,684	1502,500	4,905	1497,595	1,003	0,326
5	33,5	3,5	Pasir halus	1	0,5	17,053	2073,763	19,62	2054,143	1,010	0,328
6	40	6,5	Pasir halus sedang	1	0,5	18,526	2814,816	49,05	2765,766	1,018	0,331

Tabel 5.45 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-09

Lapisan	Kedalaman m	Beda Tinggi m	Jenis Tanah	N- SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
					Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	10	10	Pasir halus sedang	52	0,825	1,3	1	0,75	1	41,836	41,001	0,156
2	11,5	1,5	Pasir halus	53	0,358	1,3	1	0,75	1	18,500	18,668	0,199
3	28	16,5	Pasir kerikilan kasar	36	0,233	1,3	1	0,75	1	8,173	8,784	0,103
4	30	2	Pasir sedang	39	0,136	1,3	1	0,75	1	5,172	5,911	0,079
5	33,5	3,5	Pasir halus	36	0,101	1,3	1	0,75	1	3,552	4,361	0,067
6	40	6,5	Pasir halus sedang	43	0,076	1,3	1	0,75	1	3,196	4,021	0,065

Tabel 5.46 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-09

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	10	10	Pasir halus sedang	0,925	0,156	0,169	Berpotensi Likuifaksi
2	11,5	1,5	Pasir halus	0,564	0,199	0,354	Berpotensi Likuifaksi
3	28	16,5	Pasir kerikilan kasar	0,327	0,103	0,314	Berpotensi Likuifaksi
4	30	2	Pasir sedang	0,326	0,079	0,242	Berpotensi Likuifaksi
5	33,5	3,5	Pasir halus	0,328	0,067	0,205	Berpotensi Likuifaksi
6	40	6,5	Pasir halus sedang	0,331	0,065	0,197	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.17 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-09

Dari perhitungan pada titik BH-09 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.17 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 10 m sampai lapisan 6 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai *SF* pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

j. Titik BH-10

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-10 dapat dilihat pada Tabel 5.47, Tabel 5.48, Tabel 5.49, dan Gambar 5.18 berikut ini.

Tabel 5.47 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-10

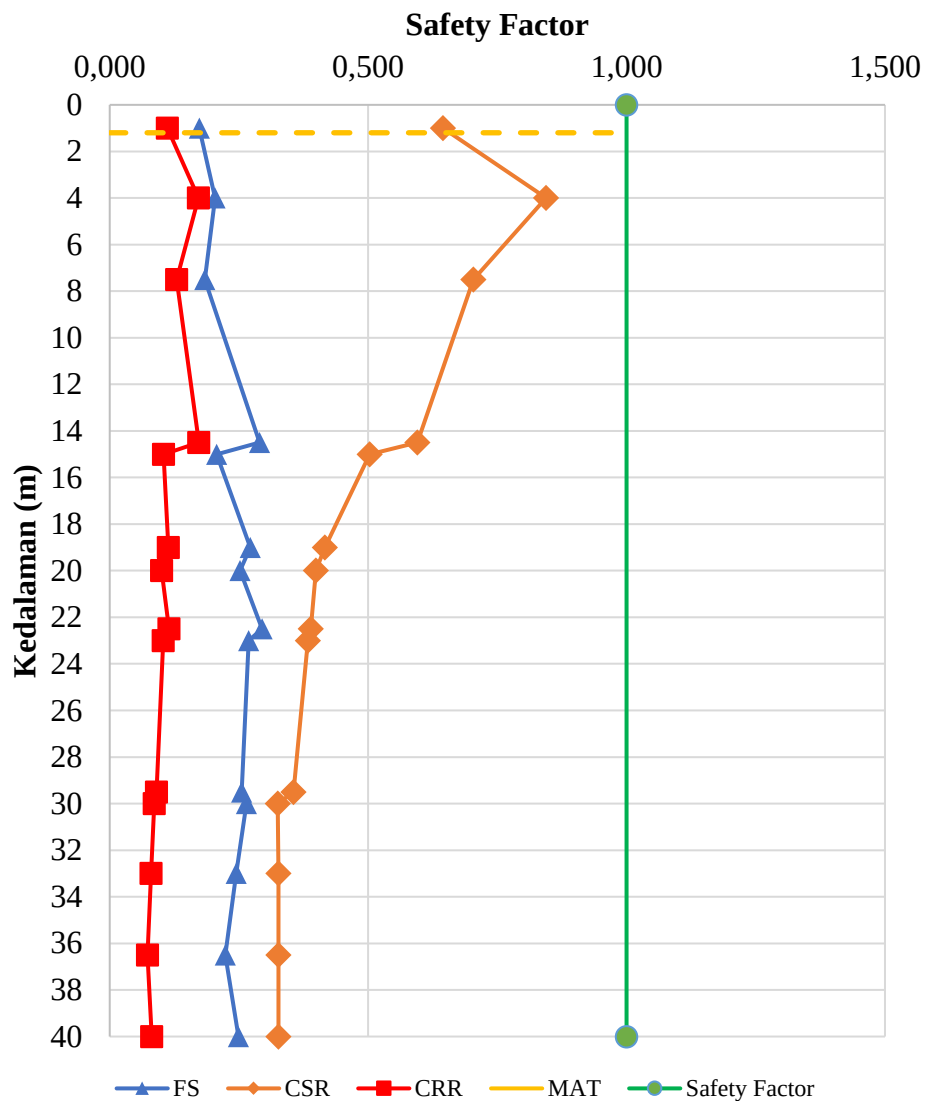
Lapisan	Kedalaman (h)	Beda Tinggi	Jenis Tanah	PGA	rd	γ	Tegangan Total σ	Tekanan Pori (U)	Tegangan Efektif σ'	σ/σ'	CSR
	m	m		g		kN/m ³	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		
1	1	1	Pasir lempungan halus	1	0,992	13,600	13,6	0	13,600	1	0,645
2	4	3	Pasir kasar	1	0,969	14	69,600	17,658	51,942	1,340	0,844
3	7,5	3,5	Pasir kerikil kasar	1	0,943	14	174,600	22,563	152,037	1,148	0,704
4	14,5	7	pasir halus	1	0,787	15,789	403,547	56,898	346,649	1,164	0,595
5	15	0,5	Pasir kasar	1	0,774	15,684	638,811	0	638,811	1	0,503
6	19	4	pasir halus	1	0,622	16,211	946,811	27,468	919,343	1,030	0,416
7	20	1	Pasir sedikit lempung kasar	1	0,614	16,211	1271,021	0	1271,021	1	0,399
8	22,5	2,5	pasir halus	1	0,594	23	1788,521	12,753	1775,768	1,007	0,389
9	23	0,5	Pasir kasar	1	0,590	23	2317,521	0	2317,521	1	0,384
10	29,5	6,5	pasir halus	1	0,538	23	2996,021	51,993	2944,028	1,018	0,356
11	30	0,5	Pasir lempungan kasar	1	0,5	23	3686,021	0	3686,021	1	0,325
12	33	3	pasir halus	1	0,5	18,105	4283,495	17,658	4265,837	1,004	0,326
13	36,5	3,5	Lempung sedikit pasir	1	0,5	19,111	4981,050	22,563	4958,487	1,005	0,326
14	40	3,5	Lempung pasir kerikil	1	0,5	20	5781,050	22,563	5758,487	1,004	0,326

Tabel 5.48 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-10

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	1	1	Pasir lempungan halus	4	1,647	1,3	1	0,75	1	6,422	9,851	0,112
2	4	3	Pasir kasar	11	1,280	1,3	1	0,75	1	13,723	16,159	0,172
3	7,5	3,5	Pasir kerikil kasar	11	0,809	1,3	1	0,75	1	8,673	11,796	0,129
4	14,5	7	pasir halus	30	0,471	1,3	1	0,75	1	13,790	16,217	0,173
5	15	0,5	Pasir kasar	19	0,290	1,3	1	0,75	1	5,371	8,943	0,104
6	19	4	pasir halus	32	0,212	1,3	1	0,75	1	6,604	10,008	0,113
7	20	1	Pasir sedikit lempung kasar	32	0,158	1,3	1	0,75	1	4,935	8,566	0,101
8	22,5	2,5	pasir halus	60	0,116	1,3	1	0,75	1	6,789	10,168	0,115
9	23	0,5	Pasir kasar	60	0,090	1,3	1	0,75	1	5,280	8,864	0,103
10	29,5	6,5	pasir halus	51	0,072	1,3	1	0,75	1	3,570	7,387	0,091
11	30	0,5	Pasir lempungan kasar	51	0,058	1,3	1	0,75	1	2,874	6,786	0,086
12	33	3	pasir halus	41	0,050	1,3	1	0,75	1	2,005	6,035	0,080
13	36,5	3,5	Lempung sedikit pasir	23	0,043	1,3	1	0,75	1	0,971	5,142	0,073
14	40	3,5	Lempung pasir kerikil	60	0,037	1,3	1	0,75	1	2,189	6,194	0,081

Tabel 5.49 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-10

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	jenis tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	1	1	Pasir lempungan halus	0,645	0,112	0,173	Berpotensi Likuifaksi
2	4	3	Pasir kasar	0,844	0,172	0,204	Berpotensi Likuifaksi
3	7,5	3,5	Pasir kerikil kasar	0,704	0,129	0,184	Berpotensi Likuifaksi
4	14,5	7	pasir halus	0,595	0,173	0,290	Berpotensi Likuifaksi
5	15	0,5	Pasir kasar	0,503	0,104	0,207	Berpotensi Likuifaksi
6	19	4	pasir halus	0,416	0,113	0,272	Berpotensi Likuifaksi
7	20	1	Pasir sedikit lempung kasar	0,399	0,101	0,252	Berpotensi Likuifaksi
8	22,5	2,5	pasir halus	0,389	0,115	0,295	Berpotensi Likuifaksi
9	23	0,5	Pasir kasar	0,384	0,103	0,269	Berpotensi Likuifaksi
10	29,5	6,5	pasir halus	0,356	0,091	0,255	Berpotensi Likuifaksi
11	30	0,5	Pasir lempungan kasar	0,325	0,086	0,264	Berpotensi Likuifaksi
12	33	3	pasir halus	0,326	0,080	0,245	Berpotensi Likuifaksi
13	36,5	3,5	Lempung sedikit pasir	0,326	0,073	0,224	Berpotensi Likuifaksi
14	40	3,5	Lempung pasir kerikil	0,326	0,081	0,249	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.18 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-10

Dari perhitungan pada titik BH-10 diperoleh hasil grafik pada Gambar 18 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 4 m sampai lapisan 14 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai SF pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

k. Titik BH-11

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-11 dapat dilihat pada Tabel 5.50, Tabel 5.51, Tabel 5.52, dan Gambar 5.19 berikut ini.

Tabel 5.50 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-11

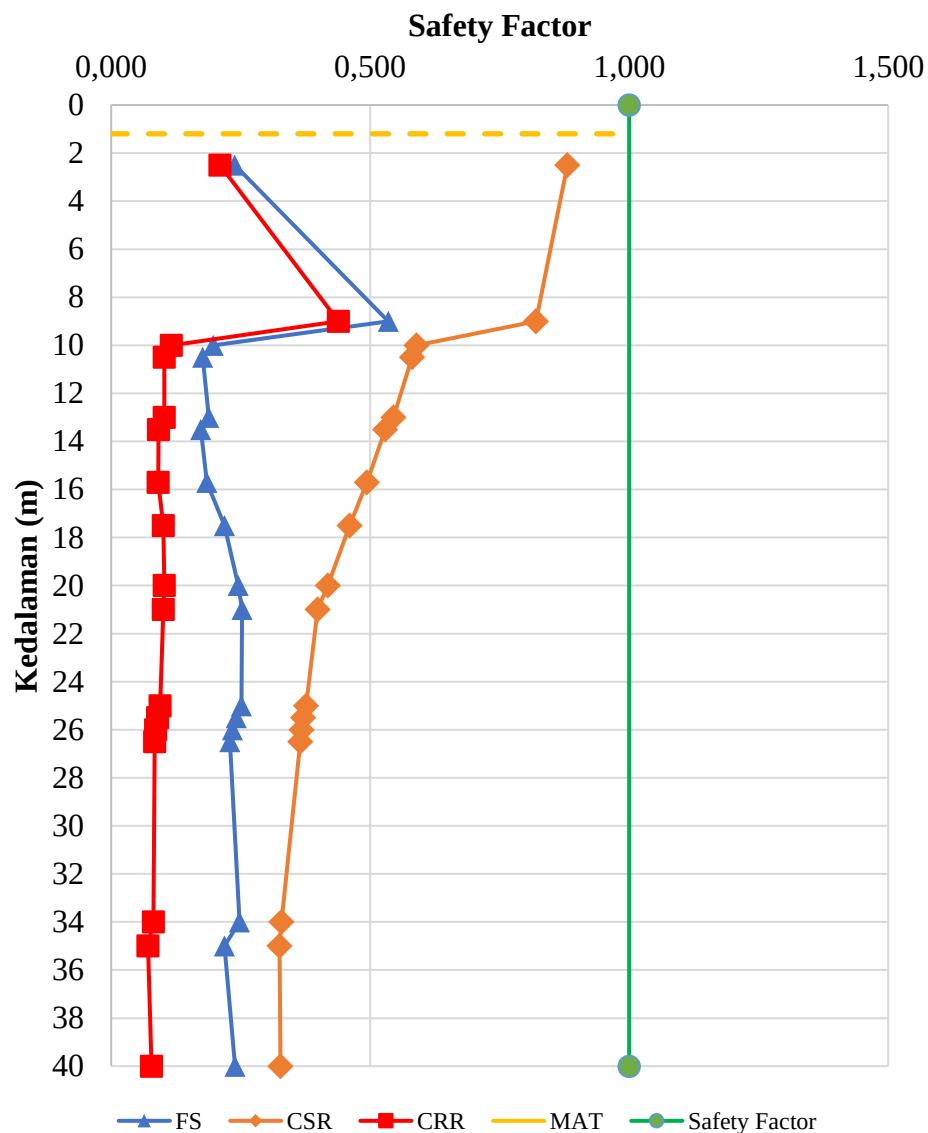
Lapisan	Kedalaman (h) m	Beda Tinggi m	Jenis Tanah	PGA g	r_d	γ (kN/m ³)	Tegangan Total σ kN/m ²	Tekanan Pori (U) kN/m ²	Tegangan Efektif σ' kN/m ²	σ/σ'	CSR
1	2,5	2,5	Pasir lanau lempungan	1	0,981	14,211	35,526	9,81	25,716	1,381	0,881
2	9	6,5	Pasir kerikil kasar	1	0,931	17	187,105	49,05	138,055	1,355	0,820
3	10	1	pasir halus	1	0,907	15	335,526	0	335,526	1	0,590
4	10,5	0,5	Pasir kasar	1	0,894	15	491,368	0	491,368	1	0,581
5	13	2,5	pasir halus	1	0,827	15,895	698,000	9,81	688,190	1,014	0,545
6	13,5	0,5	Pasir kerikilan	1	0,814	15,474	906,895	0	906,895	1	0,529
7	15,7	2,2	Pasir lempungan halus	1	0,755	16,316	1163,053	6,867	1156,186	1,006	0,494
8	17,5	1,8	Pasir kerikilan	1	0,707	17,263	1465,158	2,943	1462,215	1,002	0,460
9	20	2,5	Pasir kasar	1	0,64	23	1925,158	9,81	1915,348	1,005	0,418
10	21	1	Pasir kasar	1	0,613	23	2408,158	0	2408,158	1	0,399
11	25	4	pasir halus	1	0,574	23	2983,158	24,525	2958,633	1,008	0,376
12	25,5	0,5	Pasir sedikit lempung kasar	1	0,57	23	3569,658	0	3569,658	1	0,371
13	26	0,5	pasir halus	1	0,566	23	4167,658	0	4167,658	1	0,368
14	26,5	0,5	Lempung sedikit pasir halus	1	0,562	20	4697,658	0	4697,658	1	0,365
15	34	7,5	Pasir kasar	1	0,5	23	5479,658	58,86	5420,798	1,011	0,329
16	35	1	Lempung sedikit pasir halus	1	0,5	19,111	6148,547	0	6148,547	1	0,325
17	40	5	Lempung pasir	1	0,5	20	6948,547	34,335	6914,212	1,005	0,327

