

**TUGAS AKHIR**

**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)*

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



**Yudi Hasbi  
16511163**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2021**

## TUGAS AKHIR

# 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*)

Disusun oleh

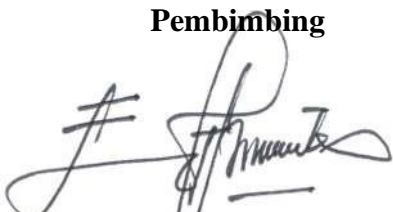
**Yudi Hasbi**  
16511163

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

Diuji pada tanggal 25 Agustus 2021

Oleh Dewan Penguji

**Pembimbing**



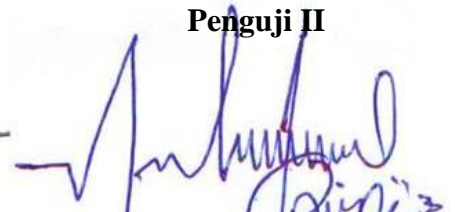
**Dr. Ir. Edy Purwanto, CES., DEA.**  
NIK: 855110101

**Penguji I**



**Ir. Akhmad Marzuko, M.T.**  
NIK: 885110107

**Penguji II**



**Muhammad Rifqi A, S.T., M.Eng.**  
NIK: 135111101



Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

**Dr. Ir. Sri Amiri Yuni Astuti, M.T.**  
NIK: 045110407

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 25 Agustus 2021  
Yang membuat pernyataan,

  
  
Yudi Hasbi  
(16511163)

## DEDIKASI

### ***Bismillahirrahmanirrahim***

*“Untuk kedua cinta kasihku  
ineku Siti ramlah syurga akhiratku, terimakasih tiada tara untuk  
sumberkehidupan bagiku  
amaku M.yunus sumber kebahagiaanmu terimakasih tiada tara telah  
memberi perlindungan sayap bagiku”*

الجمهورية الإسلامية الباندونيسية

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr.Wb*

*Alhamdulillah* rabbil'alamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam selalu terlimpah curahkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat serta pengikut beliau hingga *yaumul akhir*.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan waktu, nasihat dan saran saat bimbingan sehingga penulis dapat mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan nasihat, masukan serta saran dalam penulisan saat bimbingan akademik dan saat sidang Tugas Akhir ini.  
Bapak Ir. Akhmad Marzuko, M.T., selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan serta saran dalam penulisan saat sidang Tugas Akhir ini.
3. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan serta saran dalam penulisan saat sidang Tugas Akhir ini.
4. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan, motivasi, biaya dan doa tiada henti hingga dapat diselesaikannya Tugas Akhir ini.
6. Seluruh pihak PT. Kalista Perkasa Mulia dan PT. Mitra Sinergi Visitama, KSO. Proyek Pembangunan Jalur (KA) Kereta Api Bandara *New Yogyakarta*

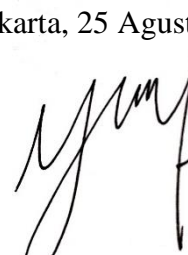
*International Airport* Paket dua, yang telah memberikan ijin untuk pengambilan data penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Seluruh dosen, asisten, laboran, serta staff dan karyawan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah memberikan banyak ilmu dan fasilitas penulisan dalam masa perkuliahan dan serta semua pihak terkait yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak manfaat bagi penulis dan bagi pembaca.

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb*

Yogyakarta, 25 Agustus 2021



Yudi Hasbi  
16511163

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBEAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Lokasi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan CPT	5
2.2 Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT	6
2.3 Penelitian Sebelumnya	9
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Tanah	11
3.2 Klasifikasi Tanah USCS	14
3.3 Gempa Bumi	16

3.4	Likuifaksi	18
3.4.1	Faktor-faktor yang mempengaruhi potensi likuifaksi	19
3.4.2	Bahaya Disebabkan oleh Likuifaksi	20
3.5	Metode Untuk Mengalisis Potensi Likuifaksi	21
3.5.1	Metode CSR (Cyclic Stress Ratio)	21
3.5.2	Metode CRR (Cyclic Resistance Ratio)	23
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>		<b>28</b>
4.1	Tahapan Penelitian	28
4.2	Analisis Data	28
4.2.1	Analisis Data SPT	29
4.2.2	Analisi Data CPT	29
4.3	Bagan Alir Penelitian	30
<b>BAB V PEMBAHASAN</b>		<b>31</b>
5.1	Analisis Potensi Likuifaksi	31
5.2.1	Data Umum	31
5.2.2	Daerah Gempa Pada Peta	33
5.2.3	Penggolongan Tanah USCS	37
5.2	Analisis data SPT	37
5.3	Analisis Data CPT	75
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>92</b>
6.1	Kesimpulan	92
6.2	Saran	93
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>94</b>
<b>LAMPIRAN</b>		<b>95</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil Rincian Penelitian Sebelumnya	9
Tabel 3.1	Klasifikasi Menurut Unified, ASTM, MIT, Nomenclature dan International Nomenclature Berdasarkan Ukuran Butiran	12
Tabel 3.2	Klasifikasi Tanah USCS	16
Tabel 3.3	Nilai Faktor Koreksi untuk (N1) <sub>60</sub>	24
Tabel 5.1	Data SPT	32
Tabel 5.2	Data CPT	32
Tabel 5.3	Data Analisa Saringan Tanah Desa Kalidengen	34
Tabel 5.4	Data Analisa Saringan Tanah Desa Seling	34
Tabel 5.5	Perhitungan CSR BH-32	46
Tabel 5.6	Perhitungan CRR BH-32	47
Tabel 5.7	Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-32	47
Tabel 5.8	Perhitungan CSR BH-34	50
Tabel 5.9	Perhitungan CRR BH-34	51
Tabel 5.10	Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-34	52
Tabel 5.11	Perhitungan CSR BH-35	55
Tabel 5.12	Perhitungan CRR BH-35	56
Tabel 5.13	Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-35	56
Tabel 5.14	Perhitungan CSR BH-36	59
Tabel 5.15	Perhitungan CRR BH-36	60
Tabel 5.16	Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-36	60
Tabel 5.17	Perhitungan CSR BH-37	63
Tabel 5.18	Perhitungan CRR BH-37	64
Tabel 5.19	Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-37	65
Tabel 5.20	Perhitungan CSR BH-38	68
Tabel 5.21	Perhitungan CRR BH-38	69

Tabel 5.22 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-38	69
Tabel 5.23 Perhitungan CSR BH-39	72
Tabel 5.24 Perhitungan CRR BH-39	73
Tabel 5.25 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-39	73
Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Analisis CPT-S.01	80
Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Analisis CPT-S.02	85



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian	4
Gambar 3.1 Peta Wilayah Gempa Indonesia Menurut SNI 1726-2012	18
Gambar 3.2 rd Vs Depth Curves Developed by Seed and Indriss (1971)	22
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 5.1 Lokasi Penelitian	32
Gambar 5.2 Daerah Gempa Pada Peta Indonesia Menurut SNI 1726-2012	33
Gambar 5.3 Grafik Size Analisis Tanah Desa Kalidengen	35
Gambar 5.4 Grafik Size Analisis Tanah Desa Seling	35
Gambar 5.5 Klasifikasi Tanah USCS	37
Gambar 5.6 Lapisan Tanah BH-32	38
Gambar 5.7 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-32	48
Gambar 5.8 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-34	53
Gambar 5.9 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-35	57
Gambar 5.10 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-36	61
Gambar 5.11 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-37	66
Gambar 5.12 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-38	70
Gambar 5.13 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-39	74
Gambar 5.14 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman CPT-S.01	83
Gambar 5.15 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman CPT-S.02	89

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Analisis Saringan

Lampiran 2 Lokasi titik Standar Penetration Test (SPT)

Lampiran 3 Data Standar Penetration Test (SPT)

Lampiran 4 Lokasi titik Cone Penetration Test (CPT)

Lampiran 5 Data Cone Penetration Test (CPT)

Lampiran 6 Rekapitulasi Tabel dan Grafik (SPT)

Lampiran 7 Rekapitulasi Tabel dan Grafik (CPT)



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

SPT	= <i>Standard Penetration Test</i>
CPT	= <i>Cone Penetration Test</i>
CSR	= <i>Cyclic Stress Ratio</i>
CRR	= <i>Cyclic Resistance Ratio</i>
$q_c$	= Perlawanan Konus
SF	= <i>Safety Factor</i>
$\alpha_{max}$	= Percepatan Permukaan Horizontal Maksimum
USCS	= <i>Unified Soil Classification System</i>
Rd	= Kerapatan Reduksi
$\sigma$	= Total Tegangan
$\sigma'$	= Total Tegangan Efektif
Cq	= Faktor Normalisasi Tahanan Ujung Konus
Cd	= Faktor reduksi
Cr	= Faktor Terkoreksi
CE	= Faktor Rasio Energi
CB	= Faktor Diameter Lubang
CR	= Faktor Panjang Rod
CS	= Faktor Metode Sampling
$q_{cIN}$	= Nilai Tahanan Ujung Terkoreksi
$\gamma_d$	= Berat Volume Tanah
$\gamma_w$	= Berat Volume Air
u	= Tekanan Air Pori
N	= Jumlah Pukulan
g	= Grafitasi

## ABSTRAK

Likuifaksi atau pencairan tanah merupakan fenomena tanah kehilangan kekuatan di akibatkan oleh adanya getaran atau gesekan yang mengakibatkan tekanan air meningkat serta melemahnya daya ikat atau daya dukung pada suatau tanah berpasir, kondisi tanah tersebut dapat ditemukan pada kawan Proyek Jalur kereta api (KA) bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) oleh karenanya potensi likuifaksi akan dianalisis berdasarkan data SPT dan CPT agar dapat mengetahui potensi likuifaksi.

Metode yang digunakan yaitu berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Seed and Idris berdasarkan data SPT dan CPT, dari kedalaman data tersebut akan didapatkan nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) dan CSR (*Cryclic Stress Ratio*) sehingga didapatkan nilai tegangan *cyclic* atau ketahanan tanah likuifaksi, dari nilai tersebut akan di bandingkan dengan SF (*Safety Factor*).

Hasil klasifikasi tanah metode USCS menunjukkan persen lolos saringan no.200 kurang dari 50% dari saringan tersebut dikelompokan menjadi SC (pasir berlempung). Untuk perhitungan analisis data SPT didapatkan nilai CRR dan CSR yang berada di titik pengujian dengan kedalaman bervariasi dengan nilai SF 0,1 sampai 0,9 dimana nilai SF kurang dari 1 artinya berpotensi likuifaksi dan pada kedalaman tertentu nilai faktor koreksi pada setiap titik dengan nilai analisis  $<37,5$  yang berarti perlu perbaikan tanah untuk dapat menahan beban seismic saat terjadinya gempa bumi. Dan perhitungan data CPT bahwa nilai CRR dan CSR di seluruh titik di kedalaman 1 sampai 12,6 m dengan nilai SF 0,01 sampai 0,4 memiliki nilai SF kurang dari 1, menunjukkan potensi likuifaksi yang tidak dapat menahan beban seismic saat gempa bumi.

**Kata Kunci:** Likuifaksi, SPT, CPT, USCS, NYIA

## **Abstract**

*Liquefaction or soil liquefaction is a phenomenon of soil loss of strength caused by vibration or friction which results in increased water pressure and weakening of the binding capacity or carrying capacity of sandy soil, the condition of the soil can be found in the New International Airport Railroad Project. Yogyakarta Airport (NYIA) therefore the liquefaction potential will be analyzed based on SPT and CPT data in order to determine the liquefaction potential.*

*The method used is based on the method developed by Seed and Idris based on SPT and CPT data, from the depth of the data, the CRR (Cyclic Resistance Ratio) and CSR (Cyclic Stress Ratio) values will be obtained so that the cyclic stress value or liquefaction soil resistance is obtained, from the This will be compared with the SF (Safety Factor).*

*The results of the USCS soil classification method show that the percent passing sieve no. 200 is less than 50% of the sieves being grouped into SC (loamy sand). For the calculation of the SPT data analysis, the CRR and CSR values are found at the test point with varying depths with SF values of 0.1 to 0.9 where the SF value is less than 1 meaning that it has the potential for liquefaction and at a certain depth the value of the correction factor at each point with analysis value  $< 37.5$  which means soil improvement is needed to be able to withstand seismic loads during an earthquake. And the calculation of CPT data that the CRR and CSR values at all points at a depth of 1 to 12.6 m with an SF value of 0.01 to 0.4 has an SF value of less than 1, indicating the potential for liquefaction that cannot withstand seismic loads during an earthquake.*

**Keywords:** *liquefaction, SPT, CPT, NYIA, USCS*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Suatu konstruksi sipil selalu berdiri di atas tanah, yang dimana tanah tersebut merupakan bagian yang akan menerima dan mendukung beban dari konstruksi bangunan tersebut, oleh karenanya tanah merupakan bagian terpenting dari konstruksi struktur bangunan, pada setiap pembangunan akan selalu ditemukan permasalahan tanah yang berbeda-beda, dikarenakan karakter tanah dan sifat berbeda juga.

Kulon Progo merupakan salah satu daerah kabupaten yang ada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dimana jenis tanah di daerah ini sebagian besar tanah lempung berpasir yang mudah amblas, oleh karenanya penulis tertarik menganalisis potensi likuifaksi di daerah jalur kereta api (KA) bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA).

Jalur kereta api (KA) bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) merupakan proyek jalur kereta api terbaru, pembangunan proyek ini dimulai dari desember 2019 dan ditargetkan beroperasi dibulan agustus 2021 yang menuju langsung kebagian bandara NYIA yang dimana diperuntukan agar mempermudah akses mobalitas penumpang yang masuk dan keluar dari bandara menuju stasiun tertentu, jalur kereta api KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) ini dibangun di daerah Kaligintung dan melewati Kalidengen sampai dengan Seling Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta yang dimana panjang dari proyek pembangunan ini ialah  $\pm 5,4$  Km, dimana jarak lokasi pembangunan sekitar  $\pm 1,5$  Km dengan pesisir pantai, dengan jenis tanah lempung berpasir oleh karena itu sangat berpotensi likuifaksi serta tsunami.

Likuifaksi atau pencairan tanah merupakan suatu fenomena tanah yang kehilangan kekuatan diakibatkan oleh adanya getaran atau gesekan yang mengakibatkan tekanan air meningkat dan melemahkan daya ikat atau daya dukung tanah. Likuifaksi cenderung terjadi pada tanah yang berbutir halus yang



mengandung banyak pasir dan air. Potensi likuifaksi perlu dilakukan untuk bahan pertimbangan bagi perencana konstruksi untuk dapat memastikan bahwa bangunan yang akan dibangun aman dari likuifaksi, oleh karena itu potensi likuifaksi dianalisis berdasarkan data SPT dan CPT agar dapat mengetahui potensi likuifaksi.

Potensi likuifaksi pada kawasan KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) akan di analisis berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Seed and Idris berdasarkan data SPT dan CPT, adapun untuk data SPT BH 32 kedalaman 30 meter dengan nilai NSPT= 60, sedangkan CPT (S-01) kedalaman 9,60 meter dengan nilai 225 kg/cm<sup>2</sup>. Adapun SPT BH 34 Kedalaman 30 meter dengan nilai NSPT= 78 sedangkan dengan nilai CPT (S-02) 215 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk kedalaman dari data tersebut akan didapatkan nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) dan CSR (*Cryclic Stress Ratio*) sehingga didapatkan nilai tegangan *cyclic* atau ketahanan tanah likuifaksi, dari nilai tersebut akan dibandingkan dengan SF (*Safety Factor*), nilai yang akan menunjukkan potensi likuifaksi dititik tersebut.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu acuan atau informasi tambahan tentang kemungkinan besar teradinya likuifaksi sehingga perencana konstruksi mengetahui aman atau tidaknya dari likuifaksi dikawasan tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan yang telah dibahas, maka rumusan masalah dalam studi ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana jenis dan pengelompokan tanah yang berada di daerah proyek KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA)?
2. Bagaimana mengetahui potensi likuifaksi di daerah proyek KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) dengan data SPT?
3. Bagaimana mengetahui potensi likuifaksi di daerah proyek KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) dengan data CPT?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui jenis dan pengelompokan tanah yang berada di daerah proyek KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA).
2. Menganalisis potensi likuifaksi di daerah proyek KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) dengan data SPT.
3. Menganalisis potensi likuifaksi di daerah proyek KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) dengan data CPT.

### 1.4 Manfaat Penelitian

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

1. Mahasiswa dapat menambah wawasan mengenai analisis potensi likuifaksi.
2. Dapat meningkatkan pengetahuan dibidang geoteknik mengenai likuifaksi.

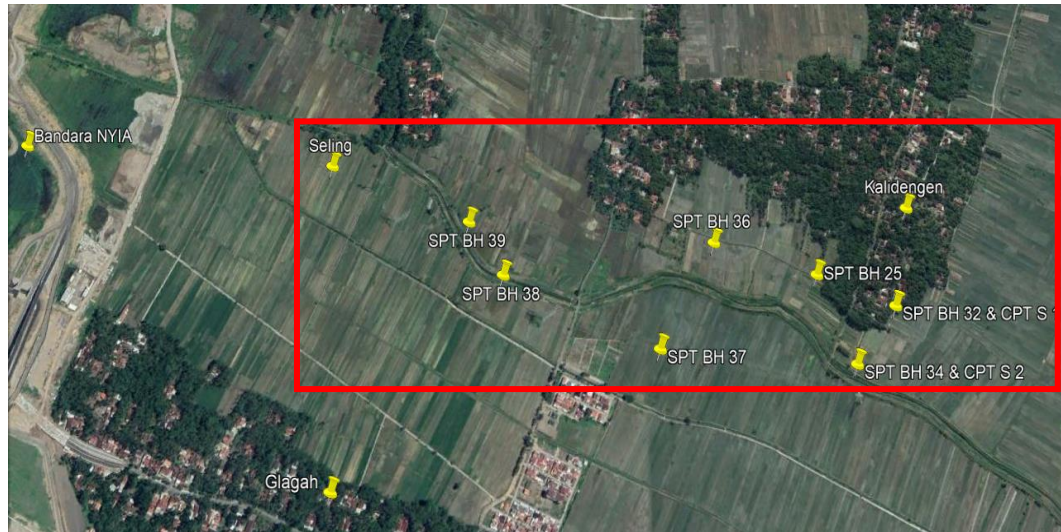
### 1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah yang dianalisis sebagai berikut.

1. Pengambilan data tanah penelitian ini didapat dari data proyek pembangunan KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA).
2. Analisis yang dilakukan menggunakan perhitungan *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR), yang dimana memakai data (*Standard Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration Test* (CPT) dari proyek KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA).
3. Data yang dipakai menggunakan tanah yang berpasir terendam air.
4. Menggunakan faktor gempa dari Daerah Gempa Pada Peta Indonesia Menurut SNI 1726-2012.
5. Menggunakan data (*Standard Penetration Test* (SPT) sebanyak 7 sampel, dan menggunakan *Cone Penetration Test* (CPT) sebanyak 2 sampel.
6. Perhitungan dilakukan dengan program *Excel*.

## 1.6 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi pada penelitian ini di daerah Kalidengen sampai dengan Seling Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta. Untuk lebih detail dari lokasi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut ini.



**Gambar 1 1 Lokasi Penelitian**

(Sumber: Google Earth, 2021)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan CPT**

Lonteng (2013) dengan judul Analisis Potensi Likuifaksi di PT. PLN (PERSERO) UIP KIT SULMAPA PLTU 2 Sulawesi Utara 2 X 25 MW Power Plan yang dimana tujuan dari penelitian ini ialah menganalisis *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) menggunakan data CPT dan SPT dengan kondisi tanah berpasir serta nantinya akan dibandingkan dengan hasil data yang diperoleh menggunakan data CPT dan SPT

Objek pada penelitian ini uji lapangan melalui penyelidikan tanah dengan CPT dan SPT untuk mendapatkan data CRR, CSR, pada lokasi tanah berpasir.

Dari penelitian ini hasil yang didapatkan ialah nilai CRR pada CPT dan SPT berbeda sedangkan nilai CSR relatif sama karena pada titik pengujian tersebut berdekatan dan semakin kecil muka air tanah maka nilai faktor keamanan akan semakin mengecil, empat nilai yang berbeda pada CRR mempengaruhi nilai faktor keamanan yang dimana diartikan bahwa tidak terjadi likuifaksi.

Soebowo, dkk (2009) yang berjudul Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Berdasarkan Data CPT Dan SPT Di Daerah Patalan Bantul Yogyakarta, tujuan penelitian ini menganalisis potensi likuifaksi pada daerah Patalan, Bantul yang terkena gempa dengan menggunakan data *cone penetration test* (CPT), *standard penetration test* (N-SPT).

Adapun objek pada penelitian ini merupakan tanah pasir berpotensi likuifaksi akibat gempa bumi dengan menganalisis dengan perhitungan *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR).

Hasil perhitungan analisis potensi likuifaksi dan penurunan di daerah ini menunjukkan bahwa hampir semua titik pengujian mengindikasikan terjadinya likuifaksi dan penurunan. Zona likuifaksi terutama terkonsentrasi di bagian tengah daerah studi pada kedalaman kisaran 0,2 - 12,8 m dengan ketebalan antara 0,2 - 5,2

m serta penurunan antara 0,21 cm hingga 12,98 cm pada daerah Patalan, Bantul yang merupakan bagian jalur patahan Opak yang berarah timurlaut – baratdaya.

Pramana (2015) dengan judul penelitian Analisis Potensi Likuifaksi Dengan Data SPT dan CPT (Studi Kasus Kawasan Benoa, Denpasar), tujuan penelitian ini menganalisis potensi likuifaksi pada daerah Kawasan Benoa, Denpasar yang menggunakan data CPT dan SPT.

Objek pada penelitian ini melalui penyelidikan tanah yang jenuh air kehilangan daya dukungnya akibat gempa bumi. Kondisi tanah tersebut, dapat ditemui pada kawasan Benoa, Denpasar.

Hasil dari analisis potensi likuifaksi adalah berupa statigrafi lapisan tanah yang dapat menunjukkan dengan jelas lapisan tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi atau tidak. Dari hasil analisa potensi likuifaksi di kawasan Benoa didapatkan FS baik menggunakan data SPT maupun CPT menunjukkan tanah memiliki potensi likuifaksi. Nilai FS menggunakan data SPT menunjukkan semua lokasi pengujian berpotensi likuifaksi dengan kedalaman yang bervariasi dengan nilai FS berkisar 0.4 – 0.8. Nilai FS menggunakan data CPT menunjukkan semua lokasi pengujian berpotensi likuifaksi dengan kedalaman 1 sampai dengan 12 m dengan nilai FS berkisar 0.3 – 0.7.

Dari penelitian tersebut persamaan dengan penelitian penulis ialah memakai data SPT dan CPT, serta menganalisis *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dengan kondisi tanah berpasir. Dan yang membedakannya yaitu lokasi pada penelitian.

## **2.2 Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT**

Srikit (2019) dengan judul Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butiran dan Data N-SPT (Studi Kasus Pembangunan *New Yogyakarta International Airport* (NYIA) di Desa Glagah dan Desa Palihan, Kulon Progo).

Objek pada penelitian ini bertujuan mengetahui potensi likuifaksi dengan distribusi ukuran butiran.

Hasil dari penelitian ini pada butiran tanah desa gelagah dan desa pilihan memasuki batasan tanah yang paling berpotensi likuifaksi sedangkan menurut data NSPT pada metode metode Seed, Martin & Lysmer (1975) saat gempa 6,3 SR dengan kedalaman 12 m pada Desa Glagah dititik DB-02 dan DB-32 dan Desa Palihan dititik DB-09 dan DB-11 didapat nilai  $N_{eq} < N_L$  yang merupakan tanah berpotensi likuifaksi. Sedangkan pada metode Velera & Donovan (1977) pada gempa 6,3 SR dan kedalam 12 m Desa Glagah pada titik DB-02 dan DB-32 didapat nilai  $N < N_{crit}$  hanya pada kedalaman 4 m dan Desa Palihan DB-09 dan DB-11 didapat  $N < N_{crit}$  hanya pada kedalaman 2 m sehingga pada Desa Glagah berpotensi likuifaksi.

Sompie, dkk (2018) dengan judul Analisis Potensi Likuifaksi Tanah Berdasarkan Data *Standart Penetration Test* (SPT) Studi Kasus Dermaga Bitung Sulawesi Utara yang bertujuan untuk menganalisis potensi likuifaksi pada daerah dermaga bitung, dengan perhitungan *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dengan menggunakan data *Standart Penetration Test* (SPT) serta data gempa yang pernah terjadi.

Objek pada penelitian ini merupakan penelitian tanah dilapangan yang menggunakan data SPT dan data gempa, dengan perhitungan *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR).

Dari penelitian ini hasil yang didapatkan jenis tanah pada lokasi menunjukkan tanah sedang dengan nilai  $N$  rerata 30 serta tegangan total dan tegangan efektif untuk masing- masing titik bor nilai yang di dapatkan berbeda dikarenakan dianalisis dengan data SPT masing-masing titik.

Mina (2018), Berdasarkan penelitian dengan judul Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Baru UNTIRTA Sindang Sari, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi likuifaksi pada lokasi pembangunan gedung baru UNTIRTA.

Objek penelitian ini menggunakan data tanah gedung UNTIRTA dengan data percepatan gempa dan dengan nilai SPT menggunakan hitungan *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistant Ratio* (CRR).

Hasil dari penelitian ini ialah kondisi tanah pasir keras dan padat dengan Nilai CSR pada lokasi penelitian memiliki nilai cukup besar, hal tersebut terjadi karena nilai percepatan gempa yang diperoleh dari perhitungan NERA memiliki nilai rata-rata lebih dari 0,2 g. Nilai CRR memiliki nilai yang cukup besar, faktor utama yang menyebabkan hal tersebut terjadi adalah nilai N-SPT yang bernilai cukup besar hampir pada keseluruhan titik yaitu  $>60$ . Sedangkan dengan faktor keamanan untuk beberapa titik tertentu tidak aman terhadap likuifaksi dan titik lainnya aman.

Dari penelitian tersebut persamaan dengan penelitian penulis ialah memakai data SPT dan CPT, serta menganalisis *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dengan kondisi tanah berpasir. Dan yang membedakannya yaitu lokasi pada penelitian.

Dari penelitian tersebut perbedaan dengan penelitian penulis dari data yang di pakai berbeda, di karenakan data penulis memakai data SPT dan CPT, dan untuk data penelitian di atas hanya memakai data SPT, dan dari lokasi data juga berbeda, untuk tanah relative sama dengan karena menggunakan tanah berpasir.

### 2.3 Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan tinjauan pustaka dari beberapa penelitian dan Tugas Akhir terdahulu, dapat disimpulkan hasil pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2. 1 Hasil Rincian Penelitian Sebelumnya**

Peneliti	Christian Vicky Delfis Lonteng (2013)	Eko Soebowo, Adrin Tohari dan Dwi Sarah (2009)	I Made Wahyu Pramana (2015)	Srikit (2019)	Kurnia Christy Tijow Oktovian B. A. Sompie, Jack H. TicoH (2018)	Enden Mina (2018)
Judul	Analisis Potensi Likuifaksi di PT. PLN (PERSERO) UIP KIT SULMAPA PLTU 2 Sulawesi Utara 2 X 25 MW Power Plan.	Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Berdasarkan Data CPT Dan SPT Di Daerah Patalan Bantul Yogyakarta.	Analisis Potensi Likuifaksi Dengan Data SPT dan CPT (Studi Kasus Kawasan Benoa, Denpasar).	Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butiran dan Data N-SPT.	Analisis Potensi Likuifaksi Tanah Berdasarkan Data <i>Standart Penetration Test</i> (SPT) Studi Kasus Dermaga Bitung Sulawesi Utara.	Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Baru UNTIRTA Sindang Sari.
Rumusan	Mengetahui potensi likuifaksi dengan data SPT dan CPT.	Mengetahui potensi likuifaksi dengan data SPT dan CPT.	Mengetahui potensi likuifaksi dengan data SPT dan CPT.	Mengetahui Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butiran dan Data N-SPT.	Mengetahui Potensi Likuifaksi Tanah Berdasarkan Data <i>Standart Penetration Test</i> (SPT).	Mengetahui Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT.



Tabel 2. 1 Lanjutan Hasil Rincian Penelitian Sebelumnya

<p>Hasil</p>	<p>1. Nilai CRR yang dihasilkan dari metode SPT dan CPT memiliki perbedaan dimana nilai CRR untuk metode CPT umumnya lebih besar dari nilai CRR untuk metode SPT. 2. Nilai CSR yang didapatkan dari kedua metode tersebut sama, dikarenakan titik pengujian yang dianalisis lokasinya berdekatan. Jadi untuk parameter perhitungan CSR adalah sama untuk kedua titik pengujian (SPT dan CPT). 3. Nilai CRR dan Faktor keamanan (FS) dari setiap pengujian akan menurun, dengan meningkatnya magnitude gempa. Begitu juga sebaliknya.</p>	<p>Hasil perhitungan analisis potensi likuifaksi dan penurunan di daerah ini menunjukkan bahwa hampir semua titik pengujian mengindikasikan terjadinya likuifaksi dan penurunan. Zona likuifaksi terutama terkonsentrasi di bagian tengah daerah studi pada kedalaman kisaran 0,2 - 12,8 m dengan ketebalan antara 0,2 - 5,2 m serta penurunan antara 0,21 cm hingga 12,98 cm pada daerah Patalan, Bantul.</p>	<p>Dari hasil analisa potensi likuifaksi di kawasan Benoa didapatkan FS baik menggunakan data SPT maupun CPT menunjukkan tanah memiliki potensi likuifaksi. Nilai FS menggunakan data SPT menunjukan semua lokasi pengujian berpotensi likuifaksi dengan kedalaman yang bervariasi dengan nilai FS berkisar 0.4 – 0.8. Nilai FS menggunakan data CPT menunjukan semua lokasi pengujian berpotensi likuifaksi dengan kedalaman 1 sampai dengan 12 m dengan nilai FS berkisar 0.3 – 0.7.</p>	<p>1. Potensi likuifaksi berdasarkan distribusi ukuran butir. 2. Potensi likuifaksi berdasarkan metode Seed, Martin &amp; Lysmer (1975). 3. Potensi likuifaksi berdasarkan metode Velera &amp; Donovan (1977).</p>	<p>1. Parameter jenis tanah yang ada di lokasi menunjukkan jenis tanah sedang dengan nilai <math>N = 30</math> serta nilai tegangan total dan tegangan efektif untuk masing-masing titik bor nilainya berbeda. 2. Nilai percepatan gempa untuk daerah Bitung, Sulawesi Utara yaitu 0,25g yang mengartikan bahwa lokasi penelitian potensi likuifaksi. Nilai CSR dan CRR untuk titik bor berbeda tapi keduanya memiliki nilai dibawah angka 1.</p>	<p>1. Berdasarkan hasil analisa profil tanah tersebut dominan tanah pasir keras dan padat, dapat dibuktikan dengan nilai rata-rata nilai N-SPT yang cukup besar. 2. Nilai CSR pada lokasi penelitian memiliki nilai cukup besar. Nilai CRR memiliki nilai yang cukup besar, faktor utama yang menyebabkan hal tersebut terjadi adalah nilai N-SPT yang bernilai cukup besar hampir pada keseluruhan titik yaitu &gt;60. 3.</p>
--------------	--	--	--	--	---	--

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Tanah**

Srikit (2019) tanah yaitu material dan sebagai daya dukung pondasi untuk menerima beban pada bagian konstruksi, dalam ke teknik sipil tanah merupakan campuran organik dari partikel, organik, dan endapan yang merupakan relati lepas yang terdapat di bagian atas batuan dasar dengan zat cair dan gas yang mengisi bagian ruangan kosong antara partikel tersebut. Diantara bagian tersebut terdapat rongga yang diisi oleh air dan udara, dan bila rongga tanah terisi air seutuhnya maka tanah dalam kondisi jenuh. Dan apabila tanah terisi air dan udara maka tanah dalam kondisi jenuh sebagian, dan apa bila tanah tidak mengandung air maka tanah dalam kondisi kering.

Lestari (2018) tanah yang berukuran butir kasar terdiri dari rentang ukuran kerikil dan pasir, sebaliknya ukuran butir halus partikelnya kebanyakan berukuran lempung dan lanau dapat disebut dengan tanah dengan butiran halus. Material yang paling banyak digunakan di bidang konstruksi merupakan tanah berbutiran kasar dikarenakan sifatnya yang menguntungkan.

Adapun sifat fraksi tanah butiran kasar yaitu.

1. Tidak mempunyai sifat kohesi.
2. Nilai kompressibilitas yang tinggi dan nilai elastisitas yang besar, sangat baik untuk material konstruksi di bagian urugan.
3. Nilai porositas tinggi dikarenakan banyak mempunyai celah dalam susunan strukturnya.
4. Kuat geser yang besar.
5. Terkonsolidasi dalam rentang waktu yang cepat.
6. Ukuran partikel  $> 0,075\text{mm}$ .

Hardiyatma (2014) selain sifat fraksinya tanah juga mempunyai beberapa jenis yang terdiri dari banyaknya campuran lebih dari satu macam ukuran

partikelnya, adapun tanah lempung bukan berarti hanya terdiri tanah lempung saja di dalamnya tetapi terdapat juga pasir, lanau dan bahan campuran organik lainnya. Ukuran dapat bervariasi dari 100 mm sampai dengan lebih kecil 0,001 mm.

1. Kerikil (gravel) yaitu kepingan batuan atau partikel mineral quartz dan feldspar.
2. Pasir (sand) yaitu besaran mineral quartz feldspar.
3. Lanau (silt) merupakan bagian besar fraksi mikroskopis (ukuran sangat kecil) dari tanah yang berbutiran quartz yang sangat halus dan pecahan mika.
4. Lempung (clay) merupakan sebagian besar partikel mikroskopis (ukuran yang sangat kecil) dan sub mikroskopis (yang hanya dapat dilihat dari mikroskop) berukuran lebih kecil dari 0,002mm.

**Tabel 3. 1 Klasifikasi Butiran Menurut Unified, ASTM, MIT, Nomenclature dan International Nomenclature Berdasarkan Ukuran Butiran**

	1,7 mm	0,38	0,075								
Unified Class system	kasar	sedang	halus	Butiran halus (lanau dan lempung)							
	pasir										
	2,0 mm	0,42	0,075	0,005	0,001						
ASTM	pasir sedang		pasir halus		Lanau		Lempung		Lempung koloidal		
	2,0 mm	0,6	0,2	0,06	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002 mm		
MIT nomenclature	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus		
	pasir			Lanau			Lempung				
	2,0 mm	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002 mm
International nomenclature	sangat kasar	kasar	sedang	halus	kasar	halus	kasar	halus	kasar	halus	sangat halus
	pasir				Mo		Lanau		Lempung		

(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

Selain klasifikasi ukuran butiran juga bisa memakai grafik size ukuran butiran yang dapat digunakan untuk membandingkan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda.

Diameter dalam grafik size distribusi ukuran butiran yang bersesuaian dengan persen lolos 10%, 30%, serta 60%, serta koefisien keseragaman dan koefisien gradasi dapat didefinisikan dengan Persamaan 3.1 dan 3.2 berikut.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3.1)$$

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad (3.2)$$

Keterangan:

Cu = Koefisien keseragaman,

Cc = Koefisien gradasi,

D10 = Diameter 10% lolos ayakan yang ditentukan dari grafik distribusi ukuran butiran,

D30 = Diameter 30% lolos ayakan yang ditentukan dari grafik distribusi ukuran butiran, dan

D60 = Diameter 60% lolos ayakan yang ditentukan dari grafik distribusi ukuran butiran,

Makin tinggi nilai Cu, makin besar rentang distribusi partikel tanah. Dan tanah bergradasi baik biasanya memiliki Cc sekitar 1 sampai 3.

Sedangkan untuk mencari nilai tegangan total pada Persamaan 3.3, perlu mengetahui nilai dari tegangan air pori pada Persamaan 3.4 serta nilai dari tegangan efektifnya pada Persamaan 3.4, dapat dilihat sebagai berikut.

$$\sigma = h \times \gamma \quad (3.3)$$

$$u = hw \times \gamma_w \quad (3.4)$$

$$\sigma' = \sigma - u \quad (3.5)$$

Keterangan:

- $\sigma$  = Tegangan total,
- $h$  = Jarak antar titik lapisan tanah dengan muka air,
- $\gamma$  = Berat volume tanah,
- $u$  = Tekanan air pori,
- $\sigma'$  = Tegangan efektif,
- $hw$  = Tinggi muka air diukur dari permukaan tanah, dan
- $\gamma_w$  = Berat volume air.

