**TUGAS AKHIR**

# ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI PADA RUMAH SAKIT UII DENGAN METODE YOUD-IDRISS (2001), SEED ET.AL (1976) DAN VALERA-DONOVAN (1977) BERDASARKAN DATA N-SPT

***(LIQUEFACTION POTENCY ANALYSIS AT UII HOSPITAL WITH YOUD-IDRISS (2001), SEED ET.AL (1976) AND VALERA-DONOVAN (1977) METHODS BASED ON N-SPT DATA)***

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


**Kintan Amanda**
**17511138**


**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**
**PROGRAM SARJANA**
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**
**2022**

**TUGAS AKHIR**

# ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI PADA RUMAH SAKIT UII DENGAN METODE YOUD-IDRISS (2001), SEED ET.AL (1976) DAN VALERA-DONOVAN (1977) BERDASARKAN DATA N-SPT

***(LIQUEFACTION POTENCY ANALYSIS AT UII HOSPITAL WITH YOUD-IDRISS (2001), SEED ET.AL (1976) AND VALERA-DONOVAN (1977) METHODS BASED ON N-SPT DATA)***

Disusun oleh

**Kintan Amanda**
**17511138**

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

Diuji pada tanggal 30 Maret 2022
Oleh Dewan Penguji

| Pembimbing | Penguji 1 | Penguji 2 |
|---|---|---|
| **Hanindya Kusuma Artati, S.T.,M.T.** | **Dr. Ir. Edy Purwanto, CES.,DEA.** | **Muhammad Rifqi A, S.T., M.Eng** |
| **NIK: 045110407** | **NIK: 885110101** | **NIK: 135111101** |

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Sipil

**DR. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.**
**NIK: 885110101**

# PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhya bahwa laporan Tugas Akhir yang Saya susun merupakan syarat untuk menyelesaikan program studi Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya Saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan 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, 25 Desember 2021

Yang membuat pernyataan,

Kintan Amanda

(17511138)

# DEDIKASI

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Terima kasih untuk seluruh keluarga dari Alm Bapak Agustian Hutama Rizal A.md, terutama Bucik Cici dan Mama Eka yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, dukungan materi, serta selalu mendoakanku, selalu menasehatiku menjadi lebih baik dan belajar mandiri sejak meninggalnya Papa. Terima kasih pula untuk Mama yang sudah melahirkan ku..Terima kasih Karina dan Keisya , kedua Adikku atas semua dukungan yang telah kalian berikan semoga diberi kesehatan dan panjang umur agar dapat menemani langkah kecilku bersama kalian tercinta . semoga dengan selesainya aku mengemban pendidikan di Strata 1, aku dapat mengangkat derajatku dan orang-orang yang selama ini membantuku, serta dapat membantu diriku dan orang-orang disekitar ku untuk memiliki kehidupan yang lebih baik.. aamiin allahumma aamiin ..

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Potensi Likuifaksi pada Rumah Sakit UII dengan Metode Youd-Idriss (2001), Seed *et.al* (1976) dan Valera-Donovan (1977) Berdasarkan Data N-SPT" .Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk menyelesaikan studi tingkat Sarjana di Progam Studi Strata 1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Banyak sekali hambatan yang dilalui dalam penyusunan Tugas Akhir ini, namun berkat saran, kritik dan bantuan dari berbagai pihak, dengan mengucap rasa syukur sebanyak-banyaknya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan hal ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

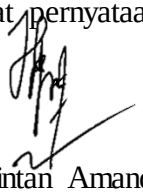
1. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing yang telah mengerahkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulis hingga selesai dengan penuh kesabaran. Semoga ini menjadi ladang pahala untuk Ibu.
2. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES.,DEA. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan banyak masukan dan motivasi kepada penulis sekaligus memberikan ilmunya tanpa tanda jasa kepada penulis selama berkuliah.
3. Bapak Muhammad Rifqi A, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan semangat dan ilmu kepada penulis, sehingga dalam tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik.
4. Mama dan Papa yang sudah memberikan seluruh jiwa dan raganya untuk Saya mengenyam pendidikan serta Bucik, Mama Eka serta keluarga besar dari penulis yang telah berkorban begitu banyak, baik material maupun spiritual terutama sejak meninggalnya Papa.
5. Gita Dwi Marsha selaku Sahabat yang selalu menemai baik suka maupun duka di masa perkuliahan yang penuh tantangan ini.

6. Fiondy Anfifa selaku kerabat terdekat yang selama masa perkuliahan ini menemani dan membantu penulis dalam banyak hal.
7. Keluarga Besar yang telah menemani dan memberikan dukungan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

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

Yogyakarta, 26 Maret 2022

Yang membuat pernyataan,



Kintan Amanda

(17511138)

# DAFTAR ISI


| | |
|---|---|
| Halaman Judul | i |
| Halaman Pengesahan | ii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI | iii |
| DEDIKASI | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xii |
| ABSTRAK | xiii |
| *ABSTRACT* | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 15 |
| 1.1 Latar Belakang | 15 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 15 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 16 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 16 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 17 |
| 1.6 Lokasi Penelitian | 17 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 18 |
| 2.1 Tinjauan Umum | 18 |
| 2.2 Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data CPT | 18 |
| 2.3 Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT | 19 |
| 2.3 Keaslian Penelitian | 22 |
| 2.4 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan | 26 |
| BAB III LANDASAN TEORI | 27 |
| 3.1 Tanah | 27 |

3.2 Likuifaksi 27
3.2.1 Definisi Likuifaksi 28
3.2.2 Faktor Terjadinya Likuifaksi 29
3.2.3 Syarat Terjadinya Likuifaksi 30
3.2.4 Dampak Terjadinya Likuifaksi 31
3.3 Metode Evaluasi Potensi Likuifaksi 31
3.3.1 Analisis Nilai SPT 31
3.3.2 Metode Youd-Idriss (2001) 34
3.3.3 Metode Seed, *et al (*1976) 36
3.3.4 Metode Valera – Donovan (1977) 38
BAB IV METODE PENELITIAN 40
4.1 Tahapan Penelitian 40
4.2 Analisis Data 40
4.2.1 Analisis Data SPT 41
4.3 Bagan Alir Penelitian 41
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 43
5.1 Analisis Potensi Likuifaksi 43
5.1.1 Data Umum 43
5.1.2 Peta Wilayah Gempa 43
5.1.3 Data Tanah 44
5.1.4 Analisis Data SPT 45
5.1.5 Analisis Potensi Likuifaksi Metode Youd-Idriss (2001) 52
5.1.6 Analisis Potensi Likuifaksi Metode Seed *et.al* (1976) 59
5.1.7 Analisis Potensi Likuifaksi Metode Valera-Donovan (1977) 65
5.2 Pembahasan 69
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 77
6.1 Kesimpulan 77
6.2 Saran 78
DAFTAR PUSTAKA 79
LAMPIRAN 81

# DAFTAR TABEL


Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu 22

Tabel 3. 1 Faktor Koreksi Borehole, Sampler dan Rod 32

Tabel 3. 2 SPT Hammer Efficiency 33

Tabel 5. 1 Data SPT Tanah 45

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Analisis Nilai tegangan Efektif Vertikal (σ'v) 47

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai N60 50

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Pada Titik BM-01 dengan Metode Youd- Idriss (2001) 57

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Pada Titik BM-02 dengan Metode Youd- Idriss (2001) 58

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Seed et,al (1976) 63

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Valera-Donovan (1977) 67

Tabel 5. 8 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data N-SPT 74

# DAFTAR GAMBAR


Gambar 1. 1 Lokasi Rumah Sakit Islam Indonesia 17

Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian 42

Gambar 5. 1 Peta Wilayah Gempa Indonesia Menurut SNI 1726-2012 44

Gambar 5. 2 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Youd- Idriss (2001) Titik BM-01 di RS UII 69

Gambar 5. 3 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Youd- Idriss (2001) Titik BM-02 di RS UII 70

Gambar 5. 4 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Seed et al (1976) Titik BM-01 di RS UII 71

Gambar 5. 5 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Seed et al (1976) Titik BM-02 di RS UII 71

Gambar 5. 6 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Valera-Donovan (1977) 72

Gambar 5. 7 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Valera-Donovan (1977) 73

# DAFTAR LAMPIRAN


Gambar L-1. 1 Lokasi Titik BM-01 dan BM-02 RS UII 82

Tabel L-2. 1 Geological Drill Log (BM-01) 83

Tabel L-2. 2 Geoogical Drill Log (BM-02) 83

Tabel L-2. 3 NSPT BM-01 83

Tabel L-2. 4 NSPT BM-02 83

# DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

SPT = *Standar Penetration Test*

CSR = *Cyclic Stress Ratio*

CRR = *Cyclic Resistance Ratio*

NL = nilai jumlah getaran yang dibutuhkan untuk mencapai likuifaksi, *cycle*

Neq = Nilai Jumlah getaran ekivalen berdasarkan kekuatan gempa, *cycle*

$\tau$ = Tegangan geser tanah, Kpa

$\gamma_w$ = Berat volume air, kN/m$^3$

$\gamma_d$ = Berat volume tanah, kN/m$^3$

N = Jumlah pukulan

Ncrit = nilai N-SPT kritis

g = Gravitasi, m/s$^2$

$a_{max}$ = Percepatan pemukaan horizontal maksimum, g

rd = Koefisien tegangan reduksi

FS = *Safety factor*

$\sigma$ = Total tegangan, kN/m$^2$

$\sigma'$ = Total tegangan efektif, kN/m$^2$

u = Tekanan air pori, kN/m$^2$

# ABSTRAK

Likuifaksi merupakan suatu peristiwa hilangnya kekuatan tanah akibat adanya getaran gempa bumi. Hal ini membuat naiknya tegangan air pori dan turunnya nilai tekanan efektif yang ada pada tanah tersebut. Peristiwa likuifaksi berpotensi terjadi pada lapisan tanah yang memiliki butir-butir halus dan seragam (tanah pasir). Sebagaimana lokasi tempat beradanya Rumah Sakit Akademik Universitas Islam Indonesia yang berada di Jalan Srandakan No.KM, RW. 5, Jodog, Wijirejo, Kecamatan Pandak, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kabupaten Bantul merupakan salah satu daerah yang berada di selatan Pulau Jawa yang memiliki potensi gempa cukup tinggi, Maka perlu diadakannya analisis mengenai potensi likuifaksi yang terjadi di Rumah Sakit tersebut, salah satunya analisis dengan menggunakan nilai N-SPT.