Tabel 5.51 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-11

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	2,5	2,5	Pasir lanau lempungan	12	1,510	1,3	1	0,75	1	17,664	19,588	0,210
2	9	6,5	Pasir kerikil kasar	35	0,853	1,3	1	0,75	1	29,093	29,545	0,439
3	10	1	pasir halus	15	0,483	1,3	1	0,75	1	7,063	10,351	0,116
4	10,5	0,5	Pasir kasar	15	0,360	1,3	1	0,75	1	5,263	8,782	0,103
5	13	2,5	pasir halus	20	0,272	1,3	1	0,75	1	5,308	8,821	0,103
6	13,5	0,5	Pasir kerikilan	18	0,214	1,3	1	0,75	1	3,760	7,472	0,092
7	15,7	2,2	Pasir lempungan halus	22	0,172	1,3	1	0,75	1	3,698	7,418	0,091
8	17,5	1,8	Pasir kerikilan	37	0,139	1,3	1	0,75	1	5,016	8,567	0,101
9	20	2,5	Pasir kasar	50	0,108	1,3	1	0,75	1	5,269	8,788	0,103
10	21	1	Pasir kasar	59	0,087	1,3	1	0,75	1	5,006	8,558	0,101
11	25	4	pasir halus	60	0,071	1,3	1	0,75	1	4,180	7,839	0,095
12	25,5	0,5	Pasir sedikit lempung kasar	60	0,060	1,3	1	0,75	1	3,488	7,236	0,090
13	26	0,5	pasir halus	60	0,051	1,3	1	0,75	1	3,002	6,812	0,086
14	26,5	0,5	Lempung sedikit pasiran halus	60	0,046	1,3	1	0,75	1	2,671	6,524	0,084
15	34	7,5	Pasir kasar	60	0,040	1,3	1	0,75	1	2,323	6,220	0,081
16	35	1	Lempung sedikit pasiran halus	23	0,035	1,3	1	0,75	1	0,787	4,882	0,071
17	40	5	Lempung pasiran	60	0,031	1,3	1	0,75	1	1,830	5,791	0,078

Tabel 5.52 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-11

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	2,5	2,5	Pasir lanau lempungan	0,881	0,210	0,239	Berpotensi Likuifaksi
2	9	6,5	Pasir kerikil kasar	0,820	0,439	0,535	Berpotensi Likuifaksi
3	10	1	pasir halus	0,590	0,116	0,197	Berpotensi Likuifaksi
4	10,5	0,5	Pasir kasar	0,581	0,103	0,177	Berpotensi Likuifaksi
5	13	2,5	pasir halus	0,545	0,103	0,189	Berpotensi Likuifaksi
6	13,5	0,5	Pasir kerikilan	0,529	0,092	0,173	Berpotensi Likuifaksi
7	15,7	2,2	Pasir lempungan halus	0,494	0,091	0,185	Berpotensi Likuifaksi
8	17,5	1,8	Pasir kerikilan	0,460	0,101	0,219	Berpotensi Likuifaksi
9	20	2,5	Pasir kasar	0,418	0,103	0,245	Berpotensi Likuifaksi
10	21	1	Pasir kasar	0,399	0,101	0,252	Berpotensi Likuifaksi
11	25	4	pasir halus	0,376	0,095	0,251	Berpotensi Likuifaksi
12	25,5	0,5	Pasir sedikit lempung kasar	0,371	0,090	0,242	Berpotensi Likuifaksi
13	26	0,5	pasir halus	0,368	0,086	0,234	Berpotensi Likuifaksi
14	26,5	0,5	Lempung sedikit pasiran halus	0,365	0,084	0,229	Berpotensi Likuifaksi
15	34	7,5	Pasir kasar	0,329	0,081	0,248	Berpotensi Likuifaksi
16	35	1	Lempung sedikit pasiran halus	0,325	0,071	0,219	Berpotensi Likuifaksi
17	40	5	Lempung pasiran	0,327	0,078	0,239	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.19 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-11

Dari perhitungan pada titik BH-11 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.19 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 2,5 m sampai lapisan 17 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai *safety factor* pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

l. Titik BH-12

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-12 dapat dilihat pada Tabel 5.53, Tabel 5.54, Tabel 5.55, dan Gambar 5.20 berikut ini.

Tabel 5.53 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-12

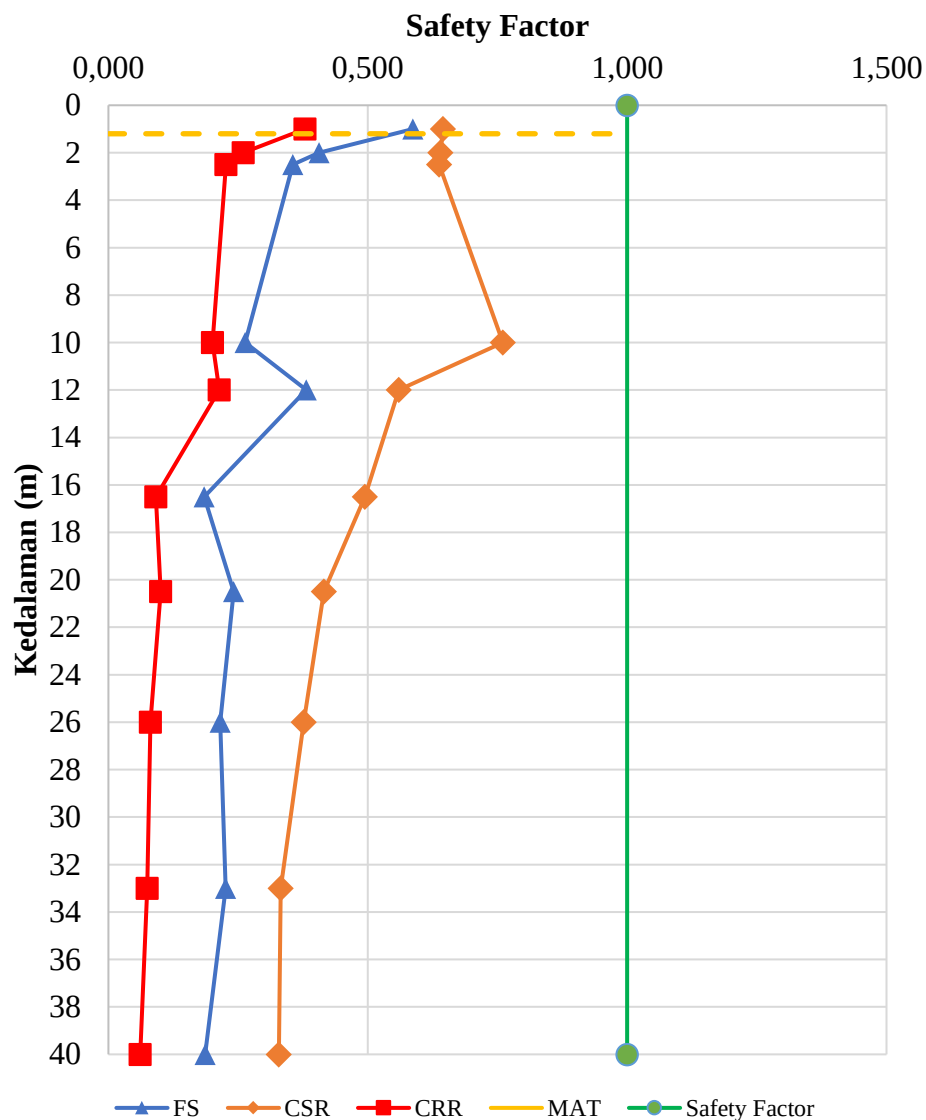
Lapisan	Kedalaman (h)	Beda Tinggi	Jenis Tanah	PGA	rd	γ	Tegangan Total σ	Tekanan Pori (U)	Tegangan Efektif σ'	σ/σ'	CSR
	m	m		g		(kN/m ³)	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		
1	1	1	Pasir lanau lempungan kasar	1	0,992	15,474	15,474	0	15,474	1	0,645
2	2	1	Pasir kasar	1	0,985	15,474	46,421	0	46,421	1	0,640
3	2,5	0,5	Pasir kasar	1	0,981	15,895	86,158	0	86,158	1	0,638
4	10	7,5	Pasir kasar	1	0,907	17,579	261,947	58,86	203,087	1,290	0,760
5	12	2	Pasir halus	1	0,854	23	537,947	4,905	533,042	1,009	0,560
6	16,5	4,5	Pasir kasar	1	0,733	17,789	831,474	29,43	802,044	1,037	0,494
7	20,5	4	Pasir halus	1	0,627	19,789	1237,158	24,525	1212,633	1,020	0,416
8	26	5,5	Pasir kasar	1	0,566	19,158	1735,263	39,24	1696,023	1,023	0,376
9	33	7	Pasir halus	1	0,5	23	2494,263	53,955	2440,308	1,022	0,332
10	40	7	Pasir kasar	1	0,5	60	4894,263	53,955	4840,308	1,011	0,329

Tabel 5.54 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-12

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	1	1	Pasir lanau lempungan kasar	18	1,624	1,3	1	0,75	1	28,5	28,253	0,379
2	2	1	Pasir kasar	18	1,322	1,3	1	0,75	1	23,200	23,183	0,260
3	2,5	0,5	Pasir kasar	20	1,067	1,3	1	0,75	1	20,809	20,896	0,227
4	10	7,5	Pasir kasar	28	0,681	1,3	1	0,75	1	18,589	18,772	0,201
5	12	2	Pasir halus	60	0,337	1,3	1	0,75	1	19,708	19,842	0,213
6	16,5	4,5	Pasir kasar	29	0,239	1,3	1	0,75	1	6,746	7,442	0,091
7	20,5	4	Pasir halus	49	0,165	1,3	1	0,75	1	7,887	8,533	0,100
8	26	5,5	Pasir kasar	46	0,121	1,3	1	0,75	1	5,433	6,186	0,081
9	33	7	Pasir halus	55	0,086	1,3	1	0,75	1	4,608	5,396	0,075
10	40	7	Pasir kasar	60	0,044	1,3	1	0,75	1	2,595	3,470	0,061

Tabel 5.55 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-12

Lapisan	kedalaman	beda tinggi	jenis tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	1	1	Pasir lanau lempungan kasar	0,645	0,379	0,587	Berpotensi Likuifaksi
2	2	1	Pasir kasar	0,640	0,260	0,406	Berpotensi Likuifaksi
3	2,5	0,5	Pasir kasar	0,638	0,227	0,356	Berpotensi Likuifaksi
4	10	7,5	Pasir kasar	0,760	0,201	0,264	Berpotensi Likuifaksi
5	12	2	Pasir halus	0,560	0,213	0,381	Berpotensi Likuifaksi
6	16,5	4,5	Pasir kasar	0,494	0,091	0,185	Berpotensi Likuifaksi
7	20,5	4	Pasir halus	0,416	0,100	0,242	Berpotensi Likuifaksi
8	26	5,5	Pasir kasar	0,376	0,081	0,216	Berpotensi Likuifaksi
9	33	7	Pasir halus	0,332	0,075	0,226	Berpotensi Likuifaksi
10	40	7	Pasir kasar	0,329	0,061	0,187	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.20 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-12

Dari perhitungan pada titik BH-12 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.20 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 1 m sampai lapisan 10 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai SF pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

m. Titik BH-13

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-13 dapat dilihat pada Tabel 5.56, Tabel 5.57, Tabel 5.58, dan Gambar 5.21 berikut ini.