### 3.2 Klasifikasi Tanah USCS

Lestari (2018) menurut *Unified* tanah digolongkan menjadi dua bagian yaitu tanah butiran kasar dan butiran halus, tanah butiran kasar tanah yang tertahan no. 200 (0,075) dan tanah butiran halus tanah yang tidak tertahan dalam saringan no. 200 (0,075). Tanah diklasifikasikan dalam sejumlah klompok simbol yaitu sebagai berikut ini.

- G = Kerikil (*gravel*).
- S = Pasir (*sand*).
- M = Lanau (*silt*, huruf M singkatan dari *MO*, bahasa Skandinavia).
- C = Lempung (*clay*).
- O = Organik (*organic*).
- Pt = Gambut (*peat*).

Huruf belakang yang digunakan dalam penamaan jenis tanah sistem klasifikasi *Unified* yaitu.

- W = Tanah bergradasi baik (*well graded*).
- P = Tanah bergradasi buruk (*poorly graded*).
- L = Tanah dengan plastisitas rendah (*low plasticity*).
- H = Tanah dengan plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Untuk menentukan klasifikasi tanah unified yaitu sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui tanah tersebut berputiran kasar atau halus dengan cara menyaring dengan saringan No.200.
2. Untuk tanah berputiran kasar dengan menggunakan grafik distribusi butiran, dengan menentukan persen yang lolos dari saringan No.4, apabila persen lolos dari sampel tersebut kurang dari 50% maka tanah sampel tanah tersebut dikatakan kerikil, dan apabila lolos 50% maka dapat dikatakan sebagai tanah pasir. Untuk klasifikasi tanah tersebut dapat menggunakan system klasifikasi tanah USCS yang dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 3. 2 Klasifikasi Tanah USCS

Major divisions	Group symbol	Typical names	Classification criteria for coarse-grained soils		
Coarse-grained soils (more than half of material is larger than No. 200)	GW	Well-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	$C_U \geq 4$ $1 \leq C_C \leq 3$		
	GP	Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for GW ( $C_U < 4$ or $1 > C_C > 3$ )		
	GM e/s	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures	Atterberg limits below A line or $I_p < 4$	Above A line with $4 < I_p < 7$ are borderline cases requiring use of dual symbols	
	GC	Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures	Atterberg limits above A line with $I_p > 7$		
Sands (more than half of coarse fraction is smaller than No. 4 sieve size)	SW	Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines	$C_U \geq 6$ $1 \leq C_C \leq 3$		
	SP	Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for SW ( $C_U < 6$ or $1 > C_C > 3$ )		
	SM e/s	Silty sands, sand-silt mixtures	Atterberg limits below A line or $I_p < 4$	Limits plotting in hatched zone with $4 \leq I_p \leq 7$ are borderline cases requiring use of dual symbols	
	SC	Clayey sands, sand-clay mixtures	Atterberg limits above A line with $I_p > 7$		
Fine-grained soils (more than half of material is smaller than No. 200)	Sils and clays (liquid limit < 50)	ML	1. Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve. 2. Depending on percentages of fines (fraction smaller than 200 sieve size), coarse-grained soils are classified as follows: Less than 5%—GW, GP, SW, SP More than 12%—GM, GC, SM, SC 5 to 12%—Borderline cases requiring dual symbols		
		CL			Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays
		OL			Organic silts and organic silty clays of low plasticity
	Sils and clays (liquid limit > 50)	MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts	$C_U = \frac{D_{50}}{D_{10}}$ $C_C = \frac{D_{30}^2}{D_{10} D_{60}}$	
		CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays		
		OH	Organic clays of medium to high plasticity, organic silts		
	Highly organic soils	Pt	Peat and other highly organic soils		

(Sumber: Bowles 1991)

### 3.3 Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan suatu sentakan yang terjadi didalam bumi dimana getaran yang terjadi dapat di rasakan di permukaan bumi. Gempa diakibatkan oleh meningkatnya aktivitas geologi. Seperti terjadinya letusan gunung berapi yang di sebut gempa bumi vulkanik dan sumber dari patahan, pergeseran antara lempeng, meningkatnya yang mengakibatkan menumpuknya energy dalam waktu yang lama, dan terlepas yang menimbulkan getaran pada tanah.

Mengenai karakteristik pergerakan tanah yang di akibatkan karna gempa bumi di dalam dari hasil laporan *accelograph* yang telah mencatat peristiwa gempa bumi.

Berdasarkan perkembangan dan proses rekaman *accelograph* dapat disimpulkan bahwa karakteristik pergerakan tanah akibat gempa bumi terdiri dari.

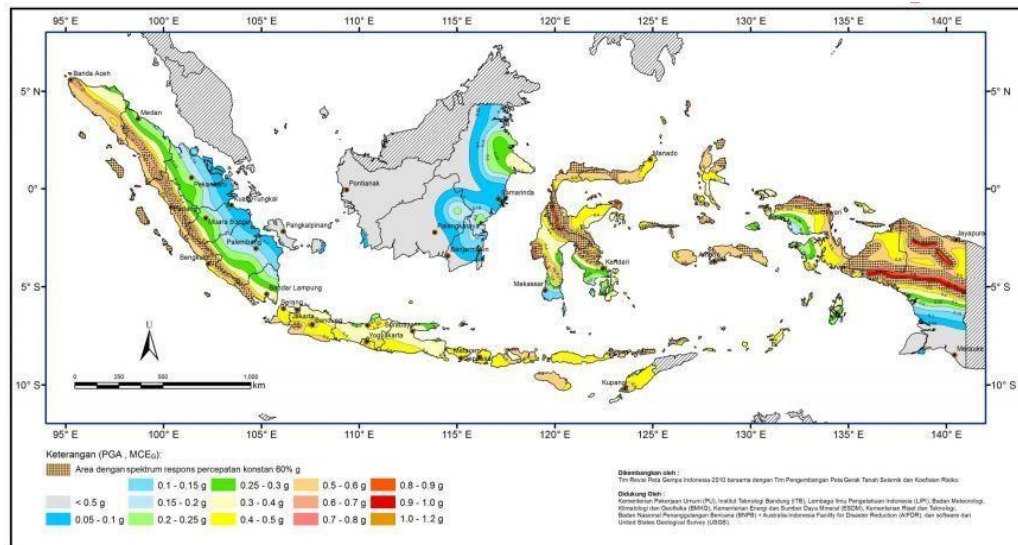
1. Percepatan maksimum tanah.
2. Kecepatan maksimum tanah.
3. Perpindahan maksimum tanah.
4. Durasi guncangan tanah.

Parameter tersebut merupakan karakteristik utama dari pergerakan tanah yang terjadi akibat gempa bumi. Namun parameter tersebut tidak dapat memastikan gambaran efek negatif yang mungkin timbul akibat intensitas guncangan yang terjadi, dimana hal ini juga dipengaruhi oleh karakteristik frekuensi pergerakan yang terjadi. Sebagai contoh gempa dengan percepatan besar yang potensi terhadap kehancuran dan pengrusakan jika terjadi dalam waktu yang singkat, gempa tersebut hanya akan menimbulkan kerusakan kecil pada beberapa jenis struktur yang ada. Karakteristik gempa bumi di beberapa tempat tempat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya.

1. Kekuatan dari gempa itu sendiri.
2. Jarak pusat gempa ke tempat energi dilepaskan.
3. Karakteristik batuan sepanjang rambatan gelombang gempa.
4. Mekanisme terbentuknya sumber gempa.
5. Efek gangguan gelombang yang dipengaruhi arah dan kecepatan gelombang rambatan.
6. Kondisi dan jenis tanah pada daerah tersebut.

Kekuatan gempa bumi yang terjadinya berdasarkan zona daerah tertentu. Peta zona wilayah gempa Indonesia menggunakan SNI 1726-2012. Peta wilayah gempa Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.





**Gambar 3. 1 Peta Wilayah Gempa Indonesia Menurut SNI 1726-2012**

(Sumber: SNI 1726-2012)

### 3.4 Likuifaksi

Mario (2019) likuifaksi merupakan keadaan hilangnya kekuatan lapisan tanah yang mendapatkan beban siklik, seperti yang di akibatkan oleh getaran gempa bumi ataupun pembebanan cepat lainnya sehingga tanah tersebut berdeformasi dari solid menjadi cair (*liquefied*) sehingga tidak mampu menopang serta menahan beban di atasnya. Tanah yang biasanya mengalami likuifaksi biasanya tanah berpasir, atau tanah yang banyak mengandung pasir serta jenuh air, sehingga kandungan air tersebut akan memenuhi rongga tanah dan saat terjadinya tekanan atau gempa maka air tersebut akan mempengaruhi kepadatan sehingga tanah tersebut kehilangan kekuatan gesernya menjadi nol.

Sebelum gempa bumi tekanan air pada tanah relative rendah, namun setelah terjadinya gempa tekanan air pada tanah tersebut akan meningkat, sehingga dapat meningkatkan pergerakan partikel pada tanah dengan mudah.

Adapun Fenomena terkait dengan likuifaksi ialah *flow liquefaction* dan *cyclic mobility*. Keduanya merupakan hal yang sangat penting dalam memperhatikan dan mengevaluasi bahayanya likuifaksi. *Flow liquefaction* merupakan peristiwa yang terjadi dalam aliran tanah. Ini terjadi dikarenakan adanya tekanan geser statis yang

dimana akan diperlukan untuk mencapai keseimbangan untuk suatu massa tanah yang jauh lebih besar dari pada tegangan geser tanah dalam kondisi cair. Dengan kata lain yaitu deformasi terjadi akibat dari tekanan geser statik. Pada peristiwa ini, ada dua karakteristik yang dapat dilihat yaitu kecepatan aliran dan perpindahan material tanah.

Sedangkan *cyclic mobility* yaitu fenomena yang mempengaruhi deformasi yang sangat besar akibat adanya gempa bumi. Berbeda dengan flow liquefaction, dalam kondisi tekanan geser statis lebih kecil dengan tegangan geser tanah cair (liquefied). Pada bagian ini, deformasi yang terjadi diakibatkan oleh pembebanan siklik (*cyclic loading*) dan tekanan geser statis (static shear stress). Dalam hal ini, deformasi yang terjadi adalah deformasi lateral (*lateral spreading*).

#### 3.4.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi potensi likuifaksi

Pramana (2015) faktor yang mempengaruhi adanya potensi likuifaksi diperlukan pengenalan kondisi yang terdapat pada tanah sebelum terjadinya gempa. Tanah terdiri dari partikel-partikel yang menyusunnya. Jika dilihat lebih dekat maka akan terlihat bahwa setiap partikel berhubungan dengan partikel lainnya. Karena adanya gaya berat dari partikel tanah, maka terdapatlah gaya antar partikel. Gaya inilah yang membuat setiap partikel tanah dapat berada tetap pada posisinya sehingga ada yang dimaksud dengan kekuatan tanah.

Likuifaksi terjadi apabila suatu pasir yang tersaturasi strukturnya terpecah akibat adanya pembebanan yang berlebihan dan terus-menerus. Karena strukturnya hancur, maka partikel-partikel penyusun pasir tersebut akan bergerak dan cenderung membentuk suatu konfigurasi yang lebih keras. Pada saat terjadinya gempa air yang berada di pori-pori tanah berpasir tidak sempat mengalir keluar, dan terperangkap sehingga partikel – partikel tanah tidak dapat bergerak dan merapat untuk membentuk konfigurasi yang lebih padat. Dengan adanya pembebanan akibat gempa, tekanan air di dalam tanah akan meningkat sehingga memperkecil gaya antar partikel tanah sehingga kekuatan tanahnya menjadi menurun. Pada kasus – kasus yang ekstrim, tekanan air pori akan menjadi sangat tinggi sehingga partikel–partikel tanah kehilangan kontak satu dengan lainnya. Jika hal tersebut terjadi maka

tanah akan kehilangan kekuatannya dan berlaku seperti cairan, maka peristiwa tersebut dinamakan likuifaksi.

Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi terjadinya likuifaksi pada tanah saat terjadi gempa antara lain adalah kepadatan tanah, umur dari deposit, *fabric* dan gradasi partikel, riwayat tegangan (regangan), nilai *Over Consolidation Ratio* (OCR), kondisi tegangan in-situ, bentuk dari partikel. Kepadatan dari tanah pasir dapat dinyatakan dengan *relative density* (Dr). Semakin besar nilai Dr maka akan semakin besar tahanannya terhadap bahaya likuifaksi. Likuifaksi umumnya terjadi pada tanah yang bergradasi seragam (*uniformly graded soil*). Sementara tanah yang bergradasi baik (*well graded soil*) umumnya mempunyai tahanan terhadap likuifaksi lebih besar dibandingkan dengan tanah yang bergradasi jelek (*poor graded soil*).

Hal ini disebabkan oleh partikel – partikel kecil yang terdapat pada tanah yang bergradasi baik akan dapat mengisi rongga yang ada diantara partikel yang besar, sehingga potensi untuk mengalami perubahan volume pada kondisi drain akan menjadi lebih kecil akibat *undrained loading*. Tanah dengan partikel yang berbentuk bundar akan lebih mudah mengalami likuifaksi dibandingkan dengan tanah dengan partikel bersudut. Hal ini disebabkan tanah dengan partikel berbentuk bundar lebih mudah untuk dipadatkan.

#### 3.4.2 Bahaya Disebabkan oleh Likuifaksi

Jariyanih (2011) likuifaksi hanya terjadi pada tanah yang berpasir dan terendam air, sehingga pada kedalaman muka air tanah sangat mempengaruhi potensinya likuifaksi, maka efeknya seringkali hanya diamati pada area yang dekat dengan badan air seperti sungai, danau, dan laut. Terjadinya likuifaksi sering terlihat saat gempa bumi dan adapun bahaya yang disebabkan oleh likuifaksi bisa berupa longsor besar ataupun terjadinya retakan – retakan pada tanah yang paralel dengan badan air serta munculnya semburan pasir di permukaan tanah pada saat gempa terjadi.

Saat terjadinya likuifaksi, kekuatan tanah akan berkurang serta kemampuan tanah untuk menahan serta mendukung pondasi dari bangunan di atasnya akan

berkurang. Likuifaksi juga dapat memberikan tekanan yang besar pada dinding – dinding penahan tanah yang dapat menyebabkan dinding penahan tanah menjadi miring ataupun bergeser.

### 3.5 Metode Untuk Mengalisis Potensi Likuifaksi

Dalam menganalisis potensi likuifaksi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu tes uji laboratorium dan pendekatan perhitungan dari data tes uji lapangan. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil nilai potensi likuifaksi dari hasil uji lapangan yaitu SPT dan CPT. Tes SPT (*Standard Penetration Test*) adalah uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Kelebihan dan alasan utama tes ini digunakan secara luas karena tes ini murah dan sederhana. Parameter kekuatan tanah yang didapat adalah perkiraan, tetapi dapat memberikan panduan yang berguna dalam kondisi tanah dimana tidak memungkinkan untuk mendapatkan sampel bor yang kualitasnya memadai. Tes CPT (*Cone Penetration Test*) atau yang lebih sering disebut tes sondir merupakan penetrometer statis yang dipakai secara luas di Indonesia.

Adapun untuk menganalisis potensi likuifaksi dibutuhkan nilai rasio tegangan siklik (CSR) dan nilai rasio tahanan siklik (CRR) yang bisa didapatkan dari nilai CPT (sondir), SPT (bor dalam),  $V_s$  (*shearwave velocity*), dan beberapa uji tanah lainnya termasuk Becker Penetration Test (BPT). Namun dalam penelitian ini dibatasi dengan perhitungan dari data hasil pengujian SPT dan CPT.

#### 3.5.1 Metode CSR (*Cyclic Stress Ratio*)

Pada tahun 1971 Seed dan Idriss memformulasikan persamaan untuk rasio tegangan siklik tanah atau CSR dengan Persamaan 3.6 berikut.

$$CSR = 0,65 \times \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \times \left( \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times rd \quad (3.6)$$

Keterangan:

$a_{max}$  = Aselarasasi puncak horizontal pada permukaan tanah yang disebabkan oleh

- gempa bumi,
- $g$  = Gravitasi,
- $\sigma_{vo}$  = Tegangan *overburden* vertikal efektif, dan
- $r_d$  = Koefisien tegangan reduksi.

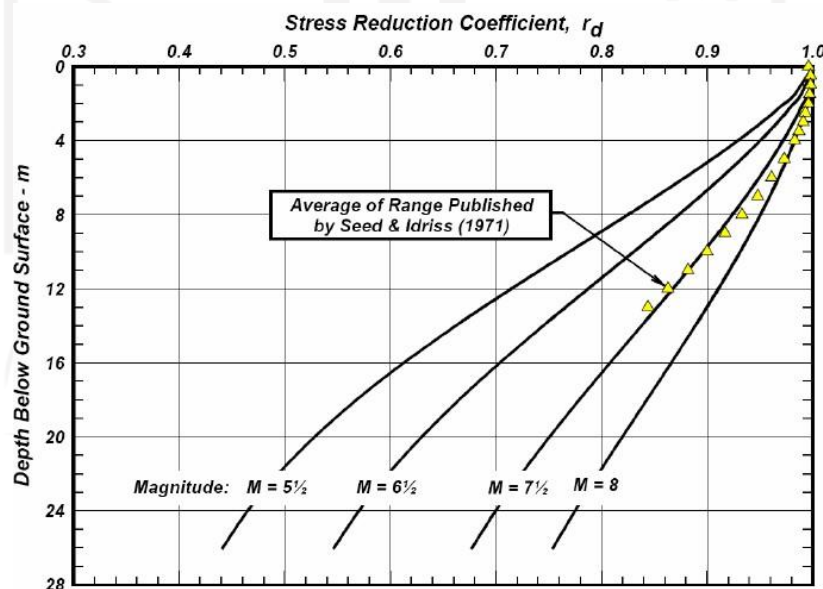
Untuk menganalisis koefisien reduksi tegangan persamaan (Liao dan Whitman, 1968) berikut digunakan dalam menentukan  $r_d$  dapat di lihat Persamaan (3.7), (3.8), (3.9) dan (3.10) sebagai berikut ini.

$$R_d = 1,0 - 0,00765Z \text{ untuk } Z \leq 9,15 \text{ m} \quad (3.7)$$

$$R_d = 1,174 - 0,0267Z \text{ untuk } 9,15 \text{ m} < Z \leq 23 \text{ m} \quad (3.8)$$

$$R_d = 0,774 - 0,008z \text{ untuk } 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m} \quad (3.9)$$

$$R_d = 0,5 \text{ untuk } z \geq 30 \text{ m} \quad (3.10)$$



**Gambar 3. 2  $r_d$  Vs Depth Curves Developed by Seed and Idriss (1971)**

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

Untuk memudahkan perhitungan, TF Blake (1996) memperkirakan rata-rata (nilai tengah) plot kurva pada Gambar 3.2 oleh Persamaan 3.11 berikut.

$$R_d = \frac{(1,000 - 0,4113z^{0,5} + 0,04052z + 0,001753z^{1,5})}{1,000 - 0,4177z^{0,5} + 0,05729z - 0,006205z^{1,5} + 0,001210z^2} \quad (3.11)$$

Keterangan:

$z$  = Kedalaman dibawah permukaan tanah dalam satuan meter.

Untuk suatu analisis perlunya sebuah pegangan untuk mengetahui analisis tersebut berpotensi likuifaksi atau tidak, nilai pegangan ini disebut faktor keamanan. Adapun faktor pendukung untuk menganalisis dibutuhkan nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) yang akan memakai Persamaan (3.12), (3.13), (3.14), dan (3.15) (Youd dan Idriss, 2001).

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (3.12)$$

$$\text{Jika } FS = \frac{CRR}{CSR} < 1 \text{ terjadinya likuifaksi} \quad (3.13)$$

$$\text{Jika } FS = \frac{CRR}{CSR} = 1 \text{ kondisi kritis akan likuifaksi} \quad (3.14)$$

$$\text{Jika } FS = \frac{CRR}{CSR} > 1 \text{ tidak terjadi likuifaksi} \quad (3.15)$$

### 3.5.2 Metode CRR (Cyclic Resistance Ratio)

Nilai CRR dapat dihitung dari berbagai data uji lapangan. Data uji lapangan yang biasa digunakan yaitu CPT (*Cone Penetration Test*), SPT (*Standart Penetration Test*), BPT (*Becker Penetration Test*) dan  $V_s$  (*Shear Wave Velocity*). Pada kasus ini penulis hanya melakukan analisis nilai CRR menggunakan data CPT dan SPT sebagai berikut.

## 1. SPT

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai CRR dari data SPT yaitu sebagai berikut. Untuk menentukan nilai  $(N_1)_{60}$  menggunakan faktor koreksi dan normalisasi dengan Persamaan (3.16) berikut.

$$(N_1)_{60} = N_m \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \quad (3.16)$$

Dimana  $N_m$  ialah nilai SPT, dan yang lainnya ialah faktor koreksi (normalisasi) yang dapat ditentukan melalui tabel berikut.

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

<b>FAKTOR</b>	<b>Variabel Alat</b>	<b>Simbol</b>	<b>Koreksi</b>
Tegangan Total	-----	$C_N$	$\left(\frac{Pa}{\sigma_{vo}'}\right)^n$
	-----	$C_N$	$C_N \leq 1,7$
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
Panjang Rod	< 3 m	$C_R$	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)

Persamaan berikut dikembangkan oleh IM Idris dengan bantuan R.B. Seed untuk faktor koreksi  $(N1)_{60}$  penyetaraan nilai clean sand,  $(N1)_{60cs}$  ditunjukkan pada Persamaan (3.17) sebagai berikut.

$$F_c < 35\% \text{ untuk } \alpha = 5,0 \beta = 1,2$$

$$(q_{c1N})_{cs} = \alpha + \beta(N1)_{60} \quad (3.17)$$

Hitung nilai *CRR* dengan Persamaan (3.18) dibawah ini

$$CRR = \frac{1}{34 - (N1)_{60}} + \frac{(N1)_{60}}{135} + \frac{50}{\{10 \times (N1)_{60} + 45\}^2} - \frac{1}{200} \quad (3.18)$$

## 2. CPT

Analisis nilai *CRR* dapat diperoleh dari hasil yang dilakukan dari lapangan yaitu uji CPT. Berdasarkan teori Youd dan Idriss (1997). Mencari nilai  $q_{cIN}$  berdasarkan nilai tahanan ujung terkoreksi dapat dilihat Persamaan (3.19) berikut.

$$Q_{cIN} = C_q \cdot (q_c / P_a) \quad (3.19)$$

Dimana  $q_c$  merupakan tahanan ujung konus, sedangkan  $P_a$  merupakan tekanan pada 1 atm.

Hubungan  $q_{cIN}$  dan *CRR* atau *CSR* dari Robertson dan Wride (1998) dalam Youd et.al (2001), didasarkan pada Persamaan (3.20) dan (3.21) yang digunakan untuk memperkirakan nilai *CRR* pada tanah, yaitu.

$$(q_{cIN})_{cs} < 50 \text{ untuk } CRR = 0,833((q_{cIN})_{cs}/1000) + 0,05 \quad (3.20)$$

$$50 < (q_{cIN})_{cs} < 160 \text{ untuk } CRR = 93 ((q_{cIN})_{cs}/1000)^3 + 0,08 \quad (3.21)$$

dimana  $K_c$ , faktor koreksi untuk karakteristik butir, didefinisikan dari Persamaan (3.22) dan (3.23) sebagai berikut.



$$\text{jika } I_c \leq 1,64 \text{ untuk } K_c=1 \quad (3.22)$$

Jika  $I_c > 1,64$  untuk

$$K_c = -0,403I_c^4 + 5,581I_c^3 - 21,63I_c^2 + 33,75I_c - 17,88 \quad (3.23)$$

Keterangan:

$K_c$  = Factor koreksi untuk karakteristik butiran.

Perhitungan nilai ekuivalen normalisasi pasir bersih CPT  $(q_{cIN})_{cs}$  dapat ditentukan dari Persamaan (3.24) sebagai berikut (Robertson dan Wride, 1988).

$$(q_{cIN})_{cs} = K_c \cdot q_{cIN} \quad (3.24)$$

Melalui nilai  $I_c$  agar mengetahui jenis tanah yang akan diuji maka memakai persamaan (3.25) sebagai berikut.

$$I_c = ((3,47 - \log Q)^2 + (1,22 + \log F)^2)^{0,5} \quad (3.25)$$

Dimana nilai  $Q$  untuk pasir murni, nilai eksponen  $n=0,5$  sedangkan tanah lempung menggunakan eksponen  $n=0,1$ . Pada saat sudah diuji dan dapat diketahui jenisnya maka persamaan (3.26) dan (3.27) yang dipakai Youd dan Idriss (1997) sebagai berikut ini.

$$C_q = \left(\frac{P_a}{\sigma_{vo}'}\right)^n \quad (3.26)$$

$$Q = \left(\frac{q_c - \sigma_{vo}'}{P_a}\right) \times \left(\frac{P_a}{\sigma_{vo}'}\right)^n \quad (3.27)$$

Nilai  $F$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.28) Youd dan Idriss (1997) sebagai berikut ini.

$$F = \left( \frac{fs}{qc - \sigma_{vo}} \right) \times 100\% \quad (3.28)$$

Sedangkan untuk nilai CRR dapat menggunakan persamaan (3.29) Robertson and Wride (1998) sebagai berikut ini.

$$CRR = 0,833 \times \left( \frac{qcIN}{1000} \right) + 0,05 \quad (3.29)$$



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Tahapan Penelitian**

Dalam penelitian ini proses penelitian di bagi menjadi beberapa tahapan, di antaranya sebagai berikut ini.

1. Tahapan Pengumpulan data termasuk meliputi tahapan pengambilan data tanah (data tanah uji lapangan dan data tanah laboratorium) dari proyek Jalur kereta api (KA) bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) di Kulon Progo.
2. Tahapan analisis dan pengolahan data, pada tahapan ini data telah diambil (data tanah uji lapangan dan data tanah laboratorium), kemudian diolah menggunakan program *Microsoft Excel* dengan teori dan logika yang berlaku metode NCEER dengan perhitungan CSR dan CRR.
3. Tahapan penulisan laporan penelitian serta penarikan kesimpulan sudah berdasarkan aturan yang berlaku dan hasil pengolahan data. Kesimpulan diambil berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab masalah yang timbul.

#### **4.2 Analisis Data**

Srikit (2019) untuk menganalisis potensi terjadinya likuifaksi yaitu dengan membandingkan seberapa besar potensi likuifaksi pada data sampel tanah yang diambil dari proyek Jalur kereta api (KA) bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) di Kulon Progo dengan menggunakan metode CSR (*Cyclic Stress Ratio*) dan mendapatkan besar potensi dengan metode CRR (*Cyclic Resistance Ratio*).

Kemudian data yang didapatkan dianalisis berdasarkan tahapan pekerjaan. Secara garis besar dijelaskan bahwa penelitian ini menggunakan data SPT dan CPT yang secara umum untuk mengetahui konsistensi lapisan tanah terhadap potensi

likuifaksi. Perhitungan potensi likuifaksi dilakukan berdasarkan data parameter geoteknik *Standard Penetration Test* (SPT) dan CPT serta keempaan.

Adapun nantinya nilai yang menunjukkan dibagian titik penelitian tersebut aman atau tidak dari likuifaksi yaitu "*Factor of Safety*" (FS). Berdasarkan dengan metode NCEER (1996) nilai Fs tersebut akan menyimpulkan potensi likuifaksi yang ada, sesuai persamaan 4.1, 4.2 dan 4.3 sebagai berikut.

$$\text{Jika } FS = \frac{CRR}{CSR} < 1 \text{ (berpotensi terjadi likuifaksi)} \quad (4.1)$$

$$\text{Jika } FS = \frac{CRR}{CSR} = 1 \text{ (kondisi kritis)} \quad (4.2)$$

$$\text{Jika } FS = \frac{CRR}{CSR} > 1 \text{ (berpotensi tidak terjadi likuifaksi)} \quad (4.3)$$

#### 4.2.1 Analisis Data SPT

Berdasarkan data bor SPT dari proyek Jalur kereta api (KA) bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) di Kulon Progo yang ada, dapat diketahui potensi likuifaksi pada titik tersebut pada kedalaman tertentu. Ada beberapa teknik untuk menganalisis likuifaksi yaitu dengan cara.

1. Berdasarkan data SPT digunakan 7 titik sampel penelitian.
2. Menentukan apakah tanah yang akan ditinjau memiliki kecenderungan likuifaksi atau tidak.
3. Tanah harus berada dibawah muka air tanah.
4. Selanjutnya menentukan nilai dari *cyclic stress ratio* (CSR).
5. Dengan menggunakan nilai parameter tanah dari faktor koreksi normalisasi (N1)60, maka dapat dihitung nilai *cyclic resistance ratio* (CRR).
6. Pada akhirnya akan didapatkan nilai faktor keamanan yang menunjukan potensi likuifaksi pada tanah tersebut.

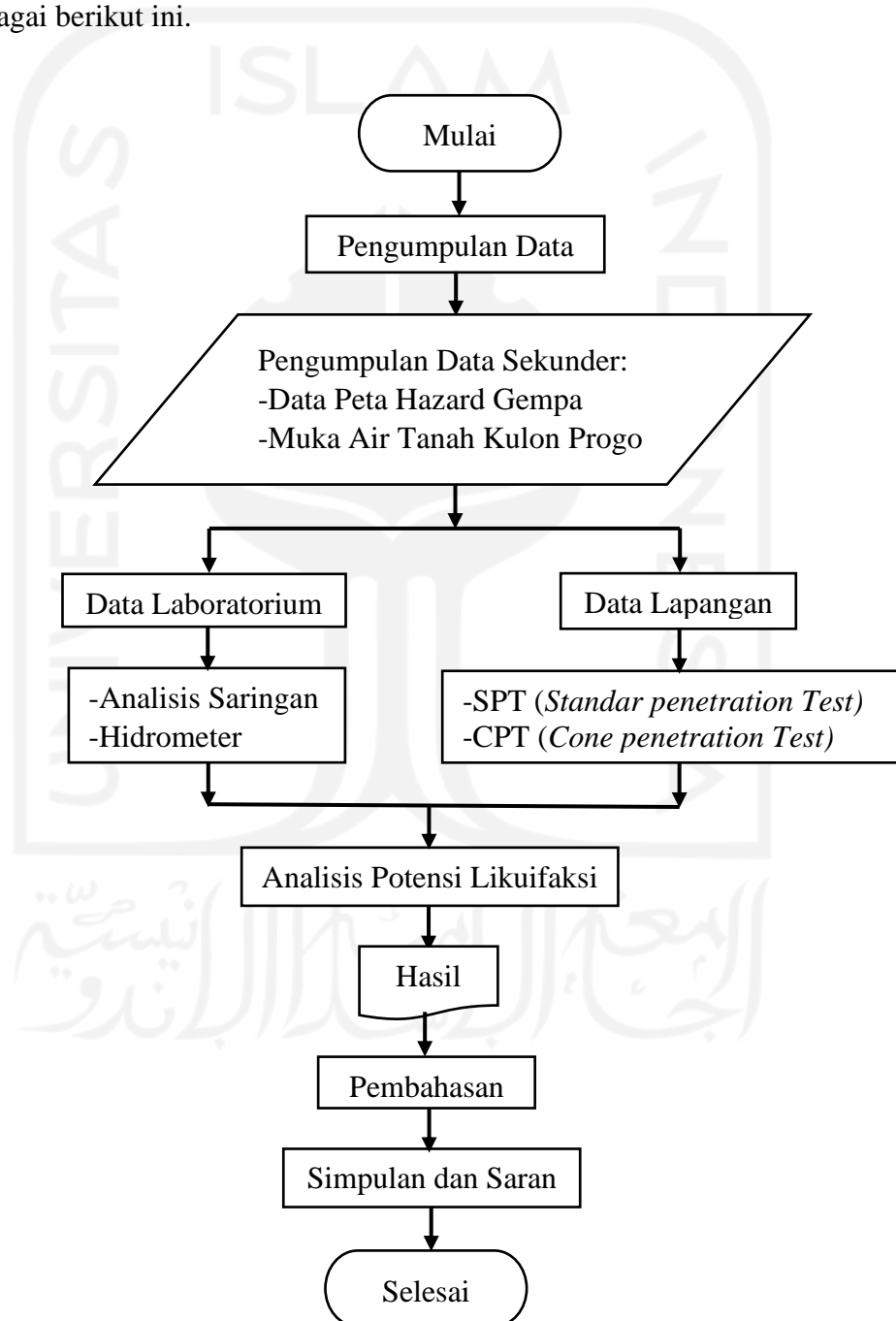
#### 4.2.2 Analisa Data CPT

Berdasarkan dengan pengolahan data SPT, pengolahan data CPT menganalisis dengan nilai tahanan konus (qc) dari alat sondir (CPT). Dari analisis

tersebut bisa didapatkan nilai CRR guna mendapatkan nilai faktor keamanan dengan cara membagi nilai CRR terhadap CSR.

### 4.3 Bagan Aliran Penelitian

Bagan alir penelitian atau *flowchart* penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut ini.



**Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian**

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

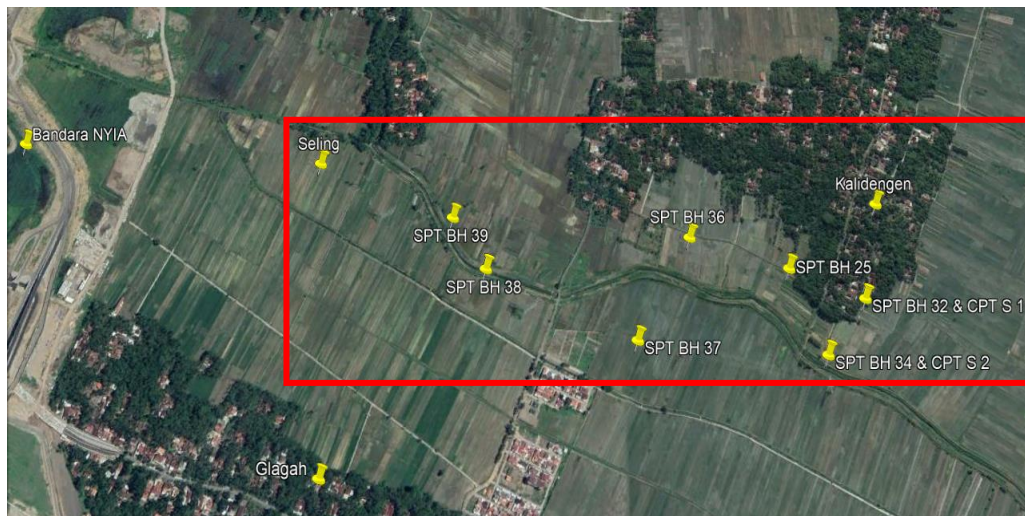
#### **5.1 Analisis Potensi Likuifaksi**

##### **5.1.1 Data Umum**

Likuifaksi merupakan fenomena tanah jenuh kehilangan kekuatan yang di akibatkan getaran gempa yang meningkatkan tekanan air dan melemahkan daya ikat dalam lapisan tanah. Potensi likuifaksi dapat diketahui melalui data lapangan dan laboratorium. Ditugas akhir ini potensi likufaksi akan dianalisis melalui data laboratorium dan data lapangan CPT dan SPT.