Penelitian ini dilakukan dengan berdasarkan pada kekuatan gempa Jogja pada 27 Mei 2006 yang berkekuatan 6,3 Mw. Analisis likuifaksi berdasarkan data N-SPT dilakukan dengan menggunakan metode Youd-Idriss (2001), metode Seed *et al* (1976), dan metode Valera-Donovan (1977).

Hasil Analisis likuifaksi pada Rumah Sakit UII dengan berdasarkan pada metode Youd-Idriss (2001) menunjukkan bahwa pada titik SPT BM-01 potensi likuifaksi berada pada kedalaman 8 – 18 meter, dan untuk BM-02 potensi likuifaksi berada pada kedalaman 4 – 18 meter. Hasil analisis likuifaksi berdasarkan metode Seed *et al* (1976) adalah titik BM-01 dan titik BM-02 memiliki potensi likuifaksi karena nilai NL pada masing-masing lapisan pada setiap titik kurang dari nilai Neq = 6,8 (NL < Neq). Untuk hasil analisis likuifaksi bedasarkan metode Valera-Donovan (1977) adalah titik BM-01 dan titik BM-02 pada lapisan 14 meter – 18 meter memiliki potensi terjadinya peristiwa likuifaksi. Hal ini dikarenakan nilai dari N-SPT (N) lebih kecil dibandingkan nilai Ncrit (N< Ncrit).

**Kata Kunci**: Likuifaksi, gempa bumi, *Standard Penetration Test* (SPT)

# *ABSTRACT*

*Liquefaction is a phenomenon which soil loses its strength due to earthquake vibrations. This leads to the rise of water pore pressure and the fall of effective pressure in the soil. The liquefaction phenomenon tends to happen to fine and uniformly grained soil (sandy soil). As the Academic Hospital of Universitas Islam Indonesia is located at Jalan Srandakan No. KM, RW. 5, Jodog, Wijirejo, Pandak District, Bantul, Yogyakarta Special Region, in which Bantul Regency is one of the areas in the south of Java Island with a fairly high risk of earthquake. Therefore, it is necessary to conduct an analysis of the possibility of liquefaction in the hospital, one of which is an analysis that utilizes the N-SPT value.*

*This research was held based on the earthquake strength in Yogyakarta on May 27, 2006 with the magnitude scale of 6,3 Mw. The liquefaction analysis utilizing the N-SPT data was conducted using the Youd-Idriss method (2001), Seed et al method (1976), and Valera-Donovan method (1977).*

*The liquefaction analysis results in the UII Hospital using the Youd-Idriss method (2001) indicated that the point of SPT BM-01 has a liquefaction potential at the depth of 8 – 18 meters. As for BM-02, the liquefaction potential stood at a depth of 4 – 18 meters. The outcomes of the liquefaction analysis with the Seed et al method (1976) showed the points of BM-01 and BM-02 each have the risk of liquefaction because the NL value in each layer at its respective points were less than the value of Neq = 6,8 (NL < Neq). As for the liquefaction analysis based on the Valera-Donovan method (1977), the points of BM-01 and BM-02 in the 14 – 18 meter layers had the potential of the occurrence of liquefaction. This happens due to the smaller value of N-SPT (N) compared to the Ncrit value (N<Ncrit).*

***Keywords**: Liquefaction, earthquake, Standard Penetration Test (SPT)*

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Likuifaksi merupakan suatu peristiwa hilangnya kekuatan tanah akibat adanya getaran gempa bumi. Hal ini membuat naiknya tegangan air pori dan turunnya nilai tekanan efektif yang ada pada tanah tersebut. Peristiwa likuifaksi berpotensi terjadi pada lapisan tanah yang memiliki butir-butir halus dan seragam (tanah pasir).

Umumnya, jarak lokasi sumber gempa memengaruhi potensi likuifaksi pada area tersebut. Dengan adanya pertemuan antara lempeng Indian dan Australian di Pulau Jawa bagian selatan dapat menimbulkan aktivitas lempeng yang aktif sehingga memungkinkan terjadinya gempa bumi. Sebagaimana lokasi tempat beradanya Rumah Sakit Akademik Universitas Islam Indonesia yang berada di Jalan Srandakan No.KM, RW. 5, Jodog, Wijirejo, Kecamatan Pandak, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kabupaten Bantul merupakan salah satu daerah yang berada di selatan Pulau Jawa. Maka perlu diadakannya analisis mengenai potensi likuifaksi yang terjadi di Rumah Sakit tersebut.

Mengacu pada likuifaksi yang terjadi pada area yang berisiko gempa, maka perlu untuk menganalisis terlebih dahulu potensi tersebut. Hal tersebut juga melatar belakangi penulis untuk menganalisis potensi likuifaksi dengan menggunakan analisis berdasarkan data N-SPT (Standard Penetration Test). Analisis likuifaksi yang dilakukan berdasarkan data SPT menggunakan tiga metode yaitu, Metode Youd-Idriss (2001), Seed ,*et* al (1976), dan Valera-Donovan (1977).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana potensi likuifaksi yang terjadi pada tanah yang berada di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan berdasar pada data SPT menggunakan Metode Youd-Idriss (2001) ?.
2. Bagaimana potensi likuifaksi yang terjadi pada tanah yang berada di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan berdasar pada data SPT menggunakan Metode Seed *et al (*1976) ?.
3. Bagaimana potensi likuifaksi yang terjadi pada tanah yang berada di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan berdasar pada data SPT menggunakan Metode Valera-Donovan (1977) ?.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui potensi likuifaksi yang terjadi pada tanah yang berada di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan berdasar pada data SPT (*Standard Penetration Test*) dengan Metode Youd-Idriss (2001).
2. Mengetahui potensi likuifaksi yang terjadi pada tanah yang berada di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan berdasar pada data SPT (*Standard Penetration Test*) dengan Metode Seed *et al (*1976).
3. Mengetahui potensi likuifaksi yang terjadi pada tanah yang berada di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan berdasar pada data SPT (*Standard Penetration Test*) dengan Valera-Donovan (1977).

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Mengetahui potensi likuifaksi berdasarkan analisis data N-SPT di area Rumah Sakit Akademik Universitas Islam Indonesia menggunakan tiga macam metode yaitu Metode Youd-Idriss (2001), Seed ,*et* al (1976), dan Valera-Donovan (1977).
2. Memberikan informasi sehingga penanganan pada daerah yang memiliki potensi likuifaksi dapat dilakukan dengan tepat dan cepat.

3. Sebagai sumber informasi potensi bahaya likuifaksi pada suatu daerah tertentu.

### 1.5 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Lokasi penelitian terletak pada satu daerah saja yaitu Rumah Sakit Akademik Universitas Islam Indonesia.
2. Data yang digunakan berupa data N-SPT yang berada di titik BM-01 dan BM-02.
3. Menganalisis potensi likuifaksi dengan nilai Mw = 6.3 dengan nilai amax = 0,5 g.
4. Data geoteknik yang digunakan adalah hasil dari penyelidikan N-SPT.
5. Hanya membandingkan hasil potensi likuifaksi pada masing-masing metode.

### 1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia yang berada di Jalan Srandakan No.KM, RW. 5, Jodog, Wijirejo, Kecamatan Pandak, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.

**Gambar 1. 1 Lokasi Rumah Sakit Islam Indonesia**
(Sumber: Google Earth, 2022)

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Tinjauan Umum

Peristiwa gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan ke segala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. (BMKG, 2018)

Zonasi wilayah bahaya gempa bumi biasanya didasarkan pada pekerjaan mikrozonasi terhadap percepatan seismik permukaan tanah atau lapisan batuan (Karnawati dkk, 2007). Likuifaksi akan menyebabkan terjadi penurunan permukaan tanah yang dapat menyebabkan kerusakan bangunan di atasnya (Youd dan Garris, 1995). Maka dari itu, untuk kebutuhan dalam bidang geoteknika maka evaluasi atau analisis potensi dari likuifaksi perlu dilakukan untuk memberikan informasi wilayah bahaya likuifaksi dan mempunyai risiko terhadap kerusakan akibat gempa bumi serta memberikan solusi penanggulangan adanya likuifaksi yang sesuai dengan keadaan dan kebutuhan geoteknik wilayah terkait.

## 2.2 Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data CPT

Lonteng, dkk (2013) dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Potensi Likuifaksi di PT. PLN (Persero) UIP KIT SULMAPA PLTU 2 Sulawesi Utara 2 X 25 MW *Power Plan* melakukan analisis likuifaksi dengan berdasar pada data N-SPT dan data CPT. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui nilai faktor keamanan likuifaksi yang ada pada daerah tersebut dengan cara membandingkan nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dengan nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) yang ditimbulkan oleh gempa bumi.

Hasil dari penelitian tersebut adalah untuk nilai CSR dengan menggunakan data SPT dan CPT adalah sama dikarenakan lokasi pengujian yang dianalisis memiliki jarak yang cukup berdekatan. Untuk nilai CRR dengan menggunakan data CPT memiliki nilai yang lebih besar dibadingkan dengan menggunakan data SPT. Oleh karena itu nilai FS (Faktor keamanan) pada kedua metode ini pun berbeda.

Nilai FS yang didapat dari empat titik uji dari data SPT dan CPT memiliki hasil yang lebih besar dari satu yang berarti tanah tersebut tidak berpotensi mengalami likuifaksi.

Dari penelitian tersebut persamaan dengan peneitian penulis adalah memakai menganalisis nilai CRR dan CSR yang digunakan dalam metode Youd-Idriss (2001), dengan kondisi tanah berpasir-lanau. Perbedaan dari penelitian sebelumnya dengan penilitian ini adalah lokasi penelitian serta penulis hanya menggunakan data SPT saja untuk dianalisis.

