

TUGAS AKHIR

**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKASI
BERDASARKAN DATA PENGUJIAN N-SPT
(LIQUIFACATION POTENTIAL ANALYSIS
BASED ON N-SPT)**

**(STUDI KASUS : PROYEK JEMBATAN KENET, KABUPATEN
BANTUL, PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA)**

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



**Fitralul Fahsa
17 511 133**

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

2022

TUGAS AKHIR

ANALISIS POTENSI LIKUIFAKASI BERDASARKAN DATA PENGUJIAN N-SPT (LIQUIFACATION POTENTIAL ANALYSIS BASED ON N-SPT)

(STUDI KASUS : PROYEK JEMBATAN KENET, KABUPATEN
BANTUL, PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA)

Disusun oleh



Pembimbing

Dr. Ir. Edy Purwanto., CES., DEA
NIP. 855110101

Penguji I

Ir. Akhmad Marzuko., MT
NIK. 885110107

Penguji II

M. Firqi Abdurrazak., ST., M.Eng
NIK. 135111101

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIP: 885110101



PERNYAATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 26 Juli 2022

Yang membuat pernyataan,



Fitralul Fahsa

(17511133)

DEDIKASI

Bismillahirrahmanirrahim

"Tugas Akhir ini saya dedikasikan untuk kedua orang tua saya, kakak, dan adik saya yang selalu membantu, mendoakan, dan mensupport saya, tidak Lelah dalam memberikan semangat serta menasehati saya agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga dengan selesainya tugas akhir ini, saya dapat memberikan feedback yang lebih kedepannya kepada teman teman disekitar saya yang selalu membantu saya dan khususnya orang tua saya, Aamiin"

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Pengujian N-SPT. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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. Dr.Ir.Edy Purwanto, CES.DEA selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Terimakasih atas bimbingan dan nasehat serta dukungan yang diberikan kepada penulis selama menyusun Tugas akhir ini.
2. Bapak Ir.Akhmad Marzuko, M.T, selaku dosen penguji yang telah memberi masukan dan pembelajaran yang berguna bagi penulis,
3. Bapak Muhammad Rifqi A, S.T.,M.Eng, selaku dosen penguji yang telah memberi masukan dan pembelajaran yang berguna bagi penulis,
4. Ibu Sri Amini Yuni Astuti, DR, IR., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak dan Ibu dari CV. Kadung Karya Konsultan yang telah mengarahkan dan membantu dalam perolehan data,
6. Orang tua, Bapak Kamirul Ahwa dan Ibu Muji Winarni yang telah berkorban banyak serta memberikan doa dan dukungannya secara moril maupun materiil demi terselesainya studi yang penulis jalani,
7. Kakak dan Adik tercinta yang senantiasa memberikan doa serta dukungan semangat,
8. Teman – teman kontrakan dan kos yakni Iqbal, Alif, Abdi, Syahrul, Inggar,

Bachtiar, Afif, Dimas, Jovin, Irfan, Idam, Andika, Rizki, Andi, Eri dan Gilang yang selalu ada dan menemani saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini serta memberikan solusi dan saran terbaik untuk saya.

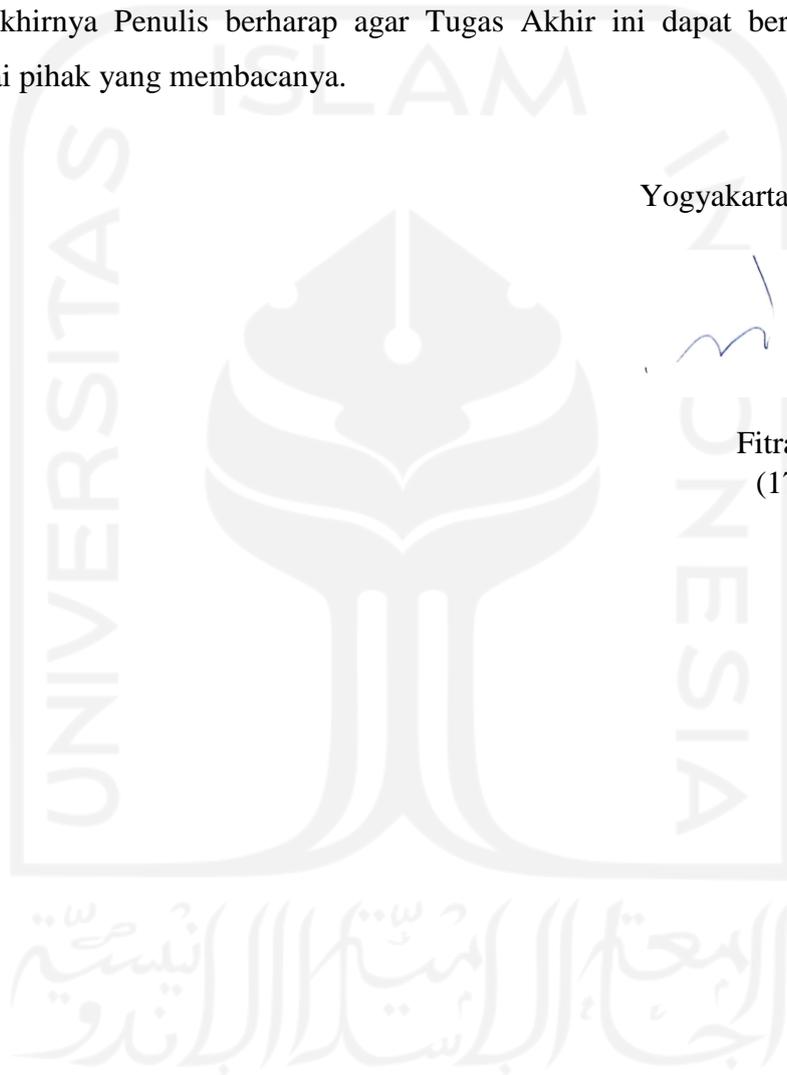
9. Pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang senantiasa mengingatkan maupun memberi dukungan agar cepat terselesaikannya tugas akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 26 Juli 2022



Fitralul Fahsa
(17511133)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PENGESAHAN	2
PERNYAATAAN BEBAS PLAGIASI	3
DEDIKASI	4
KATA PENGANTAR	5
DAFTAR ISI	7
DAFTAR GAMBAR	9
DAFTAR TABEL	10
DAFTAR LAMPIRAN	11
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	12
ABSTRAK	14
<i>ABSTRACT</i>	15
BAB I PENDAHULUAN	16
1.1 Latar Belakang	16
1.2 Rumusan Masalah	17
1.3 Tujuan Penelitian	17
1.4 Manfaat Penelitian	18
1.5 Batasan Penelitian	18
1.6 Lokasi Studi Kasus	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	20
2.1 Tinjauan Umum	20
2.2 Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan CPT	20
2.3 Penelitian Terdahulu	24
BAB III LANDASAN TEORI	26
3.1 Gempa bumi	26
3.2 Klasifikasi Tanah menurut AASHTO	28
3.3 Klasifikasi Tanah menurut <i>Unified</i>	29
3.2.1 Jenis Tanah	31
3.2.2 Sifat Fisis Tanah dan Mekanis Tanah	31

3.4	Likuifaksi	35
3.3.1	Definisi Likuifaksi	36
3.3.2	Faktor – faktor yang mempengaruhi potensi Likuifaksi	36
3.3.3	Bahaya yang Disebabkan oleh Peristiwa Likuifaksi	37
3.5	Metode Untuk Menganalisis Potensi Likuifaksi	37
3.4.1	Metode CSR (<i>Cyclic Stress Ratio</i>)	38
3.4.2	Metode CRR (<i>Cyclic Resistance Ratio</i>)	40
BAB IV METODE PENELITIAN		42
4.1	Tahapan penelitian	42
4.2	Analisis Data Metode	42
4.2.1	Analisis Data	43
4.3	Bagan Alir Penelitian	43
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		Error! Bookmark not defined.
5.1	Analisis Potensi Likuifaksi	45
5.1.1	Data Umum	45
5.2	Analisi Data SPT	52
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		71
6.1	Kesimpulan	71
6.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN		74

DAFTAR GAMBAR

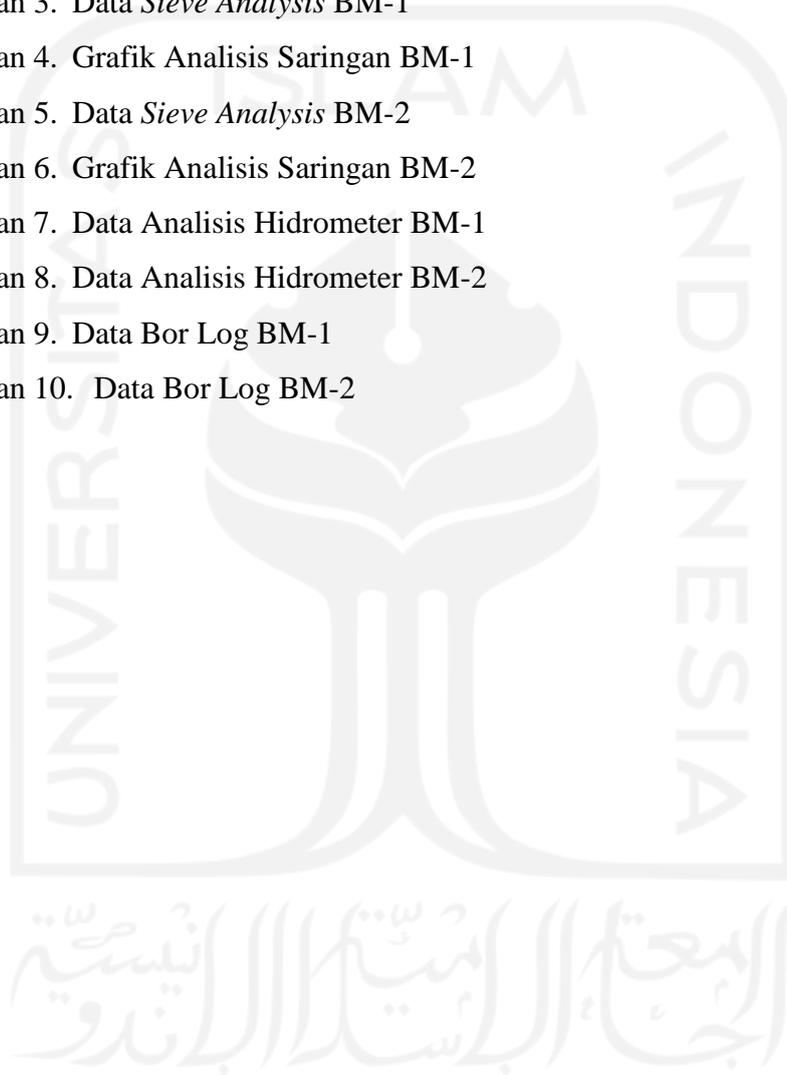
Gambar 1.1 Lokasi Penelitian	19
Gambar 2.1 Grafik Data CPT	21
Gambar 2.2 Grafik Data SPT	21
Gambar 3.1 Percepatan Permukaan Tanah Terpetakan di Wilayah Indonesia	27
Gambar 3.2 rd Versus Depth Curves developpe	39
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelितain	44
Gambar 5.1 Percepatan Permukaan Tanah Terpetakan di Wilayah Indonesia	45
Gambar 5.2 Lokasi Penelitian	46
Gambar 5.3 Grafik Size Analisis Tanah BH-1	49
Gambar 5.4 Grafik Size Analisis Tanah BH-2	49
Gambar 5.5 Klasifikasi Tanah USCS	52
Gambar 5.6 Lapisan Tanah BH-1	53
Gambar 5.7 Data N-SPT BH-1	54
Gambar 5.8 Lapisan Tanah BH-2	55
Gambar 5.9 Data N-SPT BH-2	56
Gambar 5.10 Grafik CSR, CRR dan SF vs Kedalaman SPT BH-1	69
Gambar 5.11 Grafik CSR, CRR dan SF vs Kedalaman SPT BH-2	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terhadap Variabel yang Ditinjau	24
Tabel 3.1 Koefisien Status	27
Tabel 3.2 Klasifikasi Tanah AASHTO	29
Tabel 3.3 Klasifikasi Tanah Unified	30
Tabel 3.4 Macam – Macam Tanah	34
Tabel 3.5 Indeks Plastisitas	34
Tabel 3.6 Nilai Faktor Koreksi untuk $(N1)60$	41
Tabel 5.1 Data SPT	46
Tabel 5.2 Data Analisis Saringan Tanah BH-1	47
Tabel 5.3 Data Analisis Saringan Tanah BH-2	47
Tabel 5.4 Data Analisis Hidrometer BH-1	48
Tabel 5.5 Data Analisis Hidrometer BH-2	48
Tabel 5.6 Data Atterberg Limit BH-1	51
Tabel 5.7 Data Atterberg Limit BH-2	51
Tabel 5.8 Hasil Perhitungan CSR BH-1	66
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan CRR BH-1	66
Tabel 5.10 Hasil Analisis Likuifaksi BH-1	67
Tabel 5.11 Hasil Perhitungan CSR BH-2	67
Tabel 5.12 Hasil Perhitungan CRR BH-2	68
Tabel 5.13 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-2	68

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Denah Jembatan Kenet
- Lampiran 2. Lokasi Penelitian
- Lampiran 3. Data *Sieve Analysis* BM-1
- Lampiran 4. Grafik Analisis Saringan BM-1
- Lampiran 5. Data *Sieve Analysis* BM-2
- Lampiran 6. Grafik Analisis Saringan BM-2
- Lampiran 7. Data Analisis Hidrometer BM-1
- Lampiran 8. Data Analisis Hidrometer BM-2
- Lampiran 9. Data Bor Log BM-1
- Lampiran 10. Data Bor Log BM-2



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>
USCS	=	<i>Unified Soil Classification System</i>
FPGA	=	Koefisien situs
PGA	=	Percepatan tanah puncak terpetakan
G	=	Kerikil (<i>gravel</i>)
S	=	Pasir (<i>sand</i>)
M	=	Lanau (<i>silt</i> , huruf M singkatan dari MO, bahasa Skandinavia)
C	=	Lempung (<i>clay</i>)
O	=	Organik (<i>organic</i>)
Pt	=	Gambut (<i>peat</i>)
w	=	Kadar air
Ww	=	Berat air
Ws	=	Berat butiran padat
Gs	=	Berat jenis tanah
Ys	=	Berat Volume butiran
σ'	=	Tegangan Efektif (kN/cm^3)
σ	=	Tegangan total (berat permukaan tanah) (kN/cm^3)
μ	=	Tekanan air pori (kN/cm^3)
γ	=	Berat volume tanah (kN/cm^3)
h	=	Jarak antar titik lapisan tanah dengan muka air (m)
hw	=	Tinggi muka air diukur dari permukaan tanah (m)
γ_w	=	Berat volume air (kN/cm^3)
aMAX	=	Percepatan maksimum disetiap lapisan tanah (g)
g	=	Gravitasi (m/s^2)
σ_{vo}	=	Tegangan <i>overburden</i> vertikal efektif (kN/cm^3)

- r_d = Koefisien tegangan reduksi
- $(N_1)_{60}$ = Nilai N-SPT terkoreksi
- qc_{IN} = Nilai Tahanan Ujung Terkoreksi
- N_M = Nilai pembacaan SPT
- C_N = Faktor normalisasi N_m terhadap tegangan overburden
- C_E = Koreksi rasio energi hammer
- C_B = Koreksi diameter borelog
- C_R = Faktor koreksi panjang batang
- C_S = Faktor koreksi sampel
- K_c = Factor koreksi untuk karakteristik butiran



ABSTRAK

Bencana alam merupakan musibah yang dapat menyebabkan kerugian dan kerusakan disekitar bencana. Salah satu bencana alam yang sering terjadi adalah gempa bumi. Salah satu akibat ialah kegagalan pada struktur tanah yang mendukung bangunan di atasnya. Adapun kerusakan pada struktur tanah antara lain, penurunan (*settlement*), jatuhnya batuan (*rock fall*), tanah longsor dan kerusakan yang berhubungan dengan keseimbangan lereng (*land slide and slope stability*) dan likuifaksi (*liquefaction*). Likuifaksi adalah suatu proses perubahan kondisi tanah pasir yang jenuh air menjadi cair, akibat meningkatnya tegangan air pori yang nilainya menyamai tegangan totalnya karena adanya beban dinamik sehingga tegangan efektif tanah menurun sampai mendekati nol (Seed, 1971).

Analisis data merupakan metode atau cara yang digunakan untuk menyederhanakan dan mempermudah dalam memahami data yang diperoleh. Untuk menganalisis potensi likuifaksi adalah membandingkan seberapa besar potensi likuifaksi pada tiga sampel tanah yang diambil di tempat yang berbeda dengan menggunakan metode CSR (*Cyclic Stress Ratio*) dan mendapatkan besar potensi dengan metode CRR (*Cyclic Resistance Ratio*). Berdasarkan NCEER (1996) nilai FS tersebut akan mempresentasikan potensi likuifaksi yang ada.

Hasil perhitungan Potensi Likuifaksi pada Proyek Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul, pada titik BM-1 di kedalaman 6m, 12,5m dan 20m dengan nilai FS 0,523, 0,562 dan 0,519, maka dapat disimpulkan pada BM-1 Potensi likuifaksi dapat terjadi dikarenakan nilai FS kurang dari 1. Hasil perhitungan Potensi Likuifaksi pada Proyek Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul, pada titik BM-2 di kedalaman 6m dan 20m dengan nilai FS 1,192 dan 2,236 tidak terjadi Potensi Likuifaksi dikarenakan nilai FS lebih dari 1, Pada kedalaman 13m dengan nilai FS sebesar 1,051 terjadi kondisi kritis dikarenakan nilai FS = 1.