Berdasarkan penelitian ini mengambil sumber data dari Proyek Pembangunan Jalur KA Bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) yang berada di daerah Desa Kalidengen, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Desa Seling, Kebonrejo, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Di bagian proyek ini telah dilakukan survei geoteknik dan uji laboratorium yang nantinya hasil survei akan di analisis potensi likuifaksinya. Adapun survei yang dilakukan merupakan:

1. Pengeboran dalam (*deep boring*) dan *Standart Penetration Test* (SPT). Pengeboran data SPT dilakukan sebanyak 33 kali dengan kedalaman interval kedalaman SPT 2 meter. Dan kedalaman pengujian bor dalam sekitar 0-30 m.
  2. Untuk data sondir (CPT) dengan kedalaman tanah keras nilai konus atau  $q_c > 215 \text{ kg/cm}^2$  tidak seragam di kedalaman antara 9,60 m s/d 12,60 m untuk menentukan jenis pondasi bisa menyesuaikan hasil di setiap titik sondir.
- Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



**Gambar 5. 1 Lokasi Penelitian**

(Sumber: Google Eart 2021)

Untuk sampel SPT diambil sebanyak 7 titik pengeboran yaitu BH-32, BH-34, BH-35, BH-36, BH-37, BH-38, BH-39. Data tanah pada setiap titik dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

**Table 5. 1 Data SPT**

NO	ID	KOORDINAT		KEDALAMAN (m)	MAT (m)
		X (m)	Y (m)		
1	BH-32	7.897.118	110.081.662	30	4
2	BH-34	7.897.149	110.081.425	30	1
3	BH-35	7.897.128	110.081.328	30	4
4	BH-36	7.897.161	110.080.134	30	3,6
5	BH-37	7.897.159	110.080.085	30	0,8
6	BH-38	7.897.224	110.080.756	30	1,2
7	BH-39	7.897.196	110.081.236	30	2,4

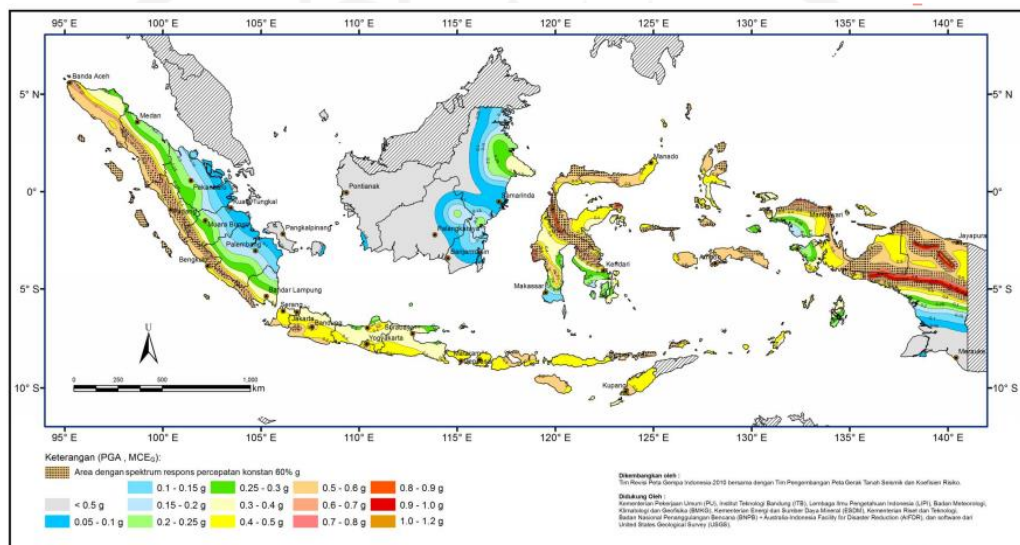
Dan sedangkan sampel CPT juga diambil sebanyak 2 titik yaitu S-01, S-02. Data tanah pada setiap titik dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

**Table 5. 2 Data CPT**

NO	ID	KOORDINAT		KEDALAMAN (m)	MAT (m)
1	S-01	7.897.158	110.081.223	9,60	2,4
2	S-02	7.897.157	110.082.605	12,60	1,2

### 5.1.2 Daerah Gempa Pada Peta

Peta daerah gempa pada zona yang berlokasi di daerah Kulon Progo berdasarkan SNI 1726-2012 wilayah Kulon Progo dengan nilai PGA 0,4-0,5 g, dan mengambil PGA paling maksimal yaitu 0,5 g. Peta daerah gempa dapat dilihat pada Gambar 5.2.



**Gambar 5. 2 Daerah Gempa Pada Peta Indonesia Menurut SNI 1726-2012**

Sumber: SNI 1726-2012

### 5.1.3 Penggolongan Tanah USCS

Pada penggolongan tanah dengan metode USCS terdapat 2 jenis tanah yaitu tanah berbutir kasar, tanah jenis ini termasuk kedalam bagian kerikil serta pasir, sedangkan tanah berbutir halus termasuk kedalam jenis bagian lanau dan lempung. Tanah berbutir kasar akan tertahan di atas saringan no 200, sedangkan tanah yang berbutir halus akan lolos saringan no 200. Pada studi ini agar mengetahui jenis tanah di proyek KA bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA) menggunakan klasifikasi tanah USCS berdasarkan hasil pengujian analisa saringan laboratorium dapat di lihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 berikut ini.



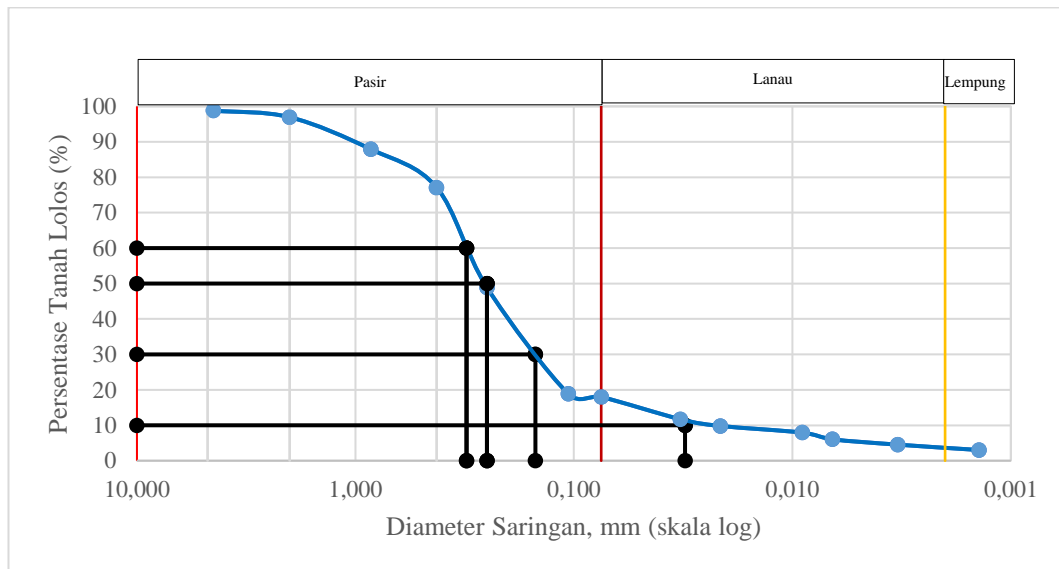
**Table 5. 3 Data Analisa Saringan Tanah Desa Kalidengen**

No Saringan	Diameter Sambungan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	% Tertahan	% Lolos	Berat Total Tanah
	mm	gr	gr	%	%	
1	25.400	0	1000	0,00	100	
1/2'	13.200	0	1000	0,00	100	
3/8'	9.500	0	1000	0,00	100	
1/4'	6.700	0	1000	0,00	100	
4	4.750	11,827	988,179	1,18	98,818	
10	2.000	18,671	969,508	1,87	96,951	1000
20	0.850	90,381	879,127	9,04	87,913	
40	0.425	107,951	771,176	10,80	77,118	
60	0.250	282,270	488,906	28,23	48,891	
140	0.106	300,116	188,790	30,01	18,879	
200	0.075	9,00	179,790	0,90	17,979	
pan	0	179,790	0	17,98	0	
Jumlah		1000	0	100	0	

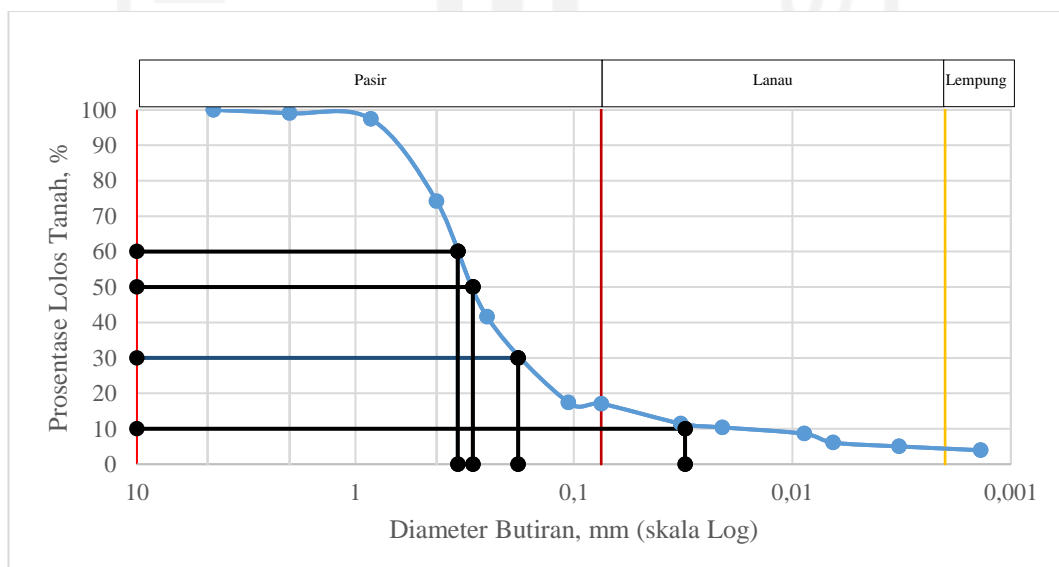
**Table 5. 4 Data Analisa Saringan Tanah Desa Seling**

No Saringan	Diameter Sambungan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	% Tertahan	% Lolos	Berat Total Tanah
	mm	gr	gr	%	%	
1	25.400	0	1000	0	100	
1/2'	13.200	0	1000	0	100	
3/8'	9.500	0	1000	0	100	
1/4'	6.700	0	1000	0	100	
4	4.750	0	1000	0	100	
10	2.000	9,81	990,19	0,98	99,02	1000
20	0.850	16,02	974,17	1,60	97,42	
40	0.425	231,62	742,55	23,16	74,26	
60	0.250	326,22	416,33	32,62	41,63	
140	0.106	242,38	173,95	24,24	17,40	
200	0.075	3,28	170,67	0,33	17,07	
pan	0	170,67	0	17,07	0	
Jumlah		1000	0	100	0	

Untuk memudahkan proses analisis maka perlu dilampirkan grafik gradasi butiran, grafik gradasi butiran dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 sebagai berikut ini.



**Gambar 5. 3 Grafik Size Analisis Tanah Desa Kalidengen**



**Gambar 5. 4 Grafik Size Analisis Tanah Desa Seling**

Dengan grafik size analisis Desa Kalidengen didapatkan hasil  $D_{10} = 0,031$ ,  $D_{30} = 0,15$ ,  $D_{60} = 0,31$  maka.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,31}{0,031} = 10$$

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0,18^2}{0,031 \times 0,31} = 2,3413$$

Sedangkan untuk Desa Seling didapatkan hasil  $D_{10} = 0,031$ ,  $D_{30} = 0,18$ ,  $D_{60} = 0,34$  maka.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,34}{0,031} = 10,9677$$

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0,18^2}{0,031 \times 0,34} = 3,0740$$

Berdasarkan dari data yang sudah ada maka Desa Kalidengen mempunyai butiran pasir 82,021 %, lanau 8,162 %, lempung 9,817 %, sedangkan untuk Desa Seling pasir 82,933 %, lanau 6,673 %, lempung 10,394 %. Dari perhitungan nilai  $C_u$  didapatkan hasil Desa Kalidengen dan Desa Seling yang dimana nilai  $C_u > 6$  jenis pasir yang memiliki gradasi baik.

Pengelompokan tanah secara karakteristik menurut USCS dapat dilihat tekstur tanah dengan deskripsi lolos saringan no.200. untuk Desa Kalidengen menunjukkan nilai persen lolos saringan no.200 kurang dari 50% dari saringan tersebut digolongkan tanah berbutir kasar, serta dikelompokkan menjadi SC (pasir lempung, pasir berlempung), sedangkan untuk Desa Seling dimana menunjukkan nilai persen lolos saringan no.200 kurang dari 50% dari saringan tersebut di golongkan tanah berbutir kasar yang dikelompokkan menjadi SC (pasir lempung, pasir berlempung). Klasifikasi tanah USCS dapat dilihat pada Gambar 5.5 sebagai berikut.

Major divisions	Group symbol	Typical names	Classification criteria for coarse-grained soils			
Coarse-grained soils (more than half of material is larger than No. 200)	Gravels (more than half of coarse fraction is larger than No. 4 sieve size)	Clean gravels (little or no fines)	GW	Well-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	$C_U \geq 4$ $1 \leq C_C \leq 3$	
			GP	Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for GW ( $C_U < 4$ or $1 > C_C > 3$ )	
		Gravels with fines (appreciable amount of fines)	u/d	GM	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures	Atterberg limits below A line or $I_p < 4$
				GC	Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures	Atterberg limits above A line with $I_p > 7$
	Sands (more than half of coarse fraction is smaller than No. 4 sieve size)	Clean sands (little or no fines)	SW	Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines	$C_U \geq 6$ $1 \leq C_C \leq 3$	
			SP	Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for SW ( $C_U < 6$ or $1 > C_C > 3$ )	
		Sands with fines (appreciable amount of fines)	u/d	SM	Silty sands, sand-silt mixtures	Atterberg limits below A line or $I_p < 4$
				SC	Clayey sands, sand-clay mixtures	Atterberg limits above A line with $I_p > 7$
Fine-grained soils (more than half of material is smaller than No. 200)	Sils and clays (liquid limit < 50)	ML	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands, or clayey silts with slight plasticity	<ol style="list-style-type: none"> <li>Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve.</li> <li>Depending on percentages of fines (fraction smaller than 200 sieve size), coarse-grained soils are classified as follows: Less than 5%—GW, GP, SW, SP More than 12%—GM, GC, SM, SC 5 to 12%—Borderline cases requiring dual symbols</li> </ol>		
		CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays			
		OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity			
	Sils and clays (liquid limit > 50)	MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts			
		CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays			
		OH	Organic clays of medium to high plasticity, organic silts			
	Highly organic soils	Pt	Peat and other highly organic soils			

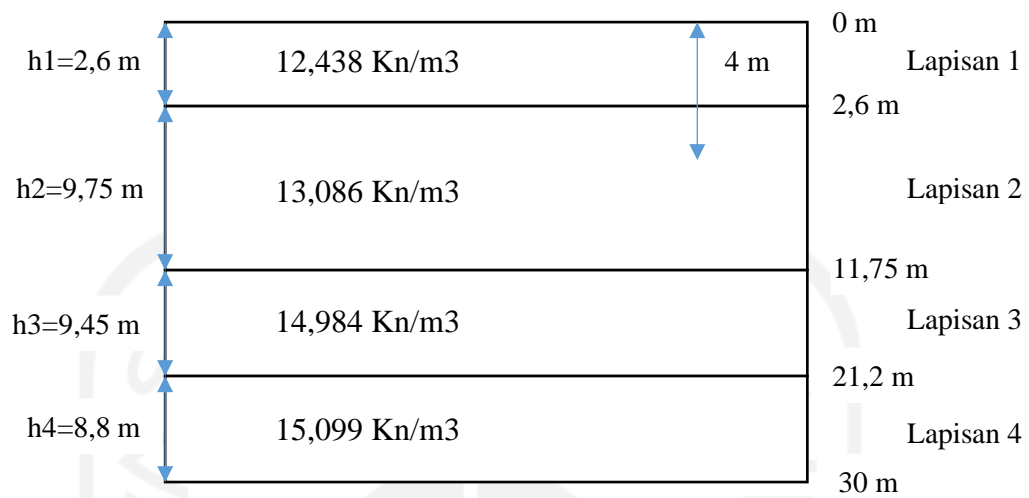
**Gambar 5. 5 Klasifikasi Tanah USCS**

(Sumber: Bowles 1991)

## 5.2 Analisis data SPT

Perhitungan Analisis likuifaksi menggunakan data SPT ini menggunakan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel* yang nantinya akan di masukan ke dalam grafik agar memudahkan menganalisis potensi likuifaksi pada tanah tersebut. Adapun contoh perhitungan analisis likuifaksi dapat dilihat pada Gambar 5.6 sebagai berikut ini.

Contoh Perhitungan *Bore Hole* BH-32



**Gambar 5.6 Lapisan Tanah BH-32**

Data Umum:

Muka Air Tanah (MAT)	= 4 m
Percepatan Gravitasi (g)	= 9,81 m/s <sup>2</sup>
Berat Volume Air ( $\gamma_w$ )	= 9,81 kN/m <sup>3</sup>
Kedalaman Lapisan (z)	= 30 m
a max	= 0,5 g

1. Perhitungan tegangan efektif ( $\sigma'$ )

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan total } (\sigma_1) &= h \times \gamma \\
 &= 2,6 \times 12,438 \\
 &= 32,338 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan air pori } (u) &= h_w \times \gamma_w \\
 &= 0 \times 9,81 \\
 &= 0 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan efektif } (\sigma_1') &= \sigma - u \\
 &= 32,339 - 0 \\
 &= 32,338 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan total } (\sigma_2) &= \sigma_1 + (h \times \gamma) \\
 &= 32,339 + (11,75 \times 13,086) \\
 &= 186,099 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan air pori } (u) &= h_w \times \gamma_w \\
 &= 5,15 \times 9,81 \\
 &= 50,521 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan efektif } (\sigma_2') &= \sigma - u \\
 &= 186,099 - 50,522 \\
 &= 135,577 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan total } (\sigma_3) &= \sigma_2 + (h \times \gamma) \\
 &= 186,099 + (21,2 \times 14,984) \\
 &= 503,760 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan air pori } (u) &= h_w \times \gamma_w \\
 &= 5,45 \times 9,81 \\
 &= 53,464 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan efektif } (\sigma_3') &= \sigma - u \\
 &= 503,760 - 53,464 \\
 &= 450,295 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

## d. Lapisan 4

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan total } (\sigma_4) &= \sigma_3 + (h \times \gamma) \\
 &= 503,760 + (30 \times 15,099) \\
 &= 956,730 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan air pori } (u) &= h_w \times \gamma_w \\
 &= 4,8 \times 9,81 \\
 &= 47,088 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan efektif } (\sigma_4') &= \sigma - u \\
 &= 956,730 - 47,088 \\
 &= 909,642 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan nilai tegangan reduksi (rd)

Nilai tegangan reduksi (rd) dapat dihitung dengan persamaan (Liao dan Whitmann, 1986) nantinya akan memperoleh nilai rata-rata koefisien tegangan reduksi (rd). Adapun persamaan dan syarat yang di berlakukan yaitu:

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

## a. Lapisan 1

$$\begin{aligned}
 R_d &= 1,0 - 0,00765 \times z \\
 &= 1,0 - 0,00765 \times 2,6 \\
 &= 0,980
 \end{aligned}$$

## b. Lapisan 2

$$\begin{aligned}
 R_d &= 1,174 - 0,0267 \times z \\
 &= 1,174 - 0,0267 \times 11,75 \\
 &= 0,860
 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned} R_d &= 1,174 - 0,0267 \times z \\ &= 1,174 - 0,0267 \times 21,2 \\ &= 0,607 \end{aligned}$$

d. Lapisan 4

$$R_d = 0,5$$

### 3. Perhitungan nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR)

Untuk menghitung nilai CSR memakai rumus persamaan Seed dan Idriss (1971), sebagai berikut ini.

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned} CSR &= 0,65 \times \left( \frac{a_{\max}}{g} \right) \times \left( \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times r_d \\ &= 0,65 \times (0,5) \times \left( \frac{32,338}{32,338} \right) \times 0,980 \\ &= 0,318 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned} CSR &= 0,65 \times \left( \frac{a_{\max}}{g} \right) \times \left( \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times r_d \\ &= 0,65 \times (0,5) \times \left( \frac{186,099}{135,577} \right) \times 0,860 \\ &= 0,383 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned} CSR &= 0,65 \times \left( \frac{a_{\max}}{g} \right) \times \left( \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times r_d \\ &= 0,65 \times (0,5) \times \left( \frac{503,760}{450,295} \right) \times 0,607 \\ &= 0,221 \end{aligned}$$

d. Lapisan 4

$$\begin{aligned} CSR &= 0,65 \times \left( \frac{a_{\max}}{g} \right) \times \left( \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times r_d \\ &= 0,65 \times (0,5) \times \left( \frac{959,730}{909,642} \right) \times 0,5 \\ &= 0,170 \end{aligned}$$



#### 4. Perhitungan nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR)

Untuk menghitung nilai CRR dapat menggunakan tabel nilai factor koreksi yang di dapatkan dari Skempton (1986) dan dengan berdasarkan persamaan teori Youd dan Idriss (1997), Sedangkan untuk rumus yang di gunakan pada (N1)60 yaitu sebagai berikut.

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

Keterangan:

- CE : Faktor Rasio Energi,  
 CB : Faktor Diameter Lubang,  
 CR : Faktor Panjang Rod,  
 CS : Faktor Metode Sampling, dan  
 N<sub>m</sub> : Faktor nilai SPT tersetruktur.

Diketahui:

- Faktor Rasio Energi (CE) : 1,3 (dari tabel nilai faktor koreksi (N1)60),  
 Faktor Diameter Lubang (CB): 1 (dari tabel nilai faktor koreksi (N1)60),  
 Faktor Panjang Rod (CR) : 0,75 (dari tabel nilai faktor koreksi (N1)60), dan  
 Faktor Metode Sampling (CS):1 (dari tabel nilai faktor koreksi (N1)60).

##### a. Lapisan 1

$$\begin{aligned} (N1)60 &= N_m \times CE \times CB \times CR \times CS \\ &= (N \times CN) \times CE \times CB \times CR \times CS \\ &= \left( N \times \left( \frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{vo}}{PA}} \right) \right) \times CE \times CB \times CR \times CS \\ &= \left( 4 \times \left( \frac{2,2}{1,2 + \frac{32,338}{98,066}} \right) \right) \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\ &= 5,608 \\ (N1)60_{cs} &= 5 + 1,2 \times (N1)60 \\ &= 5 + 1,2 \times 5,608 \\ &= 11,730 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CRR} &= \frac{1}{34 - ((N1)60cs)} + \frac{(N1)60cs}{135} + \frac{50}{(10 \times (N1)60cs + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34 - 11,730} + \frac{11,730}{135} + \frac{50}{(10 \times 11,730 + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= 0,128
 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned}
 (N1)60 &= Nm \times CE \times CB \times CR \times CS \\
 &= (N \times CN) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
 &= \left( N \times \left( \frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{\text{vol}}}{PA}} \right) \right) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
 &= \left( 5 \times \left( \frac{2,2}{1,2 + \frac{135,577}{98,066}} \right) \right) \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
 &= 4,152
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (N1)60cs &= 5 + 1,2 \times (N1)60 \\
 &= 5 + 1,2 \times 4,152 \\
 &= 9,983
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CRR} &= \frac{1}{34 - ((N1)60cs)} + \frac{(N1)60cs}{135} + \frac{50}{(10 \times (N1)60cs + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= \frac{1}{34 - 9,983} + \frac{9,983}{135} + \frac{50}{(10 \times 9,983 + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
 &= 0,113
 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned}
 (N1)60 &= Nm \times CE \times CB \times CR \times CS \\
 &= (N \times CN) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
 &= \left( N \times \left( \frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{\text{vol}}}{PA}} \right) \right) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
 &= \left( 60 \times \left( \frac{2,2}{1,2 + \frac{450,295}{98,066}} \right) \right) \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
 &= 22,221
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (N1)60cs &= 5 + 1,2 \times (N1)60 \\
 &= 5 + 1,2 \times 22,221 \\
 &= 31,665
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
CRR &= \frac{1}{34 - ((N1)60cs)} + \frac{(N1)60cs}{135} + \frac{50}{(10 \times (N1)60cs + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= \frac{1}{34 - 31,665} + \frac{31,665}{135} + \frac{50}{(10 \times 31,665 + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= 0,658
\end{aligned}$$

d. Lapisan 4

$$\begin{aligned}
(N1)60 &= Nm \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (N \times CN) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= \left( N \times \left( \frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{v07}}{PA}} \right) \right) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= \left( 60 \times \left( \frac{2,2}{1,2 + \frac{909,642}{98,066}} \right) \right) \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
&= 12,285
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(N1)60cs &= 5 + 1,2 \times (N1)60 \\
&= 5 + 1,2 \times 12,285 \\
&= 19,743
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
CRR &= \frac{1}{34 - ((N1)60cs)} + \frac{(N1)60cs}{135} + \frac{50}{(10 \times (N1)60cs + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= \frac{1}{34 - 19,743} + \frac{19,743}{135} + \frac{50}{(10 \times 19,743 + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= 0,212
\end{aligned}$$

## 5. Perhitungan nilai FS

Menghitung nilai FS untuk menentukan pada lokasi tersebut terjadi atau tidaknya potensi likuifaksi dapat menggunakan nilai CRR dan CSR. Berikut merupakan perhitungan FS.

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned}
FS1 &= \frac{CRR}{CSR} \\
&= \frac{0,1287}{0,318} \\
&= 0,404 \text{ (terjadi likuifaksi)}
\end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned} \text{FS2} &= \frac{CRR}{CSR} \\ &= \frac{0,113}{0,383} \\ &= 0,294 \text{ (terjadi likuifaksi)} \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned} \text{FS3} &= \frac{CRR}{CSR} \\ &= \frac{0,658}{0,221} \\ &= 2,978 \text{ (tidak terjadi likuifaksi)} \end{aligned}$$

d. Lapisan 4

$$\begin{aligned} \text{FS4} &= \frac{CRR}{CSR} \\ &= \frac{0,212}{0,170} \\ &= 1,241 \text{ (tidak terjadi likuifaksi)} \end{aligned}$$

Adapun hasil dari pengolahan data diatas akan ditampilkan dengan tabel maupun grafik. Untuk bagian tabel akan memuat tentang perhitungan potensi likufaksi menggunakan bantuan program *Microsoft Eexcel* dan grafik memuat dan terdiri dari 4 variabel yaitu hasil nilai CSR, CRR, FS (faktor keamanan), dan kedalaman titik uji data.

a. BH-32

Adapun perhitungan potensi likuifaksi dititik BH-32 dapat dilihat dibagian Tabel 5.5, Tabel 5.6, Tabel 5.7, dan Gambar 5.7 sebagai berikut.

**Table 5. 5 Perhitungan CSR BH-32**

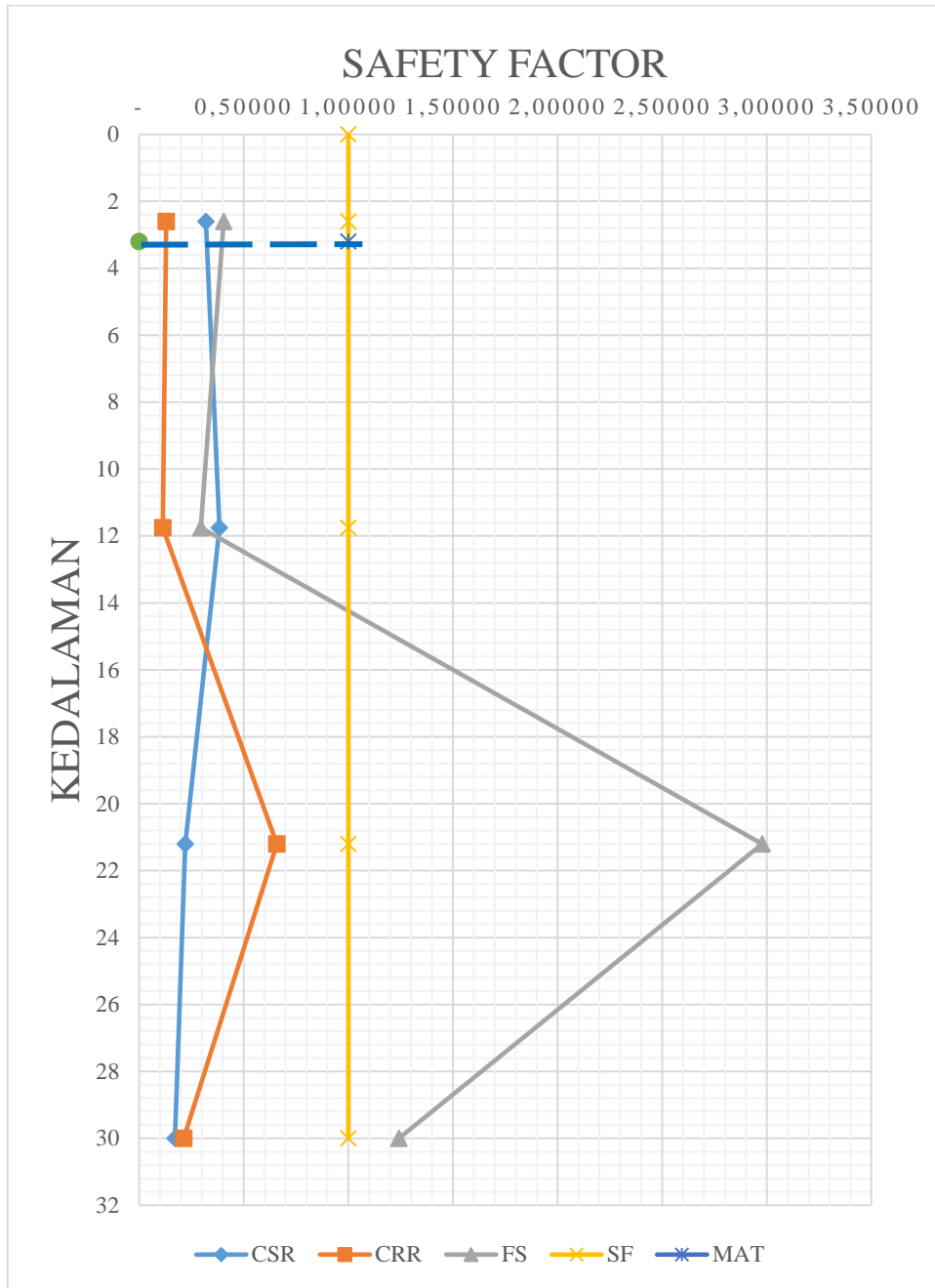
Lapisan	Kedalaman	Beda tinggi	Jenis Tanah	(a max/g)	rd	yd	Tegangan Total ( $\sigma$ )	Angka Pori (u)	Tegangan Efektif ( $\sigma'$ )	( $\sigma/\sigma'$ )	CSR
	m	m				(kN/m <sup>3</sup> )			(kN/m <sup>3</sup> )		
1	2,6	2,6	Clay	0,5	0,980	12,438	32,339	0	32,339	1,000	0,319
2	11,75	9,15	Sand Clay	0,5	0,860	13,086	186,099	50,522	135,578	1,373	0,384
3	21,2	9,45	Coarse Sand	0,5	0,608	14,984	503,760	53,465	450,296	1,119	0,221
4	30	8,8	Medium Sand	0,5	0,500	15,099	956,730	47,088	909,642	1,052	0,171

**Table 5. 6 Perhitungan CRR BH-32**

Lapisan	Kedalaman	Beda tinggi	Jenis Tanah	N-SPT		Faktor Koreksi (N1)60					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m				Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	2,6	2,6	Clay	4	30	1,438	1,3	1	0,75	1	5,609	11,730	0,129
2	11,75	9,15	Sand Clay	5	27	0,852	1,3	1	0,75	1	4,153	9,984	0,113
3	21,2	9,45	Coarse Sand	60	26	0,380	1,3	1	0,75	1	22,221	31,665	0,658
4	30	8,8	Medium Sand	60	24	0,210	1,3	1	0,75	1	12,285	19,743	0,212

**Table 5. 7 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-32**

Lapisan	Kedalaman	Beda tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
	m	m					
1	2,6	2,6	Clay	0,318	0,128	0,404	Terjadi Likuifaksi
2	11,75	9,15	Sand Clay	0,383	0,112	0,294	Terjadi Likuifaksi
3	21,2	9,45	Coarse Sand	0,221	0,658	2,978	Tidak Terjadi Likuifaksi
4	30	8,8	Medium Sand	0,170	0,212	1,241	Tidak Terjadi Likuifaksi



Gambar 5. 7 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-32

Dari perhitungan SPT pada titik BH-32 di dapatkan hasil grafik pada Gambar 5.7 yang dimana terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Dimana nilai  $FS=1$  merupakan acuan terjadinya likuifaksi atau tidak, apabila FS kurang dari 1 maka akan terjadi likuifaksi, dan apabila FS sama dengan 1 maka dalam kondisi keritis, sedangkan FS yang melebihi dari 1 tidak akan terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada lapisan 3 di kedalaman 21,2 m dan pada lapisan 4 di kedalaman 30 m dikarenakan SF pada lapisan 3 di dapatkan sebesar 2,978 dan lapisan 4 sebesar 1,241 nilai tersebut melebihi dari nilai SF yang telah ditentukan. Sedangkan pada lapisan 1 di kedalaman 2,6 m, lapisan 2 di kedalaman 11,75 m terjadinya likuifaksi di karenakan SF pada kedua lapisan dibawah syarat  $SF=1$ .



b. BH-34

Adapun perhitungan potensi likuifaksi dititik BH-34 dapat dilihat dibagian Tabel 5.8, Tabel 5.9, Tabel 5.10, dan Gambar 5.8 sebagai berikut.

**Table 5. 8 Perhitungan CSR BH-34**

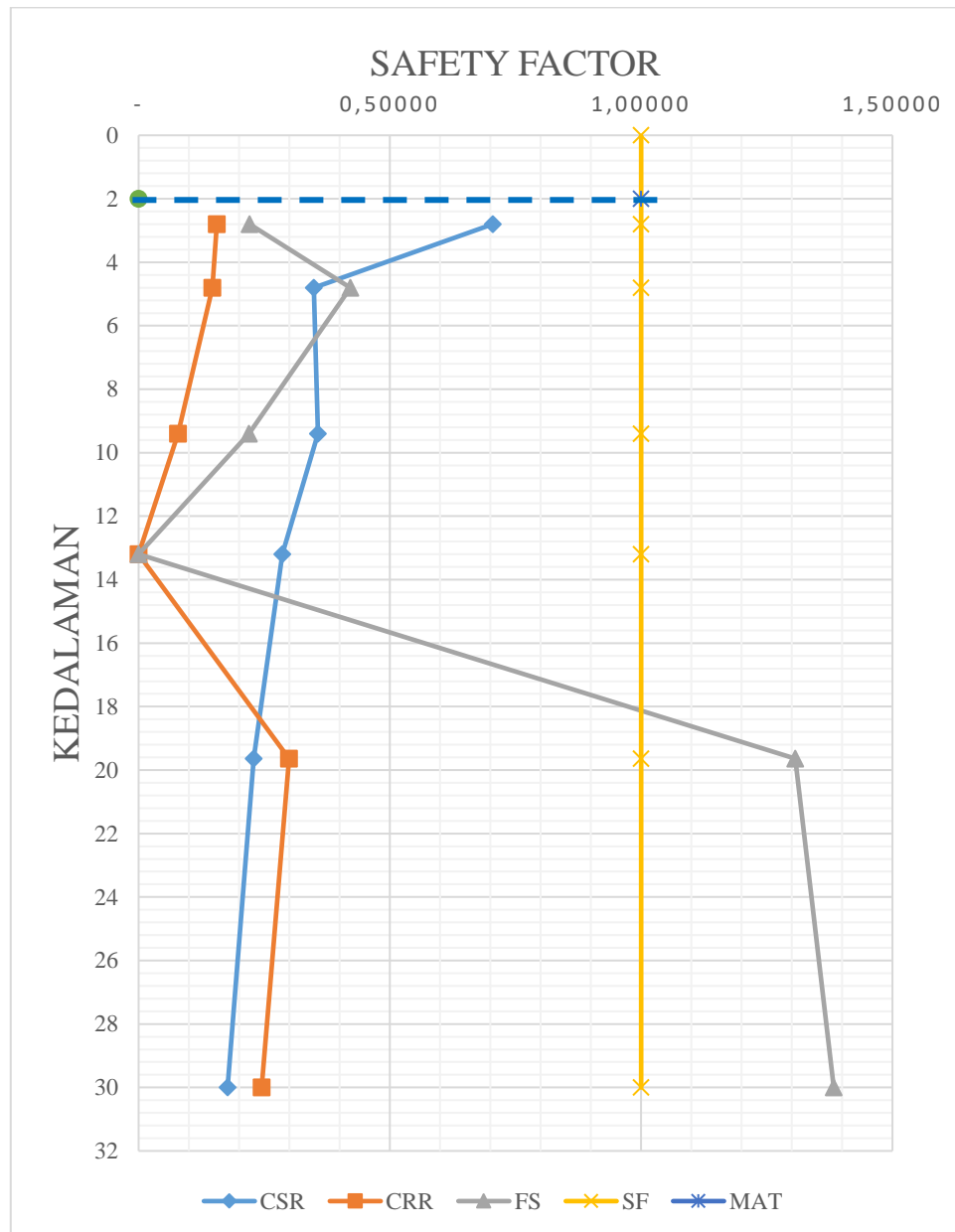
Lapisan	Kedalaman	Beda tinggi	Jenis Tanah	(a max/g)	rd	yd	Tegangan Total ( $\sigma$ )	Angka Pori (u)	Tegangan Efektif ( $\sigma'$ )	( $\sigma/\sigma'$ )	CSR
	m	m				(kN/m3)	(kN/m3)	(kN/m3)	(kN/m3)		
1	2,8	2,8	Clay	0,5	0,978	11,494	32,183	17,658	14,525	2,215	0,704
2	4,8	2	Sand Clay	0,5	0,963	13,348	96,253	9,810	86,444	1,113	0,348
3	9,4	4,6	Sand Clay	0,5	0,923	13,406	222,270	35,316	186,954	1,188	0,356
4	13,2	3,8	Medium Sand	0,5	0,821	14,661	415,795	27,468	388,327	1,070	0,285
5	19,64	6,44	Coarse Sand	0,5	0,649	13,406	679,089	53,366	625,723	1,085	0,229
6	30	10,36	Medium Sand	0,5	0,500	14,661	1118,919	91,821	1027,097	1,089	0,177

**Table 5. 9 Perhitungan CRR BH-34**

Lapisan	Kedalaman	Beda tinggi	Jenis Tanah	N-SPT		Faktor Koreksi (N1)60					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m				Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	2,8	2,8	Clay	5	30	1,631	1,3	1	0,75	1	7,955	14,546	0,155
2	4,8	2	Sand Clay	7	30	1,056	1,3	1	0,75	1	7,213	13,656	0,146
3	9,4	4,6	Sand Clay	1	30	0,708	1,3	1	0,75	1	0,690	5,828	0,078
4	13,2	3,8	Medium Sand	60	30	0,426	1,3	1	0,75	1	24,942	34,931	0,000
5	19,64	6,44	Coarse Sand	60	25	0,290	1,3	1	0,75	1	16,977	25,372	0,299
6	30	10,36	Medium Sand	78	28	0,188	1,3	1	0,75	1	14,332	22,198	0,244

**Table 5. 10 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-34**

Lapisan	Kedalaman	Beda tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
	m	m					
1	2,8	2,8	Clay	0,704	0,155	0,220	Terjadi Likuifaksi
2	4,8	2	Sand Clay	0,348	0,146	0,421	Terjadi Likuifaksi
3	9,4	4,6	Sand Clay	0,356	0,078	0,219	Terjadi Likuifaksi
4	13,2	3,8	Medium Sand	0,285	0,000	0,000	Terjadi Likuifaksi
5	19,64	6,44	Coarse Sand	0,229	0,299	1,306	Tidak Terjadi Likuifaksi
6	30	10,36	Medium Sand	0,177	0,244	1,383	Tidak Terjadi Likuifaksi



**Gambar 5. 8 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-34**

Dari perhitungan SPT pada titik BH-34 di dapatkan hasil grafik pada Gambar 5.8 yang dimana terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Dimana nilai  $FS=1$  merupakan acuan terjadinya likuifaksi atau tidak, apabila FS kurang dari 1 maka akan terjadi likuifaksi, dan apabila FS sama dengan 1 maka dalam kondisi keritis, sedangkan FS yang melebihi dari 1 tidak akan terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada lapisan 5 di kedalaman 19,64 m di karenakan SF pada lapisan ini di dapatkan sebesar 1,306 dan lapisan 6 dengan kedalaman 30 dengan SF pada lapisan ini sebesar 1,383. Sedangkan pada lapisan 1 di kedalaman 2,8 m, lapisan 2 di kedalaman 4,8 m, lapisan 3 di kedalaman 9,4 m, lapisan 4 di kedalaman 13,2 terjadinya likuifaksi dikarenakan SF pada setiap lapisan di dapatkan dibawah nilai  $SF=1$ .