### 2.3 Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT

Akhiri (2019) telah melakukan penelitian tugas akhir dengan judul Evaluasi Perbaikan Tanah Dengan Metode *Dynamic Compaction* Untuk Penanggulangan Likuifaksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi likuifaksi yang dapat terjadi dan bagaimana cara penanggulangannya dengan *Dynamic Compaction*. Lokasi penelitian ini berada pada Proyek Pembangunan *New Yogyakarta International Airport* (NYIA). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data SPT (*Standard Penetration Test*) serta data laboratorium pada landasan pacu Proyek Pembangunan *New Yogyakarta International Airport* (NYIA) untuk pengujian *Cyclic Stress Ratio* dan *Cyclic Resistance Ratio* dan membandingkan hasil sebelum dengan setelah dilakukan pemadatan.

Berdasarkan penelitian tersebut didapat hasil sebelum dilakukan pemadatan, beberapa lapis tanah disetiap titik masih memiliki kemungkinan terjadinya likuifaksi. Setelah pemadatan seluruh titik tinjauan aman dari likuifaksi dengan *safety factor* lebih dari 1 dan nilai (N1)60>30 diklasifikasikan sebagai tanah tidak terlikuifaksi dan zona kerentanan mengalami likuifaksi di kedalaman 2-6 meter.

Mase (2018) telah melakukan penelitian yang berjudul Studi Kehandalan Metode Analisis Likuifaksi Menggunakan SPT Akibat Gempa 8.6 Mw, 12 September 2007 di Area Pesisir Kota Bengkulu. Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi likuifaksi berdasarkan data SPT dengan menggunakan metode empiris yang sudah biasa digunakan. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa Metode Idriss – Boulanger memiliki estimasi kesesuaian prediksi dan kejadian di lapangan.

Hwang, *et al* (2003) telah melakukan investigasi yang dituangkan dalam jurnal berjudul *Investigation on Soil Liquefaction During the Chi-Chi Earthquake*. Penelitian ini berfokus pada karakteristik gerakan tanah pada suatu daerah, lokasi utama terjadi likuifaksi dan karakteristik tanah di lokasi tersebut, kerusakan yang ditimbulkan akibat likuifaksi tersebut dan cara penangannya, serta analisis likuifaksi menggunakan data N-SPT menggunakan metode empiris yang sering digunakan di Taiwan.

Artati, dkk (2020) telah melakukan penelitian yang berjudul Analisis Potensi Likuifaksi Pada Pasir Vulkanik di Pantai Glagah Kulonprogo Berdasarkan Data N-SPT. Analisis ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui potensi likuifaksi berdasarkan data N-SPT menggunakan metode Seed, Martin & Lysmer (1975). Dengan menggunakan data tersebut nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) didapat dengan perbandingan antara tegangan geser rata-rata akibat gempa dengan tegangan vertikal yang signifikan di setiap lapisan tanah serta nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR). Dari hasil analisis likufaksi menggunakan metode Seed, Martin & Lysmer (1975) didapati bahwa pada gempa dengan 6.3 magnitude di area tersebut potensi terjadinya likuifaksi berada hinggal kedalaman 8.5 meter.

Srikit (2019) telah melakukan penelitian yang berjudul Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir dan Data N-SPT . Penelitian ini dilakukan di New Yogyakarta International Airport (NYIA) di Kulon Progo, DIY. Bandara NYIA dibangun di dekat pantai tepatnya di Desa Glagah, Desa Jangkaran, Desa Palihan, Desa Kebon Rejo dan Desa Sindutan Kecamatan Temon Kabupaten Kulon Progo. Analisis data N-SPT pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Seed, *et al* (1976) dan menggunakan Metode Valera &

Donovan (1977). Dalam penelitian ini didapati bahwa kawasan pembangunan bandara NYIA merupakan kawasan yang berpotensi likuifaksi. Analisis likuifaksi dengan menggunakan data N-SPT metode Seed, Martin & Lysmer (1975) pada megnitude gempa 6,3 SR, Desa Glagah dan Desa Palihan berpotensi likuifaksi dari muka tanah hingga kedalaman 12 m dan analisis likuifaksi berdasarkan data N-SPT dengan metode Valera & Donovan (1977) pada megnitude gempa 6,3 SR, Desa Glagah berpotensi likuifaksi pada lapisan tanah kedalaman 4 m dan Desa Palihan berpotensi likuifaksi pada lapisan tanah kedalaman 2 m.

Dari penelitian diatas perbedaan penelitian yang dilakukan penulis adalah lokasi yang ditinjau , serta parameter yang digunakan juga berbeda. Penulis menggunakan nilai CRR dan CSR dalam metode Youd-Idriss (2001), nilai Neq dan NL dalam metode Seed, *et al* (1976) dan nilai Ncrit dalam metode Valera-Donovan (1977).

## 2.3 Keaslian Penelitian

**Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu**

| **Peneliti** | **Akhiri** | **Lonteng, dkk** | **Mase** | **Hwang, *et al*** | **Artati, dkk** | **Srikit** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tahun** | **2019** | **2013** | **2018** | **2003** | **2020** | **2019** |
| Judul Penelitian | Evaluasi Perbaikan Tanah Dengan Metode Dynamic Compaction Untuk Penanggulangan Likuifaksi | Analisis Potensi Likuifaksi di PT. PLN (Persero) UIP KIT SULMAPA PLTU 2 Sulawesi Utara 2 X 25 MW *Power Plan* | Studi Kehandalan Metode Analisis Likuifaksi Menggunakan SPT Akibat Gempa 8.6 Mw, 12 September 2007 di Area Pesisir Kota Bengkulu | *Investigation on Soil Liquefaction During the Chi-Chi Earthquake* | Analisis Potensi Likuifaksi Pada Pasir Vulkanik Di Pantai Glagah Kulonprogo Berdasarkan Data N-SPT | Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir dan Data N-SPT |

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu**

| **Peneliti** | **Akhiri** | **Lonteng, dkk** | **Mase** | **Hwang, *et al*** | **Artati, dkk** | **Srikit** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tahun** | **2019** | **2013** | **2018** | **2003** | **2020** | **2019** |
| Tujuan Penelitian | untuk mengetahui potensi likuifaksi yang dapat terjadi dan bagaimana cara penanggulangannya dengan *Dynamic Compaction* | untuk mengetahui nilai faktor keamanan likuifaksi yang ada pada daerah tersebut dengan cara membandingkan nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dengan nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) yang ditimbulkan oleh gempa bumi. | untuk mengetahui potensi likuifaksi berdasarkan data SPT menggunakan metode empiris yang biasa digunakan. | untuk mengetahui karakteristik gerakan tanah pada suatu daerah, lokasi utama terjadi likuifaksi dan karakteristik tanah di lokasi tersebut, kerusakan yang ditimbulkan akibat likuifaksi tersebut dan cara penangannya menggunakan data N-SPT | untuk mengetahui potensi likuifaksi yang terjadi di daerah tersebut berdasarkan data SPT | mengetahui potensi likuifaksi yang terjadi pada bandara YIA dengan menggunakan data N-SPT berdasarkan pada metode Seed, *et al* *(*1976) dan metode Valera dan Donovan (1977) |

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu**

| **Peneliti** | **Akhiri** | **Lonteng,dkk** | **Mase** | **Hwang, *et al*** | **Artati, dkk** | **Srikit** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tahun** | **2019** | **2013** | **2018** | **2003** | **2020** | **2019** |
| Metode Penelitian | menggunakan data SPT (Standard Penetration Test) dan CPT (Cone Penetration Test) serta data laboratorium pada landasan pacu Proyek Pembangunan New Yogyakarta International Airport (NYIA) untuk pengujian Cyclic Stress Ratio dan Cyclic Resistance Ratio dan membandingkan hasil sebelum dengan setelah dilakukan pemadatan | membandingkan nilai Cyclic Resistance Ratio (CRR) dengan nilai Cyclic Stress Ratio (CSR) yang ditimbulkan oleh gempa bumi. | menggunakan data SPT dan menganalisis potensi likuifaksi berdasrkan data tersebut menggunakan rumus ataupun metode empiris yang biasa digunakan. | Berdasarkan data N-SPT dan perhitungan dilakukan menggunakan rumus empiris yang biasa digunakan di Taiwan | Berdasarkan data SPT kemudian dapat dihitung hasil CSR dan CRR lalu didapatkan factor keamanan untuk menunjukkan potensi likuifaksi pada lapisan tanah | Berdasarkan data SPT kemudian data tersebut dihitung untuk mengetahui nilai Neq dan NL pada metode Seed, *et al* (1976) dan nilai Ncrit pada metode Valera dan Donovan (1977) |

**Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu**

| **Peneliti** | **Akhiri** | **Lonteng, dkk** | **Mase** | **Hwang, *et al*** | **Artati, dkk** | **Srikit** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tahun** | **2019** | **2013** | **2018** | **2003** | **2020** | **2019** |
| Hasil Penelitian | hasil sebelum dilakukan pemadatan, beberapa lapis tanah disetiap titik berpotensi likuifaksi. Setelah pemadatan seluruh titik tinjauan aman dari likuifaksi dengan safety factor lebih dari 1 dan nilai (N1)60>30 diklasifikasikan sebagai tanah tidak terlikuifaksi dan zona kerentanan mengalami likuifaksi di kedalaman 2-6 meter | nilai CSR dengan menggunakan data SPT dan CPT adalah sama dikarenakan lokasi pengujian yang dianalisis memiliki jarak yang cukup berdekatan. Untuk nilai CRR dengan menggunakan data CPT memiliki nilai yang lebih besar dibadingkan dengan menggunakan data SPT. Oleh karena itu nilai FS (Faktor keamanan) pada kedua metode ini pun berbeda. | hasil dari penelitian ini adalah metode Idriss-Boulanger adalah metode yang paling mendekati dalam memperkirakan hipotesa dan kejadian di lapangan. Dan berdasar penelitian ini lokasi yang diteliti penulis memiliki potensi terjadi likuifaksi yang cukup tinggi. | terdapat 7 titik dari 20 titik yang berpotensi mengalami likuifaksi dan didapati bahwa dengan data CPT hasil lebih kritis disbanding dengan menggunakan data SPT karena nilai CPT sendiri memiliki keterbatasan pengujian terhadap jenis tanah | Dari hasil analisis likufaksi menggunakan metode Seed, Martin & Lysmer (1975) didapati bahwa pada gempa dengan 6.3 magnitude di area tersebut potensi terjadinya likuifaksi berada hinggal kedalaman 8.5 meter. | Pada metode Seed *et al* (1976) didapati hasil bahwa pada magnitude gampa 6,3 SR daerah tersebut memiliki potensi likuifaksi hingga kedalaman 12 m. Dan pada metode Valera dan Donovan (1977) potensi likuifaksi terjadi pada kedalaman 4 m pada Desa Glagah dan 2 m pada Desa Palihan |

## 2.4 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

Pada penelitian yang akan dilakukan , penulis mengambil obyek berupa Proyek Pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia. Pengamatan dilakukan dengan meninjau titik bor dalam yang ada di Proyek Pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia. Analisis likuifaksi pada penelitian ini menggunakan metode Youd-Idriss (2001), metode Seed, *et al* (1976) dan metode Valera-Donovan (1977).