Kata kunci : Likuifaksi, data N-SPT dan USCS

ABSTRACT

Natural disasters are disasters that can cause losses and damage around the disaster. One of the natural disasters that often occurs is an earthquake. One of the consequences is the failure of the soil structure that supports the building above it. As for the damage to the soil structure, among others, settlement, rock fall, landslides and damage related to slope balance (land slide and slope stability) and liquefaction (liquefaction). Liquefaction is a process of changing the condition of sandy soil that is saturated with water into liquid, due to the increase in pore water stress whose value is equal to the total stress due to dynamic loads so that the effective soil stress decreases to near zero (Seed, 1971).

Data analysis is a method or method used to simplify and make it easier to understand the data obtained. To analyze the liquefaction potential is to compare how much liquefaction potential is in three soil samples taken in different places using the CSR (Cyclic Stress Ratio) method and get the potential using the CRR (Cyclic Resistance Ratio) method. Based on NCEER (1996) the FS value will represent the existing liquefaction potential.

The results of the calculation of the Liquefaction Potential on the Kenet Bridge Project in Imogiri District, Bantul Regency, at the BM-1 point at a depth of 6m, 12.5m and 20m with FS values of 0.523, 0.562 and 0.519, it can be concluded at BM-1. FS is less than 1. The results of the calculation of Liquefaction Potential at the Kenet Bridge Project in Imogiri District, Bantul Regency, at the BM-2 point at a depth of 6m and 20m with FS values of 1,192 and 2,236 there is no Liquefaction Potential because the FS value is more than 1, At a depth of 13m with FS value of 1.051 occurs in critical conditions because the value of FS = 1.

Keywords: *Liquefaction, N-SPT and USCS data*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam merupakan musibah yang dapat menyebabkan kerugian dan kerusakan disekitar bencana. Salah satu bencana alam yang sering terjadi adalah gempa bumi, yang disebabkan oleh kegagalan pada struktur tanah yang mendukung bangunan di atasnya. Adapun kerusakan pada struktur tanah antara lain, penurunan (*settlement*), jatuhnya batuan (*rock fall*), tanah longsor dan kerusakan yang berhubungan dengan keseimbangan lereng (*land slide and slope stability*) dan likuifaksi (*liquefaction*).

Likuifaksi adalah hilangnya kekuatan dan kekakuan dari tanah jenuh air yang diakibatkan adanya perubahan tegangan pada tanah. Tanah yang pada awalnya padat menjadi lebih mudah bergeser. Likuifaksi adalah suatu proses perubahan kondisi tanah pasir yang jenuh air menjadi cair, akibat meningkatnya tegangan air pori yang nilainya menyamai tegangan totalnya karena adanya beban dinamik sehingga tegangan efektif tanah menurun sampai mendekati nol (Seed, 1971). Tanah pasir jenuh merupakan keadaan dimana kondisi tanah memadat jika terkena beban terutama beban dinamik. Jika nilai tegangan air pori meningkat ataupun menyamai tegangan total sehingga tegangan efektif tanah sama dengan nol, maka tanah pasir bersifat cair.

Perubahan dalam bentuk ini secara umum dapat dengan mudah terjadi pada tanah granular dengan tipe pengaliran yang buruk pada kepadatan lepas sampai sedang seperti pasir kelanauan atau pasir dan kerikil yang tersusun atas impermeabel sedimen. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap potensial likuifaksi tanah antara lain adalah jenis tanah, kerapatan relatif, tekanan batas,

intensitas gempa dan durasi gempa. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan bangunan sipil, seperti keruntuhan.

Potensi likuifaksi pada kawasan Jembatan Kenet Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta akan di analisis berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Seed and Idris berdasarkan data SPT. 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.

Dengan menganalisi hasil dari metode diatas didapat sebuah kesimpulan bahwa perilaku likuifaksi tanah terjadi pada deposit tanah yang tergolong tanah berbutir dengan level muka air tanah tinggi dan kepadatan rendah sampai sedang. Mengingat dampak fenomena likuifaksi sangat penting, maka perlu dilakukannya analisis yang lebih rinci terhadap potensi likuifaksi yang penelitian ini menggunakan metode SPT (*Standar Penetration Test*).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun secara khusus pada penelitian ini dirumuskan sebagaimana uraian berikut ini.

1. Bagaimana klasifikasi tanah pada Proyek Pembangunan Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul.
2. Bagaimana potensi likuifaksi pada tanah dari hasil pengujian metode SPT (*Standar Penetration Test*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagaimana uraian berikut.

1. Mengetahui klasifikasi tanah menggunakan metode USCS pada Proyek Pembangunan Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul
2. Mengetahui potensi likuifaksi pada tanah dari hasil pengujian dengan metode SPT (*Standar Penetration Test*).

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Mendapatkan gambaran kondisi keadaan tanah lokasi penelitian terhadap potensi likuifaksi.
2. Menambah pengetahuan mengenai bahaya likuifaksi bagi masyarakat umum.
3. Sebagai bahan pertimbangan dalam kegiatan perencanaan bangunan sipil.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini dapat berjalan secara sistematis maka permasalahan yang ada perlu dibatasi dengan batasan-batasan sebagai berikut.

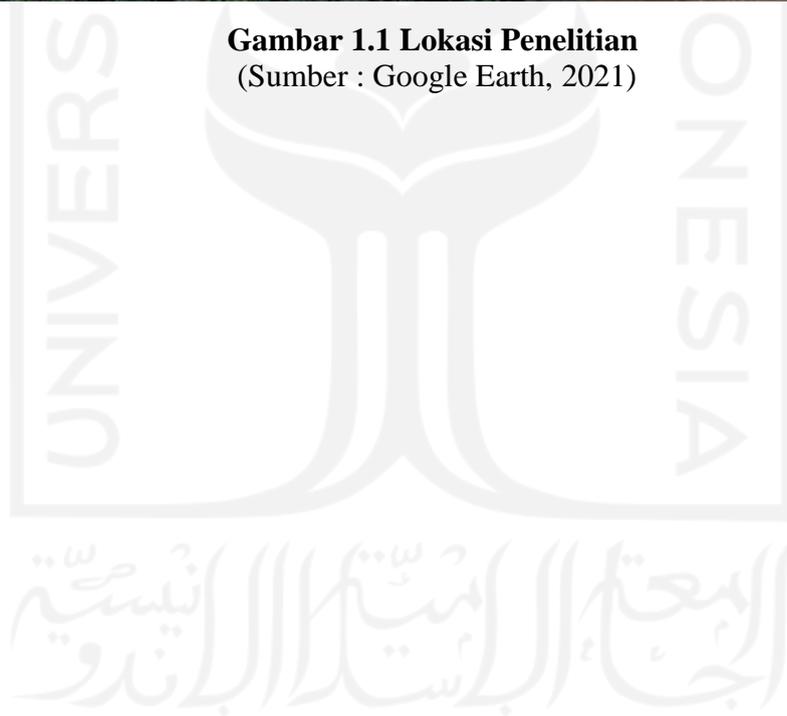
1. Data tanah yang digunakan adalah data tanah hasil pengujian Laboratorium di proyek Pembangunan Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul 2020.
2. Sampel tanah yang digunakan adalah tanah kondisi terganggu.
3. Data tanah di dapatkan dari uji SPT dari Proyek Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul 2020.
4. Data gempa yang digunakan Dari Daerah Gempa pada Peta Indonesia Menurut SNI 1726-2017.
5. Menggunakan metode *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR), yang dimana memakai data *Standard Penetration Test* (SPT) dari Proyek Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul.
6. Perhitungan digunakan dengan Analisis Statis dan Program *Excel*.

1.6 Lokasi Studi Kasus

Adapun lokasi penelitian proyek Pembangunan Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul. 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 Tinjauan Umum

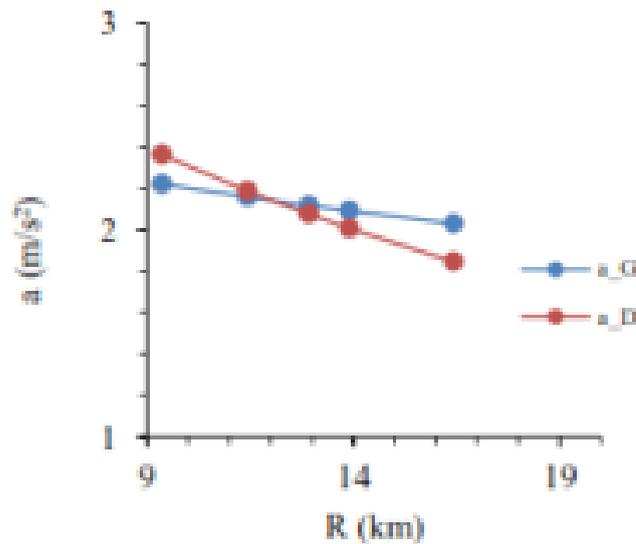
Likuifaksi adalah suatu proses yang membuat kekuatan tanah menghilang cepat, kekuatan serta daya dukung tanah menurun dikarenakan getaran yang diakibatkan oleh gempa maupun guncangan lainnya (Idriss dan Boulanger, 2008). Likuifaksi merupakan fenomena penurunan permukaan tanah yang dapat menyebabkan kerusakan bangunan di atasnya (Youd dan Garris, 1995). Likuifaksi adalah proses berkurangnya kekuatan geser tanah akibat beban sismik ketika terjadi gempa bumi. Menurut (Towhata, 2008) likuifaksi terjadi pada tanah yang berpasir lepas (tidak padat) dan jenuh air. Jika lapisan tanah pasir jenuh mengalami getaran, maka massa tanah tersebut akan cenderung memadat dan berkurangnya volume rongga. Volume pori mengecil sedangkan tanah dalam keadaan jenuh, maka air tidak dapat mengalir, maka dengan sendirinya tekanan air pori meningkat terus. Jika tekanan air pori menyamai tegangan total didalam elemen tanah, maka tegangan efektifnya menjadi nol. Apabila tegangan efektifnya nol, maka tegangan gesernya juga akan menjadi nol dan berperilaku seperti cairan kental.

Analisis potensi likuifaksi dapat dilakukan dengan menggunakan tiga metode pengujian lapangan, yaitu uji penetrasi standar (SPT), uji penetrasi konus (CPT) dan pengukuran kecepatan geser (V_s). Dari tiga metode ini, metode CPT mempunyai kelebihan utama yaitu hasil uji CPT lebih konsisten mendeteksi variasi jenis lapisan tanah dengan kontrol kualitas data yang lebih baik dibandingkan metode pengujian lapangan lainnya (Youd et al., 2001).

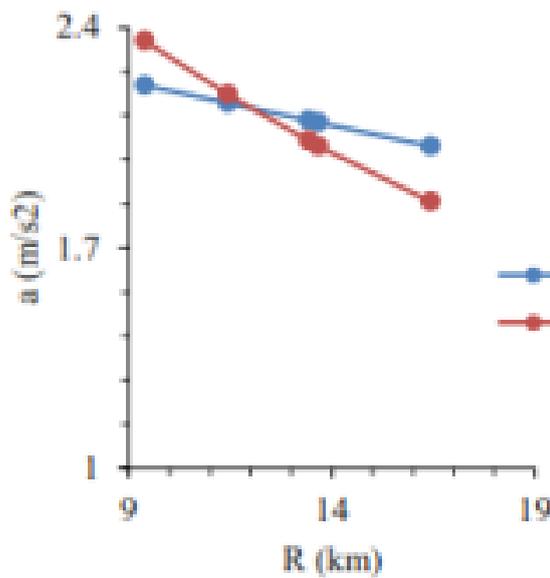
2.2 Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan CPT

Data SPT (*Standar Penetration Test*) dan CPT (*Cone Penetration Test*) dapat digunakan untuk mengetahui potensi likuifaksi akibat gempa bumi di suatu daerah. Tini dkk (2017) melakukan penelitian potensi likuifaksi di Bantul, Daerah Istimewa

Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan berdasarkan data SPT dan CPT dengan percepatan maksimum tanah menurut Gutenberg Richter dan menurut Donovan. Gambar 2.1 dan 2.2 merupakan hubungan antara cepat rambat gelombang.



Gambar 2.1 Grafik Data CPT
(Sumber : Tini dkk, 2017)



Gambar 2.2 Grafik Data SPT
(Sumber : Tini dkk, 2017)

Gambar 2.1 dan 2.2 tersebut, Tini dkk (2017) menyatakan bahwa semakin jauh jarak sumber gempa dari daerah penelitian, maka akan semakin kecil nilai percepatan gempa yang sampai pada daerah penelitian. Hal ini dapat menyebabkan semakin kecil pula potensi likuifaksi di daerah tersebut. Percepatan gempa bumi menyebabkan berubahnya nilai tekanan air pori, sehingga berakibat terjadinya likuifaksi. Terutama terjadi pada jenis tanah pasir lanauan, karena tanah ini tidak mampu meredam energi yang dilepaskan oleh pusat gempa. Hal ini dibuktikan dengan analisis potensi likuifaksi berdasarkan data SPT dan CPT.

Lestari (2018) mengawali analisisnya dengan klasifikasi menggunakan metode USCS, kemudian perhitungan analisis potensi menggunakan persamaan persamaan yang disarankan oleh National Center For Earthquake Engineering Research (NCEER) USA untuk menentukan nilai faktor keamanan (FS) yaitu nilai perbandingan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dan *Cyclic Stress Ratio* (CSR). Adapun hasil dari penelitian didapatkan semua titik yang ditinjau mempunyai nilai FS kurang dari satu yang artinya tanah memiliki kerentanan terhadap potensi likuifaksi. Untuk perhitungan berdasarkan data pengujian CPT dan data pengujian SPT pada masing-masing 10 titik yang tersebar zona likuifaksi berada pada kedalaman yang bervariasi berkisar 2 meter hingga 10 meter.

Artati dkk (2020) melakukan analisis dengan menggunakan metode yang diusulkan oleh Seed, Martin & Lysmer (1975) dengan besarnya ketahanan tanah terhadap likuifaksi dapat diketahui dari perbandingan nilai CSR CRR. Hasil analisis potensi likuifaksi dari 12 titik sampel yang digunakan, terdapat potensi likuifaksi pada seluruh titik sampel. Dari hasil analisis diperoleh potensi likuifaksi terjadi pada kedalaman lapisan tanah berkisar antara 0,1 meter hingga mencapai kedalaman 10,6 meter, dan juga memperhitungkan parameter gempa berupa magnitude gempa yang bervariasi sebesar 6,5 SR, 7,5 SR, dan 8,5 SR. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai CRR pada magnitude gempa 6,5 SR menunjukkan nilai-nilai yang lebih besar dibandingkan pada CRR pada magnitude gempa 7,5 SR, sehingga memberikan nilai safety factor yang lebih besar. Sedangkan nilai-nilai CRR pada magnitude gempa 8.5 SR menunjukkan nilai-nilai yang lebih kecil

dibandingkan CRR pada magnitude gempa 7,5 SR, sehingga menghasilkan nilai angka keamanan yang kecil atau lebih rentan terhadap potensial likuifaksi

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

Monalisa (2014) melakukan analisis potensi likuifaksi dengan metode probabilitas sederhana. Penelitian ini menggunakan analisis metode probabilitas Haldar dan Tang (1979) berdasarkan nilai rasio tahanan siklik dari tanah *Cyclic Resistant Ratio*, nilai rasio tekanan siklik beban gempa *Cyclic Stress Ratio*, serta koefisien variansi nilai *Cyclic Resistant Ratio* dan *Cyclic Stress Ratio*. Nilai tahanan terhadap beban siklik diperoleh dari hasil pengujian CPT. Sedangkan nilai tekanan siklik (beban gempa) lokasi penelitian diperoleh dari nilai percepatan gempa berdasarkan Peta Zonasi Gempa Indonesia tahun 2010, dan nilai magnitude (M) yang didasarkan pada data riwayat kejadian gempa selama 40 tahun terakhir.

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. 8 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).

2.3 Penelitian Terdahulu

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

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terhadap Variabel yang Ditinjau

Judul	Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Probabilitas Sederhana Berdasarkan Data Cone Penetration Test di Kelurahan Lempuing, Kota Bengkulu	Analisis Potensi Likuifaksi pada Pasir Vulkanik di Pantai Glagah Kulonprogo Berdasarkan Data NSPT	Analisis Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Menggunakan Data SPT (Standar Penetration Test) dan CPT (Cone Penetration Test)	Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butiran dan Data N-SPT.	Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Baru UNTIRTA Sindang Sari Enden Mina (2018)
Penulis	Monalisa, A (2014)	Artati, H.K., Pawirodikromo, W., dan Purwanto, E (2020)	Lestari, R.A (2018)	Srikit (2019)	Enden Mina (2018)
Metode Penelitian	Analisis dengan metode probabilitas Haldar dan Tang (1979) berdasarkan nilai rasio tahanan siklik dari tanah (CRR), nilai rasio tekanan siklik beban gempa (CSR), serta koefisien variansi nilai CRR dan CSR	Analisis potensi likuifaksi menggunakan metode yang diusulkan oleh Seed, Martin & Lysmer (1975) yaitu dengan mencari nilai FS yang merupakan perbandingan nilai Cyclic Stress Ratio (CSR) dan nilai Cyclic Resistance Ratio (CRR) dengan variasi magnitude gempa sebesar 6,5 SR, 7,5 SR, dan 8,5 SR	Analisis dengan persamaan yang disarankan oleh NCEER USA yaitu berdasarkan pengolahan data SPT dan data CPT.	Mengetahui Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butiran dan Data N-SPT	Mengetahui Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT.