## c. BH-35

Adapun perhitungan potensi likuifaksi dititik BH 35 dapat dilihat dibagian Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13, dan Gambar 5.9 sebagai berikut.

**Table 5. 11 Perhitungan CSR BH-35**

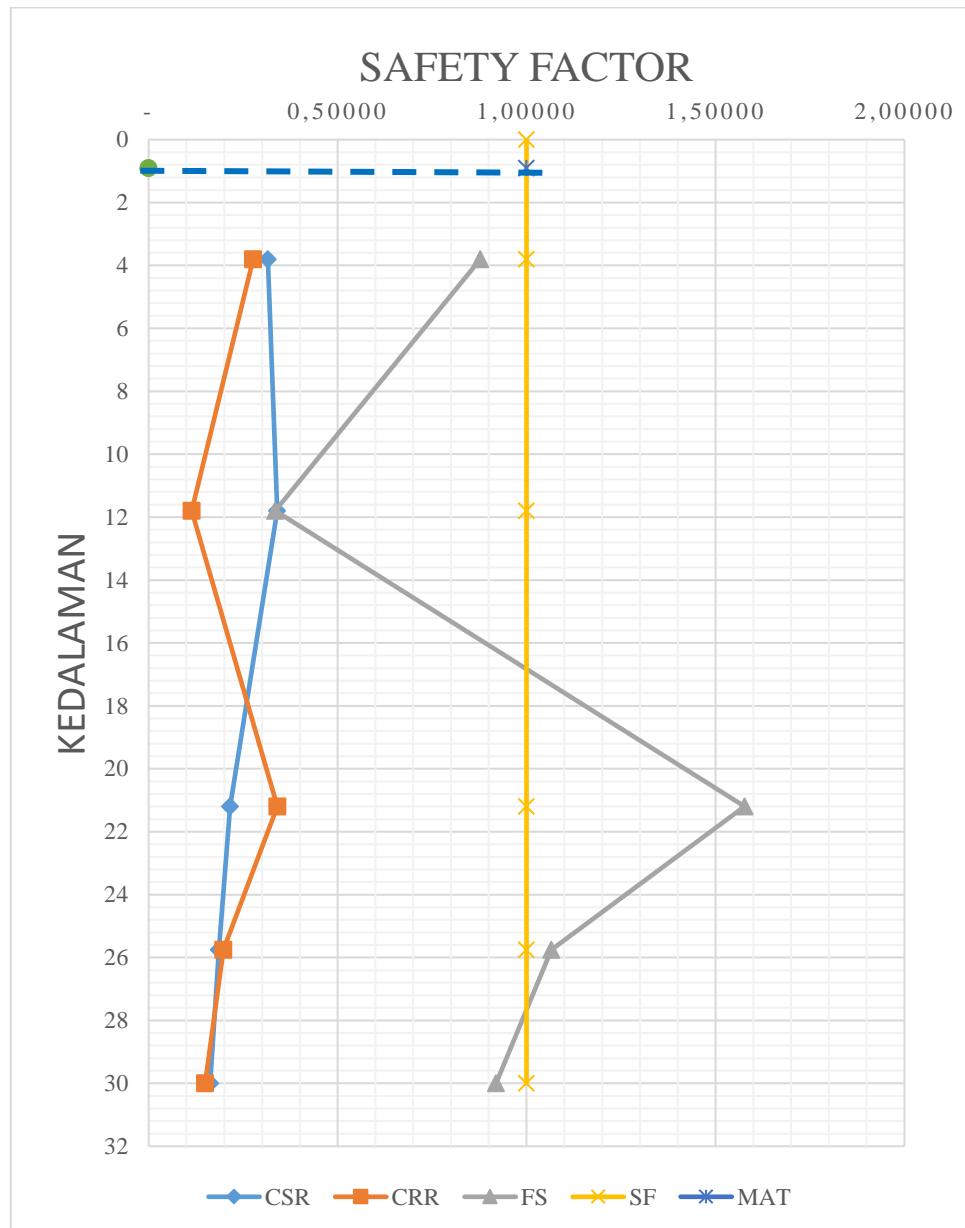
Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	(a max/g)	rd	yd	Tegangan Total ( $\sigma$ )	Angka Pori (u)	Tegangan Efektif ( $\sigma'$ )	( $\sigma/\sigma'$ )	CSR
	m	m				(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )		
1	3,8	3,8	Clay	0,5	0,970	14,000	53,2	0	53,200	1,000	0,315
2	11,8	8	Sand Clay	0,5	0,858	14,000	218,4	39,24	179,160	1,219	0,340
3	21,2	9,4	Coarse Sand	0,5	0,607	19,000	621,2	52,974	568,226	1,093	0,216
4	25,75	4,55	Medium Sand	0,5	0,568	15,000	1007,45	5,395	1002,055	1,005	0,185
5	30	4,25	Coarse Sand	0,5	0,500	19,000	1577,45	2,452	1574,998	1,001	0,162

**Table 5. 12 Perhitungan CRR BH-35**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT		Faktor Koreksi (N1)60					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m				Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	3,8	3,8	Clay	13	30	1,262	1,3	1	0,75	1	16,002	24,203	0,276
2	11,8	8	Sand Clay	6	30	0,726	1,3	1	0,75	1	4,251	10,102	0,114
3	21,2	9,4	Coarse Sand	60	23	0,314	1,3	1	0,75	1	18,400	27,080	0,340
4	25,75	4,55	Medium Sand	60	14	0,192	1,3	1	0,75	1	11,271	18,525	0,197
5	30	4,25	Coarse Sand	60	15	0,127	1,3	1	0,75	1	7,456	13,947	0,149

**Table 5. 13 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-35**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	3,8	3,8	Clay	0,315	0,276	0,877	Terjadi Likuifaksi
2	11,8	8	Sand Clay	0,340	0,114	0,335	Terjadi Likuifaksi
3	21,2	9,4	Coarse Sand	0,216	0,340	1,576	Tidak Terjadi Likuifaksi
4	25,75	4,55	Medium Sand	0,185	0,197	1,065	Tidak Terjadi Likuifaksi
5	30	4,25	Coarse Sand	0,162	0,149	0,919	Terjadi Likuifaksi



**Gambar 5. 9 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-35**



Dari perhitungan SPT pada titik BH 35 di dapatkan hasil grafik pada Gambar 5.9 yang dimana terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Dimana nilai  $FS=1$  merupakan acuan terjadinya likuifaksi atau tidak, apabila FS kurang dari 1 maka akan terjadi likuifaksi, dan apabila FS sama dengan 1 maka dalam kondisi keritis, sedangkan FS yang melebihi dari 1 tidak akan terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada lapisan 3 di kedalaman 21,2 m di karenakan SF pada lapisan ini di dapatkan sebesar 1,576 dan lapisan 4 dengan kedalaman 25,75 dengan SF pada lapisan ini sebesar 1,065. Sedangkan pada lapisan 1 di kedalaman 3,8 m, lapisan 2 di kedalaman 11,8 m, lapisan 5 di kedalaman 30 m terjadinya likuifaksi dikarenakan SF pada setiap lapisan di dapatkan dibawah nilai  $SF=1$ .

## d. BH-36

Adapun perhitungan potensi likuifaksi dititik BH-36 dapat dilihat dibagian Tabel 5.14, Tabel 5.15, Tabel 5.16, dan Gambar 5.10 sebagai berikut.

**Table 5. 14 Perhitungan CSR BH-36**

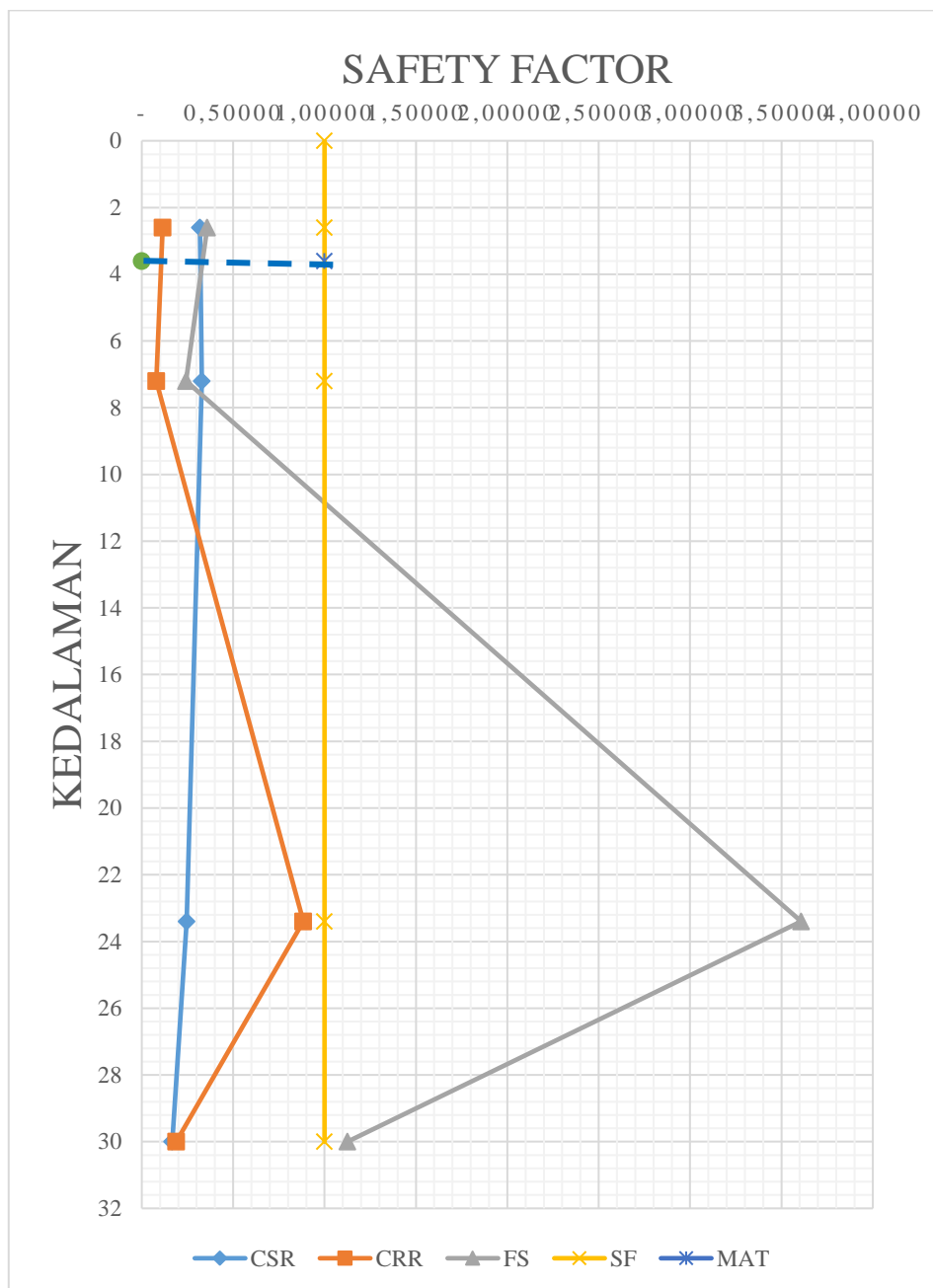
Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	(a max/g)	rd	yd	Tegangan Total ( $\sigma$ )	Angka Pori (u)	Tegangan Efektif ( $\sigma'$ )	( $\sigma/\sigma'$ )	CSR
	m	m				(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )		
1	2,6	2,6	Clay	0,5	0,980	12,117	31,504	0	31,504	1,000	0,318
2	7,2	4,6	Sand Clay	0,5	0,944	16,420	149,728	9,81	139,918	1,070	0,328
3	23,4	16,2	Coarse Sand	0,5	0,586	17,427	557,52	123,606	433,914	1,284	0,245
4	30	6,6	Medium Sand	0,5	0,500	18,430	1110,42	29,43	1080,990	1,027	0,166

**Table 5. 15 Perhitungan CRR BH-36**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT		Faktor Koreksi (N1)60					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m				Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	2,6	2,6	Clay	3	30	1,446	1,3	1	0,75	1	4,230	10,076	0,113
2	7,2	4,6	Sand Clay	1	30	0,837	1,3	1	0,75	1	0,816	5,979	0,079
3	23,4	16,2	Coarse Sand	60	15	0,391	1,3	1	0,75	1	22,881	32,457	0,884
4	30	6,6	Medium Sand	60	21	0,179	1,3	1	0,75	1	10,529	17,635	0,187

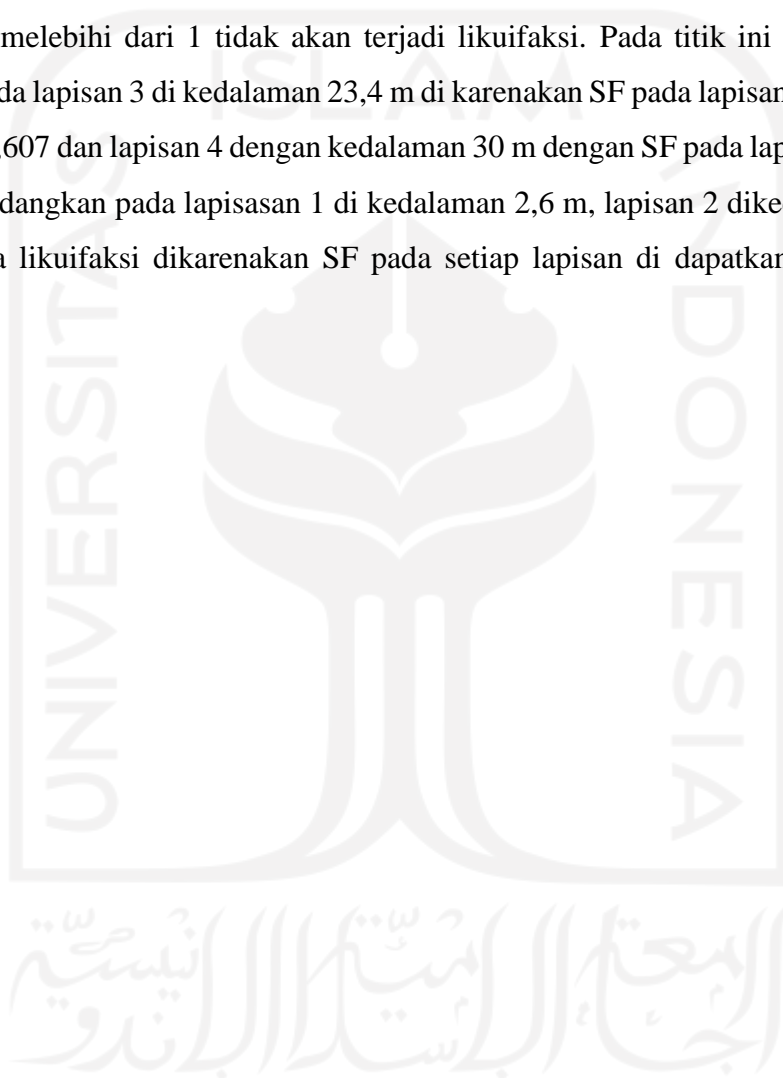
**Table 5. 16 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-36**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	2,6	2,6	Clay	0,318	0,113	0,357	Terjadi Likuifaksi
2	7,2	4,6	Sand Clay	0,328	0,079	0,242	Terjadi Likuifaksi
3	23,4	16,2	Coarse Sand	0,245	0,884	3,607	Tidak Terjadi Likuifaksi
4	30	6,6	Medium Sand	0,166	0,187	1,124	Tidak Terjadi Likuifaksi



**Gambar 5. 10 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-36**

Dari perhitungan SPT pada titik BH 36 di dapatkan hasil grafik pada Gambar 5.10 yang dimana terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Dimana nilai  $FS=1$  merupakan acuan terjadinya likuifaksi atau tidak, apabila FS kurang dari 1 maka akan terjadi likuifaksi, dan apabila FS sama dengan 1 maka dalam kondisi kritis, sedangkan FS yang melebihi dari 1 tidak akan terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada lapisan 3 di kedalaman 23,4 m di karenakan SF pada lapisan ini di dapatkan sebesar 3,607 dan lapisan 4 dengan kedalaman 30 m dengan SF pada lapisan ini sebesar 1,124. Sedangkan pada lapisan 1 di kedalaman 2,6 m, lapisan 2 di kedalaman 7,2 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan SF pada setiap lapisan di dapatkan dibawah nilai  $SF=1$ .



e. BH-37

Adapun perhitungan potensi likuifaksi dititik BH-37 dapat dilihat dibagian Tabel 5.17, Tabel 5.18, Tabel 5.19, dan Gambar 5.11 sebagai berikut.

**Table 5. 17 Perhitungan CSR BH-37**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	(a max/g)	rd	yd	Tegangan Total ( $\sigma$ )	Angka Pori (u)	Tegangan Efektif ( $\sigma'$ )	( $\sigma/\sigma'$ )	CSR
	m	m				(kN/m3)	(kN/m3)	(kN/m3)	(kN/m3)		
1	1	1	Clay	0,5	0,992	11,070	11,07	1,962	9,108	1,215	0,391
2	3,2	2,2	Clay	0,5	0,975	11,070	35,424	13,734	21,690	1,633	0,517
3	9,3	6,1	Sand Clay	0,5	0,925	12,270	110,271	51,993	58,278	1,892	0,569
4	15,6	6,3	Coarse Clay	0,5	0,757	13,990	198,408	53,955	144,453	1,373	0,338
5	21	5,4	Medium Sand	0,5	0,613	14,191	275,039	45,126	229,913	1,196	0,238
6	30	9	Medium Sand	0,5	0,500	14,191	402,758	80,442	322,316	1,249	0,203

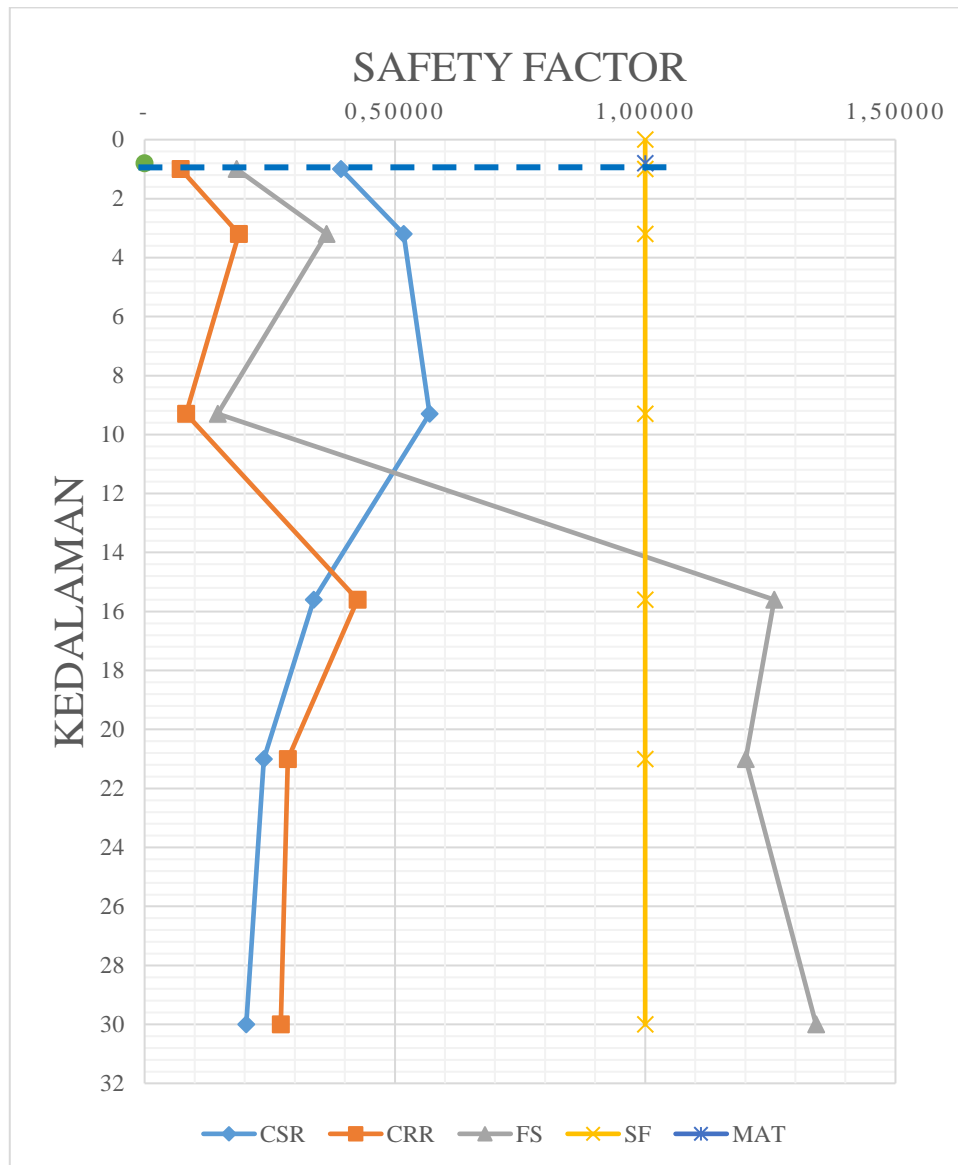
Table 5. 18 Perhitungan CRR BH-37

Lapisan	Kedalaman m	Beda Tinggi m	Jenis Tanah	N-SPT		Faktor Koreksi (N1)60					(N1)60	(N1)60cs	CRR
						Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	1	1	Clay	0	30	1,701	1,3	1	0,75	1	0,000	5,000	0,072
2	3,2	2,2	Clay	7	30	1,548	1,3	1	0,75	1	10,565	17,678	0,188
3	9,3	6,1	Sand Clay	1	74	1,226	1,3	1	0,75	1	1,195	6,434	0,083
4	15,6	6,3	Coarse Clay	60	25	0,823	1,3	1	0,75	1	48,147	62,777	0,425
5	21	5,4	Medium Sand	60	21	0,620	1,3	1	0,75	1	36,310	48,572	0,286
6	30	9	Medium Sand	74	27	0,490	1,3	1	0,75	1	35,377	47,453	0,272

**Table 5. 19 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-37**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	1	1	Clay	0,391	0,072	0,183	Terjadi Likuifaksi
2	3,2	2,2	Clay	0,517	0,188	0,363	Terjadi Likuifaksi
3	9,3	6,1	Sand Clay	0,569	0,083	0,146	Terjadi Likuifaksi
4	15,6	6,3	Coarse Clay	0,338	0,425	1,258	Tidak Terjadi Likuifaksi
5	21	5,4	Medium Sand	0,238	0,286	1,200	Tidak Terjadi Likuifaksi
6	30	9	Medium Sand	0,203	0,272	1,341	Tidak Terjadi Likuifaksi





**Gambar 5. 11 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-37**

Dari perhitungan SPT pada titik BH-37 di dapatkan hasil grafik pada Gambar 5.11 yang dimana terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Dimana nilai  $FS=1$  merupakan acuan terjadinya likuifaksi atau tidak, apabila FS kurang dari 1 maka akan terjadi likuifaksi, dan apabila FS sama dengan 1 maka dalam kondisi keritis, sedangkan FS yang melebihi dari 1 tidak akan terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada lapisan 4 di kedalaman 12,6 m di karenakan SF pada lapisan ini di dapatkan sebesar 1,258, lapisan 5 dengan kedalaman 21 m dengan SF pada lapisan ini sebesar 1,200 dan lapisan 6 dengan kedalaman 30 m dengan SF pada lapisan ini sebesar 1,341. Sedangkan pada lapisan 1 di kedalaman 1 m, lapisan 2 di kedalaman 3,2 m, dan lapisan 3 di kedalaman 9,3 m terjadinya likuifaksi dikarenakan SF pada setiap lapisan di dapatkan dibawah nilai  $SF=1$ .

f. BH-38

Adapun perhitungan potensi likuifaksi dititik BH-38 dapat dilihat dibagian Tabel 5.20, Tabel 5.21, Tabel 5.22, dan Gambar 5.12 sebagai berikut.

**Table 5. 20 Perhitungan CSR BH-38**

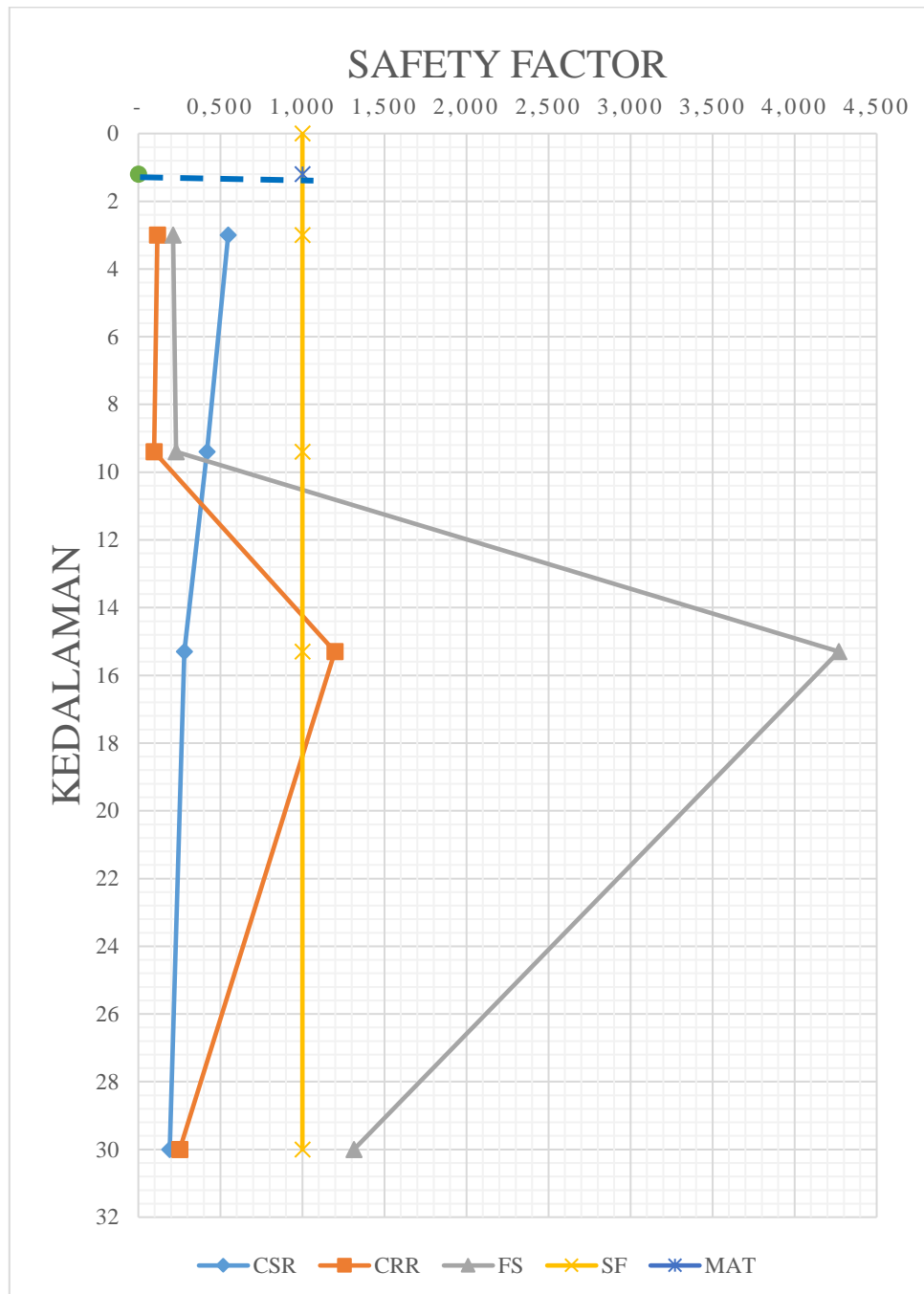
Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	(a max/g)	rd	$\gamma_d$	Tegangan Total ( $\sigma$ )	Angka Pori (u)	Tegangan Efektif ( $\sigma'$ )	( $\sigma/\sigma'$ )	CSR
	m	m				(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )		
1	3	3	Clay	0,500	0,977	14,010	42,030	17,658	24,372	1,725	0,548
2	9,4	6,4	Sand Clay	0,500	0,923	14,750	180,680	51,012	129,668	1,393	0,418
3	15,3	5,9	Coarse Clay	0,500	0,765	14,790	406,967	46,107	360,860	1,128	0,281
4	30	14,7	Medium Sand	0,500	0,500	15,510	872,267	132,435	739,832	1,179	0,192

**Table 5. 21 Perhitungan CRR BH-38**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT		Faktor Koreksi (N1)60					(N1)60	(N1)60cs	CRR
	m	m				Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	3	3	Clay	3	30	1,519	1,3	1	0,75	1	4,442	10,331	0,116
2	9,4	6,4	Sand Clay	3	30	0,872	1,3	1	0,75	1	2,551	8,062	0,096
3	15,3	5,9	Coarse Clay	53	30	0,451	1,3	1	0,75	1	23,297	32,957	1,198
4	30	14,7	Medium Sand	60	14	0,252	1,3	1	0,75	1	14,718	22,662	0,252

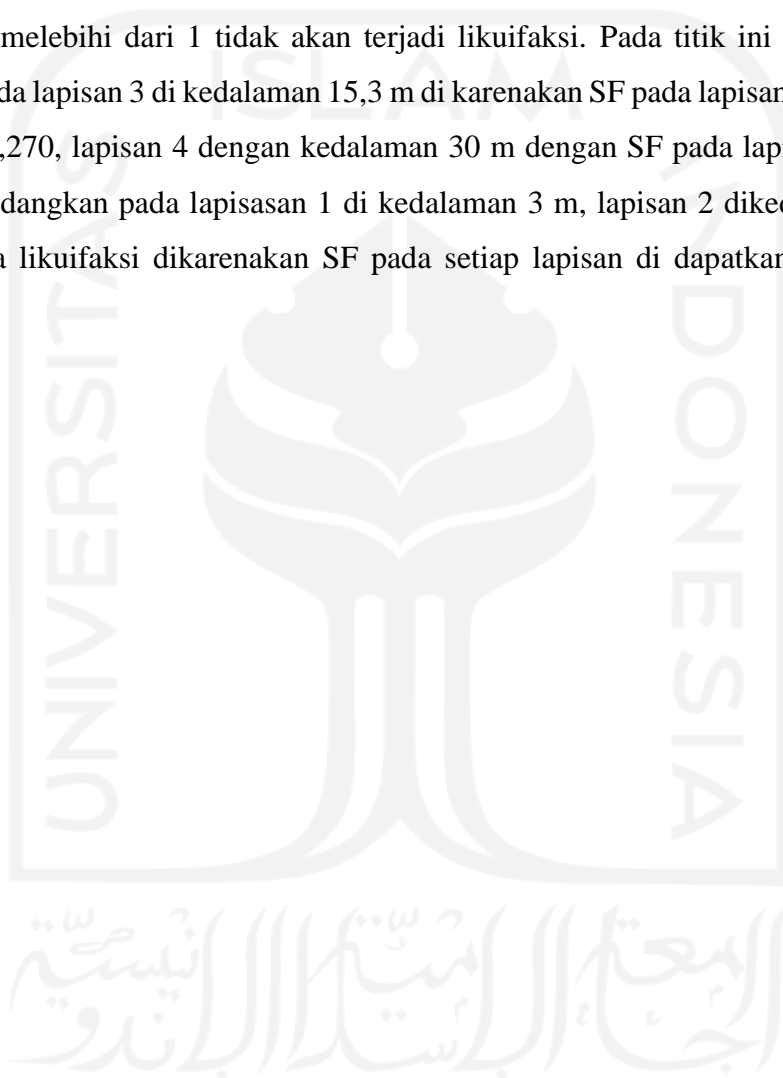
**Table 5. 22 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-38**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	3	3	Clay	0,548	0,116	0,212	Terjadi Likuifaksi
2	9,4	6,4	Sand Clay	0,418	0,096	0,231	Terjadi Likuifaksi
3	15,3	5,9	Coarse Clay	0,281	1,198	4,270	Tidak Terjadi Likuifaksi
4	30	14,7	Medium Sand	0,192	0,252	1,314	Tidak Terjadi Likuifaksi



**Gambar 5. 12 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-38**

Dari perhitungan SPT pada titik BH-38 di dapatkan hasil grafik pada Gambar 5.12 yang dimana terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Dimana nilai FS=1 merupakan acuan terjadinya likuifaksi atau tidak, apabila FS kurang dari 1 maka akan terjadi likuifaksi, dan apabila FS sama dengan 1 maka dalam kondisi keritis, sedangkan FS yang melebihi dari 1 tidak akan terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada lapisan 3 di kedalaman 15,3 m di karenakan SF pada lapisan ini di dapatkan sebesar 4,270, lapisan 4 dengan kedalaman 30 m dengan SF pada lapisan ini sebesar 1,314. Sedangkan pada lapisan 1 di kedalaman 3 m, lapisan 2 di kedalaman 9,4 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan SF pada setiap lapisan di dapatkan dibawah nilai SF=1.



g. BH-39

Adapun perhitungan potensi likuifaksi dititik BH-39 dapat dilihat dibagian Tabel 5.23, Tabel 5.24, Tabel 5.25, dan Gambar 5.13 sebagai berikut.