Berdasarkan tinjauan dari penelitian-penelitian terdahulu diatas, maka penelitian mengenai analisis likuifaksi di Proyek Pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan metode Youd-Idriss (2001), metode Seed, *et al* (1976) dan metode Valera-Donovan (1977) belum pernah dilakukan.

# BAB III
# LANDASAN TEORI

## 3.1 Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi satu sama lain dan dari bahan- bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang- ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das,1994).

Tanah juga dapat diartikan sebagai himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relative lepas (loose), yang terletak di atas batuan dasar (bedrock). Pembentukan tanah berawal dari perubahan batuan menjadi partikel-pertikel yang lebih kecil akibat adanya pengaruh dari alam seperti angin, erosi, manusia atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca.

Bowles (1986) mengatakan bahwa tanah pasir meupakan tanah yang memiliki ukuran partikel batuan berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, untuk pasir kasar berkisar dari 5 mm sampai 3 mm, dan pasir halu memiliki ukuran dibawah 1mm (<1 mm). Tanah pasir termasuk dalam tanah tidak kohesif, tanah tidak kohesif adalah apabila butir-butir tanah terpisah-pisah sesudah dikeringkan dan hanya bersatu apabila berada dalam keadaan basah karena gaya tarik permukaan di dalam air.

## 3.2 Likuifaksi

Fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat getaran gempa disebut likuifaksi. Likuifaksi terjadi apabila adanya cairan yang masuk kedalam tanah sehingga tanah tidak mampu menopang beban yang ada di atasnya. Hal ini disebabkan oleh adanya beban siklik ketika terjadi gempa, sehingga tekanan air pori meningkat mendekati atau melampaui tegangan vertikal. Apabila tekanan air meningkat mana jarak antar partikel pasir menjadi semakin renggang, yang dapat menyebabkan kekuatan totalnya berkurang drastis. Dapat dikatakan bahwa

likuifaksi juga merupakan persitiwa perubahan sifat tanah dari sifat *solid* menjadi sifat menyerupai *liquid*.

Idriss, I & Boulanger (2008) mengatakan bahwa likuifaksi adalah hilangnya kekuatan tanah akibat kenaikan tegangan air pori dan turunnya tekanan efektif dari lapisan tanah yang timbul akibat beban siklik. Akibat struktur tanah pasir menerima tegangan geser yang berturut-turut sehingga struktur tanah pasir memadat, tetapi karena peristiwa siklik ini terjadi dengan waktu sangat cepat maka proses pemadatan tidak terjadi dan tegangan pori meningkat.

Beberapa kerusakan berat ataupun kerusakan total pada bangunan dapat terjadi akibat adanya peristiwa likuifaksi ini. Youd (1980) meninjau bahwa kerusakan ringan terjadi apabila pergeseran tanah yang disebabkan oleh likuifaksi terjadi sejauh 50-100 mm, kerusakan sedang terjadi apabila adanya pergeseran tanah sejauh 120-600 mm, serta kerusakan berat akibat adanya likuifaksi terjadi apabila adanya pergeseran tanah sejauh lebih dari 760 mm.

### 3.2.1 Definisi Likuifaksi

Likuifaksi merupakan kondisi ketika tanah mendapat beban siklik, misalnya beban yang diakibatkan oleh gempa, sehingga mengakibatkan tanah tersebut berdeformasi dari solid menjadi cair atau yang sering dikatakan menjadi bubur. Tanah yang rentan mengalami likuifaksi adalah tanah berjenis pasir atau tanah kepasiran. Tanah pasir berarti memiliki nilai kohesif rendah atau tidak kohesif dan juga tersaturasi. Maksud dari tanah tidak kohesif adalah keadaan ketika ruang atau celah antar partikel tanah terisi oleh air. Air yang masuk kedalam celah antar partikel tanah tersebut akan menyebabkan tidak adanya ikatan atau *interlocking* antar partikel tanah tersebut.

Tekanan air tanah juga berpengaruh dalam terjadinya likuifaksi. Sebelum terjadinya gempa, nilai tekanan air tanah relatif rendah. Setelah gempa terjadi maka nilai tekanan air tanah akan tinggi atau naik sehingga menyebabkan lepasnya ikatan antar partikel tanah tersebut.

Pada suatu lapisan tanah pasir dan jenuh air, pengaruh dari getaran gempa atau beban siklik, akan mengalami perubahan sifat tanah yaitu dari sifat *solid* ke

sifat *liquid,* sehingga mengakibatkan berkurangnya tegangan efektif tanah tersebut kehilangan daya dukungnya. Hal ini dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.1 sebagai berikut :

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

keterangan:

σ’ = tegangan efektif

σ = tegangan total (berat permukaan tanah)

u = tekanan air pori

Penurunan modulus geser pasir terjadi seiring dengan turunnya tegangan efektif dan kekuatan geser pasir menurun seiring dengan tegangan efektif. Hal tersebut mengakibatkan tanah terkesan menjadi cair atau berubah menjadi lumpur. Pada kasus yang lebih ekstrim, tegangan efektif bisa bernilai nol. Definisi tegangan efektif adalah apabila terjadinya gaya antar partikel-partikel pasir. Tegangan efektif bernilai nol menandakan tidak adanya gaya antar partikel pasir tersebut. Karena tegangan efektif bernilai nol maka tanah akan berubah menjadi encer sehingga tidak mampu menopang beban yang berada diatasnya. Hal ini dapat menyebabkan amblasnya bangunan, bangunan mengalami kemiringan, longsor, bahkan dapat menyebabkan bangunan tenggelam kedalam tanah.

### 3.2.2 Faktor Terjadinya Likuifaksi

Beberapa faktor yang memengaruhi potensi likuifaksi pada tanah sebagai berikut.

1. Jenis tanah

   Khusus untuk tanah tidak kohesif seperti pasir lepas, jika bergradasi seragam maka kerentanan likuifaksinya besar jika dibandingkan dengan yang bergradasi baik. Klasifikasi gradasi tanah dapat dilakukan dengan mengetahui distribusi ukuran butirannya dari analisis saringan.

2. Kerapatan relative atau angka pori

   Untuk jenis tanah dengan angka pori atau kerapatan yang relatif kecil maka rentan terhadap terjadinya likufaksi. Pada gempa bumi di kota Nigata, Jepang,

pada tahun 1964, peristiwa likuifaksi banyak terjadi di areal tanah berpasir dengan kerapatan relatif sebesar 50% dan tidak terjadi pada areal dengan kerapatan relatif sebesar di atas 70%. Untuk berbagai uji laboratorium faktor tersebut selalu digunakan sebagai parameter uji potensi likuifaksi.

3. Tekanan batas

   Potensi likuifaksi tanah menurun dengan meningkatnya tekanan batas. Sejumlah uji laboratorium memperlihatkan bahwa diperlukan tegangan yang besar dengan meningkatnya tekanan batas untuk menyebabkan terjadinya likuifaski pada kondisi pembebanan ulang alik di laboratorium.

4. Intensitas gempa

   Tingkat kerentanan suatu tanah mengalami peristiwa likuifaksi juga tergantung kepada megnitudo tegangan dan regangan yang diakibatkan oleh gempa bumi yang berhubungan dengan intensitas gempa bumi.

5. Durasi gempa

   Durasi gempa merupakan faktor penting untuk menentukan potensi peristiwa likuifaksi yang terjadi pada tanah, karena faktor ini menentukan jumlah ulang alik tegangan yang diberikan terhadap tanah untuk menyebabkan likuifaksi pada kondisi pembebanan ulang alik di laboratorium.

### 3.2.3 Syarat Terjadinya Likuifaksi

Tanah yang tidak berpotensi terkena likuifaksi adalah tanah yang tidak memenuhi syarat-syarat berikut ini. Likuifaksi terjadi pada tanah atau lahan yang tidak padat, seperti tanah berpasir. Tanah berjenis ini cenderung tidak padat sehingga memiliki banyak rongga. Syarat lainnya yaitu sumber air yang dangkal.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa syarat-syarat terjadinya likuifaksi pada suatu wilayah adalah:

1. lapisan tanah berupa pasir atau lanau,
2. lapisan tanah jenuh air,
3. lapisan tanah bersifat lepas atau tidak padat,
4. terjadi gempa bermagnitudo diatas 5,0 SR, dan
5. berkecepatan gempa lebih dari 0,1 g.

### 3.2.4 Dampak Terjadinya Likuifaksi

Likuifaksi dapat menimbulkan kerusakan yang luas pada bangunan dan sarana infrastruktur di wilayah yang terkena likuifaksi tersebut. Peristiwa likuifaksi dapat menimbulkan amblesan, keruntuhan, *titling* pada bangunan, retakan tanah, kelongsoran dan lain-lain.