Lanjutan Tabel 2.1 Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terhadap Variabel yang Ditinjau

<p>Hasil</p>	<p>Pertambahan nilai tahanan ujung konus (qc) akan berkorelasi dengan meningkatnya nilai CRR. Penambahan nilai CRR menyebabkan penurunan nilai probabilitas likuifaksi. Pertambahan nilai PBA menyebabkan bertambahnya nilai CSR dan FS lebih kecil sehingga nilai probabilitas lebih besar</p>	<p>Potensi Likuifaksi di 12 titik sampel pada setiap kedalaman 0,5 meter berdasarkan nilai FS yang merupakan perbandingan CSR dan CRR Perbedaan nilai CRR pada variasi magnitude sebesar 6,5 SR, 7,5 SR, dan 8,5 SR</p>	<p>Hasil analisis menunjukkan bahwa perbandingan antara CRR dan CRS berdasarkan data SPT secara garis besar mempunyai nilai kurang dari satu yang artinya berpotensi terjadinya likuifaksi saat terjadi gempa. Zona likuifaksi terutama terkonsentrasi pada bagian tengah pada kedalaman kisaran 2 meter hingga 10 meter</p>	<p>Potensi likuifaksi berdasarkan distribusi ukuran butir. Potensi likuifaksi berdasarkan metode Seed, Martin & Lysmer (1975). Potensi likuifaksi berdasarkan metode Velera & Donovan (1977)</p>	<p>Berdasarkan hasil analisa profil tanah tersebut dominan tanah pasir keras dan padat, dapat dibuktikan dengan nilai rata-rata nilai N-SPT yang cukup besar. 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 NSPT yang bernilai cukup besar hampir pada keseluruhan titik yaitu >60.</p>
---------------------	---	---	---	---	--



BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Gempa bumi

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi pada lapisan tanah bumi yang bersumber dari letusan gunung berapi yang disebut gempa bumi vulkanik dan bersumber dari patahan lempeng bumi yang disebut gempa bumi tektonik. Gempa bumi tektonik melepaskan energi yang dirambatkan oleh pusat gempa berupa gelombang primer (*P wave*) dan gelombang sekunder (*S wave*) yang merupakan gelombang badan (*body wave*). Akibat rambatan gelombang *S wave* terjadi gaya geser secara bolak balik yang mengakibatkan kerusakan dan juga dapat mengakibatkan terjadinya likuifaksi. Gempa bumi tektonik melepaskan energi yang dirambatkan oleh pusat gempa yang dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan di atas permukaan tanah dan berpotensi terjadi likuifaksi. Parameter gempa juga mempengaruhi terjadinya likuifaksi seperti magnitudo gempa, durasi atau lama gempa, dan percepatan permukaan tanah (Hatmoko,2016).

Menurut SNI 1726-2017 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, percepatan tanah maksimum untuk evaluasi likuifaksi menggunakan percepatan puncak MCEG yang telah disesuaikan terhadap pengaruh situs yaitu PGAM. Persamaan 3.1 percepatan tanah puncak PGAM dapat dilihat sebagai berikut.

$$PGA = F_{PGA} \cdot PGA \quad (3.1)$$

Keterangan :

F_{PGA} = Koefisien situs

PGA = Percepatan tanah puncak terpetakan

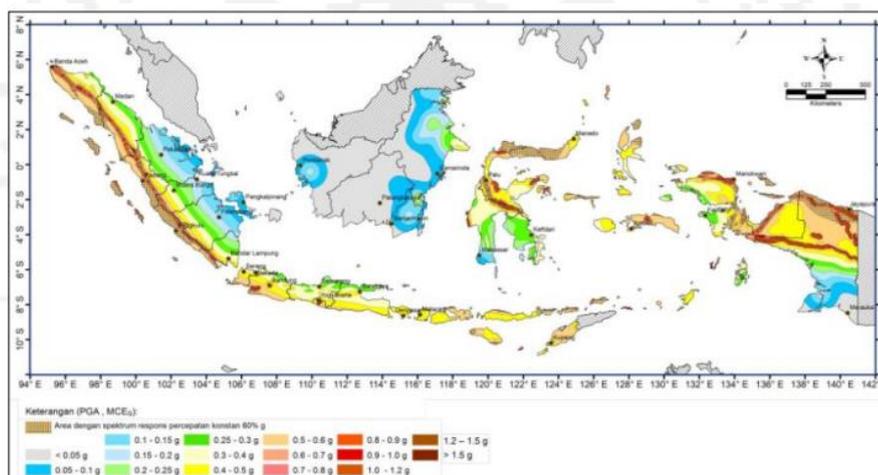
Koefisien situs sesuai dengan pembagian kelas situs dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Koefisien Status

Kelas situs	PGA \leq 0,1	PGA=0,2	PGA=0,3	PGA=0,4	PGA \geq 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF					

Sumber SNI : 1726 (2019)

Kelas situs dibagi berdasarkan jenis-jenis tanah. SA adalah batuan keras, SB adalah batuan, SC adalah tanah keras, sangat padat dan batuan lunak dengan $N > 50$, SD adalah tanah sedang dengan N antara 15 sampai 50, SE adalah tanah lunak dengan $N < 15$, dan SF adalah tanah khusus yang membutuhkan investigasi spesifik. Percepatan tanah puncak terpetakan dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Percepatan Permukaan Tanah Terpetakan di Wilayah Indonesia
(Sumber : SNI 1726, 2017)

Indonesia adalah salah satu wilayah di dunia yang berada pada pertemuan empat lempeng tektonik utama di dunia, yaitu lempeng Australia, lempeng Eurasia, lempeng Philipina dan lempeng Pasifik. Indonesia juga berada pada pertemuan dua sistem pegunungan, yaitu pegunungan Mediterania dan pegunungan Pasifik. Perbedaan kecepatan gerak keempat lempeng utama dan aktifitas vulkanik dua sistem pegunungan tersebut menjadikan Indonesia salah satu wilayah rawan gempa.

Gempa yang pernah terjadi di Indonesia salah satunya adalah gempa yang pernah terjadi di Daerah Istimewa Yogyakarta tepatnya di Bantul. Gempa Bantul terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 yang menyebabkan banyaknya korban jiwa serta banyak rumah maupun gedung perkantoran yang rubuh. Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) adalah daerah setingkat provinsi yang berada di Selatan pulau Jawa yang merupakan salah satu pulau yang dilewati garis pertemuan pelat tektonik Australia dan Eurasia.

3.2 Klasifikasi Tanah menurut AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway and Transportation Officials Classification*) digunakan untuk menentukan kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, Subbase dan Subgrade. Sistem ini ditunjukkan untuk maksud – maksud dalam lingkungan tersebut. Sistem klasifikasi AASHTO membagi ke dalam kelompok, A-1 sampai A-8 termaksud sub sub kelompok tanah–tanah dalam kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus–rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas–batas *Atterberg*.

Indeks kelompok (*grup Index*) (*GI*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah–tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan 3.2 berikut.

$$GI = (F-35)[0,2-0,005(LL-40)]+0,01(F-15)(PI-10) \quad (3.2)$$

Keterangan :

GI = Indeks Kelompok (*grup index*)

F = Persen butiran lolos saringan no.200 (0,0075 mm)

LL = Batas Cair

PI = Indeks plastisitas

Bila indeks kelompok (*GI*) semakin tinggi, maka tanah semakin berkurang ketepatan penggunaannya. Tanah *Granuler* diklasifikasikan ke dalam A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah Granuler bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir bersih bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah Granuler (kurang dari 35%

lolos saringan no.200), tapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung-lanau. Beda keduanya didasarkan pada batas-batas *Atterberg*.

Tabel 3.2 Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi umum	Material <i>Granuler</i> (<35% lolos saringan n0.200)							tanah lanau lempung (>35% lolos saringan n0.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok (maks)	A-1-a (maks)	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisis Saringan Lolos (% lolos)											
2,00 mm (no.10)	50										
0,425 mm (no.40)	30	50	51								
0,0075 mm (no.200)	15	25	10	35	35	35	35	36	36	36	36
Sifat Fraksi Lolos Saringan no.40											
Batas Cair (LL)				40	41	40	41	40	41	40	41
Indeks Plastis (PI)	6		np	10	10	11	11	10	10	11	11
Indeks kelompok	0		0	0		4		8	12	16	20
Tipe material yang pokok umumnya	pecahan batu krikil dan pasir	pasir halus	kerikil berlanau atau berlempung dan pasir					tanah berlanau	tanah berlempung		
Penilaian umum sebagai dasar	sangat baik sampai baik							sedang sampai buruk			

Sumber : Hardiyatno (1992)

3.3 Klasifikasi Tanah menurut *Unified*

Pada sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (krikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan no.200, dan sebagai berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan no.200. Selanjutnya tanah

diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 3.3 Klasifikasi Tanah Unified

Divisi		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Klasifikasi	
Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar (saringan no. 4 (4,75 mm))	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.		
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar (saringan no. 4 (4,75 mm))		SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 60$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ atau 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
Pasir bersih kandungan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda	
		SC	Pasir berlanau, campuran pasir-lempung		

Sumber : Hardiyatno (2014)

Sistem klasifikasi *Unified* menggunakan simbol-simbol untuk mewakili penamaan jenis tanah. Huruf depan yang digunakan dalam penamaan jenis tanah yaitu:

- 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*)

Tanah terdiri dari berbagai macam ukuran butir. Tanah yang banyak mengandung variasi ukuran butir disebut tanah bergradasi baik, dan tanah yang sedikit mengandung variasi ukuran butir atau tanah seragam disebut tanah bergradasi buruk. Tanah bergradasi baik lebih padat dan stabil daripada tanah bergradasi buruk. Tanah bergradasi buruk atau tanah seragam sulit dipadatkan, sehingga tidak dapat mendukung beban yang besar.

3.2.1 Jenis Tanah

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran lebih dari satu macam ukuran partikelnya. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja. Akan tetapi, dapat bercampur dengan butiran-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar dari 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm (Hardiyatmo, 1992).

- a. Kerikil (*gravel*), yaitu kepingan bantuan yang kadang juga partikel mineral quartz dan feldspar.
- b. Pasir (*Sand*), yaitu sebagian besar mineral *quartz feldspar*.
- c. Lanau (*Silt*), yaitu sebagian besar fraksi mikroskopis (yang berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran quartz yang sangat halus, dan dari pecahan-pecahan mika.
- d. Lempung (*clay*), yaitu sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis (yang berukuran sangat kecil) dan sub-mikroskopis (tidak dapat dilihat, hanya dengan mikroskop). Berukuran lebih kecil dari 0,002 mm (*2 micron*).

3.2.2 Sifat Fisik Tanah dan Mekanis Tanah

Sifat fisik tanah yaitu sifat yang berhubungan dengan elemen penyusunan massa tanah yang ada. Sedangkan sifat mekanis tanah merupakan sifat perilaku dari struktur massa tanah pada dikenai suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis mekanis.

1. Analisa Saringan

Analisa saringan tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu (Hardiyatmo, 1992). Dalam analisis saringan, sejumlah saringan yang memiliki ukuran lubang berbeda-beda disusun dengan ukuran yang terbesar di atas yang kecil. Penyaringan merupakan metode yang biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batasbatas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan. Tanah digolongkan kedalam 4 macam pokok sebagai berikut ini.

- a. Batu kerikil dan pasir Golongan ini terdiri dari pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk. Butir batu kerikil biasanya terdiri dari pecahan batu tetapi kadang mungkin pula terdiri dari suatu macam zat tertentu.
 - b. Lempung terdiri dari butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan kohesif. Kohesif menyatakan bahawa bagian itu melekat satu sama lainnya. Sedang plastisitas merupakan sifat yang memungkinkan dapat diubah tanpa perubahan isi dan tanpa terjadi retakan.
 - c. Lanau merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang plastis dan mudah ditembus air dari pada lempung dan memperlihatkan sifat dilatasi yang tidak terdapat dalam lempung. Lanau akan menunjukkan gejala untuk hidup apabila diguncang atau digetar.
2. Kadar Air

Pada dasarnya tanah terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian padat dan bagian rongga. Bagian padat terdiri dari partikel-partikel tanah yang padat sedangkan bagian rongga terisi oleh air dan udara. Untuk menentukan suatu kadar air dari tanah tersebut dapat dilakukan pengujian sampel tanah dengan membandingkan antara berat yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen. Kadar air tanah ialah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Kadar air tanah dapat digunakan untuk menghitung parameter sifatsifat tanah. Sedangkan pengeringan untuk benda uji yang tidak mengandung bahan organik dilakukan diatas kompor atau dibakar langsung setelah disiram dengan spirtus. Lakukan penimbangan dan pengeringan secara berulangulang sehingga mencapai berat

yang tetap. Kadar air dapat diperhitungkan dengan menggunakan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan :

w = Kadar air

W_w = Berat air

W_s = Berat butiran padat

3. Berat Jenis Tanah

Menentukan berat jenis tanah ialah dengan mengukur berat sejumlah tanah yang isinya diketahui. Untuk tanah asli biasanya dipakai sebuah cincin yang dimasukkan kedalam tanah sampai terisi penuh, kemudian atas dan bawahnya diratakan dan cincin serta tanahnya ditimbang. Setelah mendapatkan nilai G_s, maka kita dapat menentukan macam tanah dari berat jenis tanah tersebut dengan nilai-nilai berat jenis tanah seperti pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4. Sedangkan perhitungan nilai G_s dapat menggunakan Persamaan 3.3 seperti di bawah ini.

$$G_s = \frac{Y_s}{Y_w} \quad (3.3)$$

Keterangan :

G_s = Berat jenis tanah

Y_s = Berat Volume butiran

Y_w = Berat Volume air

Tabel 3.4 Macam – Macam Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau organic	2,65 – 2,68
Lempung organic	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber : Hardiyatmo (1992)

4. Batas Plastis dan Indeks Plastis

Batas plastis (*plastic limit/PL*) merupakan kadar air minimum yang dinyatakan dalam bentuk persen untuk tanah yang memiliki kadar plastis. Tanah dapat dinyatakan keadaan plastis jika digiling menjadi batang – batang berdiameter 3mm dan mengalami keretakan.

Index plastis pada tanah merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis. Dapat dihitung dengan persamaan 3.4 berikut ini.

$$PI = LL - PL \quad (3.4)$$

Menurut Atterberg batasan mengenai indeks platis, sifat, macam tanah dan kohesinya dapat dilihat pada Tabel 3.3 brikut ini.

Tabel 3.5 Indeks Plastisitas

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesi
< 7	Platis rendah	Lanau	Kohesi sebagian
7-17	Plastis rendah	Lempung berlanau	Kohesi
>17	Plastis sedang	lempung	Kohesi

Sumber : Hardiyatmo (1992)

5. Tekanan Air Pori dan Tegangan Efektif

Likuifaksi terjadi pada tanah yang berpasir lepas dan jenuh air, dimana seluruh rongga-rongga dari tanah tersebut dipenuhi air. Dengan adanya guncangan

gempa maka tegangan Efektif menjadi berkurang, kondisi ini dapat dinyatakan dengan persamaan 3.5 hingga 3.7 sebagai berikut ini.

$$\sigma = h \times \gamma \quad (3.5)$$

$$u = hw \times \gamma_w \quad (3.6)$$

$$\sigma' = \sigma - \mu \quad (3.7)$$

Keterangan :

σ' = Tegangan Efektif (kN/cm^3)

σ = Tegangan total (berat permukaan tanah) (kN/cm^3)

μ = Tekanan air pori (kN/cm^3)

γ = Berat volume tanah (kN/cm^3)

h = Jarak antar titik lapisan tanah dengan muka air (m)

hw = Tinggi muka air diukur dari permukaan tanah (m)

γ_w = Berat volume air (kN/cm^3)

3.4 Likuifaksi

Gempa bumi merupakan suatu peristiwa terjadinya guncangan ataupun pergeseran lempeng bumi yang disebabkan gelombang gempa yang dapat mengakibatkan terjadinya tsunami. Guncangan tanah dan pergeseran tanah pada lingkungan geologi tertentu salah satunya akan menyebabkan likuifaksi. Proses ini menyebabkan kerusakan pada bangunan, retak maupun runtuh, kerusakan bangunan akibat likuifaksi ini dikatakan sebagai kegagalan tanah.

Youd (1980) dan Kertapati (1998) meninjau dari beberapa kerusakan berat atau kerusakan total pada bangunan karena peretakan tanah akibat proses likuifaksi bahwa kerusakan ringan terjadi pada pergeseran tanah sejauh 50-100 mm, kerusakan yang memerlukan perbaikan ringan atau kerusakan sedang terjadi akibat pergeseran tanah sejauh 120-600 mm, dan kerusakan berat dengan pergeseran tanah sejauh lebih dari 760 mm. Perubahan sifat tanah dari sifat solid menjadi sifat seperti likuid yang terjadi pada tanah jenuh air diakibatkan oleh peningkatan tekanan air pori dan pengurangan tegangan efektif tanah dan sekaligus juga mengurangi

kekuatan geser tanah yang bersangkutan. Apabila hal tersebut terjadi dan tanah kehilangan kekuatan gesernya maka akan terjadi likuifaksi.