**Table 5. 23 Perhitungan CSR BH-39**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	(a max/g)	rd	$\gamma_d$	Tegangan Total ( $\sigma$ )	Angka Pori (u)	Tegangan Efektif ( $\sigma'$ )	( $\sigma/\sigma'$ )	CSR
	m	m				(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )		
1	3	3	Clay	0,5	0,977	14,940	44,820	5,886	38,934	1,151	0,365
2	9,6	6,6	Sand Clay	0,5	0,917	15,590	194,484	41,202	153,282	1,268	0,378
3	23,4	13,8	Coarse Sand	0,5	0,586	15,720	562,332	111,834	450,498	1,248	0,238
4	30	6,6	Medium Sand	0,5	0,500	16,180	1047,732	41,202	1006,530	1,040	0,169

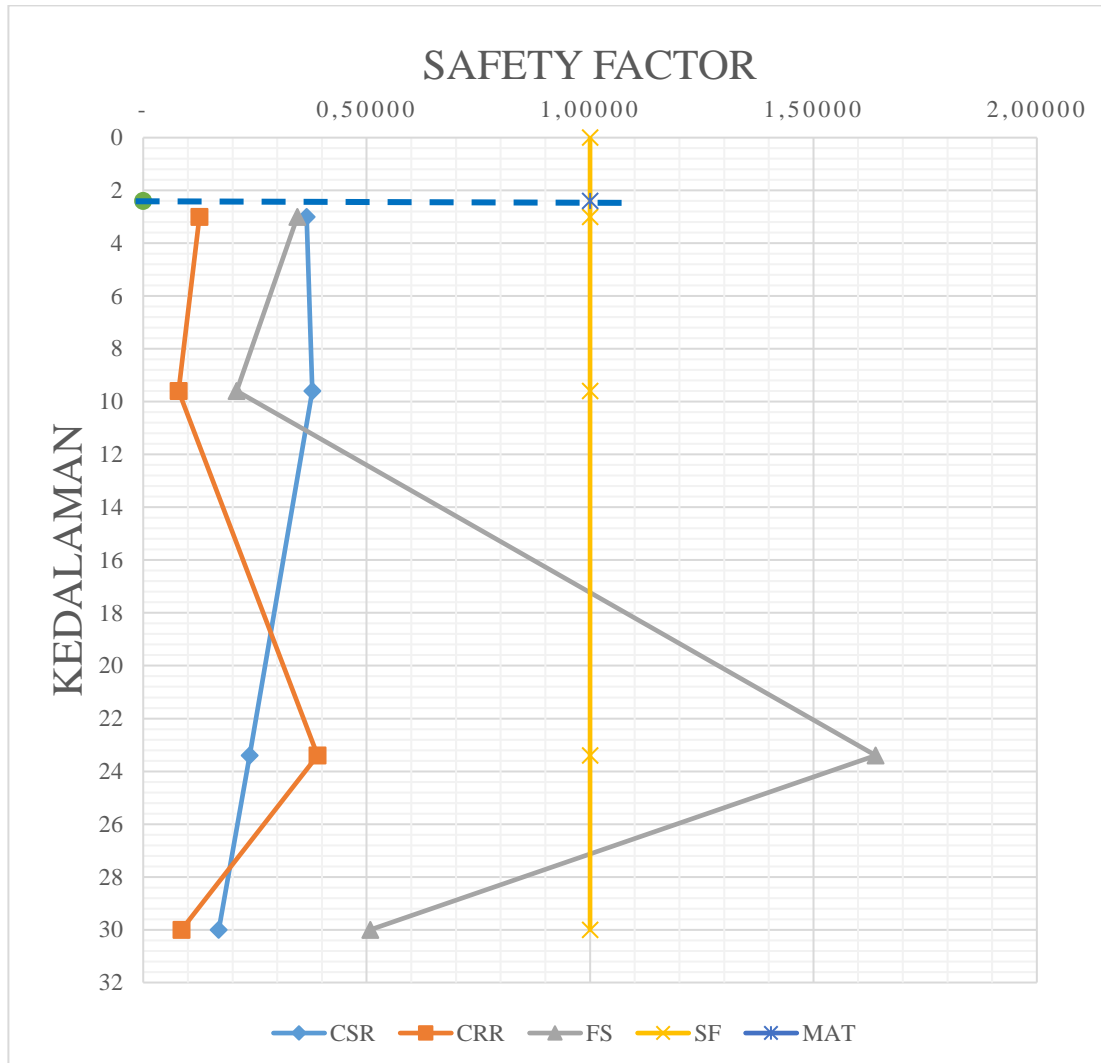
**Table 5. 24 Perhitungan CRR BH-39**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT		Faktor Koreksi (N1)60					(N1)60	(N1)60sc	CRR
	m	m				Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	3	3	Clay	4	5	1,377	1,3	1	0,75	1	5,372	11,447	0,126
2	9,6	6,6	Sand Clay	1	1	0,796	1,3	1	0,75	1	0,776	5,931	0,079
3	23,4	13,8	Coarse Sand	53	47	0,379	1,3	1	0,75	1	19,621	28,546	0,390
4	30	6,6	Medium Sand	8	7	0,191	1,3	1	0,75	1	1,496	6,796	0,086

**Table 5. 25 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-39**

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	STATUS
	m	m					
1	3	3	Clay	0,365	0,126	0,344	Terjadi Likuifaksi
2	9,6	6,6	Sand Clay	0,378	0,079	0,209	Terjadi Likuifaksi
3	23,4	13,8	Coarse Sand	0,238	0,390	1,639	Tidak Terjadi Likuifaksi
4	30	6,6	Medium Sand	0,169	0,086	0,508	Terjadi Likuifaksi





**Gambar 5. 13 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman BH-39**

Dari perhitungan SPT pada titik BH-39 di dapatkan hasil grafik pada Gambar 5.13 yang dimana terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Dimana nilai  $FS=1$  merupakan acuan terjadinya likuifaksi atau tidak, apabila  $FS$  kurang dari 1 maka akan terjadi likuifaksi, dan apabila  $FS$  sama dengan 1 maka dalam kondisi kritis, sedangkan  $FS$  yang melebihi dari 1 tidak akan terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada lapisan 3 di kedalaman 23,4 m di karenakan  $SF$  pada lapisan ini di dapatkan sebesar 1,639. Sedangkan pada lapisan 1 di kedalaman 3 m, lapisan 2 di kedalaman 9,6

m dan lapisan 4 di kedalaman 30 m, terjadinya likuifaksi dikarenakan SF pada setiap lapisan di dapatkan dibawah nilai  $SF=1$ .



### 5.3 Analisis Data CPT

Untuk menganalisis data CPT perlunya data tahanan ujung konus ( $q_c$ ). Dari nilai ( $q_c$ ) dapat dianalisis nilai friksi dan jumlah hambatan lekat pada suatu lapisan tanah. Dari nilai ( $q_c$ ) juga didapatkan nilai CRR yang dimana nilai ini dapat mewakili nilai ketahanan tanah terhadap beban siklik akibat gempa, dari analisis ini nantinya akan disajikan grafik yang diolah berdasarkan nilai ( $q_c$ ). Untuk analisis perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Perhitungan tegangan efektif ( $\sigma'$ )

$$\begin{aligned} \text{Tegangan total } (\sigma_1) &= h \times \gamma \\ &= 0,2 \times 14,940 \\ &= 2,988 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan air pori } (u) &= h_w \times \gamma_w \\ &= 0 \times 9,81 \\ &= 0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan efektif } (\sigma_1') &= \sigma - u \\ &= 2,988 - 0 \\ &= 2,988 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2. Perhitungan nilai reduksi tegangan ( $r_d$ )

Adapun persamaan dan syarat yang di berlakukan yaitu:

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

$$\begin{aligned}
 R_d &= 1,0 - 0,00765 \times z \\
 &= 1,0 - 0,00765 \times 0,2 \\
 &= 0,988
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR)

$$\begin{aligned}
 CSR &= 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \times \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}'}\right) \times r_d \\
 &= 0,65 \times (0,5) \times \left(\frac{2,988}{2,988}\right) \times 0,988 \\
 &= 0,325
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan nilai Q

Nilai dari qc didapatkan dari data jalur Kereta Api (KA) bandara New International Yogyakarta Airport (NYIA), yang di konfersikan dari satuan kg/cm<sup>2</sup> menjadi kN/cm<sup>2</sup>, sedangkan untuk nilai Pa itu 1 kg/cm<sup>2</sup> = 98,0665 kN/cm<sup>2</sup>.

$$\begin{aligned}
 Q &= \left(\frac{qc - \sigma_{vo}}{Pa}\right) \times \left(\frac{Pa}{\sigma_{vo}'}\right)^n \\
 &= \left(\frac{392,266 - 2,988}{98,066}\right) \times \left(\frac{98,066}{2,988}\right)^{0,5} \\
 &= 22,741
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan F

$$\begin{aligned}
 F &= \left(\frac{(fs)}{(qc - \sigma_{vo})}\right) \times 100\% \\
 &= \left(\frac{(12,749)}{(392,266 - 2,988)}\right) \times 100\% \\
 &= 3,275
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan nilai Ic

$$\begin{aligned}
 I_c &= ((3,47 - \log Q)^2 + (1,22 + \log F)^2)^{0,5} \\
 &= ((3,47 - \log 22,741)^2 + (1,22 + \log 3,275)^2)^{0,5} \\
 &= 2,484
 \end{aligned}$$

## 7. Perhitungan nilai Cq

$$\begin{aligned}
 Cq &= \left( \frac{Pa}{\sigma_{vo'}} \right)^n \\
 &= \left( \frac{98,066}{2,988} \right)^{0,5} \\
 &= 5,729
 \end{aligned}$$

## 8. Perhitungan qcIN

$$\begin{aligned}
 qcIN &= Cq \times \left( \frac{qc}{Pa} \right) \\
 &= 5,729 \times \left( \frac{392,266}{98,066} \right) \\
 &= 22,916
 \end{aligned}$$

## 9. Perhitungan Kc

$$\begin{aligned}
 Kc &= -0,403(Ic)^4 + 5,581(Ic)^3 - 21,631(Ic)^2 + 33,751(Ic) - 17,88 \\
 &= -0,403(2,484)^4 + 5,581(2,484)^3 - \\
 &\quad 21,631(2,484)^2 + 33,751(2,484) - 17,88 \\
 &= 5,206
 \end{aligned}$$

## 10. Perhitungan qcINcs

$$\begin{aligned}
 qcINcs &= Kc \times qcIN \\
 &= 5,206 \times 22,916 \\
 &= 119,288
 \end{aligned}$$

## 11. Perhitungan CRR

$$\begin{aligned}
 CRR &= 93 \times \left( \frac{qcINcs}{1000} \right)^3 + 0,08 \\
 &= 93 \times \left( \frac{119,288}{1000} \right)^3 + 0,08 \\
 &= 0,238
 \end{aligned}$$

## 12. Perhitungan FS

$$\begin{aligned} \text{FS} &= \left( \frac{\text{CRR}}{\text{CSR}} \right) \\ &= \left( \frac{0,238}{0,325} \right) \\ &= 0,733 \text{ (Terjadi Likuifaksi)} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis berdasarkan data CPT akan disajikan dan dijelaskan secara detail sebagai berikut.

### a. CPT-S.01

Adapun perhitungan potensi likuifaksi titik CPT-S.01 dapat dilihat dibagian Tabel 5.26, dan Gambar 5.14 sebagai berikut.

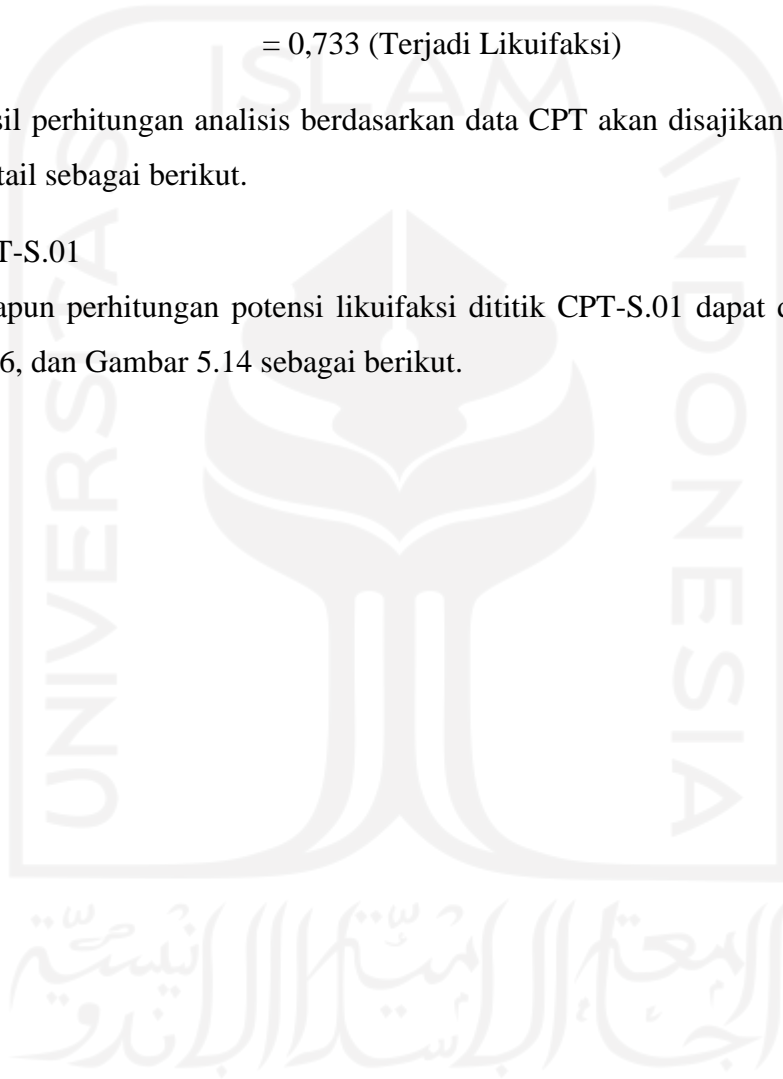


Table 5. 26 Hasil Perhitungan Analisis CPT-S.01

Depth m	qc (kN/m <sup>3</sup> )		$\sigma$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'$ kN/m <sup>2</sup>	CSR	qcIN	(qcIN) <sub>cs</sub>	CRR	FS	Status
	kg/cm <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Terjadi Likuifaksi
0,2	4	392,266	2,988	2,988	0,325	22,916	119,288	0,081	0,250	Terjadi Likuifaksi
0,4	5	490,333	5,976	5,976	0,324	20,255	127,515	0,081	0,249	Terjadi Likuifaksi
0,6	6	588,399	8,964	8,964	0,324	19,845	140,188	0,081	0,250	Terjadi Likuifaksi
0,8	6	588,399	11,952	11,952	0,323	17,187	172,277	0,018	0,056	Terjadi Likuifaksi
1	7	686,466	14,940	14,940	0,323	17,934	146,870	0,375	1,162	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,2	22	2157,463	17,928	17,928	0,322	51,454	51,939	0,093	0,289	Terjadi Likuifaksi
1,4	25	2451,663	20,916	20,916	0,322	54,133	54,133	0,095	0,295	Terjadi Likuifaksi
1,6	26	2549,729	23,904	23,904	0,321	52,662	53,367	0,094	0,293	Terjadi Likuifaksi
1,8	25	2451,663	26,892	26,892	0,321	47,741	53,066	0,094	0,293	Terjadi Likuifaksi
2	19	1863,264	29,880	29,880	0,320	34,421	61,460	0,102	0,317	Terjadi Likuifaksi
2,2	14	1372,931	32,868	32,868	0,320	24,183	94,834	0,159	0,499	Terjadi Likuifaksi
2,4	12	1176,798	35,856	35,856	0,319	19,845	123,147	0,254	0,795	Terjadi Likuifaksi
2,6	22	2157,463	38,844	36,882	0,335	35,874	58,267	0,098	0,293	Terjadi Likuifaksi
2,8	19	1863,264	41,832	37,908	0,351	30,560	70,482	0,113	0,321	Terjadi Likuifaksi
3	17	1667,131	46,770	40,884	0,363	26,329	86,782	0,141	0,388	Terjadi Likuifaksi
3,2	20	1961,330	49,888	42,040	0,376	30,546	72,725	0,116	0,308	Terjadi Likuifaksi
3,4	12	1176,798	53,006	43,196	0,388	18,081	136,645	0,317	0,817	Terjadi Likuifaksi
3,6	9	882,599	56,124	44,352	0,400	13,383	172,061	0,018	0,046	Terjadi Likuifaksi
3,8	7	686,466	59,242	45,508	0,411	10,276	179,103	0,013	0,031	Terjadi Likuifaksi
4	7	686,466	62,360	46,664	0,421	10,148	194,107	0,005	0,013	Terjadi Likuifaksi

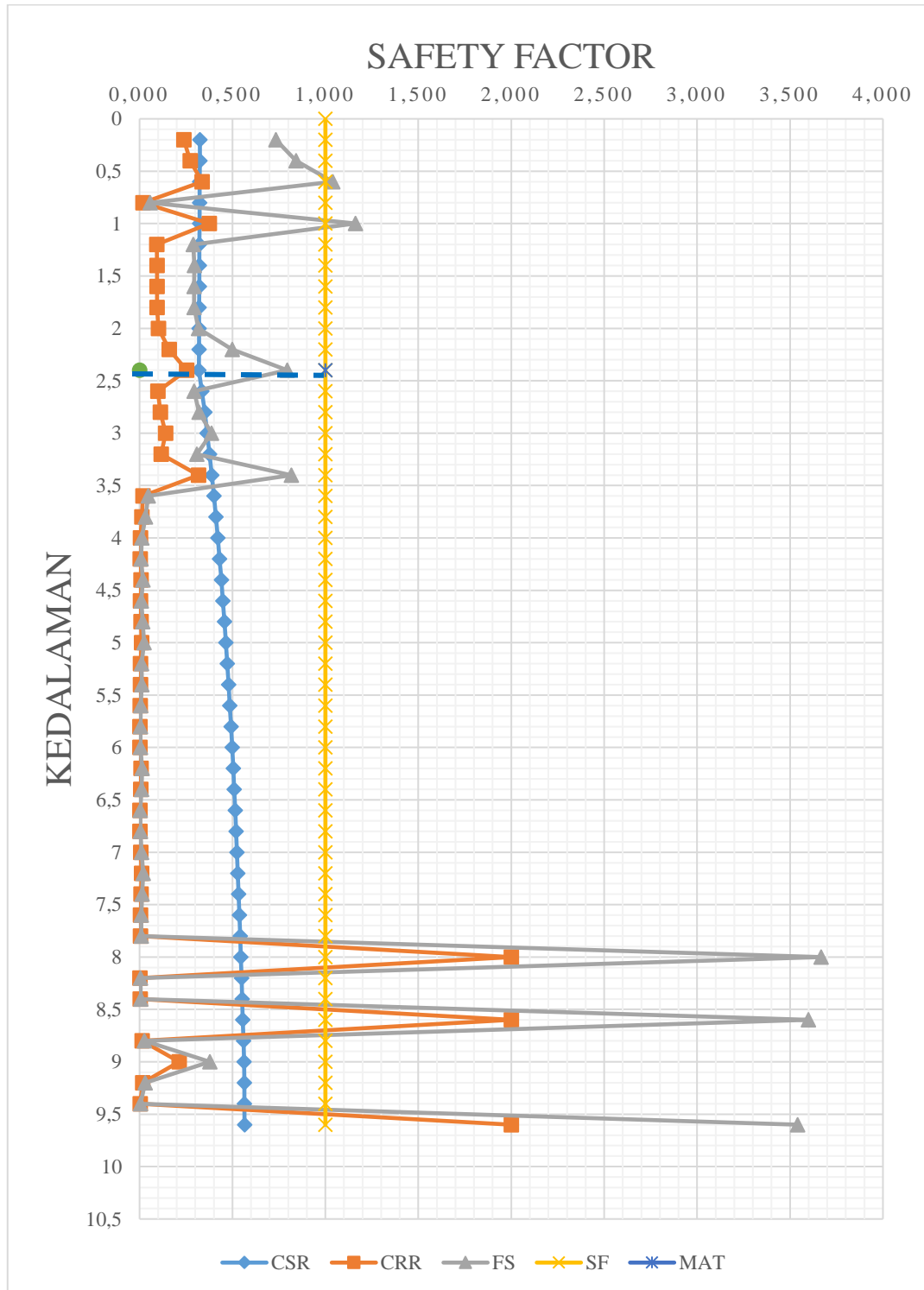
Sambungan Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Analisis CPT-S.01

Depth m	qc (kN/m <sup>3</sup> )		$\sigma$	$\sigma'$	CSR	qcIN	(qcIN) <sub>cs</sub>	CRR	FS	Status
	kg/cm <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>						
4,2	6	588,399	65,478	47,820	0,431	8,592	201,407	0,003	0,008	Terjadi Likuifaksi
4,4	5	490,333	68,596	48,976	0,440	7,075	188,126	0,008	0,018	Terjadi Likuifaksi
4,6	7	686,466	71,714	50,132	0,449	9,790	197,074	0,004	0,010	Terjadi Likuifaksi
4,8	6	588,399	74,832	51,288	0,457	8,297	188,080	0,008	0,017	Terjadi Likuifaksi
5	9	882,599	77,950	52,444	0,465	12,307	182,047	0,011	0,024	Terjadi Likuifaksi
5,2	9	882,599	81,068	53,600	0,472	12,174	195,022	0,005	0,011	Terjadi Likuifaksi
5,4	8	784,532	84,186	54,756	0,479	10,706	193,337	0,006	0,012	Terjadi Likuifaksi
5,6	7	686,466	87,304	55,912	0,486	9,271	201,420	0,003	0,007	Terjadi Likuifaksi
5,8	5	490,333	90,422	57,068	0,492	6,554	207,152	0,002	0,004	Terjadi Likuifaksi
6	6	588,399	93,540	58,224	0,498	7,787	207,158	0,002	0,004	Terjadi Likuifaksi
6,2	7	686,466	96,658	59,380	0,504	8,996	189,392	0,007	0,014	Terjadi Likuifaksi
6,4	6	588,399	99,776	60,536	0,509	7,637	192,690	0,006	0,012	Terjadi Likuifaksi
6,6	6	588,399	102,894	61,692	0,515	7,565	208,771	0,002	0,004	Terjadi Likuifaksi
6,8	7	686,466	106,012	62,848	0,520	8,744	205,889	0,002	0,005	Terjadi Likuifaksi
7	5	490,333	109,130	64,004	0,524	6,189	192,878	0,006	0,011	Terjadi Likuifaksi
7,2	9	882,599	112,248	65,160	0,529	11,041	182,741	0,011	0,020	Terjadi Likuifaksi
7,4	8	784,532	115,366	66,316	0,533	9,728	189,281	0,007	0,014	Terjadi Likuifaksi
7,6	9	882,599	118,484	67,472	0,538	10,850	196,163	0,005	0,009	Terjadi Likuifaksi
7,8	6	588,399	121,602	68,628	0,542	7,172	196,011	0,005	0,009	Terjadi Likuifaksi
8	6	588,399	124,720	69,784	0,545	7,113	212,148	2,000	3,668	Tidak Terjadi Likuifaksi



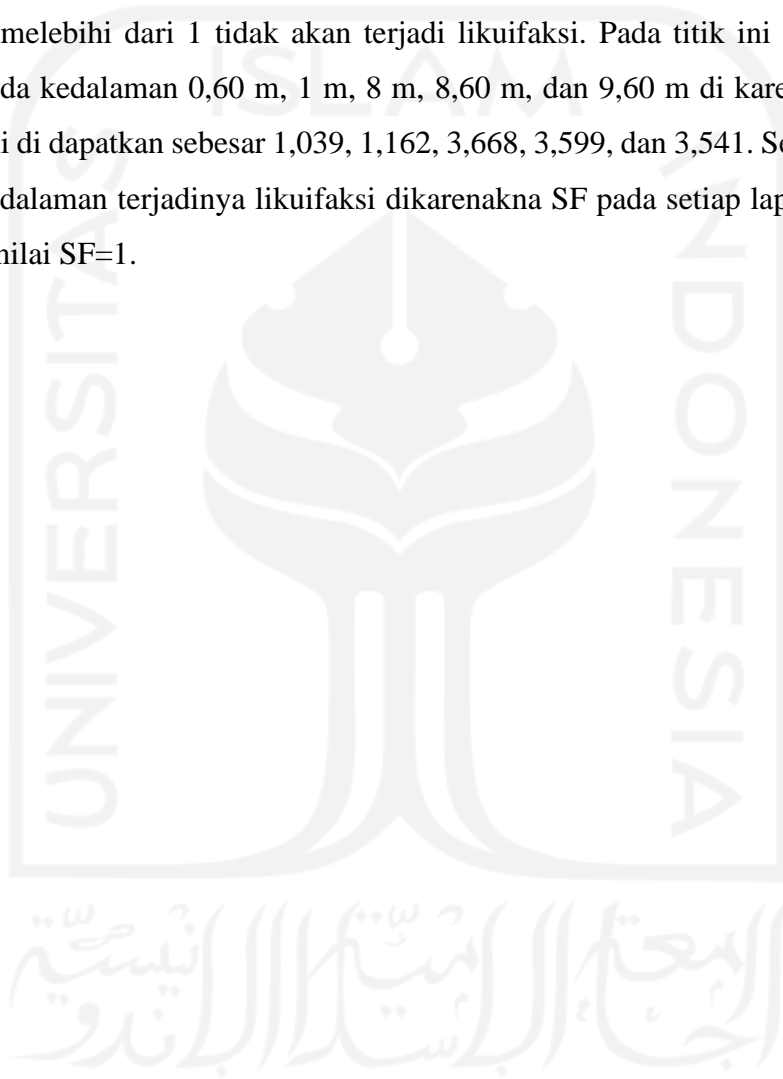
Sambungan Tabel 5.26 Hasil Perhitungan Analisis CPT-S.01

Depth m	qc (kN/m <sup>3</sup> )		$\sigma$	$\sigma'$	CSR	qcIN	(qcIN)cs	CRR	FS	Status
	kg/cm <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>						
8,2	8	784,532	127,838	70,940	0,549	9,406	205,504	0,002	0,004	Terjadi Likuifaksi
8,4	9	882,599	130,956	72,096	0,552	10,497	199,726	0,004	0,007	Terjadi Likuifaksi
8,6	9	882,599	134,074	73,252	0,556	10,413	212,764	2,000	3,599	Tidak Terjadi Likuifaksi
8,8	12	1176,798	137,192	74,408	0,559	13,776	177,029	0,014	0,026	Terjadi Likuifaksi
9	20	1961,330	140,310	75,564	0,562	22,784	112,604	0,213	0,379	Terjadi Likuifaksi
9,2	154	15102,241	143,428	76,720	0,564	174,112	174,112	0,017	0,029	Terjadi Likuifaksi
9,4	180	17651,970	146,546	77,876	0,565	201,991	201,991	0,003	0,006	Terjadi Likuifaksi
9,6	225	22064,963	149,664	79,032	0,565	250,635	250,635	2,000	3,541	Tidak Terjadi Likuifaksi



**Gambar 5. 14 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman CPT-S.01**

Dari perhitungan CPT pada titik S.01 di dapatkan hasil grafik pada Gambar 5.14 yang dimana terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Dimana nilai  $FS=1$  merupakan acuan terjadinya likuifaksi atau tidak, apabila FS kurang dari 1 maka akan terjadi likuifaksi, dan apabila FS sama dengan 1 maka dalam kondisi keritis, sedangkan FS yang melebihi dari 1 tidak akan terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada kedalaman 0,60 m, 1 m, 8 m, 8,60 m, dan 9,60 m di karenakan SF pada lapisan ini di dapatkan sebesar 1,039, 1,162, 3,668, 3,599, dan 3,541. Sedangkan untuk semua kedalaman terjadinya likuifaksi dikarenakan SF pada setiap lapisan di peroleh dibawah nilai  $SF=1$ .



## b. CPT-S.02

Adapun perhitungan potensi likuifaksi dititik CPT-S.02 dapat dilihat dibagian Tabel 5.27, dan Gambar 5.15 sebagai berikut.

**Table 5. 27 Hasil Perhitungan Analisis CPT-S.02**

Depth m	qc (kN/m <sup>3</sup> )		$\sigma$	$\sigma'$	CSR	qcIN	(qcIN) <sub>cs</sub>	CRR	FS	Status
	kg/cm <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>						
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Terjadi Likuifaksi
0,20	3	294,200	2,802	2,802	0,325	17,748	163,427	0,027	0,083	Terjadi Likuifaksi
0,40	5	490,333	5,604	5,604	0,324	20,916	123,582	0,256	0,789	Terjadi Likuifaksi
0,60	5	490,333	8,406	8,406	0,324	17,078	165,494	0,025	0,076	Terjadi Likuifaksi
0,80	4	392,266	11,208	11,208	0,323	11,832	181,865	0,011	0,034	Terjadi Likuifaksi
1,00	5	490,333	14,01	14,010	0,323	13,229	168,654	0,022	0,067	Terjadi Likuifaksi
1,20	5	490,333	16,812	16,812	0,322	12,076	173,985	0,017	0,052	Terjadi Likuifaksi
1,40	5	490,333	19,614	17,652	0,357	11,785	194,722	0,005	0,014	Terjadi Likuifaksi
1,60	7	686,466	22,416	18,492	0,389	16,120	160,013	0,031	0,079	Terjadi Likuifaksi
1,80	6	588,399	25,218	19,332	0,418	13,514	181,666	0,011	0,027	Terjadi Likuifaksi
2,00	7	686,466	28,02	20,172	0,445	15,434	165,907	0,024	0,055	Terjadi Likuifaksi
2,20	5	490,333	30,822	21,012	0,469	10,802	183,538	0,010	0,022	Terjadi Likuifaksi
2,40	8	784,532	33,624	21,852	0,491	16,948	141,665	0,344	0,702	Terjadi Likuifaksi
2,60	9	882,599	36,426	22,692	0,511	18,710	129,728	0,283	0,554	Terjadi Likuifaksi
2,80	7	686,466	39,228	23,532	0,530	14,290	175,982	0,015	0,029	Terjadi Likuifaksi
3,00	6	588,399	42,03	24,372	0,548	12,036	194,231	0,005	0,010	Terjadi Likuifaksi
3,20	9	882,599	47,2	27,580	0,605	16,971	142,244	0,348	0,574	Terjadi Likuifaksi
3,40	6	588,399	50,15	28,568	0,618	11,117	182,604	0,011	0,017	Terjadi Likuifaksi

Sambungan Table 5. 27 Hasil Perhitungan Analisis CPT-S.02

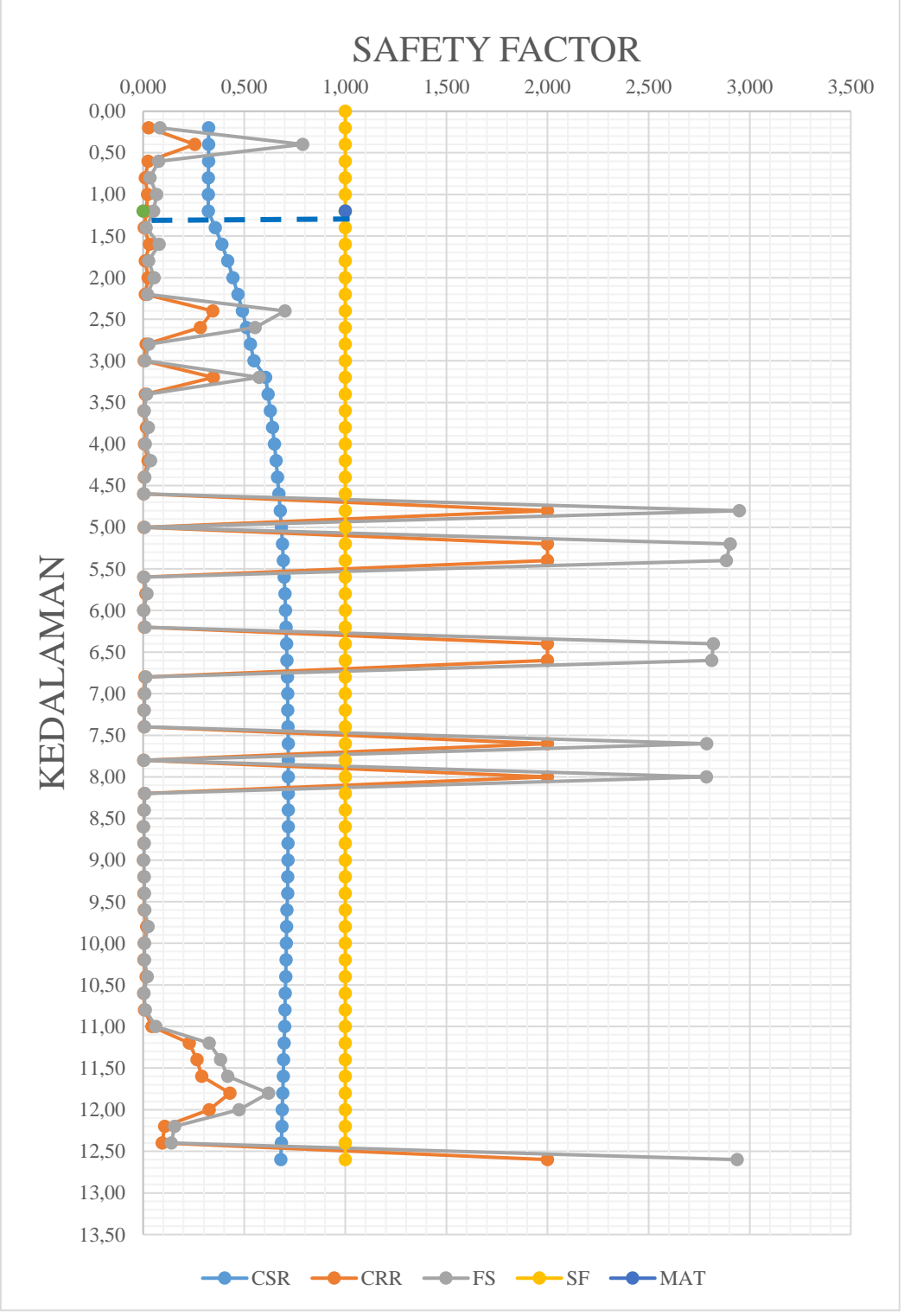
Depth m	qc (kN/m <sup>3</sup> )		$\sigma$	$\sigma'$	CSR	qcIN	(qcIN) <sub>cs</sub>	CRR	FS	Status
	kg/cm <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>						
3,60	6	588,399	53,1	29,556	0,629	10,929	200,764	0,003	0,005	Terjadi Likuifaksi
3,80	7	686,466	56,05	30,544	0,640	12,543	174,300	0,016	0,026	Terjadi Likuifaksi
4,00	7	686,466	59	31,532	0,649	12,345	190,838	0,007	0,010	Terjadi Likuifaksi
4,20	8	784,532	61,95	32,520	0,657	13,892	165,747	0,024	0,037	Terjadi Likuifaksi
4,40	8	784,532	64,9	33,508	0,665	13,686	193,733	0,005	0,008	Terjadi Likuifaksi
4,60	6	588,399	67,85	34,496	0,672	10,116	207,034	0,002	0,003	Terjadi Likuifaksi
4,80	5	490,333	70,8	35,484	0,678	8,312	215,921	2,000	2,949	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,00	7	686,466	73,75	36,472	0,684	11,478	198,342	0,004	0,006	Terjadi Likuifaksi
5,20	5	490,333	76,7	37,460	0,689	8,090	217,210	2,000	2,903	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,40	5	490,333	79,65	38,448	0,693	7,985	233,508	2,000	2,885	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,60	7	686,466	82,6	39,436	0,697	11,039	202,179	0,003	0,004	Terjadi Likuifaksi
5,80	8	784,532	85,55	40,424	0,701	12,460	178,319	0,013	0,019	Terjadi Likuifaksi
6,00	8	784,532	88,5	41,412	0,704	12,311	206,687	0,002	0,003	Terjadi Likuifaksi
6,20	7	686,466	91,45	42,400	0,707	10,646	190,231	0,007	0,010	Terjadi Likuifaksi
6,40	6	588,399	94,4	43,388	0,709	9,020	215,432	2,000	2,820	Tidak Terjadi Likuifaksi
6,60	6	588,399	97,35	44,376	0,711	8,919	231,479	2,000	2,811	Tidak Terjadi Likuifaksi
6,80	8	784,532	100,3	45,364	0,713	11,762	184,611	0,010	0,013	Terjadi Likuifaksi
7,00	7	686,466	103,25	46,352	0,715	10,182	194,191	0,005	0,007	Terjadi Likuifaksi

Sambungan Table 5. 27 Hasil Perhitungan Analisis CPT-S.02

Depth m	qc (kN/m <sup>3</sup> )		$\sigma$	$\sigma'$	CSR	qcIN	(qcIN)cs	CRR	FS	Status
	kg/cm <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>						
7,00	7	686,466	103,25	46,352	0,715	10,182	194,191	0,005	0,007	Terjadi Likuifaksi
7,20	6	588,399	106,2	47,340	0,716	8,636	201,339	0,003	0,005	Terjadi Likuifaksi
7,40	7	686,466	109,15	48,328	0,717	9,971	196,000	0,005	0,007	Terjadi Likuifaksi
7,60	7	686,466	112,1	49,316	0,717	9,871	212,523	2,000	2,788	Tidak Terjadi Likuifaksi
7,80	5	490,333	115,05	50,304	0,718	6,981	205,623	0,002	0,003	Terjadi Likuifaksi
8,00	6	588,399	118	51,292	0,718	8,296	221,062	2,000	2,785	Tidak Terjadi Likuifaksi
8,20	8	784,532	120,95	52,280	0,718	10,957	192,031	0,006	0,009	Terjadi Likuifaksi
8,40	7	686,466	123,9	53,268	0,718	9,498	200,116	0,004	0,005	Terjadi Likuifaksi
8,60	7	686,466	126,85	54,256	0,718	9,411	216,710	0,001	0,001	Terjadi Likuifaksi
8,80	9	882,599	129,8	55,244	0,717	11,991	199,125	0,004	0,005	Terjadi Likuifaksi
9,00	8	784,532	132,75	56,232	0,716	10,565	209,994	0,002	0,002	Terjadi Likuifaksi
9,20	9	882,599	135,7	57,220	0,716	11,782	201,284	0,003	0,005	Terjadi Likuifaksi
9,40	8	784,532	138,65	58,208	0,715	10,384	197,442	0,004	0,006	Terjadi Likuifaksi
9,60	10	980,665	141,984	59,580	0,711	12,830	193,301	0,006	0,008	Terjadi Likuifaksi
9,80	12	1176,798	144,942	60,576	0,709	15,268	173,132	0,017	0,025	Terjadi Likuifaksi
10,00	10	980,665	147,9	61,572	0,708	12,620	195,527	0,005	0,007	Terjadi Likuifaksi
10,20	10	980,665	150,858	62,568	0,707	12,519	196,608	0,005	0,006	Terjadi Likuifaksi
10,40	12	1176,798	153,816	63,564	0,705	14,905	176,925	0,014	0,020	Terjadi Likuifaksi
10,60	8	784,532	156,774	64,560	0,703	9,860	202,255	0,003	0,004	Terjadi Likuifaksi
10,80	11	1078,732	159,732	65,556	0,701	13,454	189,670	0,007	0,010	Terjadi Likuifaksi
11,00	15	1470,998	162,69	66,552	0,699	18,208	150,311	0,044	0,062	Terjadi Likuifaksi

Sambungan Table 5. 27 Hasil Perhitungan Analisis CPT-S.02

Depth m	qc (kN/m <sup>3</sup> )		$\sigma$	$\sigma'$	CSR	qcIN	(qcIN) <sub>cs</sub>	CRR	FS	Status
	kg/cm <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>						
11,20	19	1863,264	165,648	67,548	0,697	22,893	116,687	0,228	0,327	Terjadi Likuifaksi
11,40	18	1765,197	168,606	68,544	0,695	21,530	125,979	0,266	0,383	Terjadi Likuifaksi
11,60	18	1765,197	171,564	69,540	0,693	21,376	131,239	0,290	0,419	Terjadi Likuifaksi
11,80	15	1470,998	174,522	70,536	0,691	17,687	155,424	0,429	0,621	Terjadi Likuifaksi
12,00	17	1667,131	177,48	71,532	0,688	19,905	138,338	0,326	0,474	Terjadi Likuifaksi
12,20	30	2941,995	180,438	72,528	0,686	34,884	65,907	0,107	0,155	Terjadi Likuifaksi
12,40	42	4118,793	183,396	73,524	0,683	48,506	54,118	0,095	0,139	Terjadi Likuifaksi
12,60	215	21084,298	186,354	74,520	0,681	246,640	246,640	2,000	2,938	Tidak Terjadi Likuifaksi



Gambar 5. 15 Grafik CSR, CRR, FS vs Kedalaman CPT-S.02



Dari perhitungan SPT pada titik BH 34 di dapatkan hasil grafik pada Gambar 5.14 yang dimana terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Dimana nilai  $FS=1$  merupakan acuan terjadinya likuifaksi atau tidak, apabila FS kurang dari 1 maka akan terjadi likuifaksi, dan apabila FS sama dengan 1 maka dalam kondisi keritis, sedangkan FS yang melebihi dari 1 tidak akan terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada kedalaman 0,48 m, 5,20 m, 5,40 m, 6,40 m, 6,60 m, 7,60 m, 8,00 m, dan 12,6 m di karenakan SF pada lapisan ini di dapatkan sebesar 2,949, 2,903, 2,885, 2,820, 2,811, 2,788, 2,785 dan 3,541. Sedangkan untuk semua kedalaman terjadinya likuifaksi dikarenakan SF pada setiap lapisan di peroleh dibawah nilai  $SF=1$ .