Saat likuifaksi terjadi, kekuatan tanah menjadi berkurang dan kemampuan tanah untuk mendukung pondasi dari bangunan diatasnya akan berkurang pula. Likuifaksi juga dapat menimbulkan pergesaran pada dinding penahan tanah.

## 3.3 Metode Evaluasi Potensi Likuifaksi

Dalam melakukan evaluasi potensi likuifaksi dapat dilakukan dengan menggunakan uji beban siklik pada sampel tanah tak terganggu atau bisa juga dengan cara pengukuran karakteristik likuifaksi pada tanah menggunakan beberapa prosedur pengujian lapangan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi likuifaksi menggunakan data N-SPT dengan menggunakan tiga metode yaitu metode Youd-Idriss (2001), Seed *et*.al (1976), dan Valera-Donovan (1977). Prosedur evaluasi likuifaksi standarnya membutuhkan nilai rasio tegangan siklik dan nilai rasio tahanan siklik yang bisa didapatkan dari nilai CPT (sondir), SPT (bor dalam), *shear velocity*, dan beberapa uji tanah lainnya termasuk *becker penetration test*. Pelaksanaan penelitian ini dibatasi dengan menggunakan analisis data dari hasil pengujian SPT saja.

Dalam menghitung potensi likuifaksi yang terjadi di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia digunakan tiga metode, yaitu Metode Youd-Idriss (2001), Metode Seed *et al* (1976) dan Metode Valera-Donovan (1977).

### 3.3.1 Analisis Nilai SPT

SPT (*Standar Penetration Test)* adalah salah satu pengujian tanah yang dilakukan dengan sistem dinamis yang bertujuan untuk memberikan informasi mengenai data-data yang biasa digunakan untuk penyelidikan tanah di bidang geoteknik. Luaran dari pengujian ini berupa nilai kepadatan tanah. Untuk mendapatkan nilai yang dibutuhkan dalam penyelidikan potensi likuifaksi, maka diperlukan analisan terhadap nilai SPT terlebih dahulu.

Langkah yang perlu dilakukan untuk menganalisa nilai SPT lapangan agar mendapat nilai SPT terkoreksi yaitu pada Persamaan (3.2).

$$(N1)_{60} = \text{Nm x CN x CE x CB x CR x CS} \quad (3.2)$$

keterangan:

$(N1)_{60}$ = Nilai N-SPT yang dikoreksi terhadap prosedur pengujian lapangan

Nm = diukur ketahanan penetrasi standar

CN = faktor normalisasi Nm terhadap tegangan *overburden*

CE = koreksi untuk palu rasio energi (ER)

CB = faktor koreksi untuk diameter lubang bor

CR = faktor koreksi untuk panjang batang

CS = koreksi untuk *samplers liners*

Nilai-nilai faktor koreksi yang dibutuhkan dalam analisis nilai SPT dapat dilihat pada Tabel 3.3 koreksi nilai SPT yang dikemukakan oleh Skempton (1986), Tabel 3.3 nilai Efisiensi Hammer yang dikemukakan oleh Clayton (1990) dan Tabel 3.4 Faktor Normalisasi Koreksi Tegangan *Overburden* Efektif sebagai berikut.

**Tabel 3. 1 Faktor Koreksi Borehole, Sampler dan Rod**

| Factor | Equipment Variables | Value |
|---|---|---|
| *Borehole diameter factor,* Cb | 2.5-5.5 in (65-115 mm) | 1 |
| | 6 in (150 mm) | 1.05 |
| | 8 in (200 mm ) | 1.15 |
| *Sampling method factor*, Cs | *Standard sampler* | 1 |
| | *Sampler without liner (not recommended)* | 1.2 |
| *Rod length factor,* Cr | 10-13 ft (3-4 m) | 0.75 |
| | 13 - 20 ft (4-6 m) | 0.85 |
| | 20-30 ft (6-10 m) > 30 ft | 0.95 |
| | (>10 m) | 1 |

(Sumber: Skempton, 1986)

**Tabel 3. 2 SPT Hammer Efficiency**

| *Country* | *Hammer Type* | *Hammer Realese Mechanism* | *Hammer efficiency*, EM |
|---|---|---|---|
| Argentina | Donut | Cathead | 0.45 |
| Brazil | Pin Weight | Hand Dropped | 0.72 |
| China | Automatic | Trip | 0.6 |
| | Donut | Hand Dropped | 0.55 |
| | Donut | Cathead | 0.5 |
| Coloumbia | Donut | Cathead | 0.5 |
| Jepang | Donut | Tombi Triger | 0.78-0.85 |
| | Donut | Cathead 2 urn + Pecial realise | 0.65-0.67 |
| UK | Automatic | Trip | 0.73 |
| USA | Safety | 2 turns on cathead | 0.55-0.60 |
| Venezuela | Donut | 2 turns on cathead | 0.45 |
| | Donut | Cathead | 0.43 |

(Sumber: Clayton, 1990)

### 3.3.2 Metode Youd-Idriss (2001)

Dalam metode ini, Youd dan Idriss menggunakan nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio)* dan CSR (*Cyclic Stress Ratio)*. CRR merupakan nilai yang dapat menentukan ketahanan tanah untuk menahan likuifaksi itu sendiri. Atau CRR dpat dikatakan kapasitas tahanan tanah dari tegangan siklik yang terjadi pada daerah tersebut yang dapat memicu terjadinya likuifaksi pada daerah yang ditinjau. Nilai ini dapat diperoleh dari data CPT (*Cone Penetration Test*), SPT (*Standard Penetration Test*), BPT (*Becker Penetration Test)* dan Vs (*Shear Wave Velocity*). Dalam penelitian ini penulis menggunakan data SPT. Sedangakan CSR merupakan perbandingan antara tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh gempa dengan tegangan vertikal efektif di tiap lapisan. Nilai ini dipengaruhi oleh lapisan tanah yang sangat dipengaruhi oleh nilai percepatan gempa (a).

Metode CRR yang digunakan dalam metode ini sebagai berikut pada Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7 berikut.

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34-(N1)60cs} + \frac{(N!)60cs}{135} + \frac{50}{[(10\,(N1)60cs+45)^2]} + \frac{1}{200} \quad (3.6)$$

$$CRR = CRR_{7,5} \,.\, MSF \quad (3.7)$$

Nilai $CRR_{7,5}$ merupakan nilai CRR yang dihitung saat magnitude momen gempa ($M_w$) sebesar 7,5 SR.

Nilai MSF (Magnitude Scale Factor) menurut Youd-Idriss (2001) dapat dicari dengan menggunakan rumus pada Persamaan 3.8 berikut.

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{Mw^{2.56}} \quad (3.8)$$

keterangan:

$M_w$ : Magnitude momen gempa

Nilai (N1)60cs dapat dicari menggunakan Persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$((N1)_{60cs} = \alpha + \beta\ (N1)_{60cs} \quad (3.10)$$

Nilai α dan β dipengaruhi oleh nilai persentase FC (*Fines Content*),

α = 0, β = 1, FC ≤ 5%,

α = exp(1.76-190/FC$^2$) 5% < FC < 35 %,

β = [0.99 – (FC$^{1,5}$/1000)] 5% < FC < 35 %,

α = 5.0 β = 1.2 FC ≥ 35 %

Rumus perhitungan CSR pada metode ini dapat dilihat pada Persamaan 3.11 berikut.

$$CSR = (\tau_{av} / \sigma'_{vo}) = 0.65\ (a_{max}/ g)\ (\sigma_{vo}/ \sigma'_{vo})\ rd \quad (3.11)$$

keterangan:

$a_{max}$ = percepatan tanah maksimum akibat gempa

g = gravitasi

$\sigma'_{vo}$ = tegangan *overburden* vertikal efektif

$\sigma_{vo}$ = tegangan total vertikal *overburden*

rd = koefisien tegangan reduksi

Untuk mencari nilai rd (reduksi tegangan) dengan metode Youd-Idriss (2001) dapat dilihat pada Persamaan 3.12, Persamaan 3.13 dan Persamaan 3.14 berikut.

$$rd = 1.0 - 0.00765z \text{ untuk } z \leq 9.15 \text{ m} \quad (3.12)$$

$$rd = 1.174 - 0.0267z \text{ untuk } 9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m} \quad (3.13)$$

$$rd = 0.744 – 0.008z \text{ untuk } 23\text{m} < z < 30 \text{ m} \quad (3.14)$$

Dilanjutkan dengan menganalisis Faktor keamaan. Faktor keamanan merupakan hasil dari perbandingan antara nilai CSR dengan CRR. Pada dasarnya perhitungan yang digunakan adalah metode korelasi empiris yang disepakati dalam *workshop* mengenai CRR oleh NCEER tahun 1996 dan tahun 1998, yang dimuat

dalam jurnal *Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, volume 127, nomor 10, Oktober 2001, (halaman 817-833). Faktor keamanan (FS) yang digunakan tidak diperkenankan bernilai kurang dari satu. Apabila nilai FS kurang dari satu maka dapat dikatakan bahwa tanah tersebut mengalami likuifaksi. Perhitungan nilai FS dapat dilihat pada Persamaan 3.15 berikut.

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (3.15)$$

keterangan :

Jika FS < 1, terjadi likuifaksi

Jika FS = 1, kondisi kritis

Jika FS > 1, Tidak terjadi likuifaksi

### 3.3.3 Metode Seed, *et al* (1976)

Metode yang biasa juga dikenal sebagai metode Seed, Martin & Lysmer (1976) adalah metode analisis likuifaksi yang dilakukan dengan berbasis pada nilai jumlah getaran ekivalen (Neq) dan nilai jumlah getaran yang dibutuhkan untuk mencapai likuifaksi pada tanah tersebut (NL). Nilai Neq atau nilai jumlah getaran dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

**Tabel 3.5 Hubungan Nilai Skala Richter dengan Nilai Jumlah Getaran**

| Magnitude Skala Richter | Nilai Jumlah getaran (Neq) |
|---|---|
| 5,6-6,0 | 5 |
| 6,5 | 8 |
| 7 | 12 |
| 7,5 | 20 |
| 8 | 30 |

(Sumber : Seed *et.al,* )

Apabila nilai dari jumlah getaran ekivalen yang disebabkan oleh gempa (Neq) lebih kecil dari jumlah getaran yang dibutuhkan untuk mencapai likuifaksi (NL), maka pada tanah tersebut tidak akan terjadi likuifaksi. Apabila nilai dari jumlah

getaran ekivalen yang disebabkan oleh gempa (Neq) lebih besar dari jumlah getaran yang dibutuhkan untuk mencapai likuifaksi (NL), maka pada tanah tersebut akan terjadi likuifaksi. Neq < NL tidak dimungkinkan untuk terjadi likuifaksi, dan Neq > NL dimungkinkan untuk terjadi likuifaksi.