3.3.1 Definisi Likuifaksi

Idriss dan Boulanger (2008). Likuifaksi adalah suatu kejadian dimana tanah terjadi kehilangan kekuatan geser karena meningkatnya tegangan air pori sebagai akibat terjadinya beban siklik (beban gempa) yang sangat cepat dan dalam waktu sesaat. Dalam hal ini, tanah yang mengalami likuifaksi adalah tanah berjenis pasir atau mengandung banyak pasir yang berarti tanah tersebut tidak kohesif, dan juga tersaturasi, pada tanah non-kohesif yang tersaturasi (celah antar partikelnya terisi dengan air). Sebelum terjadinya gempa, tekanan air pori relatif rendah, namun guncangan dari gempa dapat memicu kenaikan tekanan air dalam tanah sampai pada titik dimana partikel-partikel tanah dapat saling bergerak atau kehilangan ikatannya beban yang bekerja merupakan beban siklik (dinamik) yang umumnya diakibatkan oleh gempa. Pada saat beban gempa bekerja dalam kondisi undrained sedangkan tanah berjenis pasir berada pada kondisi tersaturasi, maka tegangan air pori akan naik sehingga tanah tersebut akan kehilangan kekuatannya atau kuat gesernya menjadi nol.

3.3.2 Faktor – faktor yang mempengaruhi potensi Likuifaksi

Untuk dapat memahami 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.

Terjadinya Likuifaksi apabila suatu pasir strukturnya terpecah akibat ada 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 kekuatan gempa yang melebihi 6 skala *Richter*, tanah berjenis pasir halus, keadaan tanah yang terendam oleh air, kondisi tanah tidak padat, nilai SPT kurang dari 20 dan terjadi pada kedalaman 20 meter.

3.3.3 Bahaya yang Disebabkan oleh Peristiwa Likuifaksi

Likuifaksi hanya terjadi pada tanah yang tersaturasi, peristiwa likuifaksi sering kali terjadi pada area yang dekat dengan badan air seperti sungai, danau, dan laut. Efek yang disebabkan oleh likuifaksi dapat berupa longsor besar ataupun terjadinya retakan – retakan pada tanah yang paralel dengan badan air, seperti kasus yang terjadi pada *Montagua River, Guatemala* pada tahun 1976. Saat terjadinya likuifaksi, kekuatan tanah menjadi berkurang dan kemampuan tanah untuk mendukung pondasi dari bangunan di atasnya akan berkurang pula. Likuifaksi juga dapat memberikan tekanan yang besar pada dinding – dinding penahan tanah yang dapat menyebabkan dinding penahan tanah menjadi miring ataupun bergeser, Naiknya tekanan air pori juga dapat memicu terjadinya longsor (*land slides*).

3.5 Metode Untuk Menganalisis Potensi Likuifaksi

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. Adapun untuk menganalisis potensi likuifaksi dibutuhkan

nilai rasio tegangan siklik (CSR) dan nilai rasio tahanan siklik (CRR) yang bisa didapatkan dari nilai SPT (*sondir*). Namun dalam penelitian ini dibatasi dengan perhitungan dari data hasil pengujian SPT.

3.4.1 Metode CSR (*Cyclic Stress Ratio*)

Pada tahun 1971 Seed dan Idriss memformulasikan persamaan untuk rasio tegangan siklik seperti Persamaan 3.8 berikut. (Seed dan Idriss, 1971).

$$CSR = 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \times \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) \times R_d \quad (3.8)$$

Dimana a_{max} = aselarasasi puncak horizontal pada permukaan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi;

a_{max} = Aselarasasi puncak horizontal pada permukaan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi (g)

g = Gravitasi (m/s^2)

σ_{vo} = Tegangan *overburden* vertikal efektif (kN/cm^3)

r_d = Koefisien tegangan reduksi

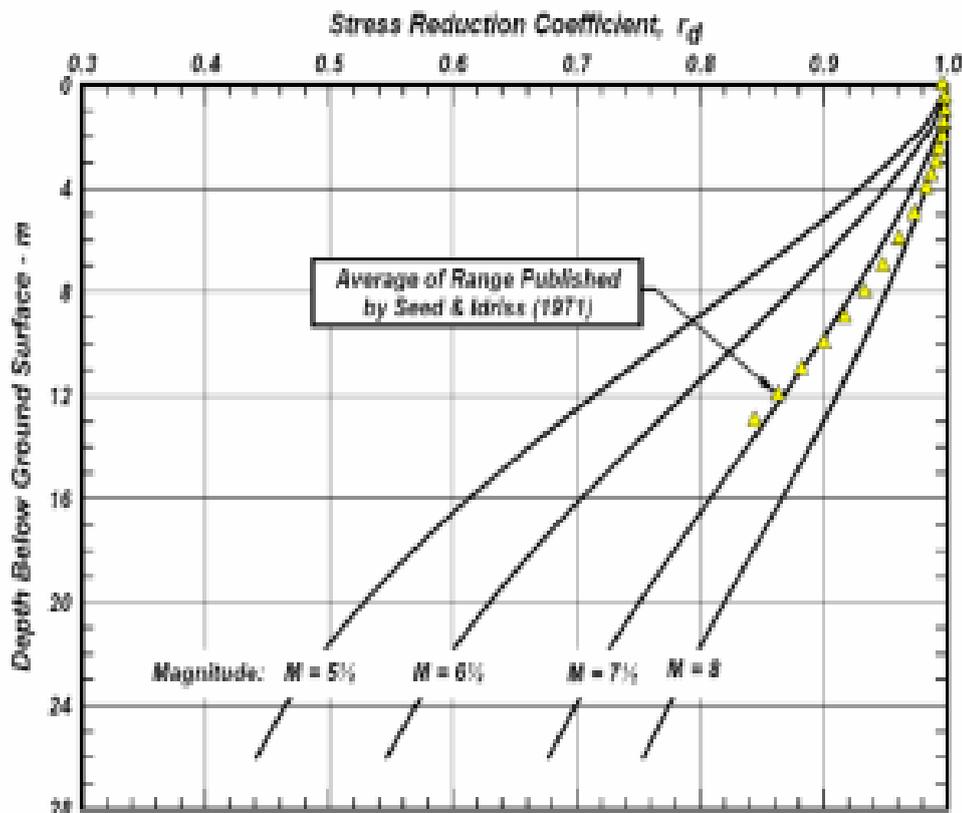
Untuk penyederhanaan, grafik pada Gambar 3.2 dan Persamaan berikut mungkin dapat digunakan untuk memperkirakan nilai r_d rata-rata dengan Persamaan 3.9, 3.10, 3.11 dan 3.12.

$$R_d = 1,0 - 0,00765z \quad \text{untuk } z \leq 9,15 \text{ m} \quad (3.9)$$

$$R_d = 1,174 - 0,0267z \quad \text{untuk } 9,15 \leq z \leq 23 \text{ m} \quad (3.10)$$

$$R_d = 0,774 - 0,008z \quad \text{untuk } 23\text{m} \leq z \leq 30 \text{ m} \quad (3.11)$$

$$R_d = 0,5 \quad \text{untuk } z \leq 30 \text{ m} \quad (3.12)$$



Gambar 3.2 r_d Versus Depth Curves develop
(sumber : I.M Idriss and R.W.Boulanger, 1971)

Untuk memudahkan perhitungan, TF Blake (1996) memperkirakan rata-rata (nilai tengah) plot kurva pada Gambar 3.2 oleh Persamaan 3.13 berikut.

$$R_d = \left(\frac{1,000 - 0,4413z^{0,5} + 0,04052z + 0,001753z^{1,5}}{1,000 - 0,4177z^{0,5} + 0,05729z - 0,006205z^{1,5} + 0,001210z} \right) \quad (3.13)$$

Keterangan :

Z = kedalaman dibawah permukaan tanah dalam satuan meter

Sedangkan Idriss (1999), meneruskan apa yang dikerjakan oleh Goleosorkhi (1989) dilakukan beberapa ratus analisis respon parametrik dan disimpulkan bahwa nilai r_d harus menunjukkan fungsi dari kedalaman dan earthquake magnitude (M_w). Dimana z adalah kedalaman dalam meter, M_w adalah momen magnitude. Adapun faktor pendukung untuk nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) dan *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dengan Persamaan 3.14 hingga 3.17 dibawah ini. (Idriss, 1999).

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (3.14)$$

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

$$\text{Jika } FS = \frac{CRR}{CSR} = 1 \text{ (kondisi kritis akan likuifaksi)} \quad (3.16)$$

$$\text{Jika } FS = \frac{CRR}{CSR} > 1 \text{ (Tidak berpotensi terjadi likuifaksi)} \quad (3.17)$$

3.4.2 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. (Youd dan Idriss, 2001)

1. SPT

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai CRR dari data SPT yaitu sebagai berikut :

- a. Tentukan nilai $(N_1)_{60}$ menggunakan faktor koreksi dan normalisasi dengan Persamaan 3.18 berikut. (Youd dan Idriss, 2001)

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

Keterangan :

$(N_1)_{60}$ = Nilai N-SPT terkoreksi

N_M = Nilai pembacaan SPT

C_N = Faktor normalisasi N_m terhadap tegangan overburden

C_E = Koreksi rasio energi hammer

C_B = Koreksi diameter borelog

C_R = Faktor koreksi panjang batang

C_S = Faktor koreksi sampel

Dimana N_M ialah nilai SPT, dan yang lainnya ialah faktor koreksi (normalisasi) yang dapat ditentukan melalui Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.6 Nilai Faktor Koreksi untuk $(N_1)_{60}$

Faktor	Variabel Alat	Simbol	Koreksi
Tegangan Total		C_N	$\left(\frac{Pa}{\sigma'_{v0}}\right)^n$
		C_N	$C_N \leq 1,7$
Safty Hammer	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
Metode Sampling	Sampler satndar	C_S	1
	Sampler satndar	C_S	1,1 - 1,3

Sumber : Youdlan Idriss (1997)

b. Hitung nilai CRR dengan Persamaan 3.18 dibawah ini

$$CRR = \frac{1}{34-(N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10 \times (N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200} \quad (3.18)$$

c. Dan langkah terakhir yaitu menghitung faktor keamanan likuifaksi dengan persamaan 3.19 berikut.

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

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tahapan penelitian

Dalam penelitian ini proses penelitian dibagi dalam beberapa tahapan, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Tahap pengumpulan data, tahap ini meliputi tahap pengambilan data tanah (data tanah uji lapangan dan data tanah laboratorium) dari Jembatan Kenet di kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul.
2. Tahap analisis dan pengolahan data, pada tahap ini data yang telah diambil (data uji lapangan dan data laboratorium), kemudian diolah dengan logika, teori dan yang berlaku metode NCEER (1996) dengan perhitungan CSR dan CRR.
3. Tahap penulisan dan penarikan kesimpulan, tahap ini meliputi penulisan laporan penelitian berdasarkan aturan yang berlaku dan hasil pengolahan data. Kesimpulan diambil berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab masalah yang timbul.

4.2 Analisis Data Metode

Analisis data merupakan metode atau cara yang digunakan untuk menyederhanakan dan mempermudah dalam memahami data yang diperoleh. Untuk menganalisis potensi likuifaksi adalah membandingkan seberapa besar potensi likuifaksi pada dua sampel tanah yang diambil di tempat yang berbeda dengan menggunakan metode CSR (*Cyclic Stress Ratio*) dan mendapatkan besar potensi dengan metode CRR (*Cyclic Resistance Ratio*).

Data yang didapatkan kemudian dianalisis berdasarkan tahap pengerjaannya. Secara garis besar dijelaskan bahwa penelitian ini menggunakan data SPT yang menjadi acuan untuk mengetahui konsistensi lapisan tanah terhadap potensi likuifaksi. Perhitungan potensi likuifaksi dilakukan berdasarkan data parameter geoteknik Standard Penetration Test (N-SPT) dan kegempaan. Selanjutnya penelitian ini juga menganalisis fisik tanah berdasarkan data di laboratorium.

Adapun nilai yang akan menunjukkan bahwa titik tersebut aman atau tidak dari likuifaksi yaitu "*Factor of Safety*" (FS). Berdasarkan NCEER (1996) nilai Fs tersebut akan mempresentasikan potensi likuifaksi yang ada, sesuai Persamaan 3.14 hingga 3.17.

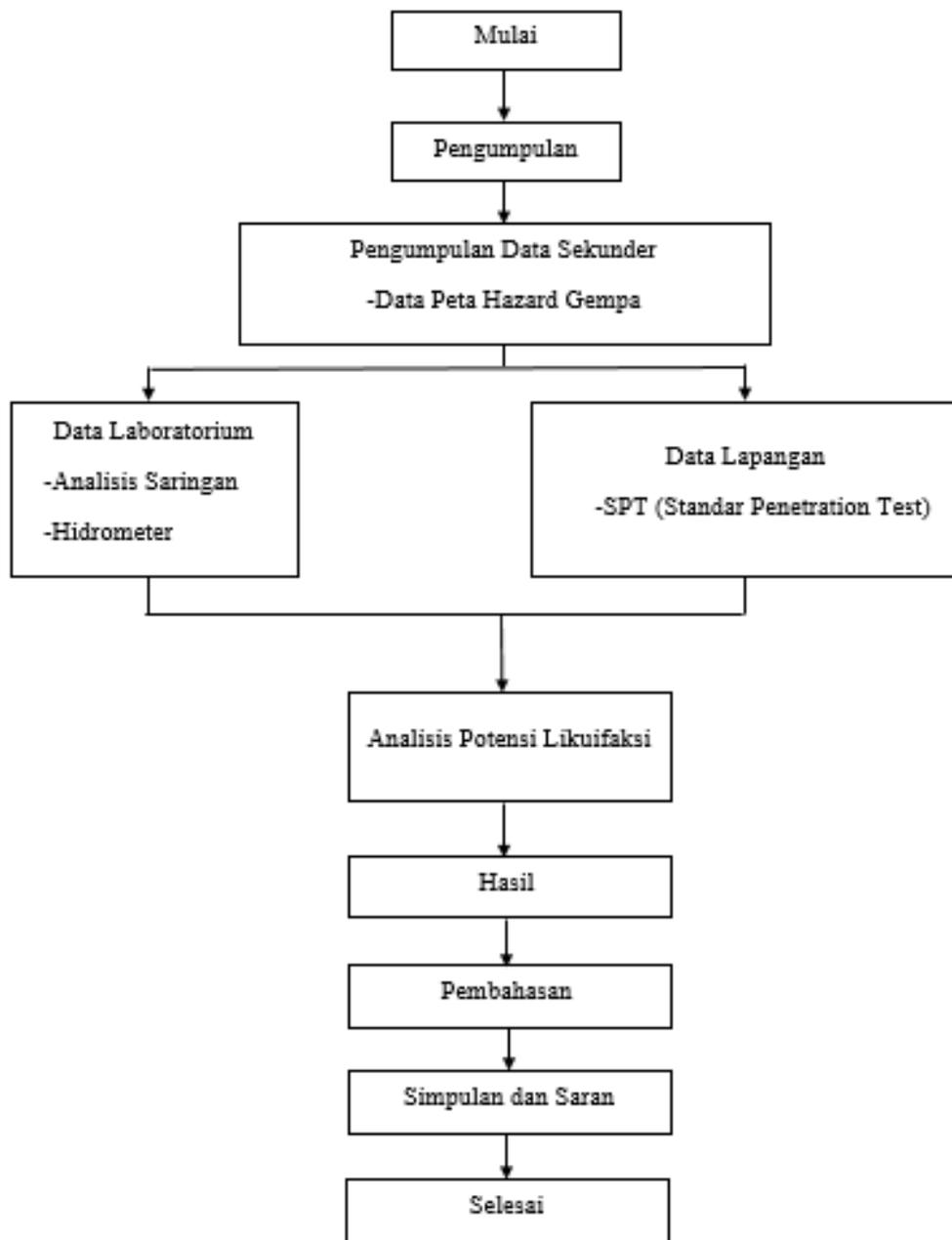
4.2.1 Analisis Data

Dari data bor dalam SPT yang ada dapat diketahui potensi likuifaksi pada titik tersebut pada kedalaman tertentu. Ada beberapa teknik untuk menganalisis likuifaksi yaitu dengan:

1. Menentukan apakah tanah yang akan ditinjau memiliki kecenderungan likuifaksi atau tidak,
2. Tanah harus berada dibawah muka air tanah,
3. Langkah selanjutnya ialah menentukan nilai dari *cyclic stress ratio* (CSR), dengan menggunakan nilai parameter tanah dari berbagai uji intrepetasi kekuatan tanah yang disini menggunakan data SPT, maka dapat dihitung nilai *cyclic resistance ratio* (CRR), dan pada akhirnya akan didapatkan nilai faktor keamanan yang menunjukkan potensi likuifaksi pada tanah tersebut.

4.3 Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian menunjukkan bagaimana penelitian yang akan dilakukan dari identifikasi masalah sampai dengan analisis dan kesimpulan. Tahapan metode penelitian disajikan dengan bagan alir untuk memudahkan pemahaman bagi pembaca. Bagan alir penelitian atau *flowchart* penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Potensi Likuifaksi

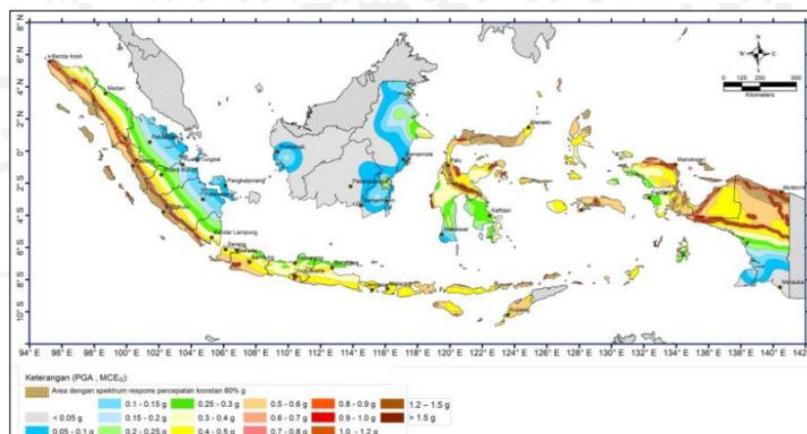
Likuifaksi merupakan fenomena hilangnya kekuatan tanah yang disebabkan kenaikan tegangan air pori dan turunnya tekanan efektif dari lapisan tanah akibat beban siklis dinamis. Potensi likuifaksi dapat ditentukan melalui analisis data laboratorium dan data lapangan. Analisis potensi likuifaksi menggunakan data lapangan N-SPT dengan metode NCEER (1996) yang menggunakan perhitungan CSR dan CRR.