Dari tujuh grafik data SPT dapat dikatakan bahwa tujuh titik tersebut berpotensi likuifaksi, tetapi pada titik dan kedalaman tertentu tidak terjadinya likuifaksi dikarenakan garis SPT pada titik tersebut berada di kanan garis SF dititik tersebut seperti data titik bor BH-32 pada kedalaman 21,2 m dan kedalaman 30 m tidak terjadi likuifaksi, data titik bor BH-34 pada kedalaman 19,64 m dan kedalaman 30 m tidak terjadi likuifaksi, pada data titik bor BH-35 pada kedalaman 21,1 m dan pada kedalaman 25,75 m tidak terjadi likuifaksi, pada data titik bor BH-36 pada kedalaman 23,4 m dan kedalaman 30 m tidak terjadi likuifaksi, pada data titik bor BH-37 pada kedalaman 12,6 m, kedalaman 21 m dan kedalaman 30 m tidak terjadi likuifaksi, pada data titik bor BH-38 pada kedalaman 15,3 m, dan kedalaman 30 m tidak terjadi likuifaksi, pada data titik bor BH-39 pada kedalaman 23,4 m, tidak terjadi likuifaksi.

Sedangkan pada data CPT juga dapat dikatakan berpotensi likuifaksi pada kedua titik tersebut salah satunya untuk data S.01 Pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada kedalaman 0,60 m, 1 m, 8 m, 8,60 m, dan 9,60 m dikarenakan nilai SF dari beberapa titik ini melebihi dari 1, dan untuk data S.02 pada titik ini likuifaksi tidak terjadi pada kedalaman 0,48 m, 5,20 m, 5,40 m, 6,40 m, 6,60 m, 7,60 m, 8,00 m, dan 12,6 m dan pada kedalaman tertentu lainnya terjadi likuifaksi dikarenakan garis CPT berada di kiri garis SF, untuk detail rekapitulasi gambar grafik dan table dapat di lihat pada Lampiran 6 dan Lampiran 7 di bagian Lampiran.

Pada ketujuh data SPT dan dua data CPT dengan berdasarkan percepatan gempa 0,5 g tanah di daerah Proyek Jalur Kereta Api (KA) bandara New Yogyakarta International Airport (NYIA) dapat dikatakan rentan terhadap potensi likuifaksi. Ini terjadi dikarenakan tanah pada daerah ini dengan tanah jenis lanau berpasir, dimana gradasi butiran tersebut kurang baik dan selain itu juga dapat dilihat dari nilai analisis (N1)60 pada kesetiap titiknya dengan nilai analisis <37,5 yang dimana menurut Youd dan Idris, jika nilai analisis (N1)60 tersebut kurang dari angka tersebut maka tanah tersebut sangat rentan terhadap potensi likuifaksi dan tidak mampu menahan beban seismic.



## **BAB IV**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisis studi kasus yang bertempat di Proyek KA bandara New Yogyakarta International Airport (NYIA) dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari hasil klasifikasi tanah dengan metode USCS di Proyek Jalur Kereta Api (KA) bandara New Yogyakarta International Airport (NYIA) pada Desa Kalidengen dan Desa Seling menunjukkan nilai persen lolos saringan no.200 kurang dari 50% dari saringan tersebut digolongkan tanah berbutir kasar, serta dikelompokkan menjadi SC (pasir lempung, pasir berlempung).
2. Hasil dari perhitungan analisis Proyek Jalur Kereta Api (KA) bandara New Yogyakarta International Airport (NYIA) menggunakan data SPT didapatkan bahwa nilai CRR dan nilai CSR yang berada di beberapa titik pengujian dengan kedalaman yang bervariasi dengan nilai SF yang di dapat berkisaran 0,0 sampai dengan 0,9 yang dimana memiliki nilai SF yang kurang dari 1 yang artinya dapat berpotensi likuifaksi, akan tetapi ada beberapa lapisan di titik tertentu tidak terjadi likuifaksi. Dan pada kedalaman tertentu nilai dari faktor koreksi pada kesetiap titiknya dengan nilai analisis  $<37,5$  yang berarti perlu adanya perbaikan tanah atau pendukung tanah untuk dapat menahan beban seismic pada saat terjadinya gempa bumi.
3. Untuk hasil analisis perhitungan Proyek Jalur Kereta Api (KA) bandara New Yogyakarta International Airport (NYIA) untuk data CPT disimpulkan bahwa nilai antara CRR dan CSR hamper di seluruh titik dengan kedalaman 1 samapai dengan 12,6 m dengan nilai SF 0,01 sampai dengan 0,8 memiliki nilai SF yang kurang dari 1 untuk beberapa titik yang menunjukkan potensi likuifaksi dimana tidak dapat menahan beban seismic saat gempa bumi.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis pada bab sebelumnya penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Terjadinya likuifaksi dikarenakan gradasi butiran tanah yang kurang baik oleh karena itu perlu adanya penelitian yang lebih mendetail agar nantinya faktor penilaian data SPT dan CPT yang dihasilkan lebih baik.
2. Untuk meminimalisir terjadinya potensi likuifaksi pada studi kasus tertentu dapat mengupayakan dengan pemadatan lahan, penggantian agregat dasar pada tanah, serta dengan adanya bahan tambahan pada kedalaman tertentu, dan pembuatan drainase saluran yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Annisa Yaumil Akhiri, Edy Purwanto 2019. Evaluasi Perbaikan Tanah Dengan Metode *Dynamic Compaction* Untuk Penanggulangan Likuifaksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Boulanger, R.W dan Idriss. 2014. CPT and SPT Based Liquefaction Triggering Procedure. California, USA.
- Christian Vicky Delfis Lonteng S. Balamba, S. Monintja, A. N 2013. Analisis Potensi Likuifaksi Di PT. PLN (PERSERO) UIP KIT SULMAPA PLTU 2 Sulawesi Utara 2 X 25 MW Power Plan. Sarajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado
- Craig, R.F. 1991. *Mekanika Tanah*. PT. Erlangga. Jakarta.
- Chen, F.H. 1975. *Foundation on Expansive Soil*. Esevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.
- Eko Soebowo, Adrin Tohari dan Dwi Sarah 2009. Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Berdasarkan Data CPT Dan N-SPT Di Daerah Patalan Bantul, Yogyakarta. Riset Geologi dan Pertambangan LIPI.
- Enden Mina (2018). Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Baru UNTIRTA Sindang Sari.
- Enden Mina, Rama Indera Kusuma, dkk 2020. Analisis potensi likuifaksi berdasarkan data penyelidikan tanah standard penetration test (SPT) (studi kasus di cross taxiway Timur Bandara Soekarno – Hatta Tangerang), Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

- Etika Cahyani 2019. Pengembangan sistem jaringan evakuasi bencana likuifaksi di wilayah Sesar Opak, Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Yogyakarta
- Haadymuqtadir 2014. Zona Potensi Likuifaksi Kota Makassar Menggunakan Metode National Centre For Earthquake Engineering Research (NCEER), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
- Hardiyatmo, Hary Cristady. 1992. *Mekanika Tanah 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hendri Gusti Putra, Abdul Hakam, Dody Lastaruna 2009. Analisa Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Pengujian Sondir (Studi Kasus GOR Haji Agus Salim Dan Lapai, Padang. Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas,
- I Made Wahyu Pramana 2015. Analisis Likuifaksi Dengan Data SPT dan CPT, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana
- Kurnia Christy Tijow Oktovian B. A. Sompie, Jack H. Ticoh (2018). Analisis Potensi Likuifaksi Tanah Berdasarkan Data *Standart Penetration Test (SPT)* Studi Kasus Dermaga Bitung Sulawesi Utara
- Mario HUTAGALUNG, Simon Dertha TARIGAN 2019, Analisis Potensi Likuifaksi Akibat Gempa (Studi Kasus: Reklamasi Pelabuhan Kontainer Belawan Fase-2), Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas
- Nicky Fernando 2019. Analisis Potensi *Cyclic Mobility* Pada Tanha Kohesif, Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara
- Rini Kusumawardani 2009. Prosedur Analisis Liquefaction Dengan Menggunakan Metode Semi Empiris. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
- Rifa Ikhsan 2011. Analisis Potensi Likuifaksi Dari Data CPT Dan SPT Dengan Studi Kasus PLTU Ende Nusa Tenggara. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Roski R.I. Legrans 2016. Studi Potensi Likuifaksi Berdasarkan Uji Penetrasi Standar (SPT) Di Pesisir Pantai Belang Minahasa Tenggara. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

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

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


SNI 1726-2012. 2012. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Youd, T. L., Idriss, I. M., dkk., 2001. Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the Geotechnical and Geoenvironmental Eng., ASCE 127(10), 817-33.


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.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Hasil Pengujian Analisis Saringan

 <b>LABORATORIUM MEKANIKA TANAH</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584					
<b>PENGUJIAN ANALISA SARINGAN</b> <b>ASTM D 422-72</b>					
Proyek	: Tugas Akhir				
Lokasi	: Kalidengen, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta				
Dikerjakan	: Yudi Hasbi				
Tanggal	:				
Sampel	: Tanah Asli Sampel I				
Nomor Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	Persentase Tanah Tertahan	Persentase Tanah Lolos
	mm	gram	gram	%	%
1	25.400	0	1000	0,00	100,000
1/2	13.200	0	1000	0,00	100,000
3/8	9.500	0	1000	0,00	100,000
1/4	6.700	0	1000	0,00	100,000
4	4.750	11,821	988,179	1,18	98,818
10	2.000	18,671	969,508	1,87	96,951
20	0.850	90,381	879,127	9,04	87,913
40	0.425	107,951	771,176	10,80	77,118
60	0.250	282,270	488,906	28,23	48,891
140	0.106	300,116	188,790	30,01	18,879
200	0.075	9,000	179,790	0,90	17,979
pan	0	179,790	0,000	17,98	0,000

Mengetahui,  
Kepala Lab.   
(Muh.Rifqi Abdulrazak, S.T, M.Eng)

Yogyakarta, Juli 2021  
Peneliti  
  
(Yudi Hasbi)





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

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584


**PENGUJIAN ANALISA SARINGAN**  
**ASTM D 422-72**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seling, Kebonrejo, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta  
Dikerjakan : Yudi Hasbi  
Tanggal :  
Sampel : Tanah Asli Sampel II

Nomor Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	Persentase Tanah Tertahan	Persentase Tanah Lolos
	mm	gram	gram	%	%
1	25.400	0	1000	0,00	100,00
1/2	13.200	0	1000	0,00	100,00
3/8	9.500	0	1000	0,00	100,00
1/4	6.700	0	1000	0,00	100,00
4	4.750	0	1000	0,00	100,00
10	2.000	9,81	990,19	0,98	99,02
20	0.850	16,02	974,17	1,60	97,42
40	0.425	231,62	742,55	23,16	74,26
60	0.250	326,22	416,33	32,62	41,63
140	0.106	242,38	173,95	24,24	17,40
200	0.075	3,28	170,67	0,33	17,067
pan	0	170,67	0,00	17,07	0,00

Mengetahui,  
Kepala Lab. Mekanika Tanah  
  
(Muh. Rifqi Abdurrozaq, S.T., M.Eng)



Yogyakarta, Juli 2021  
Peneliti  
  
(Yudi Hasbi)

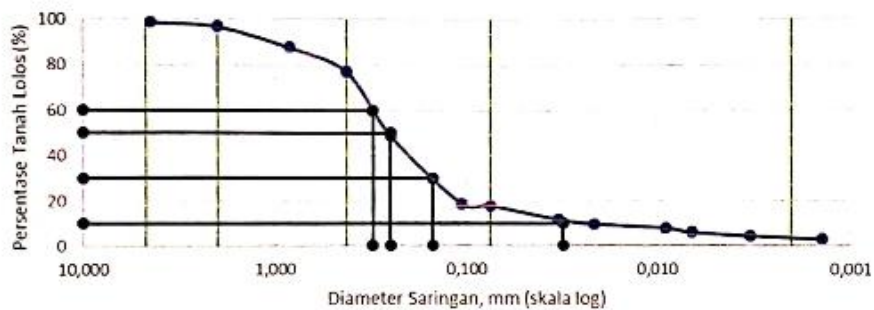


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584


**PENGUJIAN ANALISA SARINGAN**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Kalidengen, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta  
Dikerjakan : Yudi Hasbi  
Tanggal :  
Sampel : Tanah Asli Sampel I



Mengetahui,  
Kepala Lab. Mekanika Tanah  
  
(Muh Rifq Abdurrozak, S.T, M.Eng)



Yogyakarta, Juli 2021  
Peneliti  
  
(Yudi Hasbi)

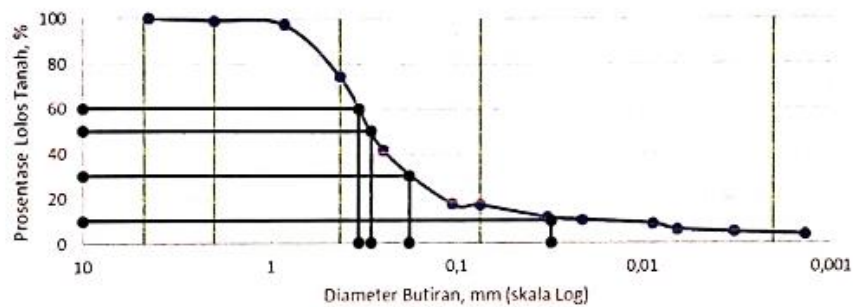


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 8905042, 895707 fax 895330 Yogyakarta 55584

**PENGUJIAN ANALISA SARINGAN**

Proyek : Tugas Akhir  
Lokasi : Seling, Kebonrejo, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta  
Dikerjakan : Yudi Hasbi  
Tanggal :  
Sampel : Tanah Asli Sampel II



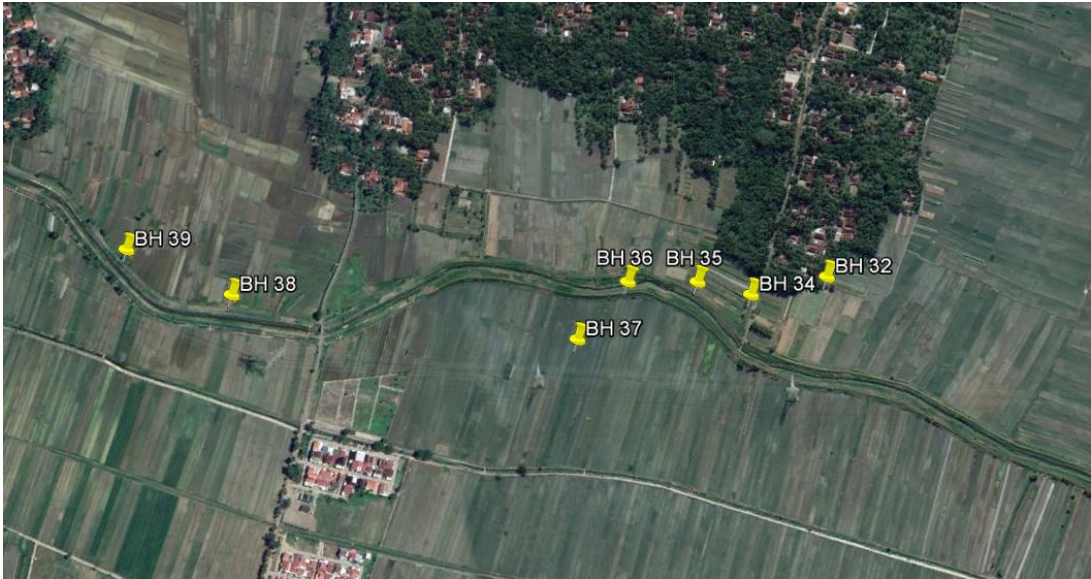
Mengetahui,  
Kepala Lab/  
  
(Muh. Rifqi Abdurrozaq, S.T., M. Eng)



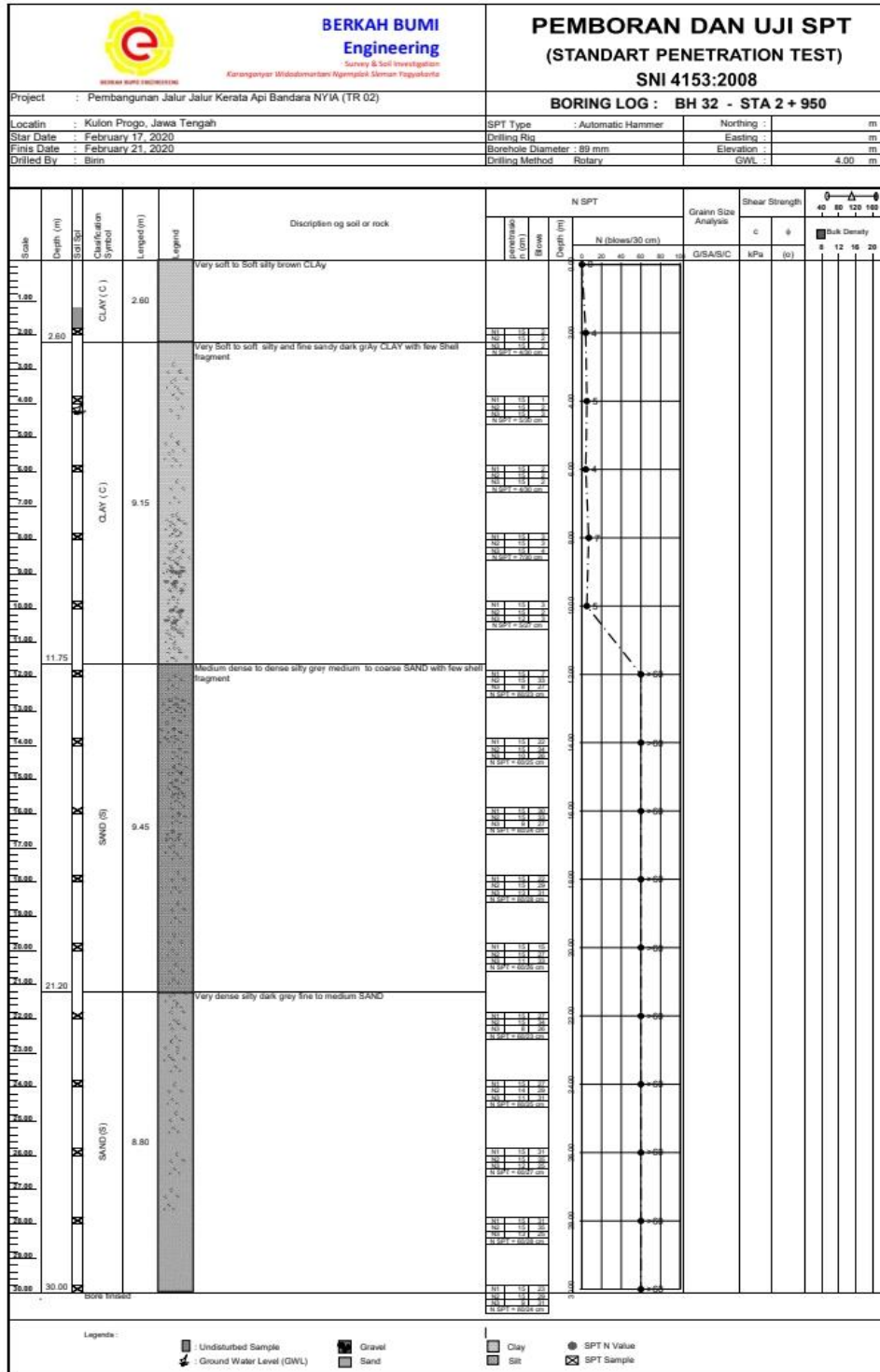
Yogyakarta, Juli 2021  
Peneliti

  
(Yudi Hasbi)

**Lampiran 2 Lokasi titik SPT**



### Lampiran 3 Data Standar Penetration Test (SPT)

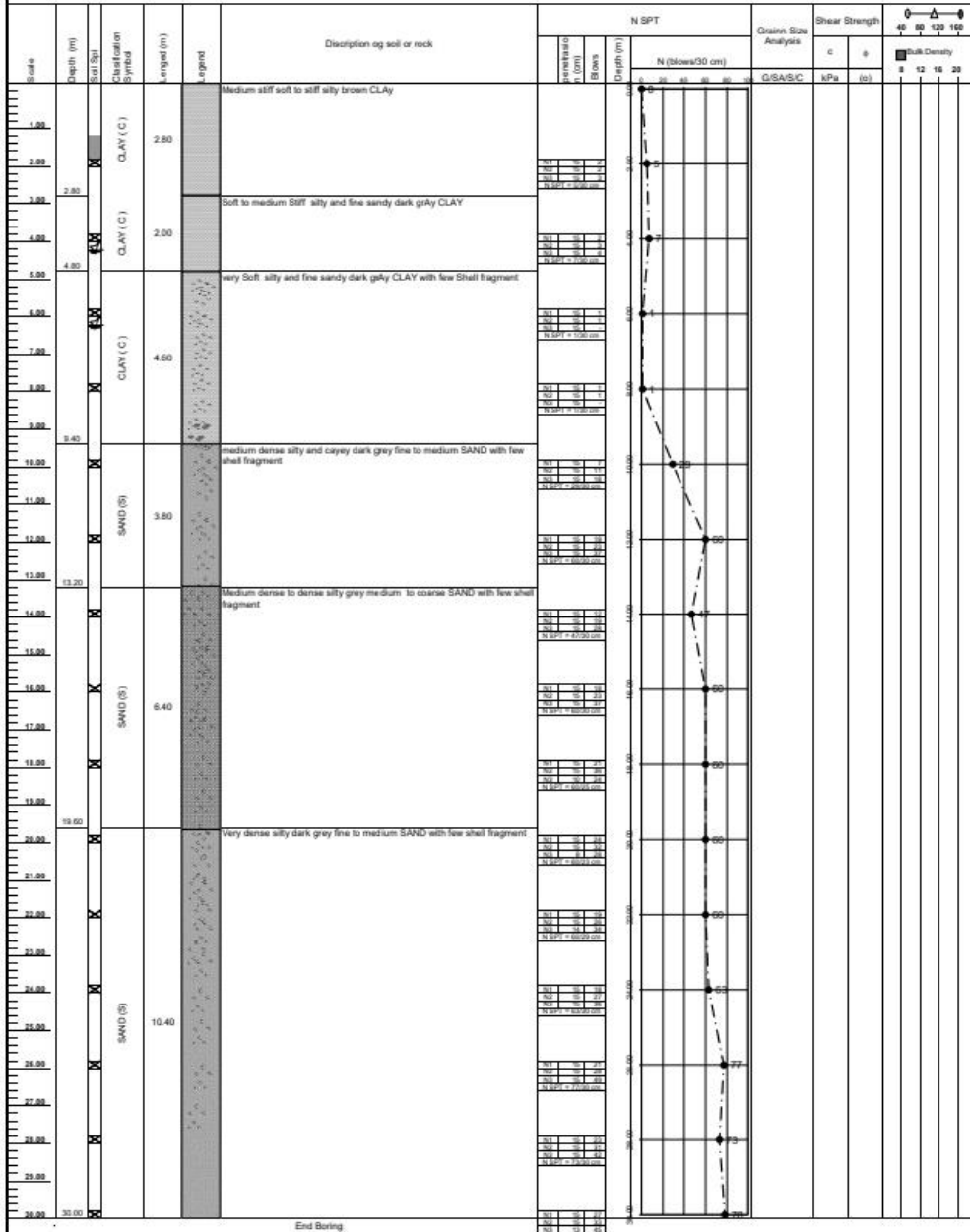




**BERKAH BUMI**  
Engineering  
Survei & Soil Investigation  
Koranganper Winabumantari Ngemplak Sleman Yogyakarta

**PEMBORAN DAN UJI SPT**  
**(STANDART PENETRATION TEST)**  
**SNI 4153:2008**

Project : Pembangunan Jalur Jakur Kerata Api Bandara NYIA (TR 02)	<b>BORING LOG : BH 34 - A6</b>		
Locatin : Kulon Progo, Jawa Tengah	SPT Type : Automatic Hammer	Northing :	m
Star Date : March 1, 2020	Drilling Rig :	Esting :	m
First Date : March 4, 2020	Borehole Diameter : 89 mm	Elevation :	m
Drilled By : Birin	Drilling Method : Rotary	GWL :	1.00 m



Legends :

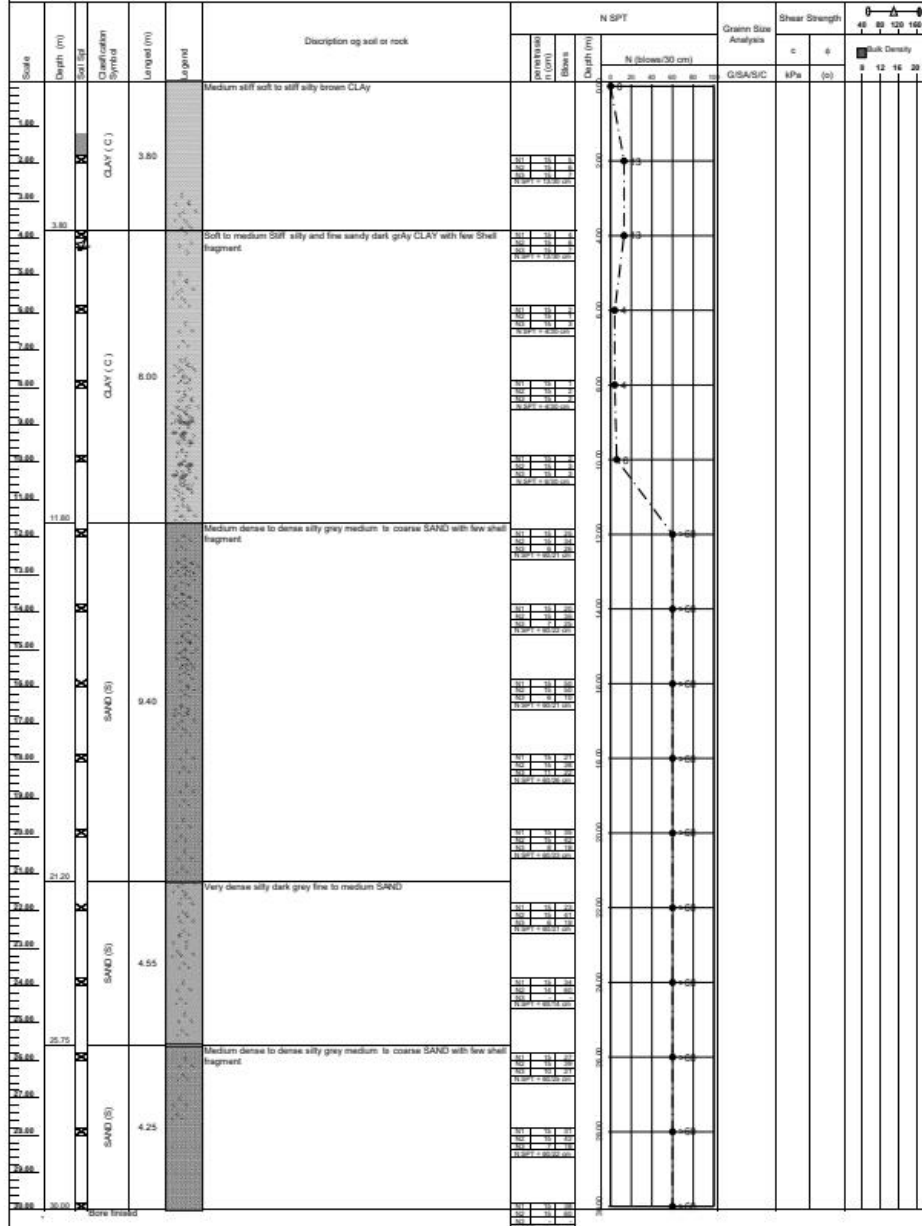
- Undisturbed Sample
- Ground Water Level (GWL)
- Gravel
- Sand
- Clay
- SPT N Value
- Silt
- SPT Sample



**BERKAH BUMI Engineering**  
Survey & Soil Investigation  
Kecanganyar Widobromotoni Ngemplak Deman Pajajaran

**PEMBORAN DAN UJI SPT  
(STANDART PENETRATION TEST)  
SNI 4153:2008**

Project : Pembangunan Jalur Kerata Api Bandara NYIA (TR 02)		<b>BORING LOG : BH 35 - PK A7</b>	
Locatin : Kulon Progo, Jawa Tengah	SPT Type : Automatic Hammer	Northing : m	
Star Date : February 17, 2020	Drilling Rig	Eastng : m	
Finis Date : February 21, 2020	Borehole Diameter : 89 mm	Elevation : m	
Collected By : Birin	Drilling Method : Rotary	GWL : 4.00 m	



Legends:

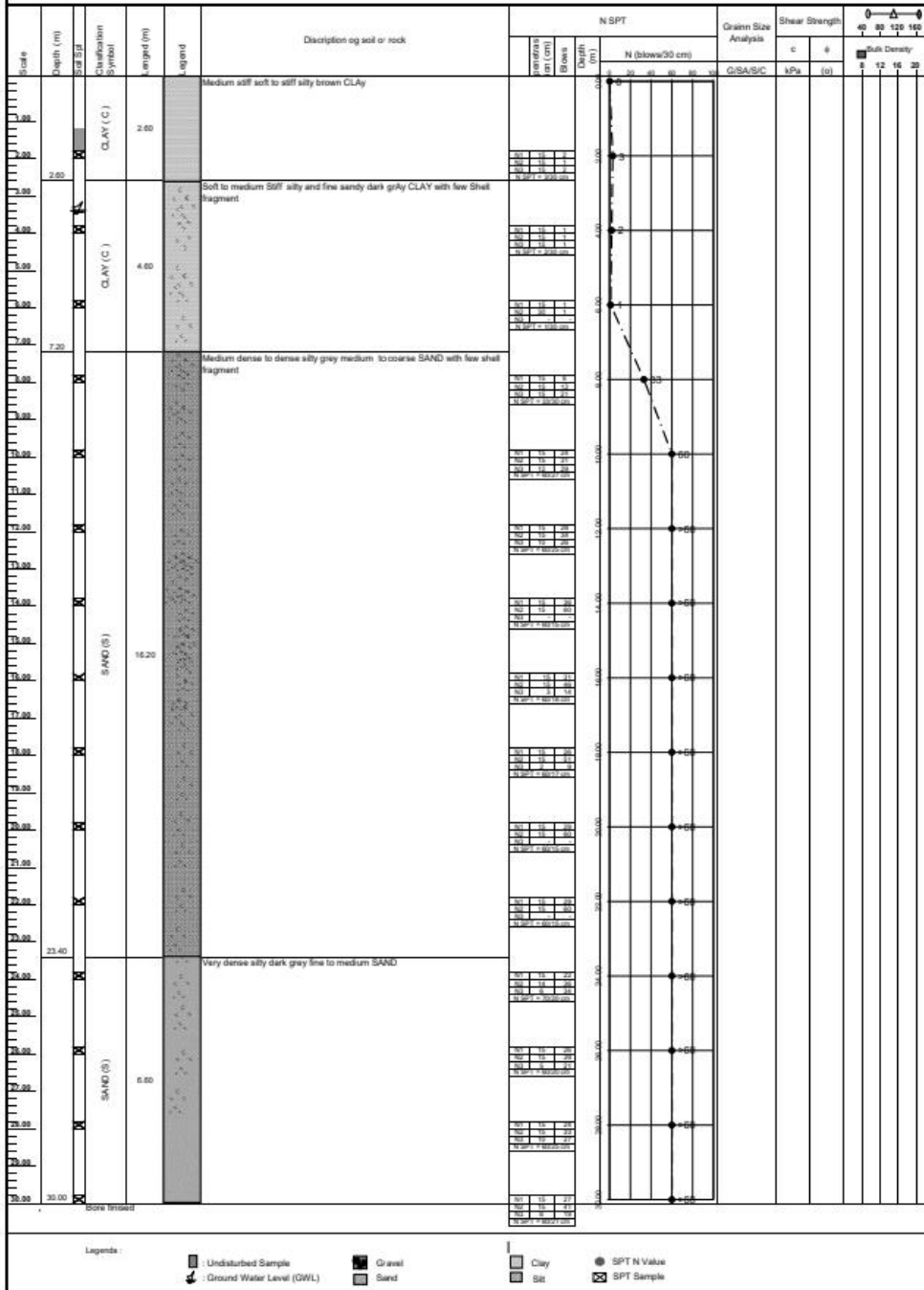
- Undisturbed Sample
- Ground Water Level (GWL)
- Clay
- Silt
- Sand
- SPT N Value
- SPT Sample