Nilai NL dapat dianalisis menggunakan Persamaan 3.17 berikut.

$$NL = \left[\frac{0{,}4697 \;.\; Dr.\sigma_{vo}'}{\tau_{eq}}\right]^{5{,}5402} \tag{3.17}$$

dengan:

NL = jumlah getaran yang diperlukan untuk mencapai likuifaksi

Dr = densitas relative

$\tau_{eq}$ = *cyclic shear stress equivalen*

$\sigma_{vo}$' = tegangan efektif lapisan

apabila hasil uji lapangan N-SPT pada lapisan pasir akan dianalisis potensi atau kemungkinan likuifaksinya, densitas relative (Dr) dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.18 dan Persamaan 3.19 Pendekatan Bazaraa (1967) berikut .

untuk $\sigma_{vo} \leq 71{,}82$ kN/m2 :

$$Dr = \sqrt{\left(\frac{N}{20(1+0{,}04177.\sigma_{vo}}\right)} \tag{3.18}$$

untuk $\sigma_{vo} \geq 71{,}82$ kN/m$^2$ :

$$Dr = \sqrt{\left(\frac{N}{20(3{,}25+0{,}01044.\ \sigma_{vo}}\right)} \tag{3.19}$$

dengan:

$\sigma_{vo}$ = tegangan total lapisan tanah

Dr = relative density

N = nilai N-SPT hasil uji lapangan

Nilai $\tau_{eq}$ dan τmaks dapat dianalisis dengan Persamaan 3.20 dan Persamaan 3.21 berikut.

$$\tau_{eq} = 0{,}65\ \tau_{max} \quad (3.20)$$

dan

$$\tau_{max} = \frac{\sigma vo}{g} . a_{max} . rd \quad (3.21)$$

dengan:

$\tau_{max}$ = *cyclic shear stress* maksmimum

g = percepatan gravitasi

$a_{max}$ = percepatan maksimum muka tanah

rd = faktor reduksi = 1-0,015 z, z adalah kedalaman tanah yang ditinjau

### 3.3.4 Metode Valera – Donovan (1977)

Dalam metode ini Valera dan Donovan (1977) menyajikan hubungan antara getaran yang diakibatkan oleh gempa bumi yang menyebabkan adanya *cyclic liquefaction* dengan nilai tahanan N-SPT dari lapisan tanah yang jenuh dengan air. Metode ini dilakukan dengan menentukan nilai kritis dari tahanan N-SPT (Ncrit) untuk mentukan apakah tanah tersebut mengalami likuifaksi atau tidak. Apabila N-SPT (N) < Ncrit, maka tanah tersebut berpotensi mengalami likuifaksi. Apabila nilai N-SPT (N) > Ncrit, maka tanah tersebut tidak memiliki potensi mengalami likuifaksi. Untuk mencari nilai dari Ncrit dalam metode ini, maka digunakan Persamaan 3.22 berikut.

$$Ncrit = \eta\ [1+0{,}125(ds-3)-0.05(dw-2)] \quad (3.22)$$

keterangan :

Ncrit = nilai kritis dari nilai N-SPT

ds = kedalaman lapisan tanah yang ditinjau

dw = kedalaman muka air tanah dari muka tanah

$\eta$ = fungsi dari intensitas getaran yang disebabkan oleh gempa yang dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

**Tabel 3. 6 Hubungan Skala MMI dengan Nilai η**

| *Modified Mercalli Intencity (MMI)* | η (blow/feet) |
|---|---|
| VII | 6 |
| VIII | 10 |
| IX | 16 |

(Sumber: Valera-Donovan, 1977)

Skala MMI tersebut ditentukan dengan berdasar pada kerusakan bangunan hal-hal yang dirasakan oleh manusia yang diakibatkan oleh gempa bumi. perbandingan Magnitude Skala Richter dengan MMI disajikan pada Tabel 3.7 berikut.

**Tabel 3. 7 Perbandingan Magnitudo Skala Richter dengan Skala MMI**

| MAGNITUDE SKALA RICHTER | INTENSITAS MAKSIMUM SKALA MMI |
|---|---|
| 1 | - |
| 2 | I,II |
| 3 | III |
| 4 | IV, V |
| 5 | VI,VII |
| 6 | VIII |
| 7 | IX,X |
| 8 | X |

(Sumber: http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mag_vs_int.php, 2022)

# BAB IV
# METODE PENELITIAN

## 4.1 Tahapan Penelitian

Dalam proses penyusunan penelitian ini, ada beberapa tahapan yang penulis lakukan. Tahapan tersebut meliputi sebagai berikut.

1. Tahap penghimpunan data, dalam tahapan ini dilakukan pengumpulan data tanah baik itu data uji lapangan dan data uji laboratorium dari Proyek Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia yang terletak di Jalan Srandakan No.KM, RW. 5, Jodog, Wijirejo, Kecamatan Pandak, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Data tanah tersebut didapat dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Tahapan analisis dan pengolahan data. Pada tahap ini dilakukan olah data untuk mengevaluasi potensi likuifaksi pada Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan bantuan program komputer berupa Microsoft Excel untuk menganalisis nilai CSR dan CRR pada metode Youd-Idriss (2001), nilai NL pada metode Seed *et al* (1975 dan nilai Ncrit pada metode Valera-Donovan (1977).
3. Tahapan penulisan. Dalam tahapan ini dilakukan penulisan laporan berdasarkan hasil dari pengolahan data dengan berdasar dengan aturan yang sudah ditentukan. Penarikan kesimpulan akan dilakukan berdasar pada teori yang digunakan.

## 4.2 Analisis Data

Proses analisis data adalah metode yang dilakukan untuk menyederhanakan dan memudahkan dalam memahami data yang diperoleh. Data yang sudah diperoleh kemudian dianalisis sesuai dengan prosedur yang sudah ditentukan sebelumnya. Untuk analisis pada Tugas Akhir ini dilakukan dengan membandingkan hasil evaluasi potensi likuifaksi pada Rumah Sakit Universitas

Islam Indonesia pada masing-masing metode yaitu, metode Youd- - Idriss (2001), Metode Seed, *et al* (1976) dan Metode Valera-Donovan (1977) . Perhitungan yang digunakan dalam analisis potensi likuifaksi ini menggunakan nilai CRR dan CSR pada metode Youd-Idriss (2001), nilai NL dan Neq pada metode Seed, *et al* (1976) dan nilai Ncrit pada metode Valera-Donovan (1977).

Sudah disebutkan bahwa data yang digunakan dalam analisis potensi likuifaksi ini merupakan data N-SPT serta meninjau pada Mw gempa sebesar 6,3.

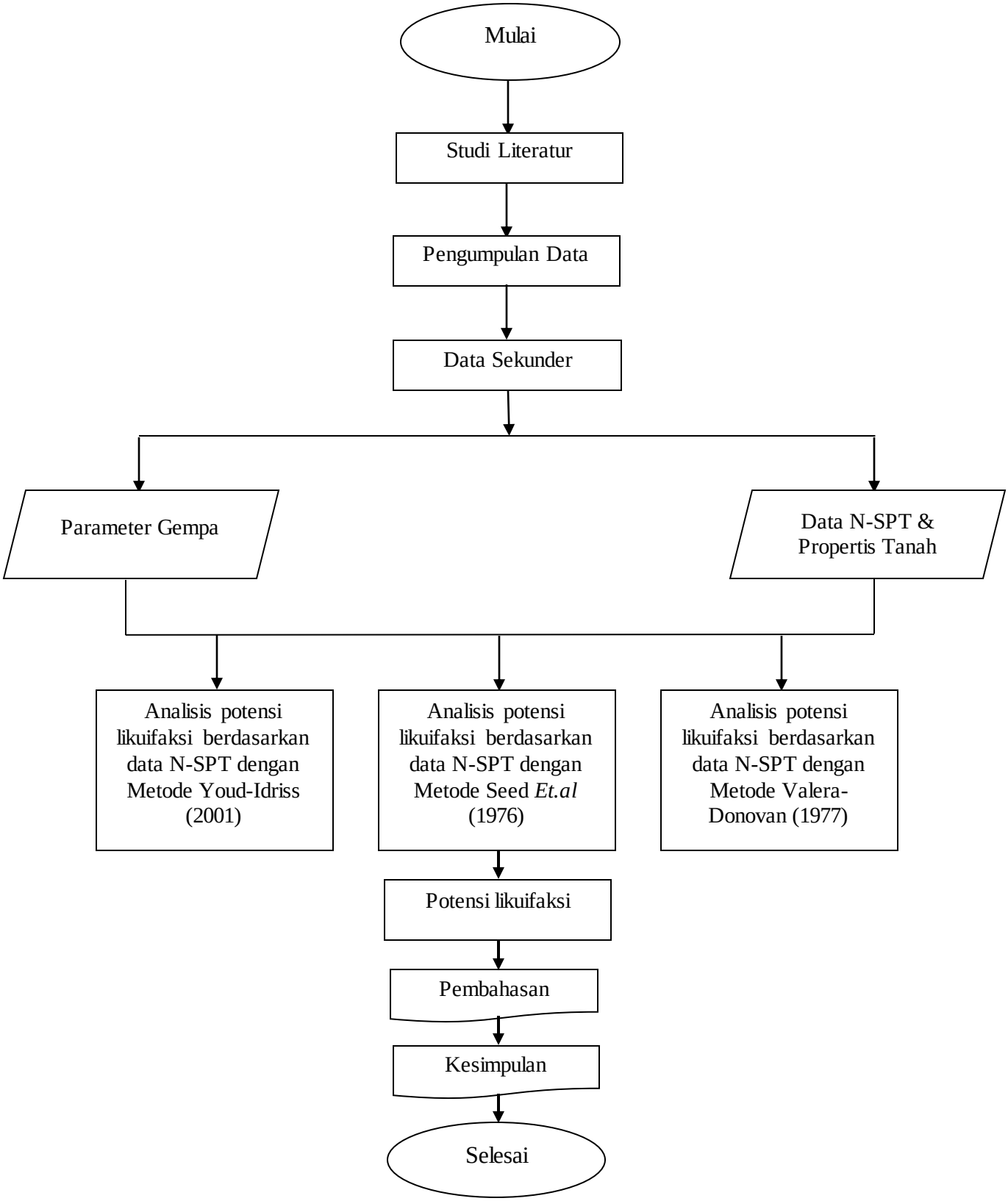
### 4.2.1 Analisis Data SPT

Berikut adalah tahapan yang dilakukan untuk menganalisis data SPT.