5.1.1 Data Umum

Penelitian ini mengambil sumber data dari Proyek Pembangunan Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, 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. Daerah Gempa Pada Peta

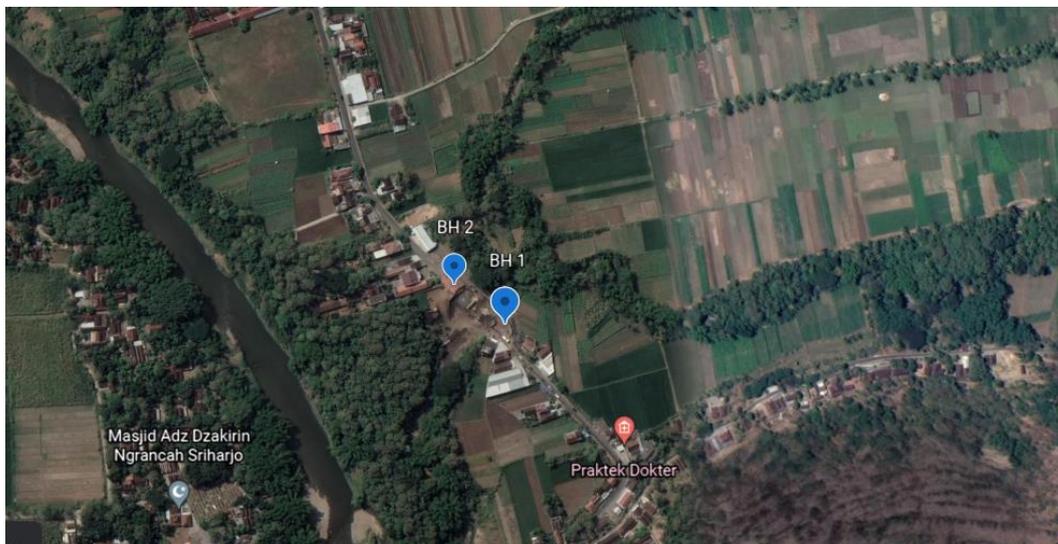
Peta daerah gempa pada lokasi proyek yaitu kawasan Bantul, berdasarkan nilai SNI 1726-2017 dengan nilai PGA 0,4 – 0,5 g, dan mengambil PGA paling maksimal yaitu 0,5 g. Daerah gempa dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.1 Percepatan Permukaan Tanah Terpetakan di Wilayah Indonesia
(Sumber : SNI 1726, 2017)

2. Pengeboran dalam (*deep boring*) dan Standart Penetration Test (SPT).
Pengeboran dilakukan pada dalaman pengujian bor sekitar 0-20 m.

Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.2 Lokasi Penelitian
(Sumber SNI : Google Earth, 2022)

Untuk sampel SPT diambil sebanyak 2 titik pengeboran yaitu BH-1 dan BH-

2. Data tanah pada setiap titik dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Data SPT

No	ID	Koordinat		Kedalaman (m)	Muka air tanah (m)
		X (m)	Y (m)		
1	BH-1	432437.957	9120739.587	20 m	0,50
2	BH-2	432724.614	9120934.582	20 m	5,50

3. Klasifikasi Tanah USCS

Klasifikasi 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 Pembangunan Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan klasifikasi tanah *Unified* berdasarkan hasil pengujian analisa saringan dan hasil

pengujian hidrometer pada laboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.2 hingga Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Data Analisis Saringan Tanah BH-1

Diameter saringan	Berat Tanah Tertahan	Prosentase tanah tertinggal	Kumulatif Prosentase sample tertinggal	Percent Finer
	gr	%	%	%
4.750	2.85	1.43	1.43	98.58
2.000	5.50	2.75	4.18	95.83
0.850	8.18	4.09	8.27	91.74
0.425	6.78	3.39	11.66	88.35
0.250	4.29	2.15	13.80	86.20
0.180	3.36	1.68	15.48	84.52
0.150	3.15	1.58	17.06	82.95
0.075	2.25	1.13	18.18	81.82
0.000	146.30	73.15	91.33	8.67
	182.66	91.33		

(Sumber : CV Kadung Karya Konsultan, 2020)

Tabel 5.3 Data Analisis Saringan Tanah BH-2

Diameter saringan	Berat Tanah Tertahan	Prosentase tanah tertinggal	Kumulatif Prosentase sample tertinggal	Percent Finer
	gr	%	%	%
4.750	2.85	1.43	1.43	98.58
2.000	4.50	2.25	3.68	96.33
0.850	9.28	4.64	8.32	91.69
0.425	13.38	6.69	15.01	85
0.250	11.69	5.85	20.85	79.15
0.180	7.86	3.93	24.78	75.15
0.150	4.65	2.33	27.11	72.90
0.075	3.75	1.88	28.98	71.02
0.000	126.30	68.13	92.13	7.87
	184.26	92.13		

(Sumber : CV Kadung Karya Konsultan, 2020)

Tabel 5.4 Data Analisis Hidrometer BH-1

Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter Mol Tanah (m)	Prosentase Butiran (%)	Prosentase Komulatif (%)	Percent Finer (%)
0	40	24	24	0	0	0	81.82
0.25	36	23.2	23.2	0.004	8.2	8.2	73.64
0.5	25	21.8	21.8	0.0028	22.5	30.7	51.14
1	18	22.6	22.6	0.0019	14.3	45	36.82
2	9	22.2	22.2	0.0014	18.4	63.4	18.41
5	5	23.2	23.2	0.0008	8.2	71.6	20.23
10	2	23.4	23.4	0.00064	6.1	77.7	4.09
15	0	23.6	23.6	0.00052	4.1	81.8	0
75	0	24	24	0.00023	0	81.8	0

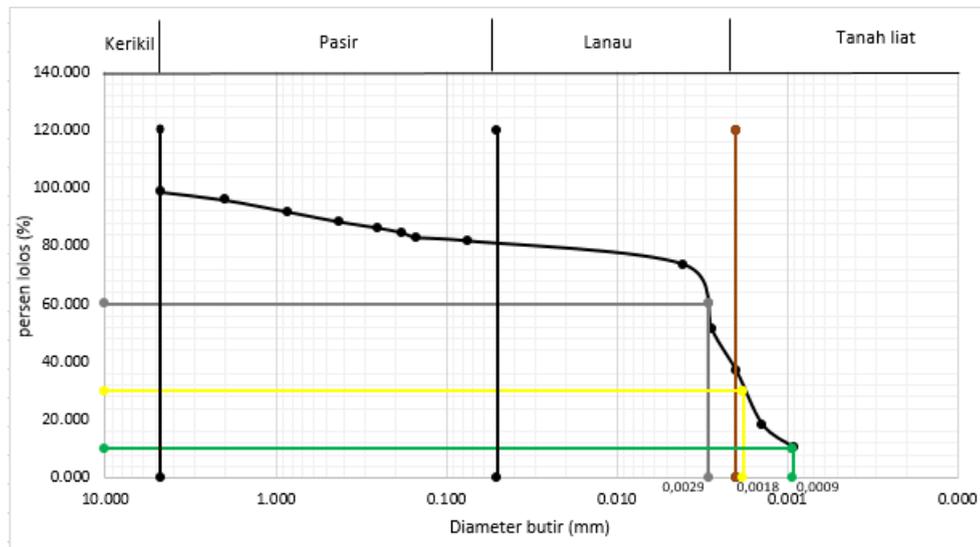
(Sumber : CV Kadung Karya Konsultan, 2020)

Tabel 5.5 Data Analisis Hidrometer BH-2

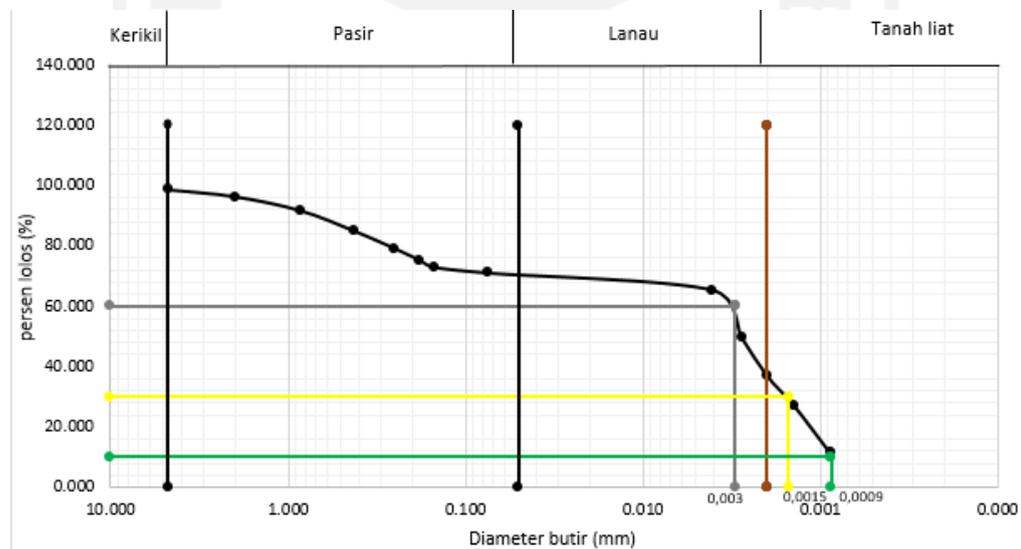
Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter Mol Tanah (m)	Prosentase Butiran (%)	Prosentase Komulatif (%)	Percent Finer (%)
0	50	0	24	0	0	0	71.02
0.25	46	4	23.2	0.004	5.7	5.7	65.71
0.5	35	11	21.8	0.0028	15.6	21.3	49.71
1	26	9	22.2	0.0019	12.8	34.1	36.93
2	19	7	22.6	0.0014	9.9	44	26.99
5	8	11	21.8	0.0008	15.6	59.7	11.36
10	4	4	23.2	0.00064	5.7	65.3	5.68
15	1	3	23.4	0.00052	4.3	69.6	1.42
75	0	1	23.8	0.00023	1.4	71	0

(Sumber : CV Kadung Karya Konsultan, 2020)

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



Gambar 5.3 Grafik Size Analisis Tanah BH-1



Gambar 5.4 Grafik Size Analisis Tanah BH-2

Dengan grafik size analisis Dusun Siluk 1 BM 1 didapatkan hasil $D_{10} = 0,0009$, $D_{30} = 0,0018$, $D_{60} = 0,0029$ maka.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,0029}{0,0009} \\
 &= 3 \\
 Cc &= \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \\
 &= \frac{0,0018^2}{0,0009 \times 0,0029} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Dengan grafik size analisis Dusun Siluk 1 BM 2 didapatkan hasil $D_{10} = 0,0009$, $D_{30} = 0,0015$, $D_{60} = 0,003$ maka.

$$\begin{aligned}
 Cu &= \frac{D_{60}}{D_{10}} \\
 &= \frac{0,0003}{0,0009} \\
 &= 3 \\
 Cc &= \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \\
 &= \frac{0,0015^2}{0,0009 \times 0,003} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Likuifaksi cenderung terjadi pada tanah yang memiliki perubahan volume cukup tinggi yang ditandai oleh seragam atau tidaknya ukuran butir tanah tersebut. Keseragaman butir tanah dapat diketahui melalui gradasi tanah yang diketahui melalui analisa distribusi ukuran butir. Distribusi ukuran butir merupakan penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Dari distribusi ukuran butir tanah dapat digambarkan grafik distribusi butir tanah pada sampel yang diplotkan ke dalam grafik distribusi ukuran butir yang berpotensi likuifaksi (Tsuchida, 1970) dan dari grafik itu pula dapat diketahui tingkat keseragaman tanah yang mana tanah berbutir seragam lebih rentan terhadap likuifaksi. Berdasarkan koefisien keseragaman, C_u didapat $3 < 10$, maka tanah termasuk dalam kriteria jenis tanah yang akan mengalami likuifaksi.

berdasarkan hasil pengujian Indeks Plastis pada laboratorium dapat di lihat pada Tabel 5.6 dan 5.7 sebagai berikut ini.

Tabel 5.6 Data Atterberg Limit BH-1

Banyak Pukulan		8	12	31	42	Batas Plastis (PL)	
		Batas Cair (LL)					
Nomor Cawan		39	36	18	9	133	135
Berat Cawan + Contoh Kering	a	30	22.4	15	13.8	10.2	10.2
Berat Cawan + Contoh Basah	b	18	14.2	11.4	10.8	8.14	8.14
Berat Air	c = a - b	12	8.2	3.6	3	2.06	2.06
Berat Cawan	d	4	3.93	4.14	3.93	4.02	4.1
Berat Contoh Kering	e = b - d	14	10.2	7	7.26	5.12	4.04
Kadar Air $f=(c/e) \times 100$		85.7	79.8	49.6	43.6	50.00	51.1
		1	4	7	7	50.56	3
						50.56	

(Sumber : CV Kadung Karya Konsultan, 2020)

Tabel 5.7 Data Atterberg Limit BH-2

Banyak Pukulan		12	16	30	40	Batas Plastis (PL)	
		Batas Cair (LL)					
Nomor Cawan		27	24	23	22	34	
Berat Cawan + Contoh Kering	a	24.1	5	15.	12.9	11.5	11.5
Berat Cawan + Contoh Basah	b	15	14	11.	9.5	9.4	9.42
Berat Air	c = a - b	9.15	7.3	4.8	3.4	2.1	2.09
Berat Cawan	d	3.92	4.05	4.0	4.01	3.95	4
Berat Contoh Kering	e = b - d	11.0	8	7.0	5.49	5.45	5.42
Kadar Air $f=(c/e) \times 100$		82.5	73.3	67.	61.9	38.53	38.5
		8	7	7	3	38.53	6
						38.55	

(Sumber : CV Kadung Karya Konsultan, 2020)

Berdasarkan data dari BM 1 memiliki kerikil 1,43 %, pasir 44,18 %, lanau 36,82 % dan tanah liat 17,58 %. Serta Batas Plastis sebesar 62,25 Batas Cair 50,56 Indeks Plastis 11,69 dan BM 2 memiliki kerikil 1,43 %, pasir 36,93 %, lanau 33,07 % dan tanah liat 28,58 %. Serta Batas Plastis sebesar 38,55 Batas Cair 71,25 Indeks Plastis 32,70. Dari perhitungan nilai Cu didapatkan hasil Dusun Siluk 1 dengan nilai $Cu < 4$, menunjukkan nilai persen lolos no.200 kurang dari 50% dari saringan

tersebut digolongkan tanah berbutir kasar, serta dikelompokkan menjadi SC (pasir lempung, pasir berlempung). Klasifikasi tanah USCS dapat dilihat pada gambar 5.4 sebagai berikut.