Tabel 5.56 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-13

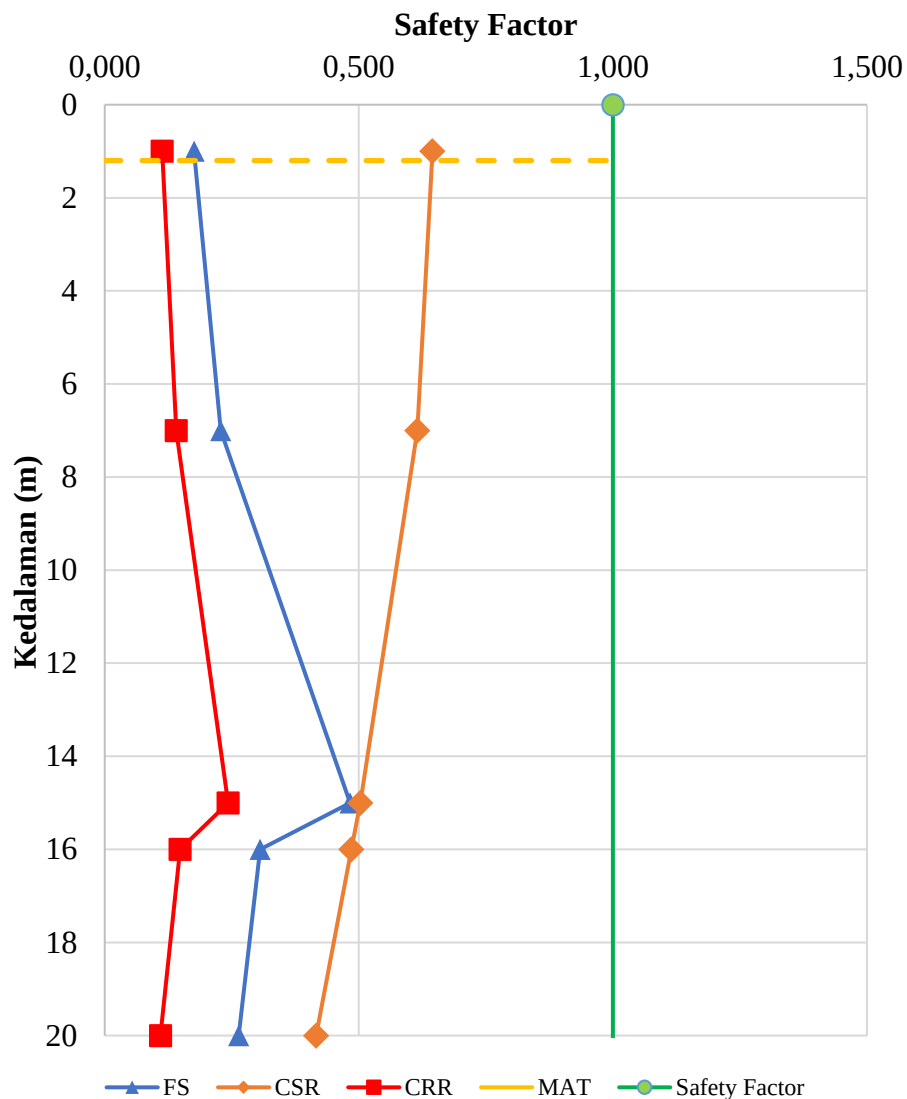
Lapisan	Kedalaman (h)	Beda Tinggi	Jenis Tanah	PGA	rd	γ	Tegangan Total σ	Tekanan Pori (U)	Tegangan Efektif σ'	σ/σ'	CSR
	m	m		g		(kN/m ³)	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		
1	1	1	Pasir kasar kerikil	1	0,992	14,400	14,4	0	14,400	1	0,645
2	7	6	Pasir kasar	1	0,946	14,632	116,821	0	116,821	1	0,615
3	15	8	Pasir halus	1	0,774	23,000	461,821	0	461,821	1	0,503
4	16	1	Pasir kasar	1	0,747	23	829,821	0	829,821	1	0,485
5	20	4	Pasir halus	1	0,64	23	1289,821	0	1289,821	1	0,416

Tabel 5.57 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-13

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N- SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m			Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	1	1	Pasir kasar kerikil	6	1,637	1,3	1	0,75	1	9,576	10,028	0,113
2	7	6	Pasir kasar	14	0,929	1,3	1	0,75	1	12,680	13,005	0,141
3	15	8	Pasir halus	60	0,378	1,3	1	0,75	1	22,120	22,054	0,243
4	16	1	Pasir kasar	60	0,232	1,3	1	0,75	1	13,550	13,838	0,149
5	20	4	Pasir halus	60	0,156	1,3	1	0,75	1	9,129	9,600	0,110

Tabel 5.58 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Titik BH-13

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	1	1	Pasir kasar kerikil	0,645	0,113	0,176	Berpotensi Likuifaksi
2	7	6	Pasir kasar	0,615	0,141	0,229	Berpotensi Likuifaksi
3	15	8	Pasir halus	0,503	0,243	0,483	Berpotensi Likuifaksi
4	16	1	Pasir kasar	0,485	0,149	0,306	Berpotensi Likuifaksi
5	20	4	Pasir halus	0,416	0,110	0,263	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.21 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-13

Dari perhitungan pada titik BH-13 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.21 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 1 m sampai lapisan 5 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai *SF* pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

n. Titik BH-14

Hasil perhitungan potensi likuifaksi di titik BH-14 dapat dilihat pada Tabel 5.59, Tabel 5.60, Tabel 5.61, dan Gambar 5.22 berikut ini.

Tabel 5.59 Hasil Perhitungan CSR Titik BH-14

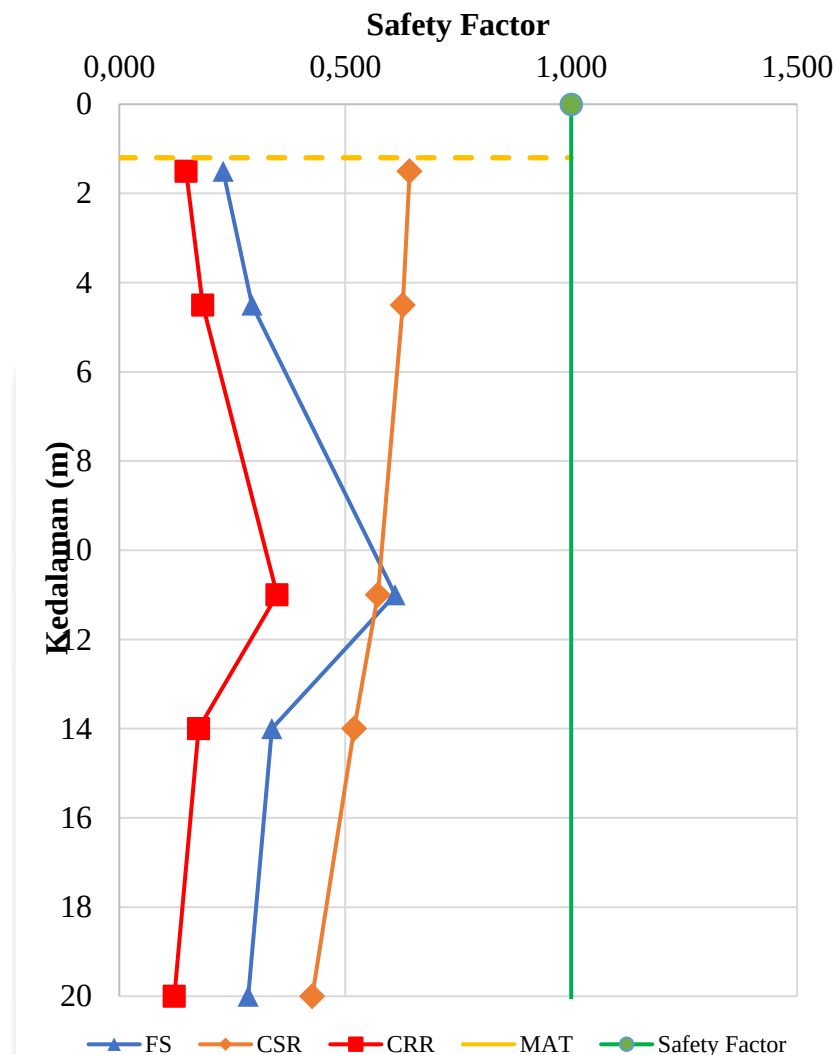
Lapisan	Kedalaman (h) m	Beda Tinggi m	Jenis Tanah	PGA g	rd	γ (kN/m ³)	Tegangan Total σ kN/m ²	Tekanan Pori (U) kN/m ²	Tegangan Efektif σ' kN/m ²	σ/σ'	CSR
1	1,5	1,5	Pasir kasar	1	0,989	15,600	23,4	0	23,400	1	0,643
2	4,5	3	Pasir halus	1	0,966	15,263	92,084	0	92,084	1	0,628
3	11	6,5	Pasir kasar	1	0,880	23	345,084	0	345,084	1	0,572
4	14	3	Pasir halus	1	0,800	23	667,084	0	667,084	1	0,520
5	20	6	Pasir kasar	1	0,64	23	1127,084	29,43	1097,654	1,027	0,427

Tabel 5.60 Hasil Perhitungan CRR Titik BH-14

Lapisan	Kedalaman m	Beda Tinggi m	Jenis Tanah	N- SPT	Faktor Koreksi					(N1)60	(N1)60cs	CRR
					Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	1,5	1,5	Pasir kasar	9	1,534	1,3	1	0,75	1	13,462	13,754	0,148
2	4,5	3	Pasir halus	17	1,037	1,3	1	0,75	1	17,194	17,331	0,184
3	11	6,5	Pasir kasar	60	0,473	1,3	1	0,75	1	27,672	27,377	0,349
4	14	3	Pasir halus	60	0,280	1,3	1	0,75	1	16,351	16,524	0,176
5	20	6	Pasir kasar	60	0,181	1,3	1	0,75	1	10,570	10,981	0,122

Tabel 5.61 Hasil Analisis Potensi Likuifkasi Titik BH-14

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	1,5	1,5	Pasir kasar	0,643	0,148	0,230	Berpotensi Likuifaksi
2	4,5	3	Pasir halus	0,628	0,184	0,294	Berpotensi Likuifaksi
3	11	6,5	Pasir kasar	0,572	0,349	0,610	Berpotensi Likuifaksi
4	14	3	Pasir halus	0,520	0,176	0,338	Berpotensi Likuifaksi
5	20	6	Pasir kasar	0,427	0,122	0,285	Berpotensi Likuifaksi



Gambar 5.22 Grafik Potensi Likuifaksi Titik BH-14

Dari perhitungan pada titik BH-14 diperoleh hasil grafik pada Gambar 5.22 diatas yang terdiri dari nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuifaksi atau tidak, bahwa jika nilai $SF < 1$ maka terjadi likuifaksi, $SF = 1$ maka dalam kondisi kritis, dan $SF > 1$ tidak terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada semua lapisan tanah yaitu dari lapisan 1 di kedalaman 1,5 m sampai lapisan 5 di kedalaman 40 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan nilai SF pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* = 1.

5.3 Hubungan CRR dan C_u

Dalam hal ini penulis bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh koefisien keseragaman (C_u) terhadap nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio*).

5.3.1 Hubungan CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) dan C_u

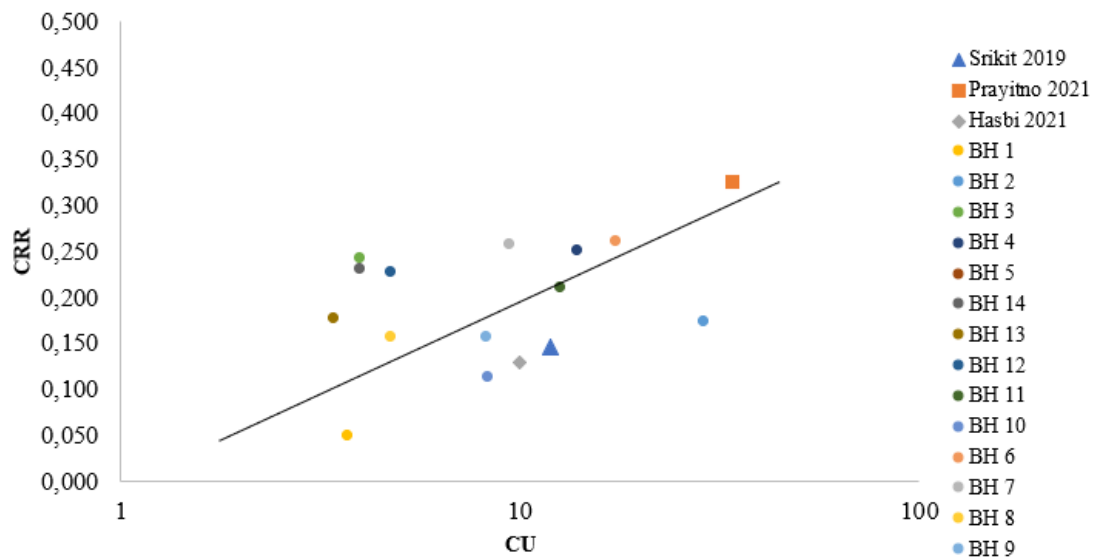
Data nilai C_u dan CRR dapat dilihat pada Tabel 5.62 berikut.

Tabel 5.62 Rekapitulasi Nilai C_u dan CRR

Peneliti	Daerah	Kedalaman	CRR	C_u
Srikit 2019	Palihan	3	0,145	11,9
Prayitno 2021	Wirejo	2,5	0,325	33,846
Hasbi 2021	Kalidengen	4	0,129	10
BH 1	Parangtritis	2,5	0,049	3,71517
BH 2	Parangtritis	2,5	0,172	29
BH 3	Parangtritis	2,5	0,241	4
BH 4	Parangtritis	2,5	0,25	14
BH 5	Parangtritis	2,5	1,252	4,75
BH 6	Parangtritis	4,5	0,26	17,46032
BH 7	Parangtritis	4,5	0,257	9,428571
BH 8	Parangtritis	2,5	0,157	4,75
BH 9	Parangtritis	4	0,156	8,25
BH 10	Parangtritis	2,5	0,112	8,363636
BH 11	Parangtritis	2,5	0,21	12,66667
BH 12	Parangtritis	4	0,227	4,775
BH 13	Parangtritis	2,5	0,176	3,4375
BH 14	Parangtritis	2,5	0,23	4

5.3.2 Grafik Hubungan CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) dan C_u

Untuk menyelidiki adanya pengaruh nilai *Cyclic Resistance Ratio* (C_{RR}) terhadap koefisien gradasi (C_u) maka dibuat grafik hubungan antarannya keduanya yang dapat dilihat pada Gambar 5.24 dibawah ini.