1. Keberadaan tanah harus dibawah muka air tanah.
2. Dengan menggunakan nilai dari parameter tanah dari faktor koreksi normalisasi $(N_1)_{60}$, maka dapat dilakukan analisis nilai *cyclic resistance ratio* (CRR) untuk metode Youd-Idriss (2001). Nilai NL untuk metode Seed, *et al (*1976), serta nilai Ncrit pada metode Valera-Donovan (1977).
3. Tahapan selanjutnya adalah menganalisis nilai *cyclic stress ratio* (CSR) untuk metode Youd-Idriss (2001), menganalisis nilai Neq pada metode Seed, *et al* (1976), dan menganalisis nilai Ncrit Valera-Donovan (1977).
4. Dengan didapatinya nilai CSR dan CRR (untuk metode Youd-Idriss (2001) dan Idriss-Boulanger (2008)) serta nilai Neq dan NL (untuk metode Seed, *et al* (1976)), maka dapat dilakukan analisis nilai faktor keamanan (FS),
5. Pada penelitian ini digunakan 2 titik tinjauan berdasarkan data SPT, dan memang untuk titik *deep boring* pada Proyek Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia hanya ada 2 titik.

## 4.3 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian secara umum dapat dilihat dengan urutan pada bagan alir seperti Gambar 4.1 berikut. (pada halaman selanjutnya)




**Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian**

# BAB V
# ANALISIS DAN PEMBAHASAN

## 5.1 Analisis Potensi Likuifaksi

### 5.1.1 Data Umum

Penelitian ini memiliki objek yang berada di Proyek Rumah Sakit Akademik Universitas Islam Indonesia yang terletak di Jalan Srandakan, RW.5, Jodog, Wijirejo, Kecamatan Pandak, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Pengeboran dilakukan sebanyak 2 (dua) titik menggunakan bor mesin dengan kedalaman 26 meter.
2. Uji penetrasi dinamis atau *Standard Penetration Test* dilakukan pada setiap lubang bor dengan interval kedalaman 2 meter.
3. Pengambilan contoh tanah berupa tanah *undisturb*. Sampel tanah ini dilakukan untuk perubahan jenis tanah atau pada kedalaman tertentu yang dianggap mewakili sebagai kebutuhan desain pondasi.

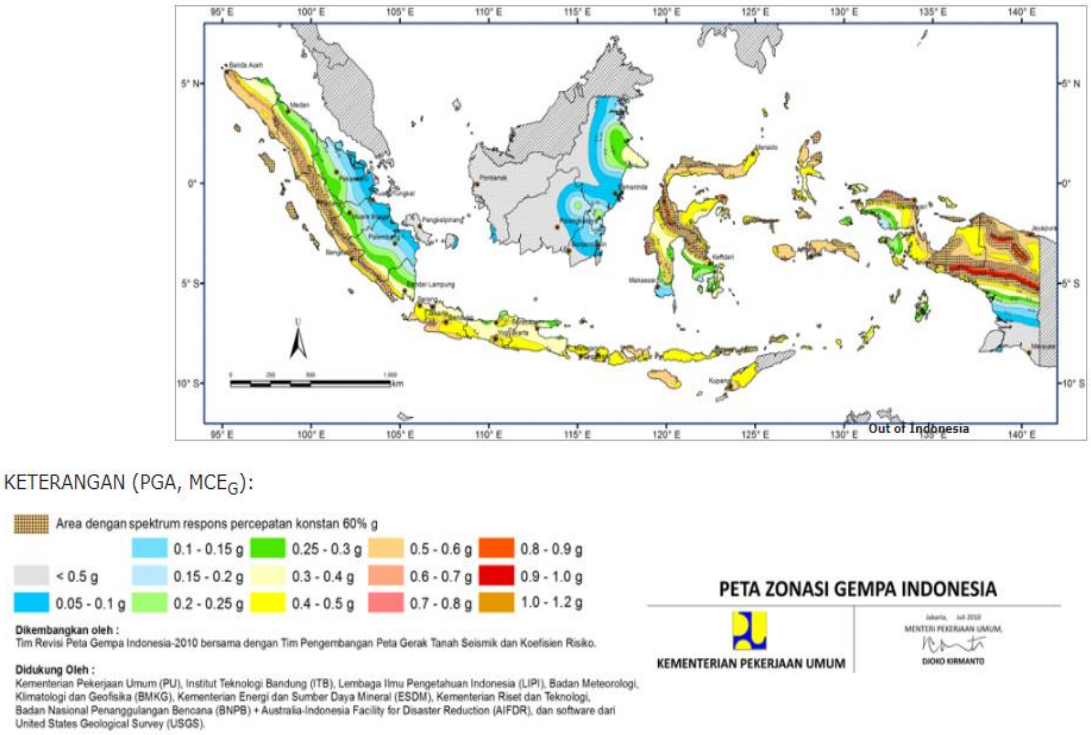
   Lokasi survei geoteknik dapat dilihat pada Lampiran 1.

### 5.1.2 Peta Wilayah Gempa

Dalam mengetahui potensi likuifaksi yang terjadi, maka cara mendapatkannya adalah dengan mencari nilai faktor keamanan dari hasil perbandingan nilai kekuatan tanah terhadap beban siklis yang diakibatkan oleh gampa bumi dengan nilai tegangan yang disebabkan oleh gempa bumi.

Untuk nilai CSR pada metode Youd-Idriss (2001) dan Idriss-Boulanger (2008) serta nilai Neq pada metode Seed *et.al* (1976) diambil berdasarkan besarnya kekuatan gempa bumi yang terjadi pada suatu zona tersebut, hal ini diambil berdasarkan daerah atau lokasi tempat didirikannya Rumah Sakit Akademik Universitas Islam Indonesia yaitu di Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dengan menggunakan Peta Wilayah Gempa Indonesia SNI 1726-2012, daerah Bantul

memiliki nilai PGA sebesar (diambil nilai PGA= 0.5 g ). Detailnya dpat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.




**Gambar 5. 1 Peta Wilayah Gempa Indonesia Menurut SNI 1726-2012**
(Sumber: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)

### 5.1.3 Data Tanah

Lokasi dari titik bor dalam yang dilakukan di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia terdapat 2 titik yaitu titik BM-01 dan titik BM-02 dengan keberadaan muka air tanah pada kedalaman 0,82 meter. Untuk data tanah yang yang berada di titik BM-01 dan BM-02 dapat dilihat pada Tabel 5.1 Data SPT berikut. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2 .

**Tabel 5. 1 Data SPT Tanah**

| No | kedalaman (m) | BM-01 | | BM-02 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Penetrasi (cm) | Nilai NSPT | Penetrasi (cm) | Nilai NSPT |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 30 | 27 | 30 | 50 |
| 3 | 4 | 30 | 25 | 30 | 14 |
| 4 | 6 | 30 | 27 | 30 | 26 |
| 5 | 8 | 30 | 43 | 30 | 29 |
| 6 | 10 | 30 | 32 | 30 | 33 |
| 7 | 12 | 30 | 40 | 30 | 41 |
| 8 | 14 | 30 | 12 | 30 | 12 |
| 9 | 16 | 30 | 22 | 30 | 13 |
| 10 | 18 | 30 | 16 | 30 | 19 |
| 11 | 20 | 30 | 82 | 30 | 104 |
| 12 | 22 | 30 | 100 | 30 | 107 |
| 13 | 24 | 30 | 74 | 30 | 60 |
| 14 | 26 | 30 | 57 | 30 | 66 |

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Sipil FTSP UII, 2015)

### 5.1.4 Analisis Data SPT

Untuk kemudahan dalam menganalisis data SPT pada kedua titik tanah tersebut, maka digunakan bantuan program 45ensity45 dalam pelaksanaanya. Program tersebut ialah Microsoft Excel.

Berikut merupakan analisis data SPT yang diambil contoh pada titik BM-01.