Divisi		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Klasifikasi	
Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar teratam saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.		
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)		SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 60$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ atau 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
Pasir bersih kandungan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
SC	Pasir berlanau, campuran pasir-lempung				

Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus: Kurang dari 50% lolos saringan no. 200; GM, GP, SW, SP; Lebih dari 12% lolos saringan no. 200; GM, GC, SM, SC; 5% - 12% lolos saringan no. 200; Belasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel

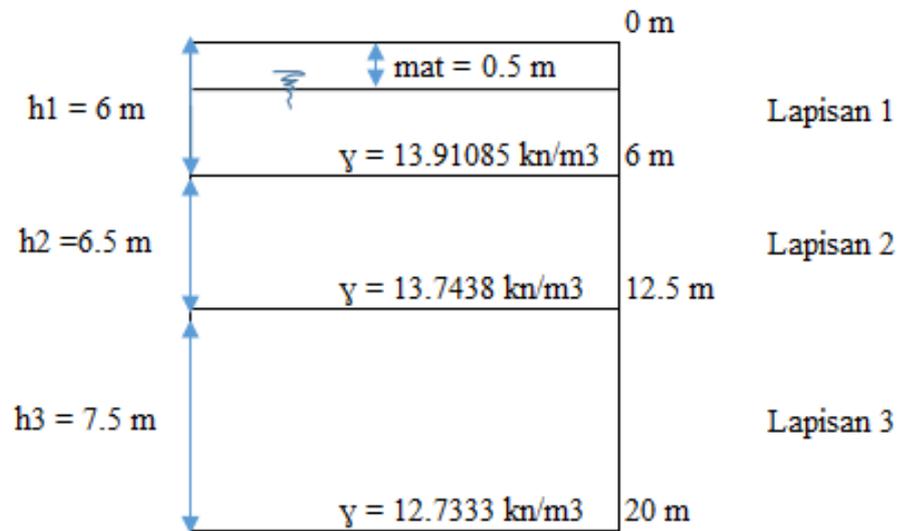
Gambar 5.5 Klasifikasi Tanah USCS

(Sumber : Bowles, 1991)

5.2 Analisa 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 5.5 sebagai berikut ini.

Perhitungan Bore Hole BH-1



Gambar 5.6 Lapisan Tanah BH-1

Data Umum:

Muka Air Tanah (MAT) = 0,50 m

Percepatan Gravitasi (g) = 9,81 m/s²Berat Volume Air (γ_w) = 9,81 kN/m³

Kedalaman Lapisan (z) = 20 m

 a_{max} = 0,5 g (percepatan gempa)

BORING LOG										
PROJEK : Jembatan Kerat Imogiri LOKASI : Kab. Bantul NO. BORING : BM.1				TANGGAL : 24 Juli 2020 WAKTU : 15 Juli 2020 DESAINER : RANDI JULIANI		BOR No. BM.1		NO. BORING BM.1		
Depth (m)	DESCRIPTION	Dist	PCB	Core	Profil	Sample	N-SPT			N - SPT Chart
0,00							1	1	1	
1,00							1	1	1	
2,00	PASIR KASAR, AGAK KERAS KE KERAS, COKLAT						12	10	22	28
3,00							13	20	33	44
4,00							13	20	33	44
5,00							13	20	33	44
6,00	PASIR KASAR TERDAPAT SEDIKIT BOULDER, KERAS, COKLAT						13	20	33	44
7,00							13	20	33	44
8,00							13	20	33	44
9,00							13	20	33	44
10,00							13	20	33	44
11,00							13	20	33	44
12,00							13	20	33	44
13,00	PADAS TERDAPAT PASIR DAN KRIL, KERAS, COKLAT KENTAMAN						23	20	43	63
14,00							23	20	43	63
15,00							23	20	43	63
16,00							23	20	43	63
17,00							23	20	43	63
18,00							23	20	43	63
19,00							23	20	43	63
20,00							23	20	43	63

Gambar 5.7 Data N-SPT BH-1
(Sumber : CV Kadung Karya Konsultan, 2020)

Perhitungang BH 1

1. Perhitungan Tegangan Efektif (σ')

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned} \text{Tegangan total } (\sigma_1) &= h \times \gamma \\ &= 6 \times 13,9105 \\ &= 83,463 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan air pori } (u) &= h_w \times \gamma_w \\ &= 5,5 \times 9,81 \\ &= 53,955 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan efektif } (\sigma_1') &= \sigma - u \\ &= 83,463 - 53,955 \\ &= 29,508 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

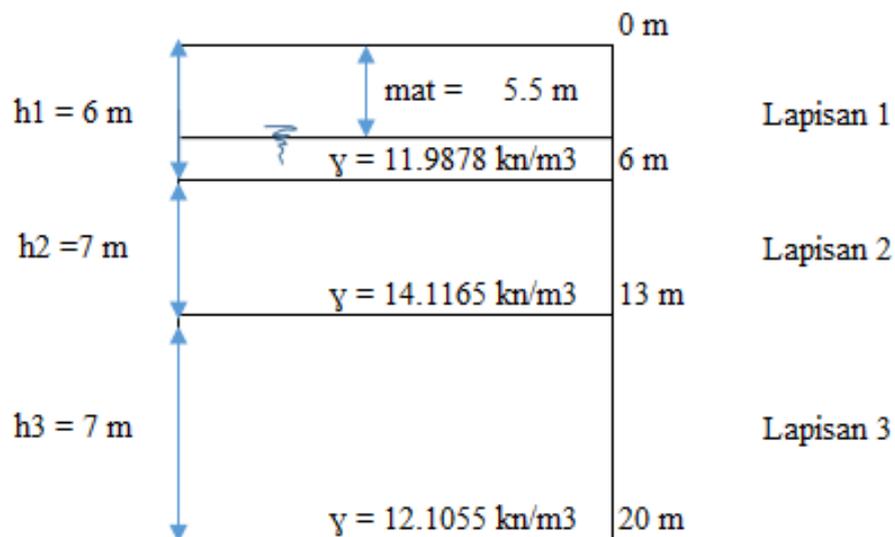
$$\text{Tegangan total } (\sigma_2) = \sigma_1 + (h \times \gamma)$$

$$\begin{aligned}
 &= 83,463 + (12,5 \times 13,7438) \\
 &= 255,26 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Tekanan air pori (u)} &= hw \times \gamma_w \\
 &= 12 \times 9,81 \\
 &= 117,72 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Tegangan efektif } (\sigma_2') &= \sigma_2 - u \\
 &= 255,26 - 117,72 \\
 &= 137,54 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan total } (\sigma_1) &= \sigma_2 + (h \times \gamma) \\
 &= 255,26 + (20 \times 12,7333) \\
 &= 509,93 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Tekanan air pori (u)} &= hw \times \gamma_w \\
 &= 19,5 \times 9,81 \\
 &= 191,3 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Tegangan efektif } (\sigma_1') &= \sigma - u \\
 &= 509,93 - 191,3 \\
 &= 318,63 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan Bore Hole BH-2



Gambar 5.8 Lapisan Tanah BH-2

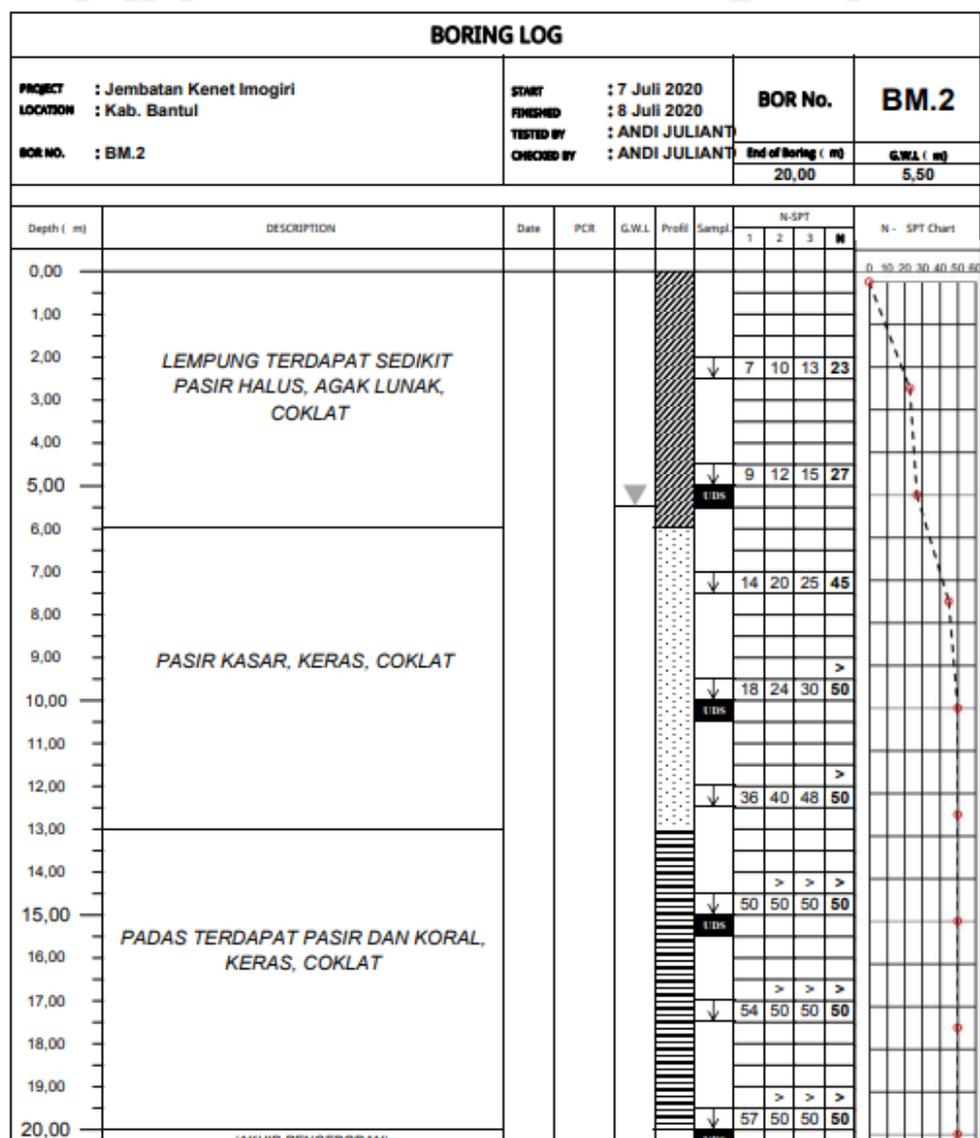
Perhitungan BH 2

Data Umum:

Muka Air Tanah (MAT) = 5,5 m

Percepatan Gravitasi (g) = 9,81 m/s²Berat Volume Air (γ_w) = 9,81 kN/m³

Kedalaman Lapisan (z) = 20 m

 a_{max} = 0,5 g (percepatan gempa)

Gambar 5.9 Data N-SPT BH-2

(sumber : CV Kadung Karya Konsultan, 2020)

2. Perhitungan Tegangan Efektif (σ')

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned}\text{Tegangan total } (\sigma_1) &= h \times \gamma \\ &= 6 \times 11,9878 \\ &= 71,927 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan air pori } (u) &= hw \times \gamma_w \\ &= 0,5 \times 9,81 \\ &= 4,905 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan efektif } (\sigma_1') &= \sigma - u \\ &= 71,9269 - 4,905 \\ &= 67,022 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned}\text{Tegangan total } (\sigma_1) &= \sigma_1 + (h \times \gamma) \\ &= 67,022 + (13 \times 14,1165) \\ &= 255,44 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan air pori } (u) &= hw \times \gamma_w \\ &= 7,5 \times 9,81 \\ &= 73,575 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan efektif } (\sigma_1') &= \sigma - u \\ &= 255,44 - 73,575 \\ &= 132,82 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned}\text{Tegangan total } (\sigma_1) &= \sigma_2 + (h \times \gamma) \\ &= 255,44 + (20 \times 12,1055) \\ &= 497,55 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan air pori } (u) &= hw \times \gamma_w \\ &= 14,5 \times 9,81 \\ &= 142,25 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan efektif } (\sigma_1') &= \sigma - u \\ &= 497,55 - 142,25 \\ &= 355,31 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

3. 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 :

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

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

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

$$R_d = 0,5 \text{ u} \quad \text{untuk } z \geq 30 \text{ m a}$$

Perhitungan BH 1

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned} R_d &= 1,0 - 0,00765 \times z \\ &= 1,0 - 0,00765 \times 6 \\ &= 0,954 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned} R_d &= 1,174 - 0,0267 \times z \\ &= 1,174 - 0,0267 \times 12,5 \\ &= 0,840 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned} R_d &= 1,174 - 0,0267 \times z \\ &= 1,174 - 0,0267 \times 20 \\ &= 0,640 \end{aligned}$$

Perhitungan BH 2

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned} R_d &= 1,0 - 0,00765 \times z \\ &= 1,0 - 0,00765 \times 6 \\ &= 0,954 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned} R_d &= 1,174 - 0,0267 \times z \\ &= 1,174 - 0,0267 \times 13 \\ &= 0,826 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned} R_d &= 1,174 - 0,0267 \times z \\ &= 1,174 - 0,0267 \times 20 \\ &= 0,640 \end{aligned}$$

4. Perhitungan nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) Untuk menghitung nilai CSR memakai rumus persamaan Seed dan Idriss (1971), sebagai berikut ini.

Perhitungan BH 1

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned} \text{CSR} &= 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \times \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times r_d \\ &= 0,65 \times (0,5) \times \left(\frac{83,463}{29,508} \right) \times 0,954 \\ &= 0,877 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned} \text{CSR} &= 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \times \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times r_d \\ &= 0,65 \times (0,5) \times \left(\frac{255,26}{137,54} \right) \times 0,840 \\ &= 0,507 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned} \text{CSR} &= 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \times \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times r_d \\ &= 0,65 \times (0,5) \times \left(\frac{509,92}{318,63} \right) \times 0,640 \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

Perhitungan BH 2

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned} \text{CSR} &= 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \times \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times r_d \\ &= 0,65 \times (0,5) \times \left(\frac{71,927}{67,022} \right) \times 0,954 \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned}
 \text{CSR} &= 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \times \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo'}} \right) \times r_d \\
 &= 0,65 \times (0,5) \times \left(\frac{255,44}{132,82} \right) \times 0,826 \\
 &= 0,517
 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned}
 \text{CSR} &= 0,65 \times \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \times \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo'}} \right) \times r_d \\
 &= 0,65 \times (0,5) \times \left(\frac{497,55}{355,31} \right) \times 0,640 \\
 &= 0,291
 \end{aligned}$$

2. 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 $(N_1)_{60}$ yaitu sebagai berikut.

$$(N_1)_{60} = N_m \times CE \times CB \times CR \times CS$$

Keterangan :

CE : Faktor Rasio Energi

CB : Faktor Diameter Lubang

CR : Faktor Panjang Rod

CS : Faktor Metode Sampling

N_m : Faktor nilai SPT tersetruktur

Keterangan :

Faktor Rasio Energi (*CE*) : 1,3(dari tabel 3.5 nilai faktor koreksi $(N_1)_{60}$)

Faktor Diameter Lubang (*CB*) : 1 (dari tabel 3.5 nilai faktor koreksi $(N_1)_{60}$)

Faktor Panjang Rod (*CR*) : 0,75(dari tabel 3.5 nilai faktorkoreksi $(N_1)_{60}$)

Faktor Metode Sampling (*CS*) : 1(dari tabel 3.5 nilai faktor koreksi $(N_1)_{60}$)

Perhitungan BH 1

a. Lapisan 1

$$(N_1)_{60} = N_m \times CE \times CB \times CR \times CS$$

$$\begin{aligned}
&= (N \times CN) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (N \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{vo'}}{PA}})) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (36 \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{29,508}{98,066}})) \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
&= 51,450
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(N_1)_{60CS} &= 5 + 1,2 \times (N_1)_{60} \\
&= 5 + 1,2 \times 51,450
\end{aligned}$$

$$= 66,740$$

$$\begin{aligned}
\text{CRR} &= \frac{1}{34 - (N_1)_{60CS}} + \frac{(N_1)_{60CS}}{135} + \frac{50}{(10 \times (N_1)_{60CS} + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= \frac{1}{34 - 66,740} + \frac{66,740}{135} + \frac{50}{(10 \times 66,740 + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= 0,459
\end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned}
(N_1)_{60} &= Nm \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (N \times CN) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (N \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{vo'}}{PA}})) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (44 \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{137,54}{98,066}})) \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
&= 36,265
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(N_1)_{60CS} &= 5 + 1,2 \times (N_1)_{60} \\
&= 5 + 1,2 \times 36,265 \\
&= 48,518
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{CRR} &= \frac{1}{34 - (N_1)_{60CS}} + \frac{(N_1)_{60CS}}{135} + \frac{50}{(10 \times (N_1)_{60CS} + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= \frac{1}{34 - 48,518} + \frac{48,518}{135} + \frac{50}{(10 \times 48,518 + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= 0,285
\end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned}
(N_1)_{60} &= Nm \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (N \times CN) \times CE \times CB \times CR \times CS
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (N \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{vo'}}{PA}})) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (51 \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{318,63}{98,066}})) \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
&= 24,587
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(N_1)_{60CS} &= 5 + 1,2 \times (N_1)_{60} \\
&= 5 + 1,2 \times 24,587 \\
&= 34,504
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
CRR &= \frac{1}{34 - (N_1)_{60CS}} + \frac{(N_1)_{60CS}}{135} + \frac{50}{(10 \times (N_1)_{60CS} + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= \frac{1}{34 - 34,504} + \frac{34,504}{135} + \frac{50}{(10 \times 34,504 + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= 0,173
\end{aligned}$$

Perhitungan BH 2

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned}
(N_1)_{60} &= Nm \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (N \times CN) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (N \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{vo'}}{PA}})) \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (23 \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{67,002}{98,066}})) \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1 \\
&= 26,197
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(N_1)_{60CS} &= 5 + 1,2 \times (N_1)_{60} \\
&= 5 + 1,2 \times 26,197 \\
&= 36,434
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
CRR &= \frac{1}{34 - (N_1)_{60CS}} + \frac{(N_1)_{60CS}}{135} + \frac{50}{(10 \times (N_1)_{60CS} + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= \frac{1}{34 - 36,434} + \frac{36,434}{135} + \frac{50}{(10 \times 36,434 + 45)^2} - \frac{1}{200} \\
&= 0,397
\end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned}
(N_1)_{60} &= Nm \times CE \times CB \times CR \times CS \\
&= (N \times CN) \times CE \times CB \times CR \times CS
\end{aligned}$$

$$= (N \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{vo'}}{PA}})) \times CE \times CB \times CR \times CS$$

$$= (45 \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{132,82}{98,066}})) \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1$$

$$= 37,788$$

$$(N_1)_{60CS} = 5 + 1,2 \times (N_1)_{60}$$

$$= 5 + 1,2 \times 37,788$$

$$= 50,346$$

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

$$= \frac{1}{34 - 50,346} + \frac{50,346}{135} + \frac{50}{(10 \times 50,346 + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

$$= 0,308$$

c. Lapisan 3

$$(N_1)_{60} = Nm \times CE \times CB \times CR \times CS$$

$$= (N \times CN) \times CE \times CB \times CR \times CS$$

$$= (N \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_{vo'}}{PA}})) \times CE \times CB \times CR \times CS$$

$$= (50 \times (\frac{2,2}{1,2 + \frac{355,31}{98,066}})) \times 1,3 \times 1 \times 0,75 \times 1$$

$$= 22,236$$

$$(N_1)_{60CS} = 5 + 1,2 \times (N_1)_{60}$$

$$= 5 + 1,2 \times 22,236$$

$$= 31,683$$

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

$$= \frac{1}{34 - 31,683} + \frac{31,683}{135} + \frac{50}{(10 \times 31,683 + 45)^2} - \frac{1}{200}$$

$$= 0,662$$

2. 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.