Gambar 5.24 Grafik Hubungan Nilai C_{RR} dengan Nilai C_u

Berdasarkan hubungan antara Koefisien Keseragaman (C_u) dan *Cyclic Resistance Ratio* (C_{RR}) dari Gambar 5.24 diatas diperoleh kesimpulan bahwa besarnya nilai koefisien keseragaman (C_u) berpengaruh terhadap besarnya nilai C_{RR} (*Cyclic Resistance Ratio*). Dimana jika trend nilai C_u semakin besar maka nilai C_{RR} akan semakin meningkat, menunjukkan bahwa tanah semakin kuat untuk menahan beban *cyclic* yang dihasilkan dari gempa sehingga tanah tidak berpotensi likuifaksi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis potensi likuifaksi berdasarkan distribusi ukuran butiran tanah dan data SPT pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Potensi likuifaksi dari hasil uji distribusi butir tanah berdasarkan nilai koefisien keseragaman (C_u) diperoleh hasil bahwa pada Wilayah Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 ini berpotensi terhadap likuifaksi.
2. Potensi likuifaksi menurut kurva Tsuchida (1970) diperoleh kesimpulan bahwa Wilayah Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 ini masuk kedalam zona yang berpotensi tinggi mengalami likuifaksi.
3. Dari hasil perhitungan berdasarkan data SPT pada Proyek Pembangunan Jembatan Kretek 2 Bantul, Yogyakarta diperoleh hasil bahwa semua titik *Bore Hole* berpotensi likuifaksi dari lapisan pertama sampai dengan lapisan terakhir.
4. Berdasarkan hubungan antara Koefisien Keseragaman (C_u) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) diperoleh kesimpulan bahwa apabila nilai koefisien keseragaman (C_u) semakin besar maka nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) akan semakin meningkat menunjukkan bahwa tanah semakin kuat untuk menahan beban *cyclic* yang dihasilkan dari gempa sehingga tanah tidak berpotensi likuifaksi.

6.2 Saran

Dari hasil analisis diatas berikut merupakan saran yang dapat diberikan penulis.

1. Likuifaksi terjadi pada tanah begradasi buruk yang menerima beban siklik, maka dari itu untuk meminimalisis terjadinya likuifaksi dapat dilakukan stabilisasi tanah seperti penggantian agregat dasar pada tanah, menambahkan bahan pada kedalaman tertentu serta bisa menggunakan *stone column* (tiang batu).

2. Pada analisis perbandingan *Cyclic Resistance Ratio* (C_{RR}) dengan koefisien gradasi C_U dapat dikembangkan dengan menambahkan perhitungan nilai *fines content* (F_s) untuk mendapatkan hasil yang optimal.
3. Analisis likuifaksi bisa dikembangkan dengan menggunakan metode yang lain sehingga dapat dibandingkan dengan metode pada analisis ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, I. W., Feranie, S., & Tohari, A. (2020). Analisis potensi likuifaksi di wilayah Cekungan Bandung dengan menggunakan metode uji penetrasi konus. *Ris. Geo. Tam*, 30(1), 21-37.
- Artati, H. K., Pawirodikromo, W., & Purwanto, E. (2020). Analisis Potensi Likuifaksi pada Pasir Vulkanik di Pantai Glagah Kulonprogo Berdasarkan Data N-SPT. *Jurnal Teknisia*, 108-120.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2019. Jakarta, Standar Nasional Indonesia
- Budi, G. S. (2011). Pengujian Tanah di Laboraturium. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Boulanger, R.W dan Idriss. 2014. *CPT and SPT Based Liquefaction Triggering Procedure*. California, USA.
- Day, Robert W. (2001). *Geotechnical Earthquake Engineering Handbook*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Farichah, H. (2019). Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Deterministik di Wilayah Surabaya. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 4(1), 68-76.
- Hakam, A., & Darjanto, H. (2013). Penelusuran Potensi Likuifaksi Pantai Padang Berdasarkan Gradasi Butiran dan Tahanan Penetrasi Standar. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 20(1), 33-38.
- Hasbi, Y. (2021). Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Spt Dan Cpt (*Liquifaction Potential Analysis Based On Spt And Cpt Data*) (Studi Kasus Pembangunan Jalur Ka Bandara New Yogyakarta International Airport)
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Mekanika tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

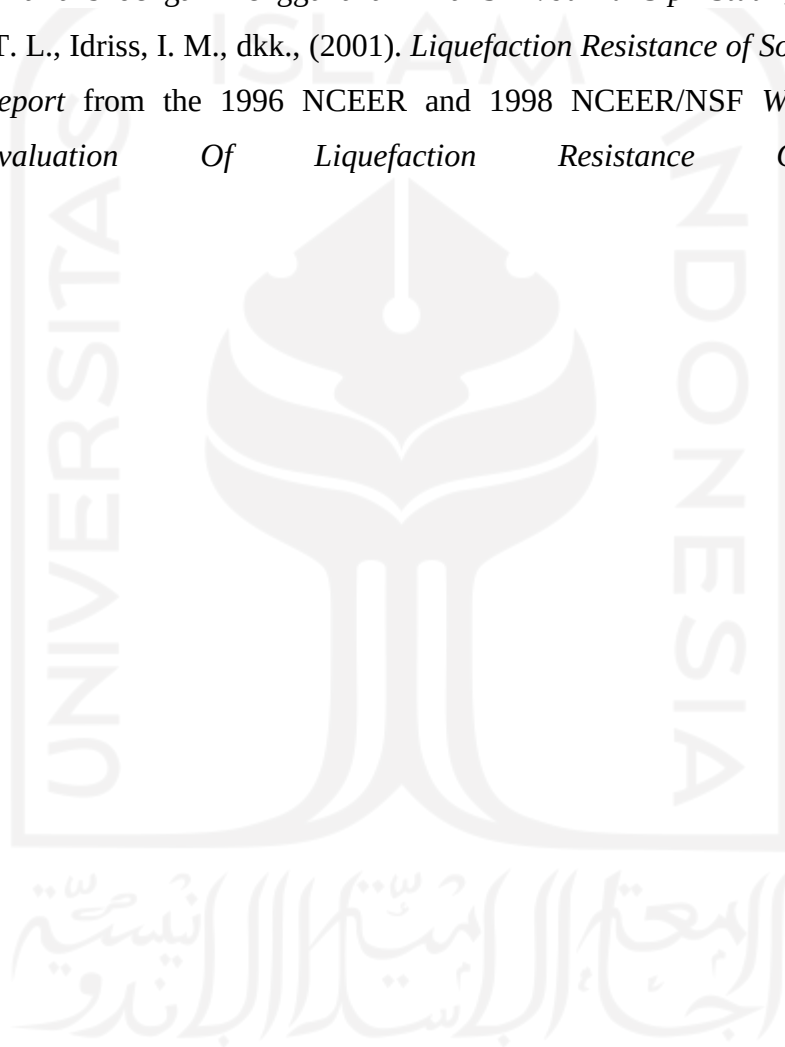
- Monkul, M. M., Kendir, S. B., & Tütüncü, Y. E. (2021). *Combined effect of fines content and uniformity coefficient on cyclic liquefaction resistance of silty sands. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 151*, 106999.
- Meteorologi, B. Klimatologi dan Geofisika. (2019). Data Online, Pusat Database BMKG.
- Nurbani, G. (2019). Ta: Analisis Potensi Likuifaksi Pada Tanah Pasir Akibat Beban Gempa Studi Kasus Mataram Nusa Tenggara Barat (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional).
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*, Cetakan I. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Prayitno, D. P., & Artati, H. K. (2021). Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir Tanah dan Data Cone Penetration Test (CPT). *Media Komunikasi Teknik Sipil, 27*(2), 242-249.
- Rizka Amalia Lestari (2018). Analisis Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Menggunakan Data SPT (Standar Penetration Test) Dan CPT (Cone Penetration Test), Studi Kasus Pembangunan New Yogyakarta International Airport (NYIA) di Kulon Progo, Desa Glagah dan Desa Palihan, Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
- Saut, P. O. S. (2015). Percobaan Potensi Likuifaksi Pada Tanah Pasir Seragam Dengan Permodelan Alat Di Laboratorium (Doctoral dissertation, UPT. Perpustakaan Unand).
- Srikit (2019). Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir Dan Data N-SPT. Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
- Standar Nasional Indonesia. (2008). Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah. SNI 3423. Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT. SNI 4153. Badan Standarisasi Nasional.
- Tohari, A., & Iryanti, M. (2017). Analisis Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Menggunakan Metode SPT (*Standar Penetration Test*) Dan Cpt (*Cone*

Penetration Test) Di Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *Wahana Fisika*, 2(1), 8-27.

Tandaju, C. A. V., Manoppo, F. J., & Ticoh, J. H. (2019). Analisis Potensi Likuifaksi (Studi Kasus: Pltu Area Gorontalo). *Jurnal Sipil Statik*, 7(9).

Warouw, A. G. D., Manoppo, F. J., & Rondonuwu, S. G. (2019). Analisis Potensi Likuifaksi dengan Menggunakan Nilai SPT. *Jurnal Sipil Statik*, 7(11)

Youd, T. L., Idriss, I. M., dkk., (2001). *Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops On Evaluation Of Liquefaction Resistance Of Soils.*



Daftar Lampiran

Lampiran 1 Alat Uji Analisa Saringan

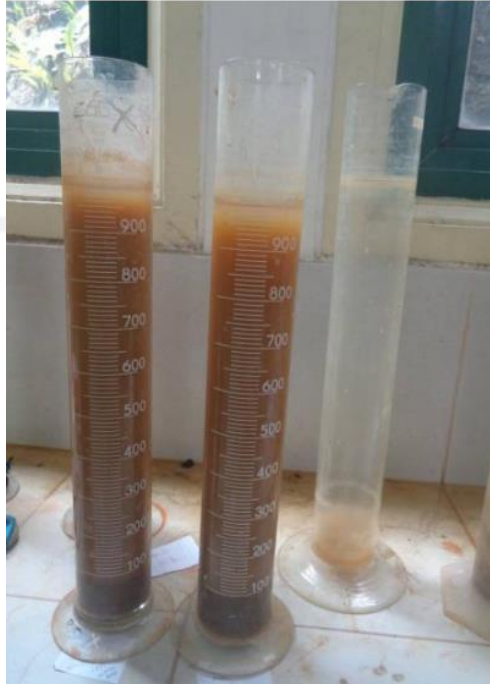


Gambar L1.1 Saringan



Gambar L1.2 Timbangan

Lampiran 2 Alat Uji Analisa Hidrometer



Gambar L2.1 Tabung Gelas Ukur



Gambar L2.2 Termometer



Gambar L2.3 Hidrometer



Gambar L2.4 Reagen

Lampiran 3 Lokasi Titik Pengujian SPT





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN
ASTM D 422-72

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
Dikerjakan : Dinda Kristina
Tanggal : September 2022
Sample : Tanah Asli Parangtritis

No. Saringan	Diamater Saringan	Persentase Lolos Sampel 1	Persentase Lolos Sampel 2	Persentase Lolos Rata-rata
	mm	%	%	%
4	4,475	99,682	99,88	99,781
10	2	99,298	99,648	99,473
20	0,85	98,908	99,122	99,015
40	0,425	65,226	83,38	74,303
60	0,25	20,846	30,44	25,643
140	0,106	1,28	1,068	1,174
200	0,075	0,754	0,492	0,623
Pan		0	0	0

Mengetahui,

Kepala Lab. Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozaq, S.T., M.Eng

Yogyakarta ... September 2022

Peneliti

Dinda Kristina



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN
ASTM D 422-72

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
Dikerjakan : Dinda Kristina
Tanggal : September 2022
Sample : Tanah Asli Tirtohargo

No. Saringan	Diamater Saringan	Persentase Lolos Sampel 1	Persentase Lolos Sampel 2	Persentase Lolos Rata-rata
	mm	%	%	%
4	4,475	88,218	90,26	89,239
10	2	79,486	80,902	80,194
20	0,85	60,024	59,918	59,971
40	0,425	25,226	23,968	24,597
60	0,25	9,572	8,288	8,93
140	0,106	1,004	0,836	0,92
200	0,075	0,478	0,438	0,458
Pan		0	0	0

Mengetahui,

Kepala Lab. Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurrozaq, S.T., M.Eng

Yogyakarta ... September 2022

Peneliti

Dinda Kristina



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER
ASTM D 421-72

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
Dikerjakan : Dinda Kristina
Tanggal : September 2022
Sample : Tanah Asli Parangtritis

Diameter Butiran Sampel 1	Diameter Butiran Sampel 2	Diameter Butiran Rata-rata	Persentase Tanah Lolos Sampel 1	Persentase Tanah Lolos Sampel 2	Persentase Tanah Lolos Rata-rata
D	D	D			
mm	mm	mm	%	%	%
0	0	0	0,5138	0,5885	0,5511
0,0288	0,0321	0,0304	0,4267	0,2401	0,3334
0,0205	0,0209	0,0207	0,2152	0,1779	0,1966
0,0090	0,0090	0,0090	0,0659	0,0535	0,0597
0,0064	0,0064	0,0064	0,0535	0,0286	0,0411
0,0032	0,0032	0,0032	0,0162	0,0037	0,0100
0,0013	0,0013	0,0013	0,0037	0,0000	0,0019

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurzak, S.T., M.Eng

Yogyakarta ... September 2022

Peneliti

Dinda Kristina



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER
ASTM D 421-72

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
Dikerjakan : Dinda Kristina
Tanggal : September 2022
Sample : Tanah Asli Parangtritis