**BERKAH BUMI Engineering**  
 Survey & Soil Investigation  
 Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

**PEMBORAN DAN UJI SPT  
 (STANDART PENETRATION TEST)  
 SNI 4153:2008**

Project : Pembangunan Jalur Jalur Kerata Api Bandara NYIA (TR 02)	BORING LOG : BH 36 - PK 27		
Locatin : Kulon Progo, Jawa Tengah	SPT Type : Automatic Hammer	Northing :	m
Star Date : February 17, 2020	Drilling Rig :	Easting :	m
Finis Date : February 21, 2020	Borehole Diameter : 89 mm	Elevation :	m
Drilled By : Betin	Drilling Method : Rotary	GWL :	3.60 m



Legenda :  
 Undisturbed Sample  
 Ground Water Level (GWL)  
 Gravel  
 Sand  
 Clay  
 Silt  
 SPT N Value  
 SPT Sample

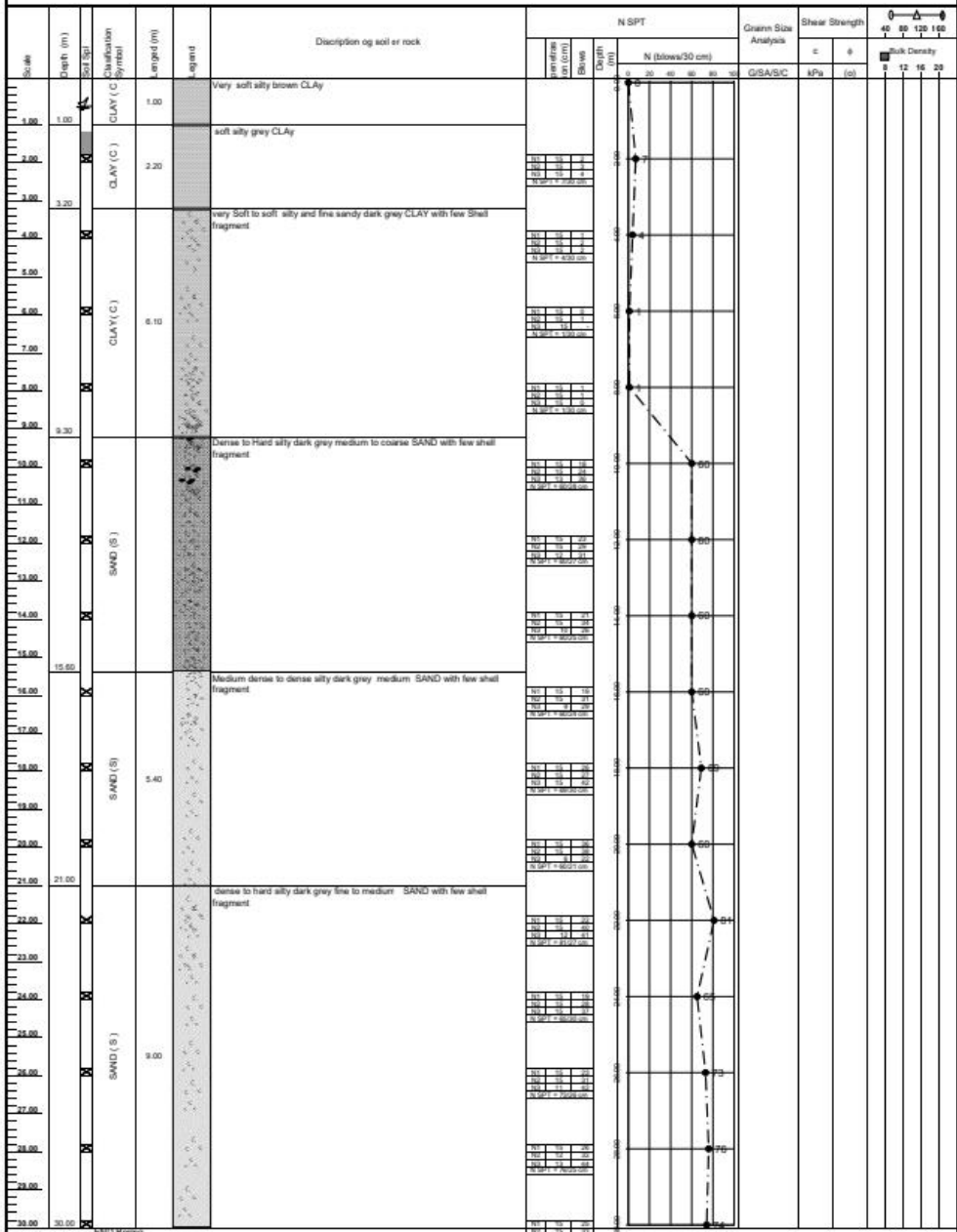




**BERKAH BUMI**  
Engineering  
Survey & Soil Investigation  
Keranganyar Wabohomartani Ngembak & Siman Pajekarta

**PEMBORAN DAN UJI SPT  
(STANDART PENETRATION TEST)  
SNI 4153:2008**

Project : Pembangunan Jalur Jalur Kerata Api Bandara NYIA (TR 02)	<b>BORING LOG : BH 37 PK 28</b>		
Locatin : Kulon Progo, Jawa Tengah	SPT Type : Automatic Hammer	Northing :	m
Star Date : March 19, 2020	Drilling Rig :	Easting :	m
Finis Date : March 23, 2020	Borehole Diameter : 89 mm	Elevation :	m
Drilled By : Ulang	Drilling Method : Rotary	GWL :	0.80 m



Legenda:

Undisturbed Sample	Gravel	Clay	SPT N Value
Ground Water Level (GWL)	Sand	Silt	SPT Sample

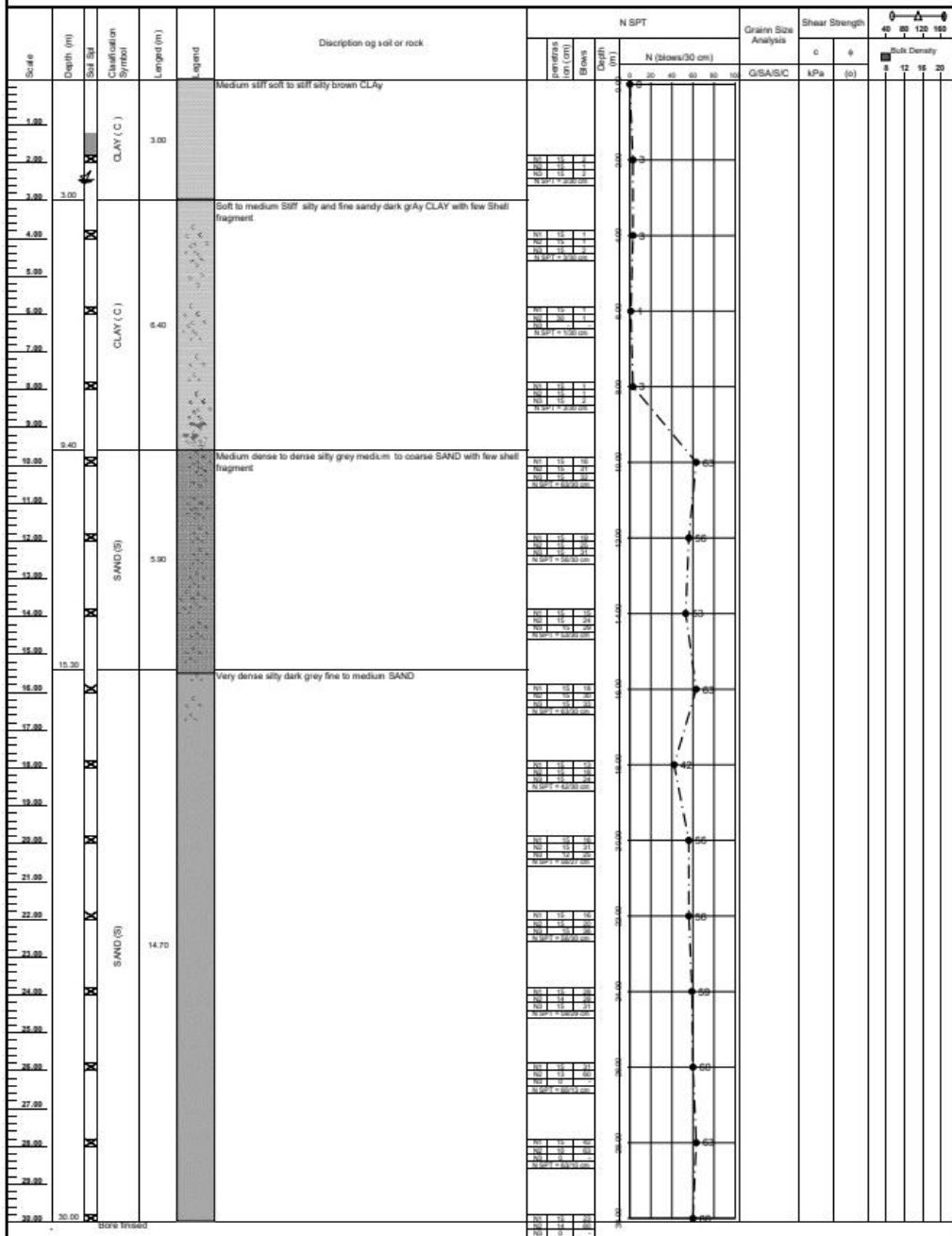


**BERKAH BUMI**  
Engineering

Survey & Soil Investigation  
Koranganjaya Wilayahkomarasi Ngemplak Blora Jawa Tengah

**PEMBORAN DAN UJI SPT**  
**(STANDART PENETRATION TEST)**  
**SNI 4153:2008**

Project : Pembangunan Jalur Kerata Api Bandara NYIA (TR 02)		BORING LOG : BH 38 - STA 2 + 950	
Locatin : Kulon Progo, Jawa Tengah	SPT Type : Automatic Hammer	Northing :	m
Star Date : April 2, 2020	Drilling Rig :	Easting :	m
Finis Date : April 5, 2020	Borehole Diameter : 89 mm	Elevation :	m
Drilled By : Birin	Drilling Method : Rotary	GWL :	1.20 m



Legenda :

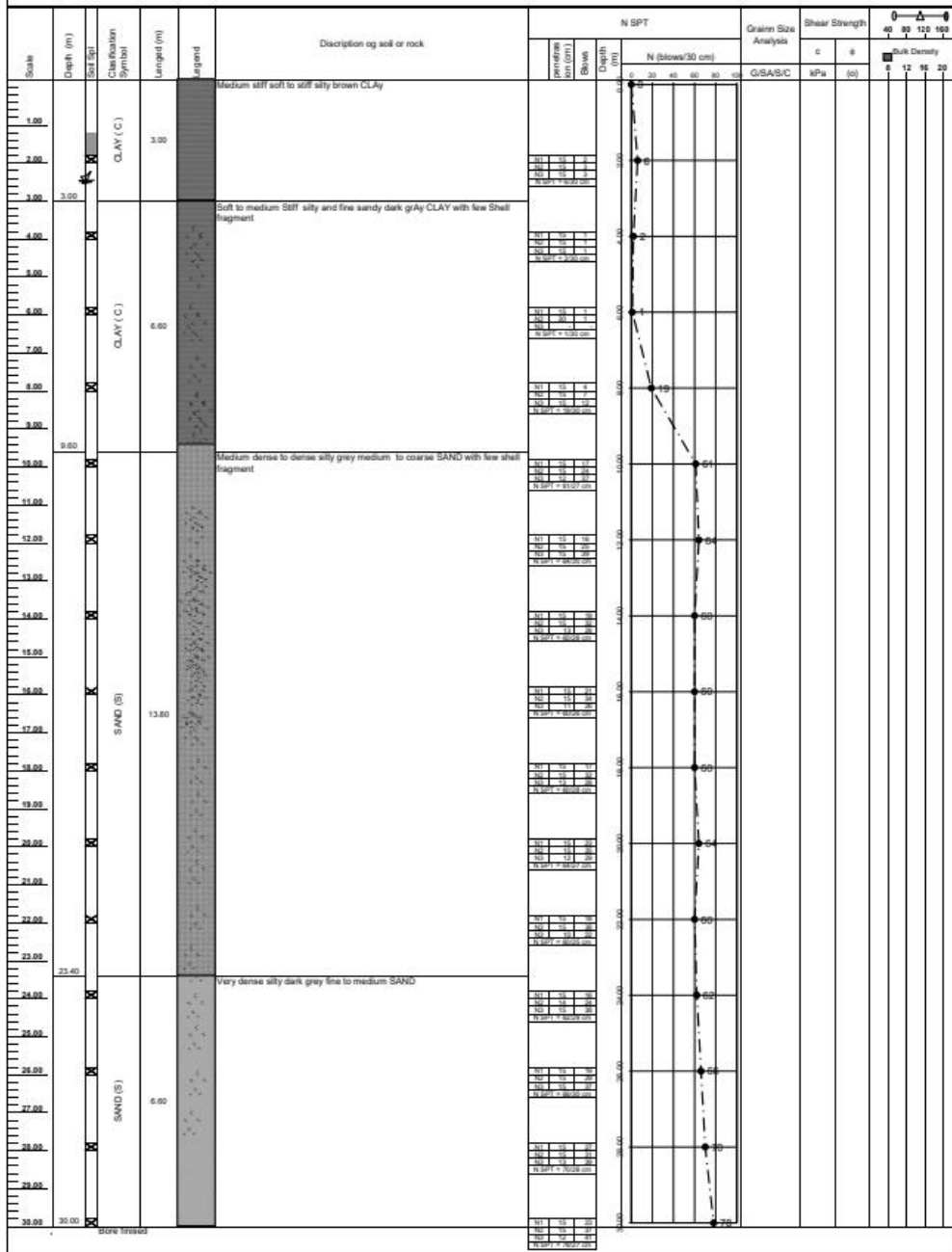
: Undisturbed Sample	: Gravel	: Clay	: SPT N Value
: Ground Water Level (GWL)	: Sand	: Silt	: SPT Sample



**BERKAH BUMI**  
Engineering  
Survey & Soil Investigation  
Keranganyar Widobumantani Ngemplak Sleman Yogyakarta

**PEMBORAN DAN UJI SPT**  
(STANDART PENETRATION TEST)  
SNI 4153:2008

Project : Pembangunan Jalur Kerata Api Bandara NYIA (TR 02)	<b>BORING LOG : BH 39 STA 3 + 000</b>		
Locatin : Kulon Progo, Jawa Tengah	SPT Type : Automatic Hammer	Northing :	m
Start Date : March 30, 2020	Drilling Rig :	Easting :	m
Finish Date : April 2, 2020	Borehole Diameter : 89 mm	Elevation :	m
Drilled By : Birin	Drilling Method : Rotary	GWL :	2.40 m




Legenda :

Undisturbed Sample	Gravel	Clay	SPT N Value
Ground Water Level (GWL)	Sand	Silt	SPT Sample

**Lampiran 4 lokasi titik cpt**



## Lampiran 5 Data Cone Penetration Test (CPT)

 <b>BERKAH BUMI Engineering</b> <small>Survey &amp; Soil Investigation</small> <small>Karanganyar Widadamartani Ngemplak Sleman Yogyakarta</small>		<b>PENETRASI LAPANGAN DENGAN ALAT SONDIR            ( CONE PENETRATION TEST )            SNI 2827 : 2008</b>	
<b>Proyek</b>	Jalur KAI YIA	<b>Tanggal</b>	13 Februari 2020
<b>Lokasi</b>	STA 3+000	<b>Elevasi</b>	0,00
<b>Nama titik</b>	S1	<b>Kap. Sondir</b>	2,5 Ton
<b>GWL</b>	-	<b>PIC</b>	Lugino
DATA SONDIR S1			
Ac= 10	Cr	As = 150	Ap= 10
Kedalaman (m)	Cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Cr + Fs (kg/cm <sup>2</sup> )	qc (kg/cm <sup>2</sup> )
Fs (3 - 2)*Ac/As	local friction Fs x 20	total friction (total (6))	Friction ratio (%)
1	2	3	4
0.00	0	0	0
0.20	4	6	4
0.40	5	7	5
0.60	6	9	6
0.80	6	10	6
1.00	7	10	7
1.20	22	25	22
1.40	25	28	25
1.60	26	28	26
1.80	25	27	25
2.00	19	21	19
2.20	14	16	14
2.40	12	15	12
2.60	22	25	22
2.80	19	22	19
3.00	17	20	17
3.20	20	22	20
3.40	12	15	12
3.60	9	12	9
3.80	7	9	7
4.00	7	10	7
4.20	6	9	6
4.40	5	7	5
4.60	7	10	7
4.80	6	8	6
5.00	9	12	9
5.20	9	13	9
5.40	8	11	8
5.60	7	10	7
5.80	5	8	5
6.00	6	9	6
6.20	7	9	7
6.40	6	8	6
6.60	6	9	6
6.80	7	10	7
7.00	5	7	5
7.20	9	11	9
7.40	8	10	8
7.60	9	12	9
7.80	6	8	6
8.00	6	9	6
8.20	8	11	8
8.40	9	12	9
8.60	9	13	9
8.80	12	15	12
9.00	20	23	20

9.20	154	164	154	0.67	13.33	176.00	0.43
9.40	180	190	180	0.67	13.33	189.33	0.37
9.60	225	240	225	1.00	20.00	209.33	0.44
9.80							
10.00							
10.20							
10.40							
10.60							
10.80							
11.00							
11.20							
11.40							
11.60							
11.80							
12.00							
12.20							
12.40							
12.60							
12.80							
13.00							
13.20							
13.40							
13.60							
13.80							
14.00							
14.20							
14.40							
14.60							
14.80							
15.00							
15.20							
15.40							
15.60							
15.80							
16.00							
16.20							
16.40							
16.60							
16.80							
17.00							
17.20							
17.40							
17.60							
17.80							
18.00							
18.20							
18.40							
18.60							
18.80							
19.00							
19.20							
19.40							
19.60							
19.80							
20.00							
<b>PROJECT</b>				<b>LOKASI</b>			<b>HALAMAN</b>
Jalur KAI YIA				STA 3+000			3



**BERKAH BUMI**  
**Engineering**

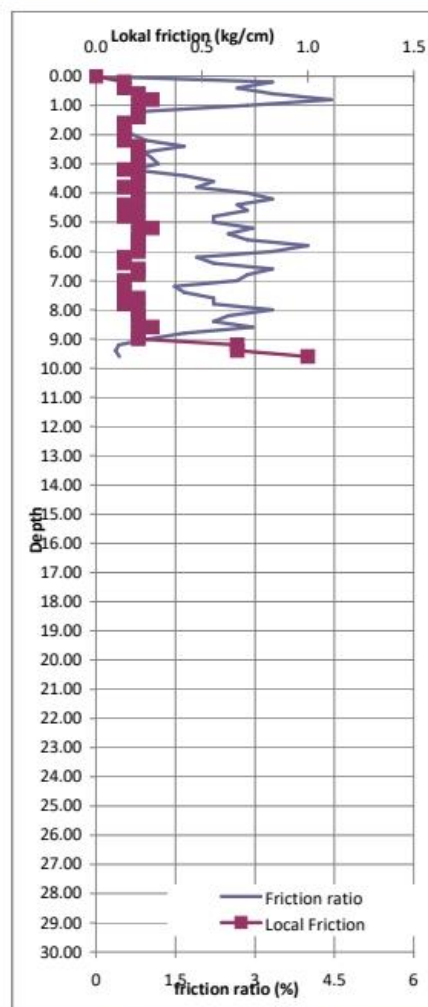
Survey & Soil Investigation

Karanganyar Widodomartani Ngemplak Sleman Yogyakarta

PENETRASI LAPANGAN DENGAN ALAT SONDIR  
( CONE PENETRATION TEST )  
SNI 2827 : 2008

Proyek	Jalur KAI YIA	Tanggal	13 Februari 2020
Lokasi	STA 3+000	Elevasi	0,00
Nama titik	S1	Kap. Sondir	2,5 Ton
GWL	-	PIC	Lugino

**GRAFIK SONDIR 1**



PROJECT	LOKASI	HALAMAN
Jalur KAI YIA	STA 3+000	4



**BERKAH BUMI  
Engineering**

Survey & Soil Investigation  
Karanganyar Widodomartani Ngemplak Sleman Yogyakarta

PENETRASI LAPANGAN DENGAN ALAT SONDIR  
( CONE PENETRATION TEST )  
SNI 2827 : 2008

<b>Proyek</b>	Jalur KAI YIA	<b>Tanggal</b>	14 Februari 2020
<b>Lokasi</b>	STA 2+850	<b>Elevasi</b>	0,00
<b>Nama titik</b>	S2	<b>Kap. Sondir</b>	2,5 Ton
<b>GWL</b>	-	<b>PIC</b>	Lugino

**DATA SONDIR S2**

Kedalaman (m)	Ac= 10		As = 150		Ap= 10		
	Cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Cr + Fs (kg/cm <sup>2</sup> )	qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Fs (3 - 2)*Ac/As	local friction Fs x 20	total friction (total (6))	Friction ratio (%)
1	2	3	4	5	6	7	8
0.00	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	3	5	3	0.13	2.67	2.67	4.44
0.40	5	7	5	0.13	2.67	5.33	2.67
0.60	5	8	5	0.20	4.00	9.33	4.00
0.80	4	6	4	0.13	2.67	12.00	3.33
1.00	5	7	5	0.13	2.67	14.67	2.67
1.20	5	7	5	0.13	2.67	17.33	2.67
1.40	5	8	5	0.20	4.00	21.33	4.00
1.60	7	10	7	0.20	4.00	25.33	2.86
1.80	6	9	6	0.20	4.00	29.33	3.33
2.00	7	10	7	0.20	4.00	33.33	2.86
2.20	5	7	5	0.13	2.67	36.00	2.67
2.40	8	10	8	0.13	2.67	38.67	1.67
2.60	9	11	9	0.13	2.67	41.33	1.48
2.80	7	10	7	0.20	4.00	45.33	2.86
3.00	6	9	6	0.20	4.00	49.33	3.33
3.20	9	11	9	0.13	2.67	52.00	1.48
3.40	6	8	6	0.13	2.67	54.67	2.22
3.60	6	9	6	0.20	4.00	58.67	3.33
3.80	7	9	7	0.13	2.67	61.33	1.90
4.00	7	10	7	0.20	4.00	65.33	2.86
4.20	8	10	8	0.13	2.67	68.00	1.67
4.40	8	12	8	0.27	5.33	73.33	3.33
4.60	6	9	6	0.20	4.00	77.33	3.33
4.80	5	8	5	0.20	4.00	81.33	4.00
5.00	7	10	7	0.20	4.00	85.33	2.86
5.20	5	8	5	0.20	4.00	89.33	4.00
5.40	5	9	5	0.27	5.33	94.67	5.33
5.60	7	10	7	0.20	4.00	98.67	2.86
5.80	8	10	8	0.13	2.67	101.33	1.67
6.00	8	12	8	0.27	5.33	106.67	3.33
6.20	7	9	7	0.13	2.67	109.33	1.90
6.40	6	9	6	0.20	4.00	113.33	3.33
6.60	6	10	6	0.27	5.33	118.67	4.44
6.80	8	10	8	0.13	2.67	121.33	1.67
7.00	7	9	7	0.13	2.67	124.00	1.90
7.20	6	8	6	0.13	2.67	126.67	2.22
7.40	7	9	7	0.13	2.67	129.33	1.90
7.60	7	10	7	0.20	4.00	133.33	2.86
7.80	5	7	5	0.13	2.67	136.00	2.67
8.00	6	9	6	0.20	4.00	140.00	3.33
8.20	8	10	8	0.13	2.67	142.67	1.67
8.40	7	9	7	0.13	2.67	145.33	1.90
8.60	7	10	7	0.20	4.00	149.33	2.86
8.80	9	12	9	0.20	4.00	153.33	2.22
9.00	8	11	8	0.20	4.00	157.33	2.50



9.20	9	12	9	0.20	4.00	161.33	2.22
9.40	8	10	8	0.13	2.67	164.00	1.67
9.60	10	13	10	0.20	4.00	168.00	2.00
9.80	12	15	12	0.20	4.00	172.00	1.67
10.00	10	13	10	0.20	4.00	176.00	2.00
10.20	10	13	10	0.20	4.00	180.00	2.00
10.40	12	15	12	0.20	4.00	184.00	1.67
10.60	8	10	8	0.13	2.67	186.67	1.67
10.80	11	14	11	0.20	4.00	190.67	1.82
11.00	15	18	15	0.20	4.00	194.67	1.33
11.20	19	22	19	0.20	4.00	198.67	1.05
11.40	18	21	18	0.20	4.00	202.67	1.11
11.60	18	22	18	0.27	5.33	208.00	1.48
11.80	15	18	15	0.20	4.00	212.00	1.33
12.00	17	20	17	0.20	4.00	216.00	1.18
12.20	30	35	30	0.33	6.67	222.67	1.11
12.40	42	46	42	0.27	5.33	228.00	0.63
12.60	215	230	215	1.00	20.00	248.00	0.47
12.80							
13.00							
13.20							
13.40							
13.60							
13.80							
14.00							
14.20							
14.40							
14.60							
14.80							
15.00							
15.20							
15.40							
15.60							
15.80							
16.00							
16.20							
16.40							
16.60							
16.80							
17.00							
17.20							
17.40							
17.60							
17.80							
18.00							
18.20							
18.40							
18.60							
18.80							
19.00							
19.20							
19.40							
19.60							
19.80							
20.00							
PROJECT				LOKASI			HALAMAN
Jalur KAI YIA				STA 2+850			5



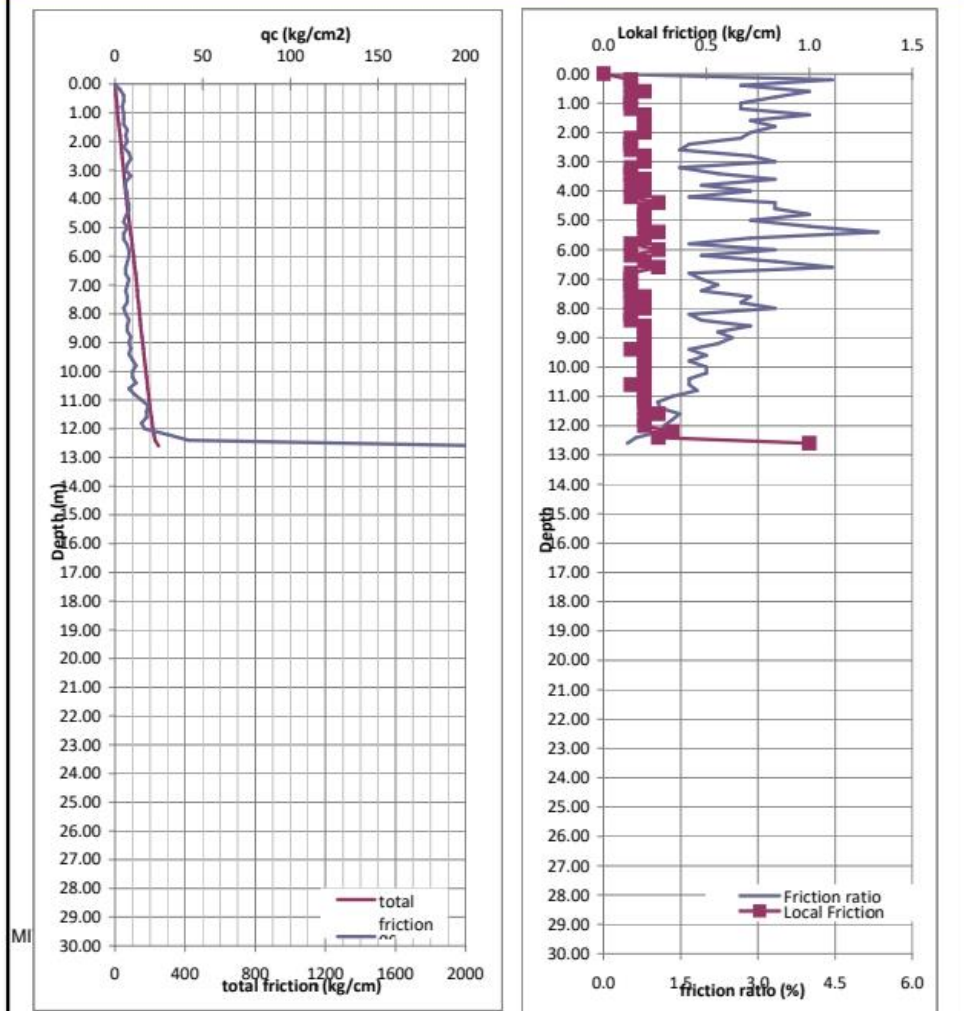
**BERKAH BUMI**  
**Engineering**

Survey & Soil Investigation  
Karanganyar Widodomartani Ngemplak Sleman Yogyakarta

PENETRASI LAPANGAN DENGAN ALAT SONDIR  
( CONE PENETRATION TEST )  
SNI 2827 : 2008

Proyek	Jalur KAI YIA	Tanggal	14 Februari 2020
Lokasi	STA 2+850	Elevasi	0,00
Nama titik	S2	Kap. Sondir	2,5 Ton
GWL	-	PIC	Lugino

**GRAFIK SONDIR 2**



PROJECT	LOKASI	HALAMAN
Jalur KAI YIA	STA 2+850	6

## Lampiran 6 Rekapitulasi Tabel dan Grafik SPT

### Rekapitulasi perhitungan CSR

Id	Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	(a max/g)	rd	γd	Tegangan Total (σ)	Angka Pori (u)	Tegangan Efektif (σ')	(σ/σ')	CSR
		m	m				(kN/m3)	(kN/m3)	(kN/m3)	(kN/m3)		
BH 32	1	2,6	2,6	Clay	0,5	0,980	12,438	32,339	0,000	32,339	1,000	0,319
	2	11,75	9,15	Sand Clay	0,5	0,860	13,086	186,099	50,522	135,578	1,373	0,384
	3	21,2	9,45	Coarse Sand	0,5	0,608	14,984	503,760	53,465	450,296	1,119	0,221
	4	30	8,8	Medium Sand	0,5	0,500	15,099	956,730	47,088	909,642	1,052	0,171
BH 34	1	2,8	2,8	Clay	0,5	0,979	11,494	32,183	17,658	14,525	2,216	0,705
	2	4,8	2	Sand Clay	0,5	0,963	13,348	96,254	9,810	86,444	1,113	0,349
	3	9,4	4,6	Sand Clay	0,5	0,923	13,406	222,270	35,316	186,954	1,189	0,357
	4	13,2	3,8	Medium Sand	0,5	0,822	14,661	415,795	27,468	388,327	1,071	0,286
	5	19,64	6,44	Coarse Sand	0,5	0,650	13,406	679,089	53,366	625,723	1,085	0,229
	6	30	10,36	Medium Sand	0,5	0,500	14,661	1118,919	91,822	1027,097	1,089	0,177
BH 35	1	3,8	3,8	Clay	0,5	0,971	14,000	53,200	0,000	53,200	1,000	0,316
	2	11,8	8	Sand Clay	0,5	0,859	14,000	218,400	39,240	179,160	1,219	0,340
	3	21,2	9,4	Coarse Sand	0,5	0,608	19,000	621,200	52,974	568,226	1,093	0,216
	4	25,75	4,55	Medium Sand	0,5	0,568	15,000	1007,450	5,396	1002,055	1,005	0,186
	5	30	4,25	Coarse Sand	0,5	0,500	19,000	1577,450	2,453	1574,998	1,002	0,163

**Lanjutan Rekapitulasi perhitungan CSR**

Id	Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	(a max/g)	rd	γd (kN/m3)	Tegangan Total (σ) (kN/m3)	Angka Pori (u) (kN/m3 )	Tegangan Efektif (σ') (kN/m3)	(σ/σ')	CSR
		m	m									
BH 36	1	2,6	2,6	Clay	0,5	0,980	12,117	31,504	0,000	31,504	1,000	0,319
	2	7,2	4,6	Sand Clay	0,5	0,945	16,420	149,728	9,810	139,918	1,070	0,329
	3	23,4	16,2	Coarse Sand	0,5	0,587	17,427	557,520	123,606	433,914	1,285	0,245
	4	30	6,6	Medium Sand	0,5	0,500	18,430	1110,420	29,430	1080,990	1,027	0,167
BH 37	1	1	1	Clay	0,5	0,992	11,070	11,070	1,962	9,108	1,215	0,392
	2	3,2	2,2	Clay	0,5	0,976	11,070	35,424	13,734	21,690	1,633	0,518
	3	9,3	6,1	Sand Clay	0,5	0,926	12,270	110,271	51,993	58,278	1,892	0,569
	4	15,6	6,3	Coarse Sand	0,5	0,757	13,990	198,408	53,955	144,453	1,374	0,338
	5	21	5,4	Medium Sand	0,5	0,613	14,191	275,039	45,126	229,913	1,196	0,238
	6	30	9	Medium Sand	0,5	0,500	14,191	402,758	80,442	322,316	1,250	0,203
BH 38	1	3	3	Clay	0,5	0,977	14,010	42,030	17,658	24,372	1,725	0,548
	2	9,4	6,4	Sand Clay	0,5	0,923	14,750	180,680	51,012	129,668	1,393	0,418
	3	15,3	5,9	Coarse Sand	0,5	0,765	14,790	406,967	46,107	360,860	1,128	0,281
	4	30	14,7	Medium Sand	0,5	0,500	15,510	872,267	132,435	739,832	1,179	0,192
BH 39	1	3	3	Clay	0,5	0,977	14,940	44,820	5,886	38,934	1,151	0,366
	2	9,6	6,6	Sand Clay	0,5	0,918	15,590	194,484	41,202	153,282	1,269	0,378
	3	23,4	13,8	Coarse Sand	0,5	0,587	15,720	562,332	111,834	450,498	1,248	0,238
	4	30	6,6	Medium Sand	0,5	0,500	16,180	1047,732	41,202	1006,530	1,041	0,169

## Rekapitulasi Perhitungan CRR

Id	Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT		Faktor Koreksi (N1)60					(N1)60	(N1)60cs	CRR
		m	m				Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
BH 32	1	2,6	2,6	Clay	4	30	1,438	1,3	1	0,75	1	5,609	11,730	0,129
	2	11,75	9,15	Sand Clay	5	27	0,852	1,3	1	0,75	1	4,153	9,984	0,113
	3	21,2	9,45	Coarse Sand	60	26	0,380	1,3	1	0,75	1	22,221	31,665	0,658
	4	30	8,8	Medium Sand	60	24	0,210	1,3	1	0,75	1	12,285	19,743	0,212
BH 34	1	2,8	2,8	Clay	5	30	1,632	1,3	1	0,75	1	7,956	14,547	0,156
	2	4,8	2	Sand Clay	7	30	1,057	1,3	1	0,75	1	7,214	13,656	0,147
	3	9,4	4,6	Sand Clay	1	30	0,708	1,3	1	0,75	1	0,691	5,829	0,078
	4	13,2	3,8	Medium Sand	60	30	0,426	1,3	1	0,75	1	24,943	34,931	0,000
	5	19,64	6,44	Coarse Sand	60	25	0,290	1,3	1	0,75	1	16,977	25,373	0,299
	6	30	10,36	Medium Sand	78	28	0,188	1,3	1	0,75	1	14,332	22,199	0,245
BH 35	1	3,8	3,8	Clay	13	30	1,263	1,3	1	0,75	1	16,003	24,204	0,277
	2	11,8	8	Sand Clay	6	30	0,727	1,3	1	0,75	1	4,252	10,102	0,114
	3	21,2	9,4	Coarse Sand	60	23	0,315	1,3	1	0,75	1	18,401	27,081	0,341
	4	25,75	4,55	Medium Sand	60	14	0,193	1,3	1	0,75	1	11,272	18,526	0,198
	5	30	4,25	Coarse Sand	60	15	0,127	1,3	1	0,75	1	7,456	13,948	0,150