Perhitungan BH 1

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned}
 \text{FS 1} &= \frac{CRR}{CSR} \\
 &= \frac{0,459}{0,877} \\
 &= 0,523 \text{ (terjadi likuifaksi)}
 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned}
 \text{FS 2} &= \frac{CRR}{CSR} \\
 &= \frac{0,285}{0,507} \\
 &= 0,562 \text{ (terjadi likuifaksi)}
 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned}
 \text{FS 3} &= \frac{CRR}{CSR} \\
 &= \frac{0,173}{0,333} \\
 &= 0,519 \text{ (terjadi likuifaksi)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan BH 2

a. Lapisan 1

$$\begin{aligned}
 \text{FS 1} &= \frac{CRR}{CSR} \\
 &= \frac{0,397}{0,333} \\
 &= 1,192 \text{ (tidak terjadi likuifaksi)}
 \end{aligned}$$

b. Lapisan 2

$$\begin{aligned}
 \text{FS 2} &= \frac{CRR}{CSR} \\
 &= \frac{0,306}{0,517} \\
 &= 1,051 \text{ (keadaan kritis)}
 \end{aligned}$$

c. Lapisan 3

$$\begin{aligned} \text{FS 3} &= \frac{\text{CRR}}{\text{CSR}} \\ &= \frac{0,662}{0,291} \\ &= 2,236 \text{ (tidak terjadi likuifaksi)} \end{aligned}$$

Adapun hasil dari pengolahan data diatas akan ditampilkan dengan tabel maupun grafik. Untuk bagian tabel akan memuat tentang perhitungan potensi likuifaksi menggunakan bantuan program Microsoft Excel dan grafik memuat dan terdiri dari 4 variabel yaitu hasil nilai CSR, CRR, FS (faktor keamanan), dan kedalaman titik uji data. Rekapitulasi hasil perhitungan pada BH-1 dan BH-2 dapat dilihat pada Tabel 5.8 hingga Tabel 5.13 berikut.



Tabel 5.8 Hasil Perhitungan CSR BH-1

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	(amax/g)	rd	γ_d	Tegangan Total	Angka pori	Tegangan Efektif	CSR
	m	m			(kn/m ³)	(kn/m ³)	σ_l	u	σ_l'	
1	6	6	Pasir Kasar, agak kasar ke kerasan,coklat	0,5	0,954	13,910	83,463	53,955	29,508	0,877
2	12,5	6,5	Pasir Kasar terdapat Boulder,keras	0,5	0,840	13,744	255,26	117,72	137,54	0,507
3	20	7,5	Padas terdapat Pasir dan Krikil	0,5	0,640	12,733	509,93	191,3	318,63	0,333

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan CRR BH-1

Lapisan	Kedalaman m	Beda Tinggi m	Jenis Tanah	N-SPT				Faktor Koreksi				$(N_1)_{60}$	$(N_1)_{60}CS$	CRR
				1	2	3	N	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	6	6	Pasir Kasar, agak kasar ke kerasan,coklat	12	16	20	36	1,3	1	0,75	1	51,450	66,740	0,459
2	12,5	6,5	Pasir Kasar terdapat Boulder,keras	19	23	28	51	1,3	1	0,75	1	36,265	48,518	0,285
3	20	7,5	Padas terdapat Pasir dan Krikil	38	44	49	50	1,3	1	0,75	1	24,587	34,504	0,173

Tabel 5.10 Hasil Analisis Likuifaksi BH-1

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
	m	m					
1	6	6	Pasir Kasar, agak kasar ke kerasan,coklat	0,877	0,459	0,523	Terjadi Likuifaksi
2	12,5	6,5	Pasir Kasar terdapat Boulder,keras	0,507	0,285	0,562	Terjadi Likuifaksi
3	20	7,5	Padas terdapat Pasir dan Krikil	0,333	0,173	0,519	Terjadi Likuifaksi

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan CSR BH-2

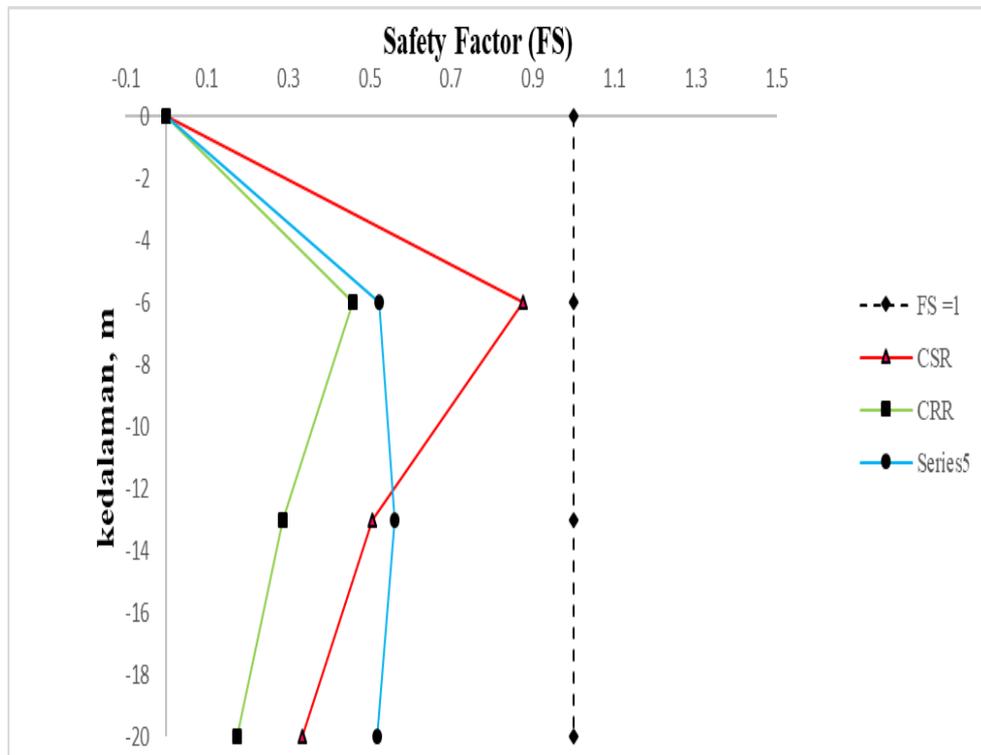
Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	(amax/g)	rd	γ_d	Tegangan Total	Angka pori	Tegangan Efektif	CSR
	m	m			(kn/m ³)	(kn/m ³)	σ_1	u	σ_1'	
1	6	6	Lempung sedikit Pasir Halus,agak lunak,coklat	0,5	0,954	11,987	71,927	4,905	67,022	0,333
2	13	7	Pasir Kasar,keras,coklat	0,5	0,826	14,116	225,44	122,63	132,82	0,517
3	20	7	Padas terdapat Pasir dan Koral,coklat	0,5	0,640	12,105	497,55	142,25	355,31	0,291

Tabel 5.12 Hasil Perhitungan CRR BH-2

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	N-SPT				Faktor Koreksi				$(N_1)_{60}$	$(N_1)_{60}CS$	CRR
	m	m		1	2	3	N	Ce	Cb	Cr	Cs			
1	6	6	Lempung sedikit Pasir Halus,agak lunak,coklat	7	10	13	23	1,3	1	0,75	1	26,197	36,434	0,397
2	13	7	Pasir Kasar,keras,coklat	14	20	25	45	1,3	1	0,75	1	37,788	50,346	0,306
3	20	7	Padas terdapat Pasir dan Koral,coklat	36	40	46	50	1,3	1	0,75	1	22,236	31,683	0,662

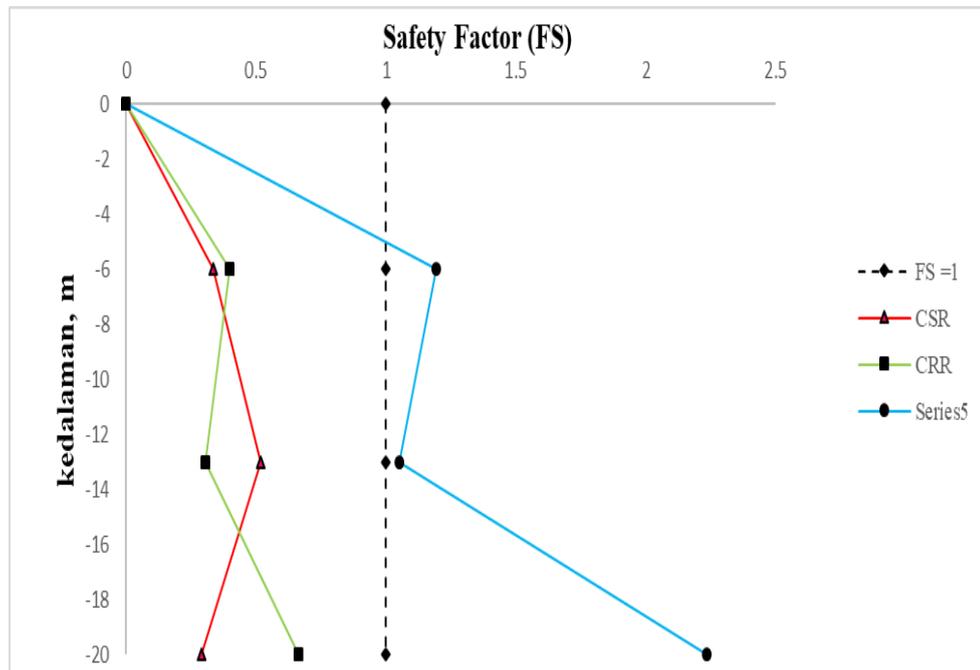
Tabel 5.13 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi BH-2

Lapisan	Kedalaman	Beda Tinggi	Jenis Tanah	CSR	CRR	FS	Status
	m	m					
1	6	6	Lempung sedikit Pasir Halus,agak lunak,coklat	0,333	0,397	1,192	Tidak terjadi Likuifaksi
2	13	7	Pasir Kasar,keras,coklat	0,517	0,306	1,051	Kondisi Kritis
3	20	7	Padas terdapat Pasir dan Koral,coklat	0,291	0,662	2,236	Tidak Terjadi Likuifaksi



Gambar 5.10 Grafik CSR, CRR dan SF vs Kedalaman SPT BH-1

Dari perhitungan SPT pada titik BM-1 di dapat grafik pada Gambar 5.9 yang terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Untuk acuan terjadi dan tidak nya Likuifaksi yaitu dari nilai $FS = 1$, jika nilai FS kurang dari 1 maka terjadinya Likuifaksi, jika nilai FS sama dengan 1 maka dalam kondisi keritis, sedangkan FS yang melebihi dari 1 tidak akan terjadi likuifaksi. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada lapisan 1,2 dan 3 pada kedalaman 6 m,12,5 m dan 20 m di karenakan FS pada lapisan ini di dapatkan sebesar 0,523, 0,562 dan 0,519.



Gambar 5.11 Grafik CSR, CRR dan SF vs Kedalaman SPT BH-2

Dari perhitungan SPT pada titik BM-2 di dapat grafik pada Gambar 5.10 yang terdiri dari CSR, CRR, FS, dan Kedalaman. Untuk acuan terjadi dan tidak nya Likuifaksi yaitu dari nilai $FS = 1$, jika nilai FS kurang dari 1 maka terjadinya Likuifaksi, jika nilai 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 1 dan 3 di kedalaman 6m dan 20m di karenakan FS pada lapisan ini di dapatkan sebesar 1,192 dan 2,236. Pada lapisan 2 dengan kedalaman 13m terjadi kondisi kritis dengan nilai FS sebesar 1,051.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan pada Proyek Jembatan Kenet didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil klasifikasi tanah dengan metode USCS di Proyek Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri Kabupaten bantul Desa Siluk 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 perhitungan Potensi Likuifaksi pada Proyek Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri Kabupaten bantul, pada titik BH-1 di kedalaman 6m, 12,5m dan 20m dengan nilai FS 0,523, 0,562 dan 0,519, maka dapat disimpulkan pada BM-1 Potensi likuifaksi dapat terjadi dikarenakan nilai FS kurang dari 1.
3. Hasil perhitungan Potensi Likuifaksi pada Proyek Jembatan Kenet di Kecamatan Imogiri Kabupaten bantul, pada titik BH-2 di kedalaman 6m dan 20m dengan nilai FS 1,192 dan 2,236 tidak terjadi Potensi Likuifaksi dikarenakan nilai FS lebih dari 1, Pada kedalaman 13m dengan nilai FS sebesar 1,051 terjadi kondisi kritis dikarenakan nilai FS = 1.

6.2 Saran

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilaksanakan penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Terjadinya likuifaksi dikarenakan gradasi butiran tanah yang kurang baik, oleh karena itu perlu adanya tinjauan dari penelitian didapat dengan maksimal serta jauh lebih baik.
2. Untuk meminimalisir terjadinya potensi likuifaksi pada studi kasus Proyek Jembatan Kenet dapat mengupayakan pemadatan lahan dan penambahan kedalaman pada titik tertentu yang memiliki potensi terjadinya likuifaksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Artati, H.K., Pawirodikromo, W., dan Purwanto, E. 2020. Analisis Potensi Likuifaksi pada Pasir Vulkanik di Pantai Glagah Kulonprogo Berdasarkan Data N-SPT. *Jurnal Teknisia*. XXV(2) 108-120. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Cristady. 1992. *Mekanika Tanah 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hatmoko, J. T. 2016. *Dinamika Tanah dan Liquefaction* Cetakan ke 01. Cahaya Atma Pustaka. Yogyakarta.
- Idriss, I.M., and Boulanger, R.W. 2008. "Soil Liquefaction During Earthquake". Earthquake Engineering Reseach Institute (EERI) Publication No.MNO-12. California.
- Lestari, R.A. 2018. Analisis Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Menggunakan Data SPT (Standar Penetration Test) dan CPT (Cone Penetration Test). Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Mina, Enden. 2018. Analisa potensi likuifaksi berdasarkan data spt (studi kasus proyek pembangunan gedung baru untirta sindang sari) Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Banten.
- Monalisa, A. 2014. Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Probabilitas Sederhana Berdasarkan Data Cone Penetration Test di Kelurahan Lempuing, Kota Bengkulu. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Rizka Amalia Lestari (2018). Analisis Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Menggunakan Data SPT (*Standar penetration test*) dan CPT (*Cone Penetration Test*).
- Srikit 2019. Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir Dan Data N-SPT. Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas

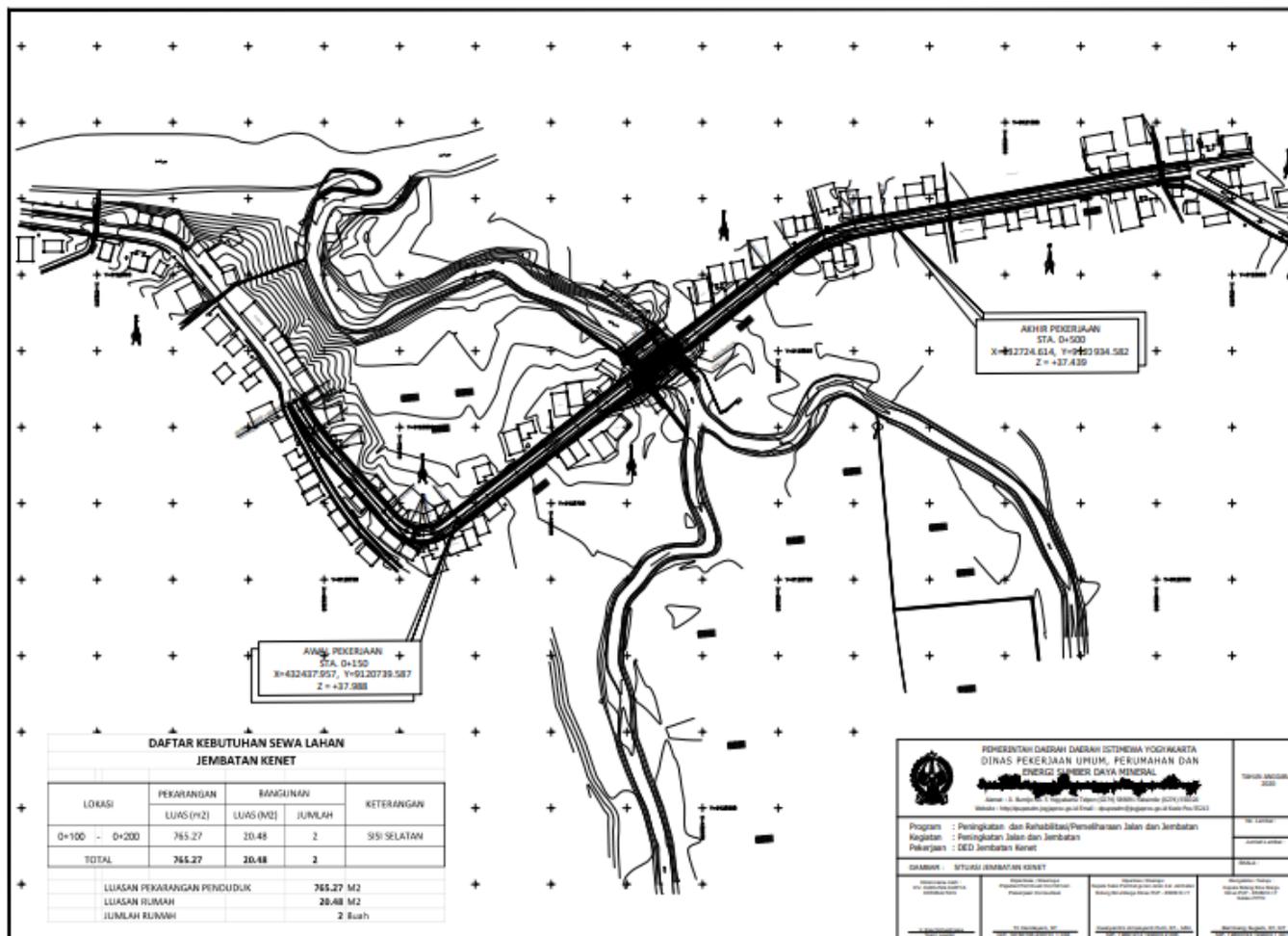
Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