Diameter Butiran Sampel 1	Diameter Butiran Sampel 2	Diameter Butiran Rata-rata	Persentase Tanah Lolos Sampel 1	Persentase Tanah Lolos Sampel 2	Persentase Tanah Lolos Rata-rata
D	D	D			
mm	mm	mm	%	%	%
0,0000	0	0	0,3888	0,4046	0,3967
0,0309	0,02988	0,0304	0,1917	0,2311	0,2114
0,0207	0,02012	0,0204	0,1207	0,1601	0,1404
0,0090	0,00884	0,0089	0,0418	0,0655	0,0536
0,0064	0,00638	0,0064	0,0260	0,0339	0,0300
0,0032	0,00315	0,0032	0,0103	0,0181	0,0142
0,0013	0,00133	0,0013	0,0024	0,0000	0,0012

Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng

Yogyakarta ... September 2022

Peneliti

Dinda Kristina

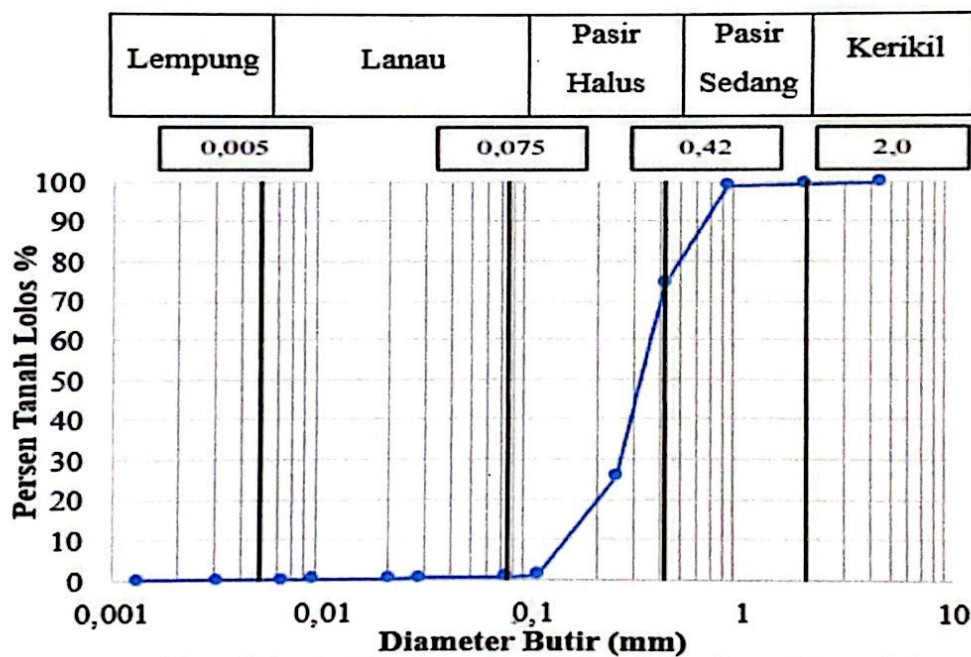


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**GRAFIK DISRIBUSI BUTIRAN
TANAH ASLI**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
Dikerjakan : Dinda Kristina
Tanggal : September 2022
Sample : Tanah Asli Parangtritis



Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng

Yogyakarta ... September 2022

Peneliti

Dinda Kristina

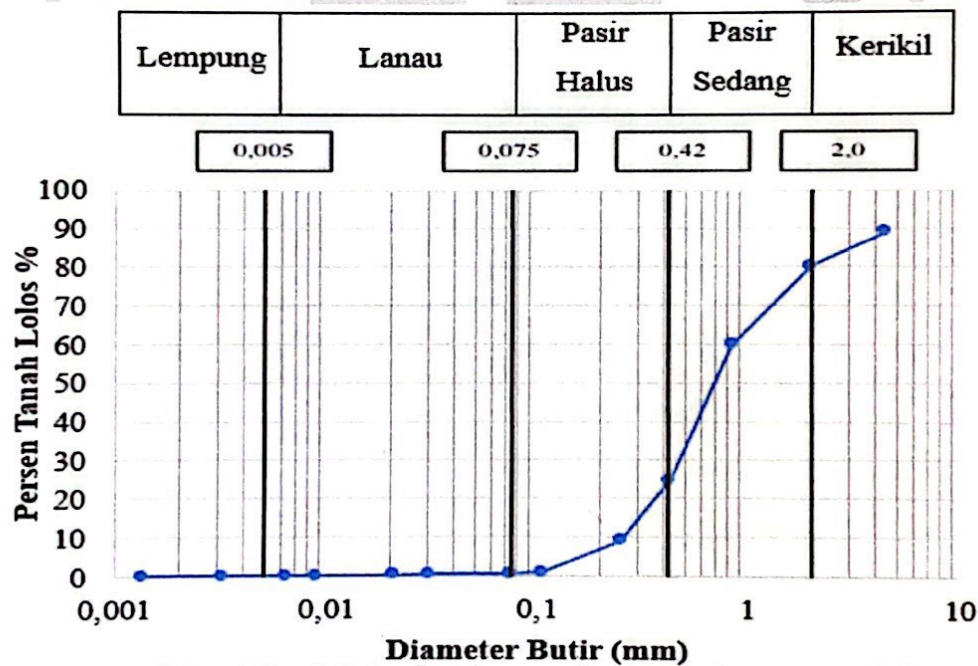


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jalan Kaliurang KM 14,5 Telp (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**GRAFIK DISRIBUSI BUTIRAN
TANAH ASLI**

Proyek : Tugas Akhir
Lokasi : Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
Dikerjakan : Dinda Kristina
Tanggal : September 2022
Sample : Tanah Asli Tirtohargo



Mengetahui,
Kepala Lab. Mekanika Tanah

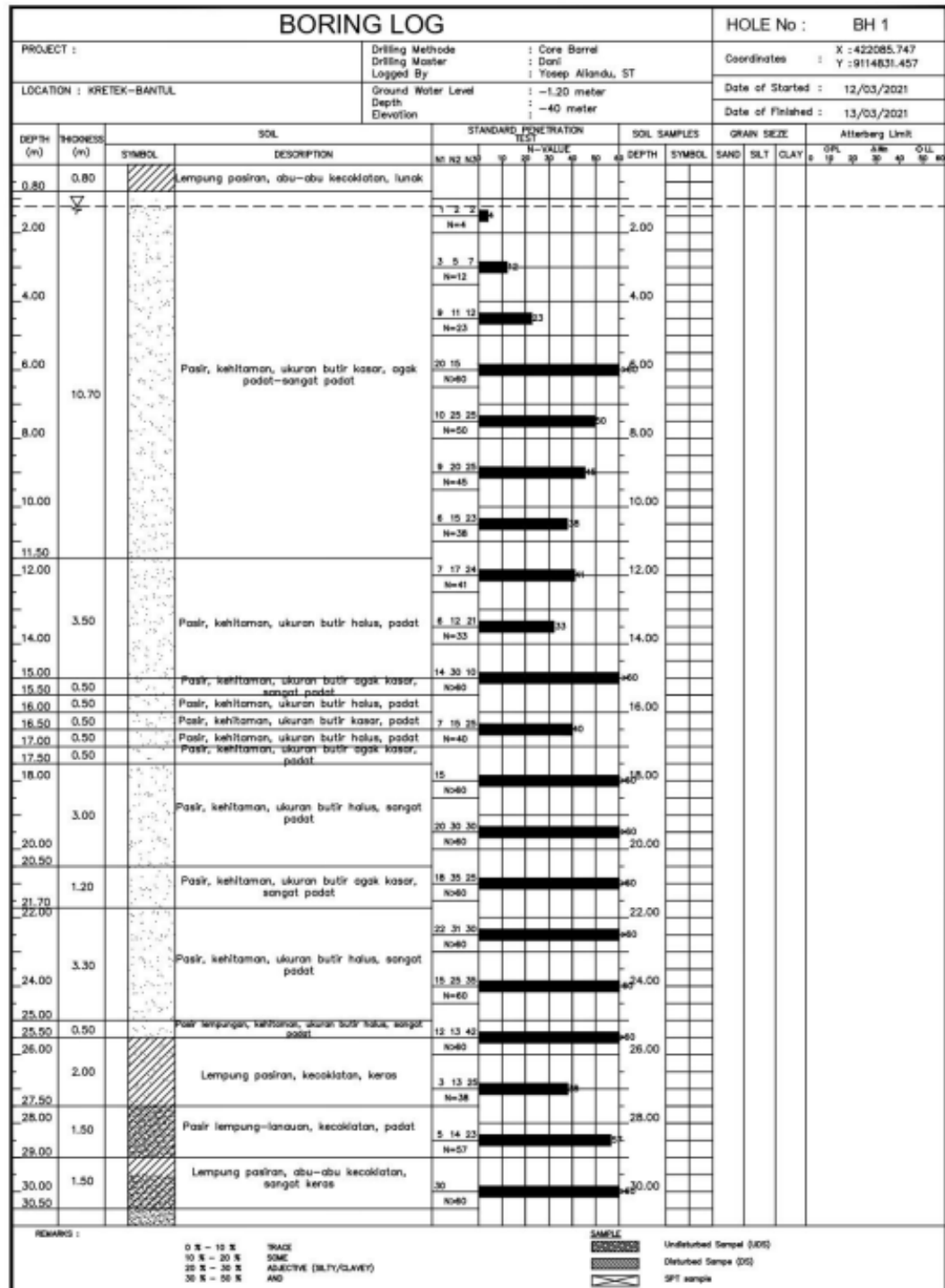
Muhammad Rifqi Abdurozak, S.T., M.Eng

Yogyakarta ... September 2022

Peneliti

Dinda Kristina

Lampiran 5 Data Standard Penetration Test (SPT)



BORING LOG										HOLE No : BH 1									
PROJECT :				Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 422085.747													
				Drilling Master : Dani		Y : 9114831.457													
LOCATION : KRETEK-BANTUL				Logged By : Yosep Alandu, ST		Date of Started : 12/03/2021													
				Ground Water Level : -1.20 meter		Date of Finished : 13/03/2021													
				Depth : -40 meter															
				Elevation :															
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST					SOIL SAMPLES		GRAIN SIZE			Atterberg Limit					
				15	20	25	30	35	40	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	LL	PL	LI	OH	
31.50	1.50		Peat lempungan, kecoklatan, sangat padat																
32.00	0.50		Lempung pasir, abu-abu kecoklatan, keras	20	25	30				32.00									
32.50	0.50		Peat lempungan, abu-abu kecoklatan, uk. but. kasar, padat																
33.00	0.50		Lempung pasir, kecoklatan, uk. but. kasar-kerkil, keras	15	20	25													
34.00				N=50						34.00									
34.00	3.00		Lempung sedikit pasir, abu-abu gelap-terang, uk. but. halus, keras	15	20	25													
36.00				N=46						36.00									
36.50	0.50		Peat lempungan, kecoklatan, uk. but. halus, padat	16	20	24													
38.00				N=44						38.00									
38.00	3.50		Lempung sedikit pasir, abu-abu sampai kecoklatan, uk. but. halus, keras	13	22	25													
40.00				N=47						40.00									
40.00				15	21	25													
40.00				N=47															
40.00			End of Drilling																
42.00										42.00									
44.00										44.00									
46.00										46.00									
48.00										48.00									
50.00										50.00									
52.00										52.00									
54.00										54.00									
56.00										56.00									
58.00										58.00									
60.00										60.00									

REMARKS :

0 % - 10 % TRACE

10 % - 20 % SOME

20 % - 30 % ABUNDANT (SILTY/CLAYEY)

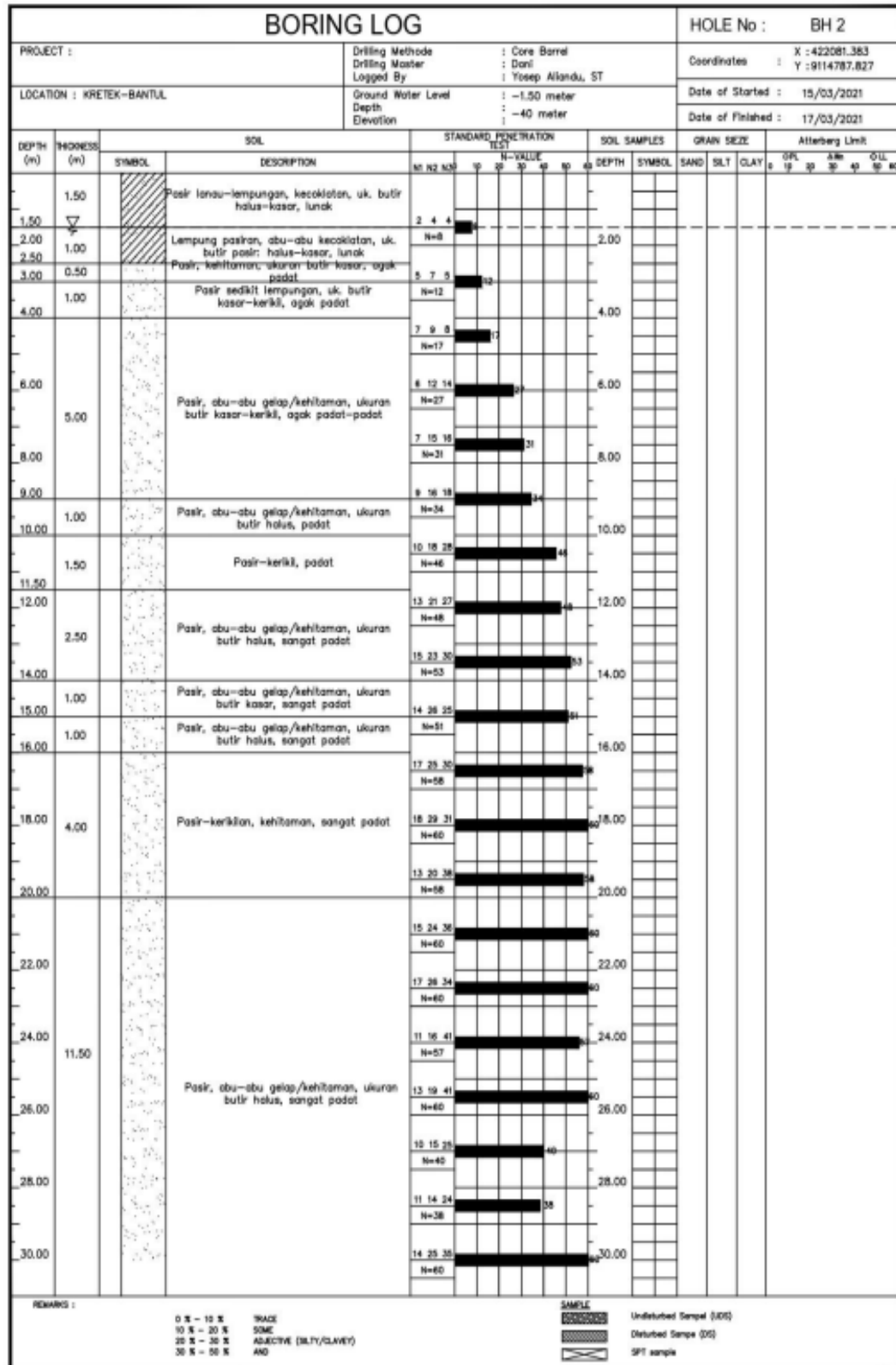
30 % - 50 % AND

SAMPLE

Undisturbed Sample (URS)