**Lanjutan Rekapitulasi Perhitungan CRR**

Id	Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT		Faktor Koreksi (N1)60					(N1)60	(N1)60cs	CRR
		m	m				Cn	Ce	Cb	Cr	Cs			
BH 36	1	2,6	2,6	Clay	3	30	1,446	1,3	1	0,75	1	4,230	10,076	0,114
	2	7,2	4,6	Sand Clay	1	30	0,838	1,3	1	0,75	1	0,817	5,980	0,080
	3	23,4	16,2	Coarse Sand	60	15	0,391	1,3	1	0,75	1	22,881	32,457	0,884
	4	30	6,6	Medium Sand	60	21	0,180	1,3	1	0,75	1	10,529	17,635	0,188
BH 37	1	1	1	Clay	0	30	1,702	1,3	1	0,75	1	0,000	5,000	0,072
	2	3,2	2,2	Clay	7	30	1,548	1,3	1	0,75	1	10,565	17,678	0,188
	3	9,3	6,1	Sand Clay	1	74	1,226	1,3	1	0,75	1	1,195	6,435	0,083
	4	15,6	6,3	Coarse Sand	60	25	0,823	1,3	1	0,75	1	48,148	62,777	0,425
	5	21	5,4	Medium Sand	60	21	0,621	1,3	1	0,75	1	36,310	48,572	0,286
	6	30	9	Medium Sand	74	27	0,490	1,3	1	0,75	1	35,378	47,453	0,272
BH 38	1	3	3	Clay	3	30	1,519	1,3	1	0,75	1	4,442	10,331	0,116
	2	9,4	6,4	Sand Clay	3	30	0,872	1,3	1	0,75	1	2,551	8,062	0,096
	3	15,3	5,9	Coarse Sand	53	30	0,451	1,3	1	0,75	1	23,297	32,957	1,198
	4	30	14,7	Medium Sand	60	14	0,252	1,3	1	0,75	1	14,718	22,662	0,252
BH 39	1	3	3	Clay	4	5	1,378	1,3	1	0,75	1	5,373	11,447	0,126
	2	9,6	6,6	Sand Clay	1	1	0,796	1,3	1	0,75	1	0,776	5,932	0,079
	3	23,4	13,8	Coarse Sand	53	47	0,380	1,3	1	0,75	1	19,622	28,546	0,390
	4	30	6,6	Medium Sand	8	7	0,192	1,3	1	0,75	1	1,497	6,796	0,086

## Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi

Id	Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
		m	m					
BH 32	1	2,6	2,6	Clay	0,318536	0,128695	0,404019	Terjadi Likuifaksi
	2	11,75	9,15	Sand Clay	0,383775	0,112974	0,294374	Terjadi Likuifaksi
	3	21,2	9,45	Coarse Sand	0,221047	0,658292	2,978067	Tidak Terjadi Likuifaksi
	4	30	8,8	Medium Sand	0,170912	0,21223	1,241753	Tidak Terjadi Likuifaksi
BH 34	1	2,8	2,8	Clay	0,704672	0,155536	0,220722	Terjadi Likuifaksi
	2	4,8	2	Sand Clay	0,348594	0,14683	0,421206	Terjadi Likuifaksi
	3	9,4	4,6	Sand Clay	0,356649	0,078359	0,219709	Terjadi Likuifaksi
	4	13,2	3,8	Medium Sand	0,285894	0	0	Terjadi Likuifaksi
	5	19,64	6,44	Coarse Sand	0,22913	0,299423	1,306782	Tidak Terjadi Likuifaksi
	6	30	10,36	Medium Sand	0,177027	0,244876	1,383265	Tidak Terjadi Likuifaksi
BH 35	1	3,8	3,8	Clay	0,315552	0,27697	0,877731	Terjadi Likuifaksi
	2	11,8	8	Sand Clay	0,340297	0,114021	0,335063	Terjadi Likuifaksi
	3	21,2	9,4	Coarse Sand	0,216007	0,340624	1,57691	Tidak Terjadi Likuifaksi
	4	25,75	4,55	Medium Sand	0,185594	0,197795	1,065741	Tidak Terjadi Likuifaksi
	5	30	4,25	Coarse Sand	0,162753	0,149654	0,919514	Terjadi Likuifaksi
BH 36	1	2,6	2,6	Clay	0,318536	0,11379	0,357229	Terjadi Likuifaksi
	2	7,2	4,6	Sand Clay	0,32863	0,079537	0,242025	Terjadi Likuifaksi
	3	23,4	16,2	Coarse Sand	0,245036	0,884046	3,607817	Tidak Terjadi Likuifaksi
	4	30	6,6	Medium Sand	0,166924	0,187757	1,124807	Tidak Terjadi Likuifaksi
BH 37	1	1	1	Clay	0,391988	0,07206	0,183832	Terjadi Likuifaksi
	2	3,2	2,2	Clay	0,517795	0,188234	0,36353	Terjadi Likuifaksi
	3	9,3	6,1	Sand Clay	0,569253	0,083123	0,14602	Terjadi Likuifaksi
	4	15,6	6,3	Coarse Sand	0,338133	0,425379	1,258023	Tidak Terjadi Likuifaksi
	5	21	5,4	Medium Sand	0,238444	0,286346	1,200891	Tidak Terjadi Likuifaksi
	6	30	9	Medium Sand	0,203056	0,272359	1,341299	Tidak Terjadi Likuifaksi

**Lanjutan Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi**

Id	Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
		m	m					
BH 38	1	3	3	Clay	0,547606	0,116048	0,211918	Terjadi Likuifaksi
	2	9,4	6,4	Sand Clay	0,417996	0,096437	0,230712	Terjadi Likuifaksi
	3	15,3	5,9	Coarse Sand	0,280571	1,197944	4,26966	Tidak Terjadi Likuifaksi
	4	30	14,7	Medium Sand	0,191589	0,251742	1,313974	Tidak Terjadi Likuifaksi
BH 39	1	3	3	Clay	0,365547	0,126099	0,34496	Terjadi Likuifaksi
	2	9,6	6,6	Sand Clay	0,378414	0,07916	0,209188	Terjadi Likuifaksi
	3	23,4	13,8	Coarse Sand	0,238053	0,390266	1,639408	Tidak Terjadi Likuifaksi
	4	30	6,6	Medium Sand	0,169152	0,086021	0,508541	Terjadi Likuifaksi





Lampiran 7 Rekapitulasi Tabel dan Grafik CPT

Tabel CSR CPT S.01

Depth	Mat	hw	QC (KN/M3)		fs		$\sigma$	m	$\sigma'$	rd	CSR
			KG/CM2	KN/M2	KG/CM2	KN/M2					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	2,4	0	4	392,266	0,130	12,749	2,988	0,000	2,988	0,998	0,325
0,4	2,4	0	5	490,333	0,130	12,749	5,976	0,000	5,976	0,997	0,324
0,6	2,4	0	6	588,399	0,200	19,613	8,964	0,000	8,964	0,995	0,324
0,8	2,4	0	6	588,399	0,270	26,478	11,952	0,000	11,952	0,994	0,323
1	2,4	0	7	686,466	0,200	19,613	14,940	0,000	14,940	0,992	0,323
1,2	2,4	0	22	2157,463	0,200	19,613	17,928	0,000	17,928	0,991	0,322
1,4	2,4	0	25	2451,663	0,200	19,613	20,916	0,000	20,916	0,989	0,322
1,6	2,4	0	26	2549,729	0,130	12,749	23,904	0,000	23,904	0,988	0,321
1,8	2,4	0	25	2451,663	0,130	12,749	26,892	0,000	26,892	0,986	0,321
2	2,4	0	19	1863,264	0,130	12,749	29,880	0,000	29,880	0,985	0,320
2,2	2,4	0	14	1372,931	0,130	12,749	32,868	0,000	32,868	0,983	0,320
2,4	2,4	0	12	1176,798	0,200	19,613	35,856	0,000	35,856	0,982	0,319
2,6	2,4	0,2	22	2157,463	0,200	19,613	38,844	1,962	36,882	0,980	0,335
2,8	2,4	0,4	19	1863,264	0,200	19,613	41,832	3,924	37,908	0,979	0,351
3	2,4	0,6	17	1667,131	0,200	19,613	46,770	5,886	40,884	0,977	0,363
3,2	2,4	0,8	20	1961,330	0,130	12,749	49,888	7,848	42,040	0,976	0,376
3,4	2,4	1	12	1176,798	0,200	19,613	53,006	9,810	43,196	0,974	0,388
3,6	2,4	1,2	9	882,599	0,200	19,613	56,124	11,772	44,352	0,972	0,400
3,8	2,4	1,4	7	686,466	0,130	12,749	59,242	13,734	45,508	0,971	0,411
4	2,4	1,6	7	686,466	0,200	19,613	62,360	15,696	46,664	0,969	0,421
4,2	2,4	1,8	6	588,399	0,200	19,613	65,478	17,658	47,820	0,968	0,431
4,4	2,4	2	5	490,333	0,130	12,749	68,596	19,620	48,976	0,966	0,440
4,6	2,4	2,2	7	686,466	0,200	19,613	71,714	21,582	50,132	0,965	0,449

Lanjutan Tabel CSR CPT S.01

Depth	Mat	hw	QC (KN/M3)		fs		$\sigma$	m	$\sigma'$	rd	CSR
			KG/CM2	KN/M2	KG/CM2	KN/M2					
4,8	2,4	2,4	6	588,399	0,130	12,749	74,832	23,544	51,288	0,963	0,457
5	2,4	2,6	9	882,599	0,200	19,613	77,950	25,506	52,444	0,962	0,465
5,2	2,4	2,8	9	882,599	0,270	26,478	81,068	27,468	53,600	0,960	0,472
5,4	2,4	3	8	784,532	0,200	19,613	84,186	29,430	54,756	0,959	0,479
5,6	2,4	3,2	7	686,466	0,200	19,613	87,304	31,392	55,912	0,957	0,486
5,8	2,4	3,4	5	490,333	0,200	19,613	90,422	33,354	57,068	0,956	0,492
6	2,4	3,6	6	588,399	0,200	19,613	93,540	35,316	58,224	0,954	0,498
6,2	2,4	3,8	7	686,466	0,130	12,749	96,658	37,278	59,380	0,953	0,504
6,4	2,4	4	6	588,399	0,130	12,749	99,776	39,240	60,536	0,951	0,509
6,6	2,4	4,2	6	588,399	0,200	19,613	102,894	41,202	61,692	0,950	0,515
6,8	2,4	4,4	7	686,466	0,200	19,613	106,012	43,164	62,848	0,948	0,520
7	2,4	4,6	5	490,333	0,130	12,749	109,130	45,126	64,004	0,946	0,524
7,2	2,4	4,8	9	882,599	0,130	12,749	112,248	47,088	65,160	0,945	0,529
7,4	2,4	5	8	784,532	0,130	12,749	115,366	49,050	66,316	0,943	0,533
7,6	2,4	5,2	9	882,599	0,200	19,613	118,484	51,012	67,472	0,942	0,538
7,8	2,4	5,4	6	588,399	0,130	12,749	121,602	52,974	68,628	0,940	0,542
8	2,4	5,6	6	588,399	0,200	19,613	124,720	54,936	69,784	0,939	0,545
8,2	2,4	5,8	8	784,532	0,200	19,613	127,838	56,898	70,940	0,937	0,549
8,4	2,4	6	9	882,599	0,200	19,613	130,956	58,860	72,096	0,936	0,552
8,6	2,4	6,2	9	882,599	0,270	26,478	134,074	60,822	73,252	0,934	0,556
8,8	2,4	6,4	12	1176,798	0,200	19,613	137,192	62,784	74,408	0,933	0,559
9	2,4	6,6	20	1961,330	0,200	19,613	140,310	64,746	75,564	0,931	0,562
9,2	2,4	6,8	154	15102,241	0,670	65,705	143,428	66,708	76,720	0,928	0,564
9,4	2,4	7	180	17651,970	0,670	65,705	146,546	68,670	77,876	0,923	0,565
9,6	2,4	7,2	225	22064,963	1,000	98,067	149,664	70,632	79,032	0,918	0,565

**Tabel CRR dan Hasil Potensi Likuifaksi CPT S.01**

Depth	Mat	hw	Q	F	IC	Cq	qcIN	Kc	(qcIN)cs	CRR	FS	Status
M	M	M										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Terjadi Likuifaksi
0,2	2,4	0	22,741	3,275	2,848	5,729	22,916	5,206	119,288	0,081	0,250	Terjadi Likuifaksi
0,4	2,4	0	20,008	2,632	2,959	4,051	20,255	6,296	127,515	0,081	0,249	Terjadi Likuifaksi
0,6	2,4	0	19,543	3,385	3,028	3,308	19,845	7,064	140,188	0,081	0,250	Terjadi Likuifaksi
0,8	2,4	0	16,838	4,593	3,254	2,864	17,187	10,024	172,277	0,018	0,056	Terjadi Likuifaksi
1	2,4	0	17,544	2,921	3,121	2,562	17,934	8,189	146,870	0,375	1,162	Tidak Terjadi Likuifaksi
1,2	2,4	0	51,026	0,917	1,659	2,339	51,454	1,009	51,939	0,093	0,289	Terjadi Likuifaksi
1,4	2,4	0	53,671	0,807	1,586	2,165	54,133	1,000	54,133	0,095	0,295	Terjadi Likuifaksi
1,6	2,4	0	52,169	0,505	1,664	2,025	52,662	1,013	53,367	0,094	0,293	Terjadi Likuifaksi
1,8	2,4	0	47,217	0,526	1,807	1,910	47,741	1,112	53,066	0,094	0,293	Terjadi Likuifaksi
2	2,4	0	33,869	0,695	2,245	1,812	34,421	1,786	61,460	0,102	0,317	Terjadi Likuifaksi
2,2	2,4	0	23,604	0,951	2,690	1,727	24,183	3,922	94,834	0,159	0,499	Terjadi Likuifaksi
2,4	2,4	0	19,241	1,719	2,950	1,654	19,845	6,205	123,147	0,254	0,795	Terjadi Likuifaksi
2,6	2,4	0,2	35,228	0,926	2,182	1,631	35,874	1,624	58,267	0,098	0,293	Terjadi Likuifaksi
2,8	2,4	0,4	29,874	1,077	2,399	1,608	30,560	2,306	70,482	0,113	0,321	Terjadi Likuifaksi
3	2,4	0,6	25,590	1,210	2,595	1,549	26,329	3,296	86,782	0,141	0,388	Terjadi Likuifaksi
3,2	2,4	0,8	29,769	0,667	2,416	1,527	30,546	2,381	72,725	0,116	0,308	Terjadi Likuifaksi
3,4	2,4	1	17,267	1,745	3,070	1,507	18,081	7,557	136,645	0,317	0,817	Terjadi Likuifaksi
3,6	2,4	1,2	12,532	2,373	3,431	1,487	13,383	12,857	172,061	0,018	0,046	Terjadi Likuifaksi
3,8	2,4	1,4	9,389	2,033	3,671	1,468	10,276	17,430	179,103	0,013	0,031	Terjadi Likuifaksi
4	2,4	1,6	9,226	3,143	3,750	1,450	10,148	19,128	194,107	0,005	0,013	Terjadi Likuifaksi
4,2	2,4	1,8	7,636	3,751	3,935	1,432	8,592	23,440	201,407	0,003	0,008	Terjadi Likuifaksi
4,4	2,4	2	6,085	3,023	4,059	1,415	7,075	26,589	188,126	0,008	0,018	Terjadi Likuifaksi
4,6	2,4	2,2	8,768	3,190	3,795	1,399	9,790	20,129	197,074	0,004	0,010	Terjadi Likuifaksi

**Lanjutan Tabel CRR dan Hasil Potensi Likuifaksi CPT S.01**

Depth	Mat	hw	Q	F	IC	Cq	qcIN	Kc	(qcIN)cs	CRR	FS	Status
M	M	M										
4,8	2,4	2,4	7,242	2,482	3,904	1,383	8,297	22,669	188,080	0,008	0,017	Terjadi Likuifaksi
5	2,4	2,6	11,220	2,437	3,538	1,367	12,307	14,792	182,047	0,011	0,024	Terjadi Likuifaksi
5,2	2,4	2,8	11,056	3,303	3,601	1,353	12,174	16,020	195,022	0,005	0,011	Terjadi Likuifaksi
5,4	2,4	3	9,557	2,801	3,701	1,338	10,706	18,058	193,337	0,006	0,012	Terjadi Likuifaksi
5,6	2,4	3,2	8,092	3,273	3,864	1,324	9,271	21,727	201,420	0,003	0,007	Terjadi Likuifaksi
5,8	2,4	3,4	5,346	4,904	4,243	1,311	6,554	31,605	207,152	0,002	0,004	Terjadi Likuifaksi
6	2,4	3,6	6,549	3,963	4,060	1,298	7,787	26,604	207,158	0,002	0,004	Terjadi Likuifaksi
6,2	2,4	3,8	7,729	2,161	3,835	1,285	8,996	21,053	189,392	0,007	0,014	Terjadi Likuifaksi
6,4	2,4	4	6,342	2,609	4,007	1,273	7,637	25,232	192,690	0,006	0,012	Terjadi Likuifaksi
6,6	2,4	4,2	6,242	4,040	4,097	1,261	7,565	27,598	208,771	0,002	0,004	Terjadi Likuifaksi
6,8	2,4	4,4	7,394	3,379	3,940	1,249	8,744	23,546	205,889	0,002	0,005	Terjadi Likuifaksi
7	2,4	4,6	4,812	3,344	4,227	1,238	6,189	31,164	192,878	0,006	0,011	Terjadi Likuifaksi
7,2	2,4	4,8	9,637	1,655	3,628	1,227	11,041	16,551	182,741	0,011	0,020	Terjadi Likuifaksi
7,4	2,4	5	8,298	1,905	3,765	1,216	9,728	19,457	189,281	0,007	0,014	Terjadi Likuifaksi
7,6	2,4	5,2	9,394	2,567	3,702	1,206	10,850	18,079	196,163	0,005	0,009	Terjadi Likuifaksi
7,8	2,4	5,4	5,690	2,731	4,087	1,195	7,172	27,329	196,011	0,005	0,009	Terjadi Likuifaksi
8	2,4	5,6	5,605	4,230	4,179	1,185	7,113	29,827	212,148	2,000	3,668	Tidak Terjadi Likuifaksi
8,2	2,4	5,8	7,873	2,987	3,869	1,176	9,406	21,848	205,504	0,002	0,004	Terjadi Likuifaksi
8,4	2,4	6	8,939	2,609	3,746	1,166	10,497	19,028	199,726	0,004	0,007	Terjadi Likuifaksi
8,6	2,4	6,2	8,832	3,537	3,808	1,157	10,413	20,432	212,764	2,000	3,599	Tidak Terjadi Likuifaksi
8,8	2,4	6,4	12,170	1,887	3,431	1,148	13,776	12,850	177,029	0,014	0,026	Terjadi Likuifaksi
9	2,4	6,6	21,154	1,077	2,818	1,139	22,784	4,942	112,604	0,213	0,379	Terjadi Likuifaksi
9,2	2,4	6,8	172,458	0,439	-0,372	1,131	174,112	1,000	174,112	0,017	0,029	Terjadi Likuifaksi
9,4	2,4	7	200,314	0,375	-0,644	1,122	201,991	1,000	201,991	0,003	0,006	Terjadi Likuifaksi
9,6	2,4	7,2	248,935	0,447	-1,113	1,114	250,635	1,000	250,635	2,000	3,541	Tidak Terjadi Likuifaksi

Tabel CSR CPT S.02

Depth	Mat	hw	QC (KN/M3)		fs		$\sigma$	m	$\sigma'$	rd	CSR
			KG/CM2	KN/M2	KG/CM2	KN/M2					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	1,2	0	3	294,200	0,130	12,749	2,802	0,000	2,802	0,998	0,325
0,4	1,2	0	5	490,333	0,130	12,749	5,604	0,000	5,604	0,997	0,324
0,6	1,2	0	5	490,333	0,200	19,613	8,406	0,000	8,406	0,995	0,324
0,8	1,2	0	4	392,266	0,130	12,749	11,208	0,000	11,208	0,994	0,323
1	1,2	0	5	490,333	0,130	12,749	14,010	0,000	14,010	0,992	0,323
1,2	1,2	0	5	490,333	0,130	12,749	16,812	0,000	16,812	0,991	0,322
1,4	1,2	0,2	5	490,333	0,200	19,613	19,614	1,962	17,652	0,989	0,357
1,6	1,2	0,4	7	686,466	0,200	19,613	22,416	3,924	18,492	0,988	0,389
1,8	1,2	0,6	6	588,399	0,200	19,613	25,218	5,886	19,332	0,986	0,418
2	1,2	0,8	7	686,466	0,200	19,613	28,020	7,848	20,172	0,985	0,445
2,2	1,2	1	5	490,333	0,130	12,749	30,822	9,810	21,012	0,983	0,469
2,4	1,2	1,2	8	784,532	0,130	12,749	33,624	11,772	21,852	0,982	0,491
2,6	1,2	1,4	9	882,599	0,130	12,749	36,426	13,734	22,692	0,980	0,511
2,8	1,2	1,6	7	686,466	0,200	19,613	39,228	15,696	23,532	0,979	0,530
3	1,2	1,8	6	588,399	0,200	19,613	42,030	17,658	24,372	0,977	0,548
3,2	1,2	2	9	882,599	0,130	12,749	47,200	19,620	27,580	1,089	0,605
3,4	1,2	2,2	6	588,399	0,130	12,749	50,150	21,582	28,568	1,083	0,618
3,6	1,2	2,4	6	588,399	0,200	19,613	53,100	23,544	29,556	1,078	0,629
3,8	1,2	2,6	7	686,466	0,130	12,749	56,050	25,506	30,544	1,073	0,640
4	1,2	2,8	7	686,466	0,200	19,613	59,000	27,468	31,532	1,067	0,649
4,2	1,2	3	8	784,532	0,130	12,749	61,950	29,430	32,520	1,062	0,657
4,4	1,2	3,2	8	784,532	0,270	26,478	64,900	31,392	33,508	1,057	0,665
4,6	1,2	3,4	6	588,399	0,200	19,613	67,850	33,354	34,496	1,051	0,672
4,8	1,2	3,6	5	490,333	0,200	19,613	70,800	35,316	35,484	1,046	0,678

Lanjutan Tabel CSR CPT S.02

Depth	Mat	hw	QC (KN/M3)		fs		$\sigma$	m	$\sigma'$	rd	CSR
			KG/CM2	KN/M2	KG/CM2	KN/M2					
5	1,2	3,8	7	686,466	0,200	19,613	73,750	37,278	36,472	1,041	0,684
5,2	1,2	4	5	490,333	0,200	19,613	76,700	39,240	37,460	1,035	0,689
5,4	1,2	4,2	5	490,333	0,270	26,478	79,650	41,202	38,448	1,030	0,693
5,6	1,2	4,4	7	686,466	0,200	19,613	82,600	43,164	39,436	1,024	0,697
5,8	1,2	4,6	8	784,532	0,130	12,749	85,550	45,126	40,424	1,019	0,701
6	1,2	4,8	8	784,532	0,270	26,478	88,500	47,088	41,412	1,014	0,704
6,2	1,2	5	7	686,466	0,130	12,749	91,450	49,050	42,400	1,008	0,707
6,4	1,2	5,2	6	588,399	0,200	19,613	94,400	51,012	43,388	1,003	0,709
6,6	1,2	5,4	6	588,399	0,270	26,478	97,350	52,974	44,376	0,998	0,711
6,8	1,2	5,6	8	784,532	0,130	12,749	100,300	54,936	45,364	0,992	0,713
7	1,2	5,8	7	686,466	0,130	12,749	103,250	56,898	46,352	0,987	0,715
7,2	1,2	6	6	588,399	0,130	12,749	106,200	58,860	47,340	0,982	0,716
7,4	1,2	6,2	7	686,466	0,130	12,749	109,150	60,822	48,328	0,976	0,717
7,6	1,2	6,4	7	686,466	0,200	19,613	112,100	62,784	49,316	0,971	0,717
7,8	1,2	6,6	5	490,333	0,130	12,749	115,050	64,746	50,304	0,966	0,718
8	1,2	6,8	6	588,399	0,200	19,613	118,000	66,708	51,292	0,960	0,718
8,2	1,2	7	8	784,532	0,130	12,749	120,950	68,670	52,280	0,955	0,718
8,4	1,2	7,2	7	686,466	0,130	12,749	123,900	70,632	53,268	0,950	0,718
8,6	1,2	7,4	7	686,466	0,200	19,613	126,850	72,594	54,256	0,944	0,718
8,8	1,2	7,6	9	882,599	0,200	19,613	129,800	74,556	55,244	0,939	0,717
9	1,2	7,8	8	784,532	0,200	19,613	132,750	76,518	56,232	0,934	0,716
9,2	1,2	8	9	882,599	0,200	19,613	135,700	78,480	57,220	0,928	0,716
9,4	1,2	8,2	8	784,532	0,130	12,749	138,650	80,442	58,208	0,923	0,715
9,6	1,2	8,4	10	980,665	0,200	19,613	141,984	82,404	59,580	0,918	0,711
9,8	1,2	8,6	12	1176,798	0,200	19,613	144,942	84,366	60,576	0,912	0,709
10	1,2	8,8	10	980,665	0,200	19,613	147,900	86,328	61,572	0,907	0,708

Lanjutan Tabel CSR CPT S.02

Depth	Mat	hw	QC (KN/M3)		fs		$\sigma$	m	$\sigma'$	rd	CSR
			KG/CM2	KN/M2	KG/CM2	KN/M2					
10,2	1,2	9	10	980,665	0,200	19,613	150,858	88,290	62,568	0,902	0,707
10,4	1,2	9,2	12	1176,798	0,200	19,613	153,816	90,252	63,564	0,896	0,705
10,6	1,2	9,4	8	784,532	0,130	12,749	156,774	92,214	64,560	0,891	0,703
10,8	1,2	9,6	11	1078,732	0,200	19,613	159,732	94,176	65,556	0,886	0,701
11	1,2	9,8	15	1470,998	0,200	19,613	162,690	96,138	66,552	0,880	0,699
11,2	1,2	10	19	1863,264	0,200	19,613	165,648	98,100	67,548	0,875	0,697
11,4	1,2	10,2	18	1765,197	0,200	19,613	168,606	100,062	68,544	0,870	0,695
11,6	1,2	10,4	18	1765,197	0,270	26,478	171,564	102,024	69,540	0,864	0,693
11,8	1,2	10,6	15	1470,998	0,200	19,613	174,522	103,986	70,536	0,859	0,691
12	1,2	10,8	17	1667,131	0,200	19,613	177,480	105,948	71,532	0,854	0,688
12,2	1,2	11	30	2941,995	0,330	32,362	180,438	107,910	72,528	0,848	0,686
12,4	1,2	11,2	42	4118,793	0,270	26,478	183,396	109,872	73,524	0,843	0,683
12,6	1,2	11,4	215	21084,298	1,000	98,067	186,354	111,834	74,520	0,838	0,681



**Tabel CRR dan Hasil Potensi Likuifaksi CPT S.02**

Depth	Mat	hw	Q	F	IC	Cq	qcIN	Kc	(qcIN)cs	CRR	FS	Status
M	M	M										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Terjadi Likuifaksi
0,2	1,2	0	17,579	4,375	3,197	5,916	17,748	9,208	163,427	0,027	0,083	Terjadi Likuifaksi
0,4	1,2	0	20,677	2,630	2,921	4,183	20,916	5,908	123,582	0,256	0,789	Terjadi Likuifaksi
0,6	1,2	0	16,785	4,070	3,231	3,416	17,078	9,690	165,494	0,025	0,076	Terjadi Likuifaksi
0,8	1,2	0	11,494	3,346	3,568	2,958	11,832	15,371	181,865	0,011	0,034	Terjadi Likuifaksi
1	1,2	0	12,851	2,676	3,425	2,646	13,229	12,749	168,654	0,022	0,067	Terjadi Likuifaksi
1,2	1,2	0	11,662	2,692	3,517	2,415	12,076	14,408	173,985	0,017	0,052	Terjadi Likuifaksi
1,4	1,2	0,2	11,314	4,167	3,626	2,357	11,785	16,523	194,722	0,005	0,014	Terjadi Likuifaksi
1,6	1,2	0,4	15,594	2,954	3,247	2,303	16,120	9,926	160,013	0,031	0,079	Terjadi Likuifaksi
1,8	1,2	0,6	12,935	3,483	3,464	2,252	13,514	13,443	181,666	0,011	0,027	Terjadi Likuifaksi
2	1,2	0,8	14,804	2,979	3,302	2,205	15,434	10,749	165,907	0,024	0,055	Terjadi Likuifaksi
2,2	1,2	1	10,123	2,774	3,649	2,160	10,802	16,991	183,538	0,010	0,022	Terjadi Likuifaksi
2,4	1,2	1,2	16,221	1,698	3,134	2,118	16,948	8,359	141,665	0,344	0,702	Terjadi Likuifaksi
2,6	1,2	1,4	17,938	1,507	3,017	2,079	18,710	6,934	129,728	0,283	0,554	Terjadi Likuifaksi
2,8	1,2	1,6	13,473	3,030	3,399	2,041	14,290	12,315	175,982	0,015	0,029	Terjadi Likuifaksi
3	1,2	1,8	11,176	3,590	3,607	2,006	12,036	16,138	194,231	0,005	0,010	Terjadi Likuifaksi
3,2	1,2	2	16,063	1,526	3,136	1,886	16,971	8,382	142,244	0,348	0,574	Terjadi Likuifaksi
3,4	1,2	2,2	10,169	2,369	3,622	1,853	11,117	16,426	182,604	0,011	0,017	Terjadi Likuifaksi
3,6	1,2	2,4	9,943	3,664	3,715	1,822	10,929	18,369	200,764	0,003	0,005	Terjadi Likuifaksi
3,8	1,2	2,6	11,519	2,022	3,490	1,792	12,543	13,896	174,300	0,016	0,026	Terjadi Likuifaksi
4	1,2	2,8	11,284	3,126	3,573	1,764	12,345	15,459	190,838	0,007	0,010	Terjadi Likuifaksi
4,2	1,2	3	12,795	1,764	3,376	1,737	13,892	11,931	165,747	0,024	0,037	Terjadi Likuifaksi
4,4	1,2	3,2	12,554	3,679	3,504	1,711	13,686	14,156	193,733	0,005	0,008	Terjadi Likuifaksi
4,6	1,2	3,4	8,950	3,768	3,810	1,686	10,116	20,465	207,034	0,002	0,003	Terjadi Likuifaksi
4,8	1,2	3,6	7,112	4,675	4,036	1,662	8,312	25,976	215,921	2,000	2,949	Tidak Terjadi Likuifaksi

Lanjutan Tabel CRR dan Hasil Potensi Likuifaksi CPT S.02

Depth	Mat	hw	Q	F	IC	Cq	qcIN	Kc	(qcIN)cs	CRR	FS	Status
M	M	M										
5	1,2	3,8	10,245	3,201	3,663	1,640	11,478	17,280	198,342	0,004	0,006	Terjadi Likuifaksi
5,2	1,2	4	6,825	4,742	4,069	1,618	8,090	26,849	217,210	2,000	2,903	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,4	1,2	4,2	6,688	6,447	4,158	1,597	7,985	29,242	233,508	2,000	2,885	Tidak Terjadi Likuifaksi
5,6	1,2	4,4	9,710	3,248	3,713	1,577	11,039	18,316	202,179	0,003	0,004	Terjadi Likuifaksi
5,8	1,2	4,6	11,102	1,824	3,512	1,558	12,460	14,311	178,319	0,013	0,019	Terjadi Likuifaksi
6	1,2	4,8	10,922	3,804	3,640	1,539	12,311	16,789	206,687	0,002	0,003	Terjadi Likuifaksi
6,2	1,2	5	9,228	2,143	3,692	1,521	10,646	17,869	190,231	0,007	0,010	Terjadi Likuifaksi
6,4	1,2	5,2	7,573	3,970	3,953	1,503	9,020	23,883	215,432	2,000	2,820	Tidak Terjadi Likuifaksi
6,6	1,2	5,4	7,444	5,392	4,035	1,487	8,919	25,952	231,479	2,000	2,811	Tidak Terjadi Likuifaksi
6,8	1,2	5,6	10,259	1,863	3,585	1,470	11,762	15,695	184,611	0,010	0,013	Terjadi Likuifaksi
7	1,2	5,8	8,650	2,186	3,748	1,455	10,182	19,072	194,191	0,005	0,007	Terjadi Likuifaksi
7,2	1,2	6	7,077	2,644	3,930	1,439	8,636	23,315	201,339	0,003	0,005	Terjadi Likuifaksi
7,4	1,2	6,2	8,386	2,208	3,774	1,424	9,971	19,656	196,000	0,005	0,007	Terjadi Likuifaksi
7,6	1,2	6,4	8,259	3,415	3,856	1,410	9,871	21,530	212,523	2,000	2,788	Tidak Terjadi Likuifaksi
7,8	1,2	6,6	5,343	3,397	4,166	1,396	6,981	29,454	205,623	0,002	0,003	Terjadi Likuifaksi
8	1,2	6,8	6,633	4,170	4,062	1,383	8,296	26,646	221,062	2,000	2,785	Tidak Terjadi Likuifaksi
8,2	1,2	7	9,268	1,921	3,675	1,370	10,957	17,526	192,031	0,006	0,009	Terjadi Likuifaksi
8,4	1,2	7,2	7,784	2,266	3,836	1,357	9,498	21,070	200,116	0,004	0,005	Terjadi Likuifaksi
8,6	1,2	7,4	7,672	3,505	3,918	1,344	9,411	23,027	216,710	0,001	0,001	Terjadi Likuifaksi
8,8	1,2	7,6	10,228	2,605	3,631	1,332	11,991	16,606	199,125	0,004	0,005	Terjadi Likuifaksi
9	1,2	7,8	8,777	3,009	3,784	1,321	10,565	19,877	209,994	0,002	0,002	Terjadi Likuifaksi
9,2	1,2	8	9,971	2,626	3,654	1,309	11,782	17,084	201,284	0,003	0,005	Terjadi Likuifaksi
9,4	1,2	8,2	8,549	1,974	3,745	1,298	10,384	19,014	197,442	0,004	0,006	Terjadi Likuifaksi
9,6	1,2	8,4	10,972	2,339	3,552	1,283	12,830	15,067	193,301	0,006	0,008	Terjadi Likuifaksi
9,8	1,2	8,6	13,388	1,901	3,340	1,272	15,268	11,339	173,132	0,017	0,025	Terjadi Likuifaksi
10	1,2	8,8	10,717	2,355	3,574	1,262	12,620	15,493	195,527	0,005	0,007	Terjadi Likuifaksi

**Lanjutan Tabel CRR dan Hasil Potensi Likuifaksi CPT S.02**

Depth	Mat	hw	Q	F	IC	Cq	qcIN	Kc	(qcIN)cs	CRR	FS	Status
M	M	M										
10,2	1,2	9	10,594	2,364	3,585	1,252	12,519	15,704	196,608	0,005	0,006	Terjadi Likuifaksi
10,4	1,2	9,2	12,957	1,917	3,372	1,242	14,905	11,870	176,925	0,014	0,020	Terjadi Likuifaksi
10,6	1,2	9,4	7,890	2,031	3,812	1,232	9,860	20,513	202,255	0,003	0,004	Terjadi Likuifaksi
10,8	1,2	9,6	11,462	2,134	3,501	1,223	13,454	14,098	189,670	0,007	0,010	Terjadi Likuifaksi
11	1,2	9,8	16,195	1,499	3,126	1,214	18,208	8,255	150,311	0,044	0,062	Terjadi Likuifaksi
11,2	1,2	10	20,858	1,155	2,836	1,205	22,893	5,097	116,687	0,228	0,327	Terjadi Likuifaksi
11,4	1,2	10,2	19,474	1,228	2,915	1,196	21,530	5,851	125,979	0,266	0,383	Terjadi Likuifaksi
11,6	1,2	10,4	19,298	1,661	2,944	1,188	21,376	6,140	131,239	0,290	0,419	Terjadi Likuifaksi
11,8	1,2	10,6	15,588	1,513	3,166	1,179	17,687	8,788	155,424	0,429	0,621	Terjadi Likuifaksi
12	1,2	10,8	17,786	1,317	3,018	1,171	19,905	6,950	138,338	0,326	0,474	Terjadi Likuifaksi
12,2	1,2	11	32,745	1,172	2,281	1,163	34,884	1,889	65,907	0,107	0,155	Terjadi Likuifaksi
12,4	1,2	11,2	46,346	0,673	1,812	1,155	48,506	1,116	54,118	0,095	0,139	Terjadi Likuifaksi
12,6	1,2	11,4	244,460	0,469	-1,081	1,147	246,640	1,000	246,640	2,000	2,938	Tidak Terjadi Likuifaksi



**Grafik Rekapitulasi CPT Potensi Likufaksi**