- Seed, H.B. and Idriss 1971. *Simplified Procedure for Evaluation Soil Liquefaction Potential, Journal of soil mechanics, and foundation, Division*. ASCE, vol 97 No.9 pp 1249-1273.
- Tini, Tohari, A., dan Iryanti, M. 2017. Analisis Potensi Likuifaksi Akibat Gempa Bumi Menggunakan Metode SPT (Standar Penetration Test) dan CPT (Cone Penetration Test) di Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *Jurnal Wahana Fisika*, 2(1), 8-2. Bandung.
- Towhata, I. 2008. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Springer Science and Business Media, Berlin.
- Youd, T.L. and Idriss, I.M. 2001. *Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from The 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. ASCE. Vol. 127 No. 4 : 297 – 313.
- Youd, T.L., Garris, C.T. 1995. Liquefaction-Induced Ground Surface Disruption. *Journal of Geotechnical Engineering*, New York.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Denah Jembatan Kenet



Lampiran 2 Lokasi Penelitian



Lampiran 3 Data Sieve Analysis BM-1

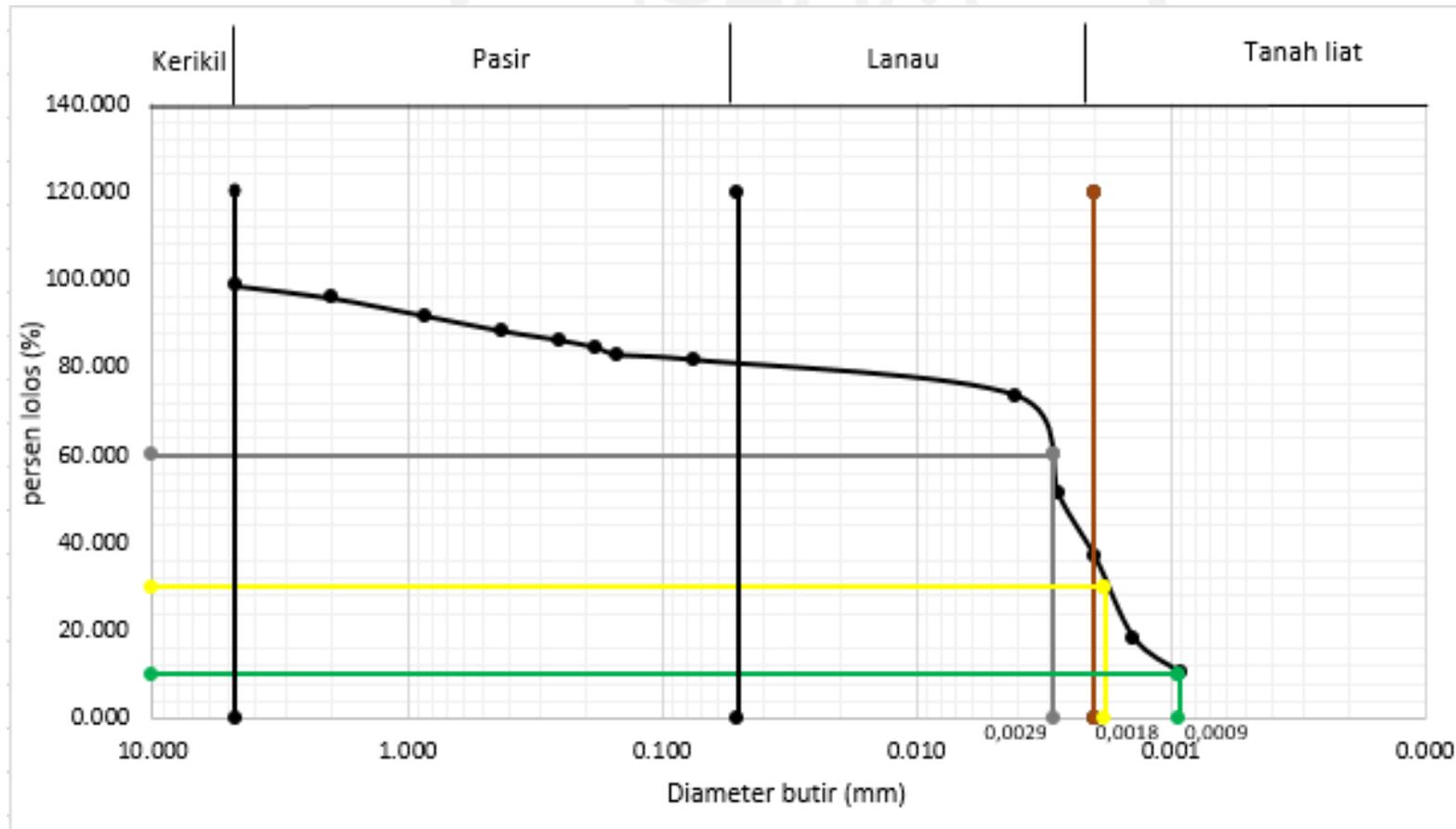


Pekerjaan/Proyek : RENCANA JEMBATAN KENET IMOIRI
 Lokasi : Kab. Bantul
 Sample : BM. 1
 Kedalaman : 15.00 m
 Berat sample semula : 200
 Berat sample setelah disaring : 36,36
 Tanggal : September 2020
 Dikerjakan : Syaifuddin Zuhry, ST

No.	Diameter Saringan	No.Cawan	Brt. Cawan (gr)	Brt. Sample+C. yang tertinggal dlm saringan (gr)	Brt. sample yang tertinggal dlm saringan (gr)	Prosentase inh. yg. tertinggal (%)	Kumulatif prosentase sample yg tertinggal (%)	Percent Finer (%)
1	4.750	102	3,85	6,70	2,85	1,43	1,43	98,58
2	2.000	111	3,90	9,40	5,50	2,75	4,18	95,83
3	0,850	19	3,92	12,10	8,18	4,09	8,27	91,74
4	0,425	29	3,92	10,70	6,78	3,39	11,66	88,35
5	0,250	42	3,91	8,20	4,29	2,15	13,80	86,20
6	0,180	17	3,94	7,30	3,36	1,68	15,48	84,52
7	0,150	14	3,95	7,10	3,15	1,58	17,06	82,95
8	0,075	105	3,95	6,20	2,25	1,13	18,18	81,82
9	0,000	122	3,70	150,00	146,30	73,15	91,33	8,67
					182,66	91,33		



Lampiran 4 Grafik Analisis Saringan BM-1



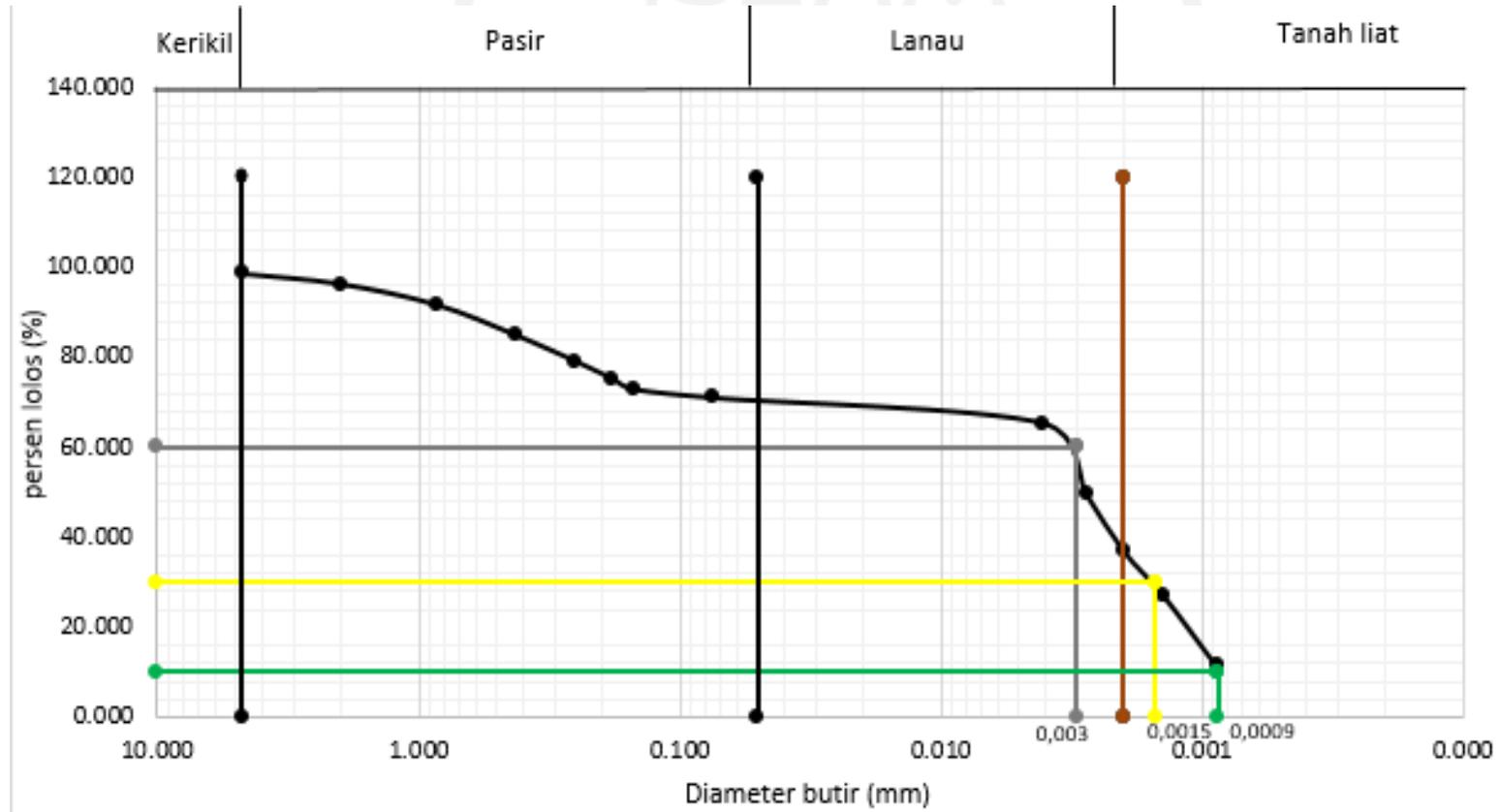
اجتہاد استدلالتی

Lampiran 5 Data Sieve Analysis BM-2

Pekerjaan/Proyek : RENCANA JEMBATAN KENET IMOIRI
 Lokasi : KAB. BANTUL
 Sample : BM. 2
 Kedalaman : 15,00 m
 Berat sample semula : 200
 Berat sample setelah disaring : 57,96
 Tanggal : SEPTEMBER 2020.
 Dikerjakan : Syaifuddin Zuhry, ST

No.	Diameter Saringan	No.Cawan	Brt. Cawan (gr)	Brt. Sample+C. yang tertinggal dlm saringan (gr)	Brt. sample yang tertinggal dlm saringan (gr)	Prosentase tnh. yg. tertinggal (%)	Kumulatif prosentase sample yg tertinggal (%)	Percent Finer (%)
1	4.750	102	3,85	6,70	2,85	1,43	1,43	98,58
2	2.000	111	3,90	8,40	4,50	2,25	3,68	96,33
3	0,850	19	3,92	13,20	9,28	4,64	8,32	91,69
4	0,425	29	3,92	17,30	13,38	6,69	15,01	85,00
5	0,250	42	3,91	15,60	11,69	5,85	20,85	79,15
6	0,180	17	3,94	11,80	7,86	3,93	24,78	75,22
7	0,150	14	3,95	8,60	4,65	2,33	27,11	72,90
8	0,075	105	3,95	7,70	3,75	1,88	28,98	71,02
9	0,000	122	3,70	130,00	126,30	63,15	92,13	7,87
					184,26	92,13		

Lampiran 6 Grafik Analisis Saringan BM-2



Lampiran 7 Data Analisis Hidrometer BM-1

Pekerjaan/Proyek : RENCANA JEMBATAN KENET IMOIRI
Lokasi : Kab. Bantul
Sample : BM. 1
Kedalaman : 15.00 m
Tanggal : September 2020
Dikerjakan : Syaifuddin Zuhry, ST

Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter Mol Tanah (m)	Prosentase Butiran (%)	Prosentase Kumulatif (%)	Percent Finer (%)
0	40	0	24,0	0,000000	0,0	0,0	81,82
0,25	36	4	23,2	0,004049	8,2	8,2	73,64
0,5	25	11	21,8	0,002775	22,5	30,7	51,14
1	18	7	22,6	0,001998	14,3	45,0	36,82
2	9	9	22,2	0,001400	18,4	63,4	18,41
5	5	4	23,2	0,000905	8,2	71,6	10,23
10	2	3	23,4	0,000643	6,1	77,7	4,09
15	0	2	23,6	0,000527	4,1	81,8	0,00
75	0	0	24,0	0,000238	0,0	81,8	0,00
		40					

Lampiran 8 Data Analisa Hidrometer BM-2

Pekerjaan/Proyek : RENCANA JEMBATAN KENET IMOIRI
Lokasi : KAB. BANTUL
Sample : BM. 2
Kedalaman : 15,00 m
Tanggal : SEPTEMBER 2020.
Dikerjakan : Syaifuddin Zuhry, ST

Waktu (menit)	Strip	Selisih Pembacaan	Z	Diameter Mol Tanah (m)	Prosentase Butiran (%)	Prosentase Kumulatif (%)	Percent Finer (%)
0	50	0	24,0	0,000000	0,0	0,0	71,02
0,25	46	4	23,2	0,004049	5,7	5,7	65,34
0,5	35	11	21,8	0,002775	15,6	21,3	49,71
1	26	9	22,2	0,001980	12,8	34,1	36,93
2	19	7	22,6	0,001413	9,9	44,0	26,99
5	8	11	21,8	0,000878	15,6	59,7	11,36
10	4	4	23,2	0,000640	5,7	65,3	5,68
15	1	3	23,4	0,000525	4,3	69,6	1,42
75	0	1	23,8	0,000237	1,4	71,0	0,00
		50					

Lampiran 9 Data Bor Log BM-1

BORING LOG															
PROJEC : Jembatan Merat Inogini LOKASI : Kab. Bantul NO. BORING : BM.1				TANGGAL : 04 Jul 2020 REVISI : 05 Jul 2020 DESAINER : (ANDY JULIANI) CONTOUR :		BOR No. BM.1									
						START : 08.00 STOP : 08.50		NO. SPT Count 							
Depth (m)	DESCRIPTION	Soil	POU	GAMA	Profil	Sampel	SPT				No. SPT Count				
							1	2	3	Σ					
0,00	PASIR KASAR, AGAK KERAS KE KERAS, COCLAT					DS									
1,00															
2,00															
3,00															
4,00	PASIR KASAR TERDAPAT SEDIKIT BOULDER, KERAS, COCLAT					DS									
5,00															
6,00															
7,00															
8,00	PADAS TERDAPAT PASIR DAN KRIL, KERAS, COCLAT KENTAMAN					DS									
9,00															
10,00															
11,00															
12,00	(ANAK PENGELOMPOK)					DS									
13,00															
14,00															
15,00															
16,00						DS									
17,00															
18,00															
19,00															
20,00						DS									
21,00															
22,00															
23,00															
24,00						DS									
25,00															
26,00															
27,00															
28,00						DS									
29,00															
30,00															
31,00															

Note : 1. Undisturbed Sample (UDS)
 2. Disturbed Sample (DS)
 3. SPT Test

Lampiran 10 Data Bor Log BM-2

BORING LOG										
PROJEK : Jembatan Ketet Imogiri LOKASI : Kab. Bantul NO. BOR : BM.2				TARIKH : 17 Juli 2020 PEKERJA : 8 Juli 2020 REVISI : ANDI JULIANT OKUSUR : ANDI JULIANT		BOR No. : BM.2 End of Boring (m) : 20.00 S.M.L (m) : 5.50				
Depth (m)	DESCRIPTION	Date	PCB	S.W.L	Profile	Temp	SPT			S - SPT Chart
							1	2	3	
0,00	LEMPUNG TERDAPAT SEDIKIT PASIR HALUS, AGAK LUNAK, COKLAT									
1,00										
2,00										
3,00										
4,00										
5,00	PASIR KASAR, KERAS, COKLAT									
6,00										
7,00										
8,00										
9,00										
10,00	PADAS TERDAPAT PASIR DAN KORAL, KERAS, COKLAT									
11,00										
12,00										
13,00										
14,00										
15,00	penerbangan									
16,00										
17,00										
18,00										
19,00										
20,00										
21,00										
22,00										
23,00										
24,00										
25,00										
26,00										
27,00										
28,00										
29,00										
30,00										

Note : 1. Undisturbed Sample (UDS)
 2. Disturbed Sample (DS)
 3. SPT Test