Disturbed Sample (DS)

SPT sample



BORING LOG										HOLE No : BH 2										
PROJECT :				Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 422081.383 Y : 9114787.827														
LOCATION : KRETEK-BANTUL				Drilling Master : Dani		Date of Started : 15/03/2021														
				Logged By : Yosep Alkandu, ST		Date of Finished : 17/03/2021														
				Ground Water Level : -1.50 meter																
				Depth Elevation : -40 meter																
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST					DEPTH	SYMBOL	GRAIN SIZE			Atterberg Limit						
				10	20	30	40	50			SAND	SILT	CLAY	LI	PL	SH	WL	SH	LL	
31.50			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir halus, sangat padat	13	27	33			32.00											
32.00	0.50		Pasir, abu-abu gelap, ukuran butir kasar, sangat padat	N=60					32.50											
32.50	0.50		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, uk. butir halus, sangat padat						33.00											
33.00	0.50		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, uk. butir kasar, sangat padat	15	29	31			34.00											
34.00	2.00		Pasir lempungan, abu-abu gelap, uk. butir halus, sangat keras	N=60					35.00											
35.00				28	35				36.00											
36.00				12	24	26			37.00											
37.00				N=60					38.00											
38.00	5.00		Lempung sedikit pasir, abu-abu kehijauan-kecoklatan, sangat keras, uk. butir pasir: halus	9	15	20			39.00											
39.00				N=45					40.00											
40.00				11	18	21														
				N=49																
			End of Drilling																	
42.00									42.00											
44.00									44.00											
46.00									46.00											
48.00									48.00											
50.00									50.00											
52.00									52.00											
54.00									54.00											
56.00									56.00											
58.00									58.00											
60.00									60.00											
REMARKS :				<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>0 % - 10 % TRACE</p> <p>10 % - 20 % SOME</p> <p>20 % - 30 % ABUNDANT (SILTY/CLAYEY)</p> <p>30 % - 50 % AND</p> </div> <div> <p> Undisturbed Sample (SDS)</p> <p> Disturbed Sample (DS)</p> <p> SPT sample</p> </div> </div>																

BORING LOG										HOLE No : 1 BH 3					
PROJECT : JEMBATAN KRETEK 2				Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 422104.084									
				Drilling Master : DAPE		Y : 9114708.224									
LOCATION : SUNGAI KALI OPAK				Logged By : Yosep Alandu, ST		Date of Started : 28/03/2021									
				Ground Water Level : -1.30 meter		Date of Finished : 29/03/2021									
				Depth Elevation : -40.00 meter											
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST				SOIL SAMPLES		GRAIN SIZE			Atterberg Limit		
		SYMBOL	DESCRIPTION	M1	M2	N63	N-VALUE	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	LL	PL	SH
1.00															
2.00	4.00		Pasir, abu abu gelap, ukuran butir kasar, agak padat	5	8	18	N=18	2.00							
4.00				7	9	15	N=15	4.00							
6.00	2.00		Pasir, abu abu gelap, ukuran butir halus-sedang, agak padat	8	9	13	N=21	6.00							
8.00				11	14	15	N=29	8.00							
10.00	1.00		Pasir, abu abu gelap, ukuran butir halus	6	12	25	N=25	10.00							
12.00				10	13	23	N=36	12.00							
14.00	3.00		Pasir, abu abu gelap, ukuran butir halus-sedang, padat	5	15	30	N=45	14.00							
16.00				7	12	35	N=47	16.00							
18.00				11	19	33	N=51	18.00							
20.00	19.00		Pasir kerikil, kehitaman, ukuran butir kasar-sangat kasar, padat-sangat padat	12	14	35	N=49	20.00							
22.00				10	21	38	N=57	22.00							
24.00				13	18	41	N=59	24.00							
26.00				17	24	38	N=60	26.00							
28.00				16	21	30	N=51	28.00							
30.00				13	18	33	N=55	30.00							
32.00				16	17	23	N=40	32.00							
34.00				13	20	23	N=42	34.00							
36.00	14.00		Pasir abu-abu gelap, ukuran butir halus, padat	12	17	20	N=37	36.00							
38.00				14	16	23	N=39	38.00							
40.00				13	14	24	N=38	40.00							
REMARKS :										SAMPLE					
										Undisturbed Sample (SOS)					
										Disturbed Sample (DS)					
										SPT sample					

BORING LOG										HOLE No : 2 BH 3										
PROJECT : JEMBATAN KRETEK 2				Drilling Methode : Core Barrel Drilling Master : DAPE Logged By : Yosep Alandu, ST				Coordinates : X : 422104.084 Y : 9114708.224												
LOCATION : SUNGAI KALI OPAK				Ground Water Level : -1.30 meter Depth : -40.00 meter Elevation :				Date of Started : 28/03/2021 Date of Finished : 29/03/2021												
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST					SOIL SAMPLES		GRAIN SIZE		Atterberg Limit							
		SYMBOL	DESCRIPTION	NO	N2	N3	N-VALUE			DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	LIQ	PL	SH	CL		
32.00			Pasir Kerikil, abu-abu, ukuran butir kasar, padat	17	18	24	42			32.00										
	N=42																			
33.00				15	13	22	41			34.00										
	N=41																			
34.00				15	17	28	43			36.00										
	N=43																			
36.00	7.00			17	20	28	46			38.00										
		N=46																		
38.00				15	19	28	45			40.00										
		N=45																		
40.00				17	18	31	46													
		N=49																		
40.00			End of Drilling																	
42.00																				
44.00																				
46.00																				
48.00																				
50.00																				
52.00																				
54.00																				
56.00																				
58.00																				
60.00																				

REMARKS :

0 % - 10 % GRADE
10 % - 20 % SOME
20 % - 30 % ADJECTIVE (SILTY/CLAYEY)
30 % - 50 % AND

SAMPLE

Undisturbed Sample (US)
 Disturbed Sample (DS)
 SPT sample

BORING LOG										HOLE No : 2 BH 4																					
PROJECT : JEMBATAN KRETEK 2				Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 422100.243 Y : 9114703.674																									
				Drilling Master : IKM																											
				Logged By : Yosep Alkandu, ST																											
LOCATION : SUNGAI KALI OPAK				Ground Water Level : -1.00 meter		Date of Started : 22/03/2021																									
				Depth : -40.00 meter		Date of Finished : 23/03/2021																									
				Elevation :																											
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST					SOIL SAMPLES		GRAIN SEIZE		Atterberg Limit																		
		SYMBOL	DESCRIPTION	N1	N2	N3	10	20	30	40	50	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	SP	LL	PL	SH	OH										
32.00	15.00		Pasir, kehitaman, ukuran butir sedang-kasar, padat	15	17	25						32.00																			
N=42																															
33.00				11	16	21																	33.00								
N=37																															
34.00				8	15	20																	34.00								
N=35																															
36.00				12	17	22						36.00																			
N=39																															
38.00				15	18	24						38.00																			
N=42																															
40.00				8	17	25						40.00																			
N=47																															
40.00			End of Drilling									40.00																			
42.00												42.00																			
44.00												44.00																			
46.00												46.00																			
48.00												48.00																			
50.00												50.00																			
52.00												52.00																			
54.00												54.00																			
56.00												56.00																			
58.00												58.00																			
60.00												60.00																			

REMARKS :

0 % - 10 % GRADE

10 % - 20 % SOME

20 % - 30 % ADVECTIVE (SILT/CLAYEY)

30 % - 50 % AND

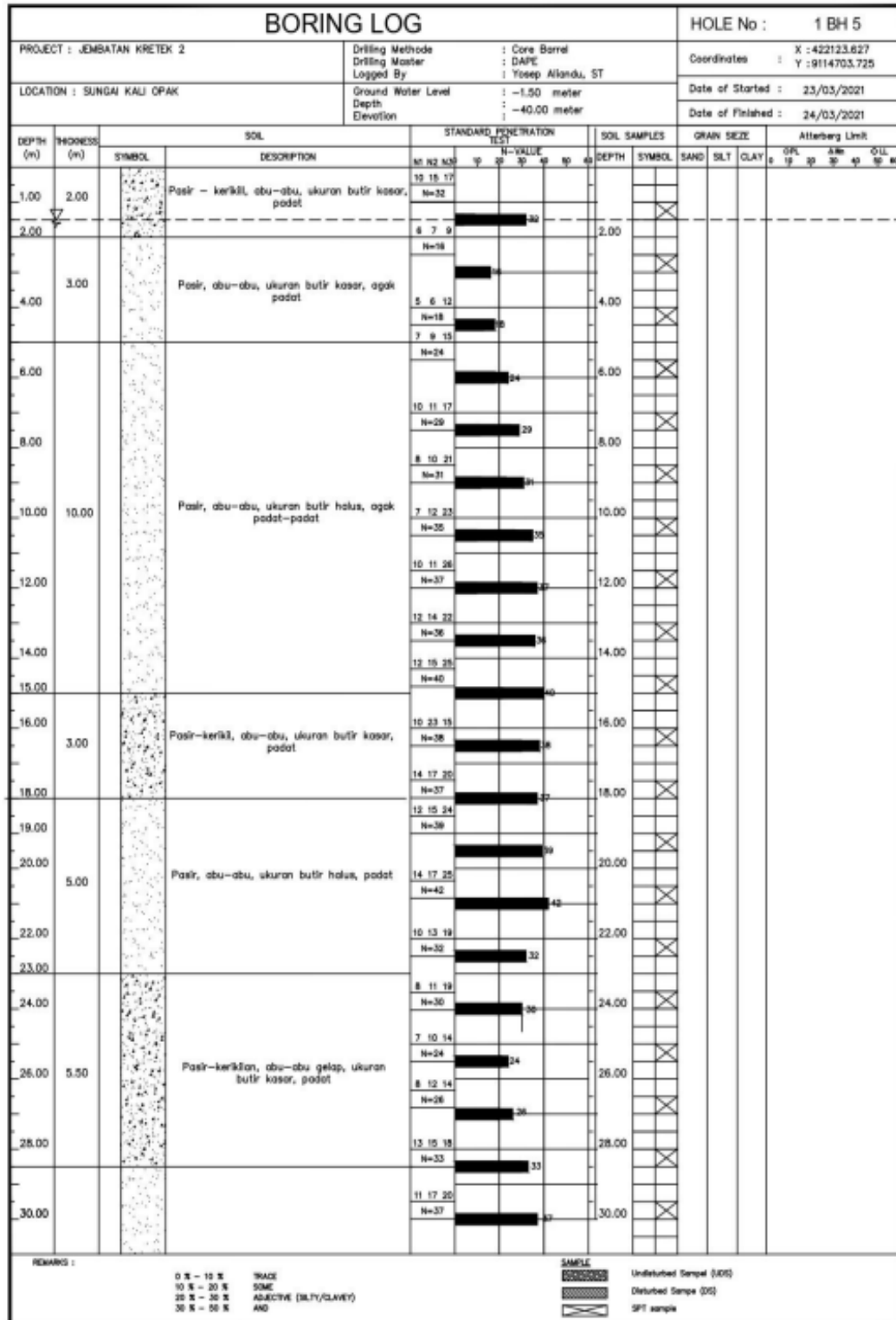
SAMPLE

Undisturbed Sample (UDS)

Disturbed Sample (DS)

SPT sample

2



BORING LOG										HOLE No : 2 BH 5																	
PROJECT : JEMBATAN KRETEK 2				Drilling Methode : Core Barrel Drilling Master : GAPE Logged By : Yosep Alandu, ST				Coordinates : X : 422123.627 Y : 9114703.725																			
LOCATION : SUNGAI KALI OPAK				Ground Water Level : -1.50 meter Depth : Elevation : -40.00 meter				Date of Started : 23/03/2021 Date of Finished : 24/03/2021																			
DEPTH (m)	BORENESS (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST						SOIL SAMPLES			GRAIN SIZE			Atterberg Limit											
		SYMBOL	DESCRIPTION	ft	N1	N2	N3	10	20	30	40	50	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	UPL	LL	PL	SH	CL	OL				
32.00	11.50		Pasir, abu-abu gelap, ukuran butir halus, padat	11	18	21																					
N=39																											
15				22	24																						
N=46																											
15				19	22																						
N = 41																											
16				20	23																						
N=45																											
15				22	27																						
N=49																											
38.00				17	23	27																					
				N=60																							
40.00																											
42.00			End of Drilling																								
44.00																											
46.00																											
48.00																											
50.00																											
52.00																											
54.00																											
56.00																											
58.00																											
60.00																											

REMARKS :

0 % - 10 % TRACE
10 % - 20 % SOME
20 % - 30 % ABUNDANT (SILT/CLAY)
30 % - 50 % AND

SAMPLE

Undisturbed Sample (UDS)
 Disturbed Sample (DS)
 SPT sample

BORING LOG										HOLE No : 1 BH 6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
PROJECT : JEMBATAN KRETEK 2				Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 421997.024		Y : 9115969.673																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
LOCATION : SUNGAI KALI OPAK				Drilling Master : Dani		Date of Started : 22/03/2021		Date of Finished : 24/03/2021																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				Logged By : Yosep Alandu, ST																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				Ground Water Level : -1.00 meter																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				Depth Elevation : -40.00 meter																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST							SOIL SAMPLES		GRAIN SIZE			Atterberg Limit																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		SYMBOL	DESCRIPTION	NO.	N2	N3	10	20	30	40	50	60	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	OPC	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL	SH	LL	PL

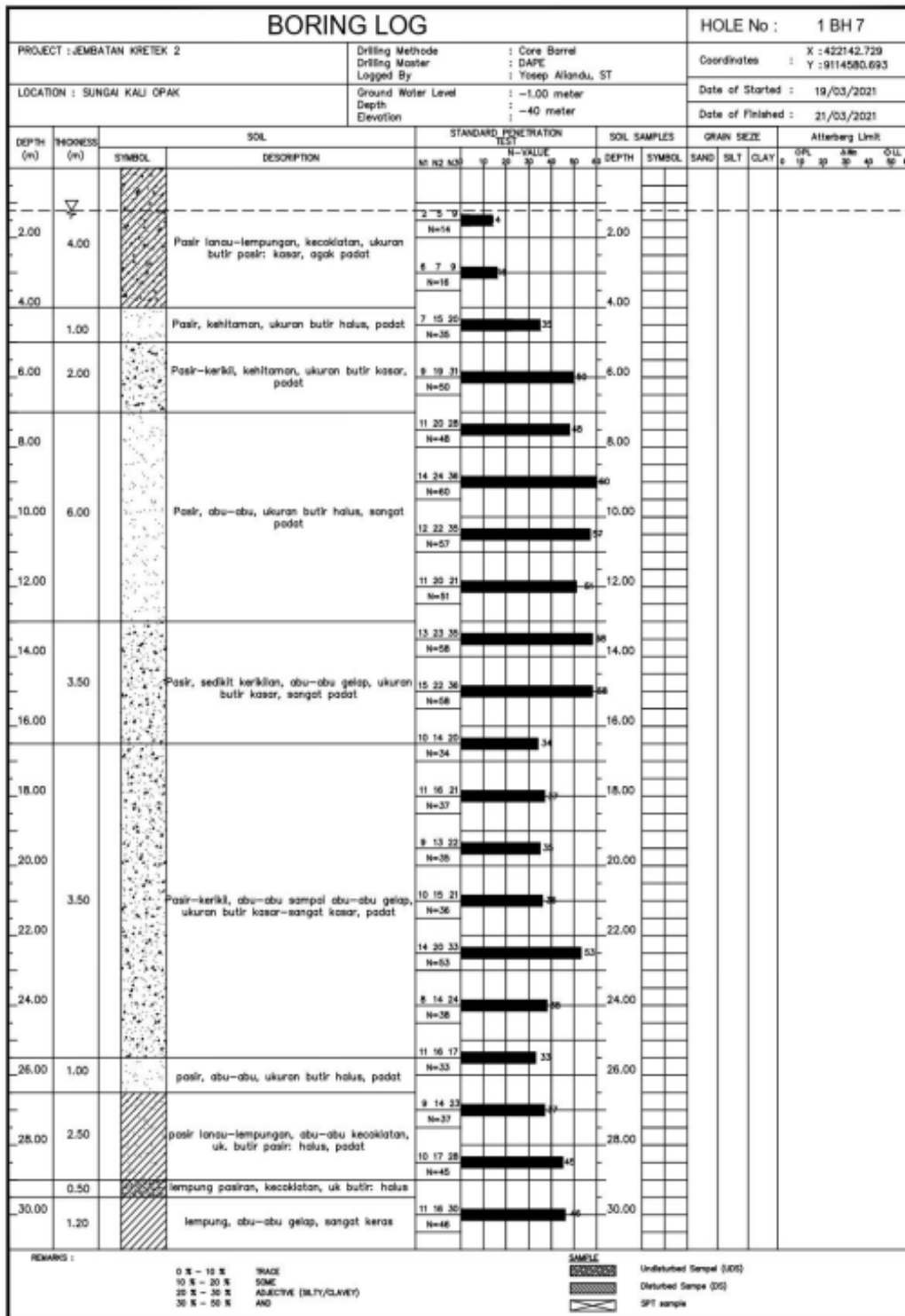
HOLE No : 2 BH 6

Coordinates	:	X : 421997.024 Y : 9115969.673
-------------	---	-----------------------------------

Date of Started : 22/03/2021

Date of Finished : 23/03/2021

2



BORING LOG											HOLE No : 2 BH 7							
PROJECT : JEMBATAN KRETEK 2				Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 422142.729				Y : 9114580.693								
LOCATION : SUNGAI KALI OPAK				Drilling Master : DAPE		Date of Started : 19/03/2021				Date of Finished : 21/03/2021								
				Logged By : Yosep Alandou, ST														
				Ground Water Level : -1.00 meter														
				Depth Elevation : -40 meter														
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST						SOIL SAMPLES		GRAIN SIZE			Atterberg Limit			
		SYMBOL	DESCRIPTION	N1	N2	N3	N-VALUE			DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	LL	PL	SH	
	0.30		lempung pasir, abu-abu gelap															
32.00	1.00		pasir, abu-abu gelap, ukuran butir halus, padat	13	19	31	50			32.00								
				N=50														
	1.00		pasir lempungan, abu-abu kecoklatan, uk. butir halus, padat	15	21	35	48											
				N=56														
34.00	2.50		pasir sedikit lempungan, abu-abu kecoklatan, ukuran butir halus, sangat padat	12	20	32	52			34.00								
				N=52														
36.00	2.00		pasir, abu-abu, ukuran butir halus, sangat padat	16	24	36	56			36.00								
				N=60														
38.00				14	21	35	59			38.00								
				N=59														
	2.50		pasir, abu-abu gelap, ukuran butir kasar, sangat padat	16	19	33	48											
				N=42						40.00								
40.00			End of Drilling															
42.00										42.00								
44.00										44.00								
46.00										46.00								
48.00										48.00								
50.00										50.00								
52.00										52.00								
54.00										54.00								
56.00										56.00								
58.00										58.00								
60.00										60.00								
REMARKS :																		
				0 % - 10 %	TRACE		SAMPLE				Undisturbed Sample (UDS)							
				10 % - 20 %	SOME													
				20 % - 30 %	ADACTIVE (SILT/CLAYEY)						Disturbed Sample (DS)							
				30 % - 50 %	AND						SPT sample							

BORING LOG										HOLE No : BH 8						
PROJECT :			Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 422138.053											
			Drilling Master : Dani		Y : 9114534.978											
LOCATION : KRETEK-BANTUL			Logged By : Yosep Alkandu, ST		Date of Started : 10/03/2021											
			Ground Water Level : -0.5 meter		Date of Finished : 11/03/2021											
			Depth : -40 meter													
			Elevation :													
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SYMBOL	DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				SOL SAMPLES		GRAIN SIZE			Atterberg Limit			
				N1	N2	N3	N-VALUE	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	OP	SH	LL	
1.00			Pasir lanau-lempungan, kecoklatan, uk. butir halus, lunak	3	3	5	N=8									
2.00	2.50		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, lepas	4	5	8	N=11									
3.50			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	25	35		N=60									
4.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	17	28	28	N=60									
6.00	5.50		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	20	35		N=60									
8.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	18	45		N=60									
9.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	40			N=60									
10.00	3.50		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	30	30		N=60									
12.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	4	14	23	N=37									
12.50			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	6	17	17	N=34									
14.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	7	12	28	N=36									
16.00	8.00		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	9	12	19	N=31									
18.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	5	16	18	N=33									
20.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	19	35		N=60									
20.50			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	22	34		N=60									
22.00	2.00		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	9	21	24	N=45									
22.50			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	13	19	20	N=36									
24.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	7	15	17	N=32									
26.00	10.50		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	12	14	24	N=36									
28.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	15	20	33	N=63									
30.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat													
REMARKS :																
				0 % - 10 % TRACE				SAMPLE				Undisturbed Sample (UDS)				
				10 % - 20 % SOME								Disturbed Sample (DS)				
				20 % - 30 % ABUTIVE (BUTY/CLAYEY)								SPT sample				
				30 % - 50 % AND												

BORING LOG										HOLE No : BH 8														
PROJECT :				Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 422138.053																		
LOCATION : KRETEK-BANTUL				Drilling Master : Dani		Y : 9114534.978																		
				Logged By : Yosep Alkandu, ST		Date of Started : 10/03/2021																		
				Ground Water Level : -0.5 meter		Date of Finished : 11/03/2021																		
				Depth : -40 meter																				
				Elevation :																				
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SYMBOL	DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST						SOIL SAMPLES	GRAIN SIZE			Atterberg Limit										
				N1	N2	N3	10	20	30	40	50	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	0 PL	LI	SH	CL				
32.00			Pasir, abu-abu gelap, ukuran butir halus, padat-sangat padat	13	23	30						32.00												
				N=58																				
33.00				10	20	25																		
				N=46																				
34.00			Pasir kasar, kerakal-kerakal, kehitaman, padat-sangat padat	15	17	20						34.00												
				N=37																				
36.00	7.00					14	25							36.00										
					N=60																			
38.00						21	30							38.00										
					N=60																			
40.00				14	25							40.00												
				N=60																				
			End of Drilling																					
42.00												42.00												
44.00												44.00												
46.00												46.00												
48.00												48.00												
50.00												50.00												
52.00												52.00												
54.00												54.00												
56.00												56.00												
58.00												58.00												
60.00												60.00												

REMARKS :

0 % - 10 % TRACE

10 % - 20 % SOME

20 % - 30 % ABUNDANT (SILTY/CLAYEY)

30 % - 50 % AND

SAMPLE

Undisturbed Sample (UDS)

Disturbed Sample (DS)

SPT sample

HOLE No : 1 BH 9

Drilling Methode	: Core Barrel
Drilling Master	: IKM
Logged By	: Yosep Alandu, ST

Date of Started : 15/03/2021

Ground Water Level	: -3.00 meter
Depth	: -40 meter
Elevation	:

Date of Started : 15/03/2021

Date of Finished : 20/03/2021

DEPTH (m)	MOONESS (m)	SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST											SOIL SAMPLES			GRAIN SIZE			Atterberg Limit						
				NO	N2	N3	10	20	30	40	50	60	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	OP	LI	PL	SH	CL	SH	CL			
2.00			Pasir, abu abu gelap, ukuran butir halus-sedang, padat	10	20	25								45	2.00												
4.00						15	25	30								60	4.00										
						10	17	18								30											
6.00	10.00					15	18	20								30	6.00										
						20	40	45								>60											
8.00			Pasir, abu abu, ukuran butir halus, padat																								
6.00						10	25	30								40	6.00										
8.00						10	23	28								52	8.00										
12.00			Pasir-kerikil, abu abu gelap/kahitaman, ukuran butir kasar-kerikil, padat-sangat padat	13	25	28								40	12.00												
14.00						13	24	28							50	14.00											
16.00						13	20	30							40	16.00											
18.00			Pasir-kerikil, abu abu gelap/kahitaman, ukuran butir kasar-kerikil, padat-sangat padat	3	7	17							24	18.00													
16.00						8	14	20						34	16.00												
20.00						10	17	24						41	20.00												
22.00			Pasir-kerikil, abu abu gelap/kahitaman, ukuran butir kasar-kerikil, padat-sangat padat	11	15	15						30	22.00														
24.00						13	15	18					33	24.00													
26.00						8	15	28					48	26.00													
28.00			Pasir, abu abu, ukuran butir halus-sedang, padat	12	17	27					44	28.00															
30.00						11	13	17				30	30.00														
30.00						13	16	20				36	30.00														
30.00			Pasir, abu abu, ukuran butir halus-sedang, padat	12	17	22				39	30.00																

REMARK :

0 % - 10 %

10 % - 20 %

20 % - 30 %

30 % - 50 %

TRACE

SOME

ABUNDANT (SILTY/CLAYEY)

AND

Undisturbed Sample (SOS)

Disturbed Sample (DS)

SPT sample

BORING LOG										HOLE No : 2 BH 9										
PROJECT : JEMBATAN KRETEK 2				Drilling Methode : Core Barrel Drilling Master : IKM Logged By : Yosep Alkandu, ST				Coordinates : X : 422161.806 Y : 9114498.234												
LOCATION : KRETEK-BANTUL				Ground Water Level : -3.00 meter Depth : -40 meter Elevation :				Date of Started : 15/03/2021 Date of Finished : 20/03/2021												
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST						SOIL SAMPLES		GRAIN SIZE			Atterberg Limit					
		SYMBOL	DESCRIPTION	N1	N2	N3	N-VALUE			DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	OPC	LL	PL			
32.00	3.50		Pasir, abu-abu, ukuran butir halus, padat	11	19	25	39			32.00										
				N=39																
				10	11	25	46													
34.00	6.50		Pasir, abu-abu gelap, ukuran butir halus-sedang, padat	14	15	26	41			34.00										
					N=41															
36.00																				
					13	17	28	48			36.00									
					N=43															
38.00				15	16	29	49			38.00										
				N=45																
40.00				19	18	21	48			40.00										
				N=43																
42.00			End of Drilling							42.00										
44.00										44.00										
46.00										46.00										
48.00										48.00										
50.00										50.00										
52.00										52.00										
54.00										54.00										
56.00										56.00										
58.00										58.00										
60.00										60.00										

REMARKS :

0 % - 10 % GRADE
10 % - 20 % SOME
20 % - 30 % ADJECTIVE (SILTY/CLAYEY)
30 % - 50 % AND

SAMPLE

Undisturbed Sample (U05)
 Disturbed Sample (D5)
 SPT sample

2

BORING LOG							HOLE No : BH 10									
PROJECT :			Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 421997.024											
			Drilling Master : Dani		Y : 9115969.673											
LOCATION : TIRTOHARJO-BANTUL			Ground Water Level : -1.00 meter		Date of Started : 02/03/2021											
			Depth : -40.00 meter		Date of Finished : 06/03/2021											
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST				SOIL SAMPLES			GRAIN SIZE			Atterberg Limit		
		SYMBOL	DESCRIPTION	N1	N2	N3	N-VALUE	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	LL	PI	LI	
1.00	1.00		Pasir lempungan, kecoklatan sampai abu-abu, uk. butir halus, lunak	2	2	2	N=6	2.00								
2.00	3.00		Pasir, kehitaman, ukuran butir kasar, sangat lepas	1	1	2	N=3	4.00								
4.00				7	5	6	N=11	6.00								
6.00	3.50		Pasir-kerikilan, kehitaman, uk. butir pasir kasar, agak padat	4	5	8	N=11	8.00								
7.50				5	5	6	N=11	10.00								
8.00				3	4	8	N=15	12.00								
10.00	7.00		Pasir, abu-abu gelap, ukuran butir halus, agak padat-padat	11	17	21	N=38	14.00								
12.00				8	9	13	N=32	16.00								
14.00				8	11	19	N=30	18.00								
14.50				5	9	10	N=19	20.00								
15.00	0.50		Pasir, abu-abu gelap, ukuran butir kasar, agak padat	12	28	15	N=60	22.00								
16.00	4.00		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir halus, padat-sangat padat	10	14	28	N=40	24.00								
18.00				7	14	18	N=32	26.00								
19.00	1.00		Pasir sedikit lempungan, abu-abu gelap, uk. butir kasar, padat	17	30		N=60	28.00								
20.00	2.50		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir halus, sangat padat	26	7	10	N=40	30.00								
22.00				12	22	25	N=47									
22.50	0.50		Pasir, kehitaman, ukuran butir kasar, sangat padat	11	17	20	N=37									
23.00				10	13	17	N=30									
24.00	6.50		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir halus, padat	10	15	20	N=35									
26.00				13	25	28	N=61									
28.00																
29.50																
30.00	0.50		Pasir lempungan, abu-abu gelap uk. butir kasar, padat													
REMARK :																
			0 % - 10 %	TRACE				SAMPLE			Undisturbed Sample (U05)					
			10 % - 20 %	SOME							Disturbed Sample (D05)					
			20 % - 30 %	ADJECTIVE (SILTY/CLAYEY)							SPT sample					
			30 % - 50 %	AND												

BORING LOG										HOLE No : BH 10												
PROJECT :				Drilling Methode : Core Barrel Drilling Master : Dani Logged By : Yosep Aliandji, ST				Coordinates : X : 421997.024 Y : 9115969.673														
LOCATION : TRTOHARGO-BANTUL				Ground Water Level : -1.00 meter Depth : -40.00 meter Elevation :				Date of Started : 02/03/2021 Date of Finished : 06/03/2021														
DEPTH (m)	ELEVATION (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST						SOIL SAMPLES			GRAIN SIZE			Atterberg Limit						
		SYMBOL	DESCRIPTION	MP	N1	N2	N3	SP	SP	SP	SP	SP	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	OPC	LL	PL	SH	OH
32.00	3.00		Pasir, abu-abu gelap, ukuran butir halus, sangat padat	19	45	15						32.00										
33.00																						
34.00	3.50		Lempung sedikit pasir, abu-abu keoklatan, sangat keras	8	9	10						34.00										
36.00																						
36.50																						
38.00	3.50		Lempung pasir-kerakal-kerakal, abu-abu keoklatan, keras	20	5							38.00										
40.00																						
40.00			End of Drilling									40.00										
42.00												42.00										
44.00												44.00										
46.00												46.00										
48.00												48.00										
50.00												50.00										
52.00												52.00										
54.00												54.00										
56.00												56.00										
58.00												58.00										
60.00												60.00										

REMARKS :

0 % - 10 % GRADE
10 % - 20 % SOME
20 % - 30 % AS-ACTIVE (SILT/CLAY)
30 % - 50 % AND

SAMPLE

Undisturbed Sample (U05)
Disturbed Sample (D5)
SPT sample

HOLE No : BH 11

PROJECT :			Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 423035.577 Y : 9114991.696																
			Drilling Master : Dani																		
			Logged By : Yosep Alandu, ST																		
LOCATION : KRETEK-BANTUL			Ground Water Level : -1 meter		Date of Started : 10/03/2021																
			Depth : -40 meter		Date of Finished : 11/03/2021																
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST							SOIL SAMPLES			GRAIN SIZE			Atterberg Limit				
		SYMBOL	DESCRIPTION	10	20	30	40	50	60	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	LIQ	PL	LL	PI	US	CI	
2.00	2.50		Pasir lempung-gravel, kecekatan, agak padat	1	2																
2.50				N=8																	
4.00			Pasir-kerikil, kehitaman, uk. butir kasar, agak padat-padat	3	5	7															
4.00				N=12																	
6.00	6.50		Pasir-kerikil, kehitaman, uk. butir kasar, agak padat-padat	5	15	17															
6.00				N=32																	
8.00			Pasir-kerikil, kehitaman, uk. butir kasar, agak padat-padat	6	20	25															
8.00				N=45																	
9.00			Pasir-kerikil, kehitaman, uk. butir kasar, agak padat-padat	6	15	20															
9.00				N=35																	
10.00	1.00		Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, uk. butir halus, padat	6	9	6															
10.00	0.50			N=15																	
10.50			Pasir, kehitaman, ukuran butir halus, agak padat	6	7	13															
12.00	2.50			N=20																	
13.00	0.50		Pasir-kerikil, kehitaman, uk. butir kasar, agak padat	7	8	10															
13.00				N=15																	
14.00	1.70		Pasir lempung, abu-abu gelap, ukuran butir halus, agak padat	8	9	13															
15.70				N=22																	
16.00	1.80		Pasir-kerikil, kehitaman, uk. butir kasar, agak padat	10	12	15															
16.00				N=27																	
17.50			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir agak kasar, padat	15	18	19															
18.00	2.50			N=37																	
20.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir agak kasar, padat	15	20	30															
20.00				N=50																	

BORING LOG										HOLE No : BH 11																								
PROJECT :				Drilling Methode : Core Barrel		Coordinates : X : 422035.577																												
LOCATION : KRETEK-BANTUL				Drilling Master : Dani		Y : 9114991.696																												
				Logged By : Yosep Alandu, ST		Date of Started : 10/03/2021																												
				Ground Water Level : -1 meter		Date of Finished : 11/03/2021																												
				Depth : -40 meter																														
				Elevation :																														
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SYMBOL	DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST					DEPTH	SYMBOL	GRAIN SIZE			Atterberg Limit																				
				MP	N12	N30	15	20	30	45	60			SAND	SILT	CLAY	LI	PL	SH	WL	SH	LL	SH	SH	SH	SH	SH	SH						
32.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir kasar, padat-sangat padat	17	30	30						32.00																						
				N=60																														
34.00				25	45	15						34.00																						
				N=60																														
36.00	1.00		Lempung sedikit pasir, kehitaman, uk butir pasir: halus, keras	8	10	13						36.00																						
				N=23																														
38.00				8	15	20						38.00																						
				N=35																														
40.00	5.00		Lempung pasir-kerikil, abu-abu kecoklatan, sangat keras	15	20	25						40.00																						
				N=46																														
				13																														
				N=60																														
42.00			End of Drilling									42.00																						
44.00												44.00																						
46.00												46.00																						
48.00												48.00																						
50.00												50.00																						
52.00												52.00																						
54.00												54.00																						
56.00												56.00																						
58.00												58.00																						
60.00												60.00																						

REMARKS :

0 % - 10 % TRACE

10 % - 20 % SOME

20 % - 30 % ABUNDANT (SILT/CLAY)

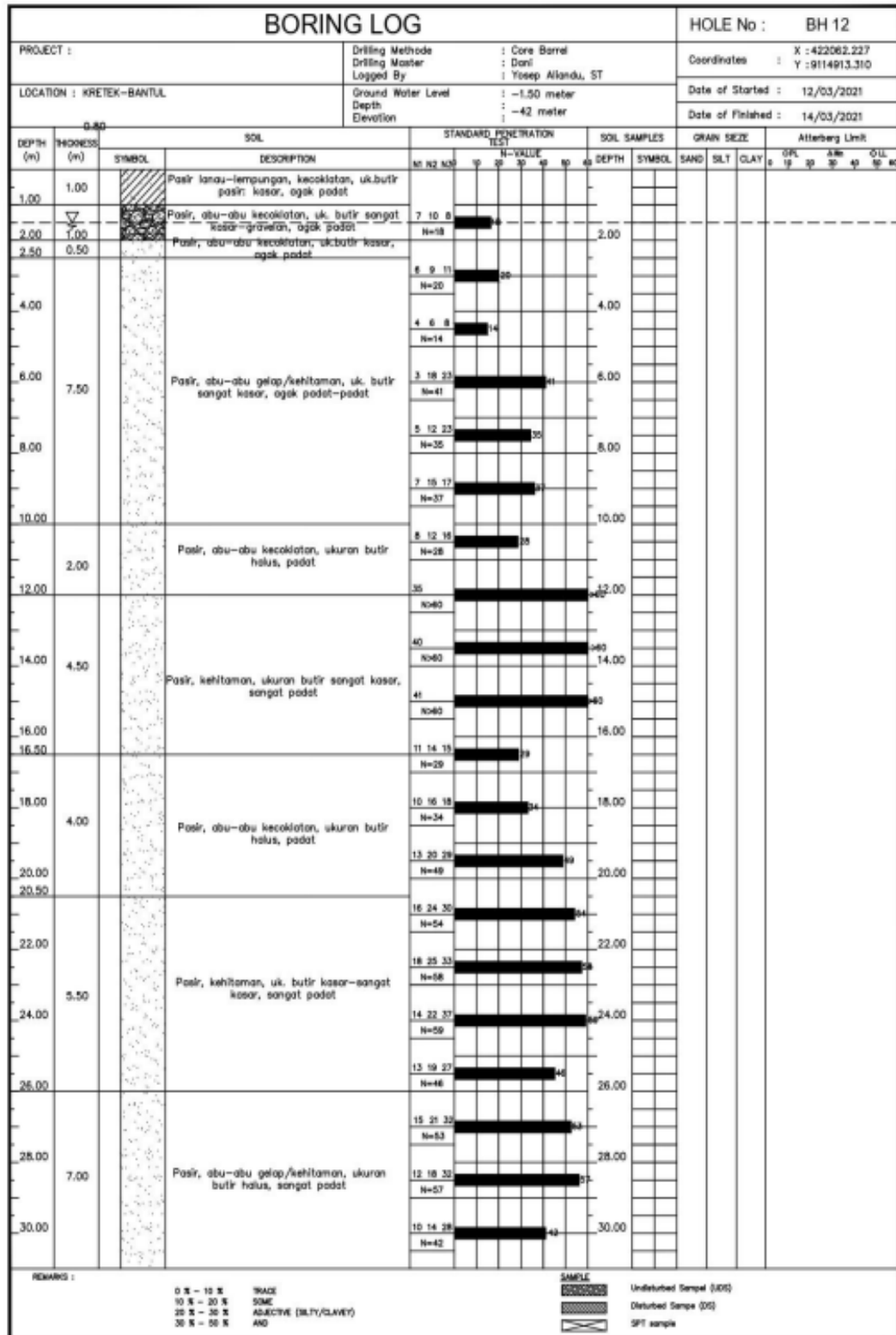
30 % - 50 % AND

SAMPLE

Undisturbed Sample (URS)

Disturbed Sample (DS)

SPT sample



BORING LOG										HOLE No : BH 12												
PROJECT :				Drilling Methode : Core Barrel Drilling Master : Dadi Logged By : Yosep Alandu, ST				Coordinates : X : 422062.227 Y : 9114913.310														
LOCATION : KRETEK-BANTUL				Ground Water Level : -1.50 meter Depth : -42 meter Elevation :				Date of Started : 12/03/2021 Date of Finished : 14/03/2021														
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	SOIL		STANDARD PENETRATION TEST										SOIL SAMPLES			GRAIN SIZE			Atterberg Limit		
		SYMBOL	DESCRIPTION	10	20	30	40	50	60	DEPTH	SYMBOL	SAND	SILT	CLAY	OPC	LL	PL	SH	CL	OL		
32.00			Pasir, abu-abu gelap/kehitaman, ukuran butir halus, sangat padat	12	20	27						32.00										
33.00				16	21	34																
34.00			Pasir, abu-abu gelap, ukuran butir kasar, padat-sangat padat	11	15	14						34.00										
36.00				8	13	25																
38.00				35																		
40.00				30																		
				35																		
				30																		
42.00			End of Drilling									42.00										
44.00												44.00										
46.00												46.00										
48.00												48.00										
50.00												50.00										
52.00												52.00										
54.00												54.00										
56.00												56.00										
58.00												58.00										
60.00												60.00										

REMARKS :

0 % - 10 % TRACE
10 % - 20 % SOME
20 % - 30 % ABUNDANT (SILTY/CLAYEY)
30 % - 50 % AND

SAMPLE

Undisturbed Sample (U05)
 Disturbed Sample (D5)
 SPT sample

HOLE No : BH 13

PROJECT :	Drilling Methode : Core Barrel Drilling Master : Dani Logged By : Yosep Alkandu, ST	Coordinates : X : 422290.491 Y : 9114392.059
LOCATION : KRETEK-BANTUL	Ground Water Level : -9 meter Depth : -20 meter Elevation :	Date of Started : 03/03/2021 Date of Finished : 04/03/2021

[illegible]

HOLE No : BH 14

Coordinates	:	X : 422429.463 Y : 9114330.459
-------------	---	-----------------------------------

Date of Started : 06/03/2021

[illegible]

 Undisturbed Sample (UCS)
 Disturbed Sample (DS)
 SPT sample