Kedalaman lapisan : 26 meter

Muka air tanah : 0.82 meter

Percepatan gravitasi : 9.81 $m/s^2$

Berat volume air ($\gamma_w$) : 9.81 $kN/m^3$

1. Menganalisis nilai tegangan vertikal efektif ($\sigma'_v$)

   a. Lapisan 1

      Tegangan total ($\sigma_{v1}$) $= h \times \gamma$

      $= 1.18 \times 17.927$

      $= 35.854\ kN/m^2$

      Tekanan angka pori (u) $= h_w \times \gamma_w$

= 1,18 x 9,81

= 11,576 kN/$m^2$

Tegangan efektif ($\sigma'_v$) = $\sigma$ – u

= 35,854 – 11,576

= 24,279 kN/$m^2$

$\sigma_v/\sigma'$ = 35,854 / 24,279

= 1,477

b. Lapisan 2

Tegangan total ($\sigma_{v2}$) = $\sigma_1$ + (h x $\gamma$)

= 32,854 + ( 2 x 17,927 )

= 71,709 kN/$m^2$

Tekanan angka pori (u) = $h_w$ x $\gamma_w$

= 3,18 x 9,81

= 31,196 kN/$m^2$

Tegangan efektif ($\sigma'_v$) = $\sigma$ – u

= 71,709 – 31,196

= 40,513 kN/$m^2$

$\sigma_v/\sigma'$ = 71,709 / 40,513

= 1,770

c. Lapisan 3

Tegangan total ($\sigma_{v3}$) = $\sigma_2$ + (h x $\gamma$)

= 71,709 + ( 2 x 17,927 )

= 107,563 kN/$m^2$

Tekanan angka pori (u) = $h_w$ x $\gamma_w$

= 5,18 x 9,81

= 50,816 kN/$m^2$

Tegangan efektif ($\sigma'_v$) = $\sigma$ – u

= 107,563 – 50,816

= 56,747 kN/$m^2$

$\sigma_v/\sigma'$ = 107,563 / 56,747

= 1,895

Untuk hasil dari perhitungan dari analisis nilai Tegangan efektif ($\sigma'_v$) lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

**Tabel 5. 2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Analisis Nilai tegangan Efektif Vertikal (σ'v)**

| Titik Bor | Kedalaman (H) (m) | nilai N | γ (kN/m$^3$) | σv (kN/m$^2$) | Tekanan Air Pori (u) (kN/m$^2$) | σ'v (kN/m$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BM-01 | 2 | 27 | 17.927 | 35.854 | 11.576 | 24.279 |
| | 4 | 25 | 17.927 | 71.709 | 31.196 | 40.513 |
| | 6 | 27 | 17.927 | 107.563 | 50.816 | 56.747 |
| | 8 | 43 | 17.927 | 143.418 | 70.436 | 72.982 |
| | 10 | 32 | 17.653 | 178.723 | 90.056 | 88.667 |
| | 12 | 40 | 17.653 | 214.028 | 109.676 | 104.352 |
| | 14 | 12 | 17.653 | 249.333 | 129.296 | 120.037 |
| | 16 | 22 | 18.516 | 286.364 | 148.916 | 137.449 |
| | 18 | 16 | 18.516 | 323.396 | 168.536 | 154.860 |
| | 20 | 82 | 18.584 | 360.564 | 188.156 | 172.408 |
| | 22 | 100 | 18.584 | 397.733 | 207.776 | 189.957 |
| | 24 | 74 | 18.584 | 434.901 | 227.396 | 207.505 |
| | 26 | 57 | 18.447 | 471.795 | 247.016 | 224.779 |

**Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Analisis Tegangan Vertikal Efektif (σ'v)**

| Titik Bor | Kedalaman (H) (m) | nilai N | γ (kN/m$^3$) | σv (kN/m$^2$) | Tekanan Air Pori (u) (kN/m$^2$) | σ'v (kN/m$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BM-02 | 2 | 50 | 17.927 | 35.854 | 11.576 | 24.279 |
| | 4 | 14 | 17.927 | 71.709 | 31.196 | 40.513 |
| | 6 | 26 | 17.927 | 107.563 | 50.816 | 56.747 |
| | 8 | 29 | 17.927 | 143.418 | 70.436 | 72.982 |
| | 10 | 33 | 17.927 | 179.272 | 90.056 | 89.216 |
| | 12 | 41 | 17.927 | 215.126 | 109.676 | 105.451 |
| | 14 | 12 | 17.927 | 250.981 | 129.296 | 121.685 |
| | 16 | 13 | 17.927 | 286.835 | 148.916 | 137.919 |
| | 18 | 19 | 17.927 | 322.690 | 168.536 | 154.154 |
| | 20 | 104 | 17.927 | 358.544 | 188.156 | 170.388 |
| | 22 | 107 | 17.927 | 394.398 | 207.776 | 186.623 |
| | 24 | 60 | 17.927 | 430.253 | 227.396 | 202.857 |
| | 26 | 66 | 17.927 | 466.107 | 247.016 | 219.091 |

2. Menganalisis nilai $N_{60}$

a. Lapisan 1

$N_{60}$ = Nm x $C_e$ x $C_r$ x $C_s$ x $C_b$ / 0,6

= 27 x 0,6 x 0,75 x 1 x 1,05 / 0,6

= 21,263

b. Lapisan 2

$N_{60}$ = Nm x $C_e$ x $C_r$ x $C_s$ x $C_b$ / 0,6

= 25 x 0,6 x 0,75 x 1 x 1,05 / 0,6

= 19,688

c. Lapisan 3

$N_{60}$ = Nm x $C_e$ x $C_r$ x $C_s$ x $C_b$ / 0,6

= 27 x 0,6 x 0,85 x 1 x 1,05 / 0,6

= 24,098

Untuk hasil dari perhitungan dari analisis nilai N-SPT lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut (pada halaman selanjutnya).

**Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai N60**

| Titik Bor | Kedalaman (H) (m) | nilai N | Ce | Cr | Cs | Cb | $N_{60}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM-01 | 2 | 27 | 0.6 | 0.75 | 1 | 1.05 | 21.263 |
| | 4 | 25 | 0.6 | 0.75 | 1 | 1.05 | 19.688 |
| | 6 | 27 | 0.6 | 0.85 | 1 | 1.05 | 24.098 |
| | 8 | 43 | 0.6 | 0.95 | 1 | 1.05 | 42.893 |
| | 10 | 32 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 33.600 |
| | 12 | 40 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 42.000 |
| | 14 | 12 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 12.600 |
| | 16 | 22 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 23.100 |
| | 18 | 16 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 16.800 |
| | 20 | 82 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 86.100 |
| | 22 | 100 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 105.000 |
| | 24 | 74 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 77.700 |
| | 26 | 57 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 59.850 |
| BM-02 | 2 | 50 | 0.6 | 0.75 | 1 | 1.05 | 39.375 |
| | 4 | 14 | 0.6 | 0.75 | 1 | 1.05 | 11.025 |
| | 6 | 26 | 0.6 | 0.85 | 1 | 1.05 | 23.205 |
| | 8 | 29 | 0.6 | 0.95 | 1 | 1.05 | 28.928 |
| | 10 | 33 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 34.650 |
| | 12 | 41 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 43.050 |
| | 14 | 12 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 12.600 |

**Lanjutan Tabel 5.3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai N60**

| Titik Bor | Kedalaman (H) (m) | nilai N | Ce | Cr | Cs | Cb | $N_{60}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM-02 | 16 | 13 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 13.650 |
| | 18 | 19 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 19.950 |
| | 20 | 104 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 109.200 |
| | 22 | 107 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 112.350 |
| | 24 | 60 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 63.000 |
| | 26 | 66 | 0.6 | 1 | 1 | 1.05 | 69.300 |

### 5.1.5 Analisis Potensi Likuifaksi Metode Youd-Idriss (2001)

Untuk menganalisis potensi likuifaksi yang berada di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan Metode Youd-Idriss (1975), maka dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Berikut merupakan analisis potensi likuifaksi yang dicontohkan pada titik BM-01.

1. Menghitung nilai $N1_{60cs}$

a. Lapisan 1

$C_N = \frac{2,2}{1,2+\frac{\sigma' v}{Pa}}$

$= \frac{2,2}{1,2+\frac{24,279}{100}}$

$= 1,525$

$N_{1(60)} = N_{60} \times C_N$

$= 21,263 \times 1,525$

$= 32,422$

$N1_{(60)cs} = \alpha + \beta\ (N1_{(60))}$

$= ( \exp(1,76 - (\frac{190}{FC^2})) ) + (0,99 + (\frac{FC^{1,5}}{1000})) \times N1(60)$

$= ( \exp(1,76 - (\frac{190}{22,615^2})) ) + (0,99 + (\frac{22,615^{1,5}}{1000})) \times 32,422$

$= 39,593$

b. Lapisan 2

$C_N = \frac{2,2}{1,2+\frac{\sigma' v}{Pa}}$

$= \frac{2,2}{1,2+\frac{40,513}{100}}$

$= 1,371$

$N_{1(60)} = N_{60} \times C_N$

$= 19,688 \times 1,371$

$= 26,984$

$N1_{(60)cs} = \alpha + \beta\ (N1_{(60)})$

$= ( \exp(1,76 - (\frac{190}{FC^2})) ) + (0,99 + (\frac{FC^{1,5}}{1000})) \times N1(60)$

$= ( \exp(1,76 - (\frac{190}{22,615^2})) ) + (0,99 + (\frac{22,615^{1,5}}{1000})) \times 26,984$

= 33,625

c. Lapisan 3

$C_N$ $= \frac{2,2}{1,2+\frac{\sigma' v}{Pa}}$

$= \frac{2,2}{1,2+\frac{56,747}{100}}$

= 1,245

$N1_{(60)}$ = N60 x $C_N$

= 24,098 x 1,140

= 48,898

$N1_{(60)cs}$ $= \alpha + \beta\ (N1_{(60)})$

$=( \exp(1,76 - (\frac{190}{FC^2})) ) + (0,99 + (\frac{FC^{1,5}}{1000})) \text{ x } N1(60)$

$= ( \exp(1,76 - (\frac{190}{22,615^2})) ) + (0,99 + (\frac{22,615^{1,5}}{1000})) \text{ x } 48,898$

= 36,929

2. Menghitung nilai *cyclic resistance ratio*

Untuk menghitung nilai *cyclic resistance ratio* dalam metode Youd-Idriss (2001) dapat dilakukan dengan Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7. Berikut adalah perhitungan nilai CRR yang dicontohkan pada beberapa lapis yang terletak di BM-01.

1) Lapisan 1

$CRR_{7.5}$ $= \frac{1}{34-(N1)60cs} + \frac{(N!)60cs}{135} + \frac{50}{[(10\ (N1)60cs+45)^2]} + \frac{1}{200}$

$= \frac{1}{34-39,475} + \frac{39,475}{135} + \frac{50}{[(10 \text{ x } 39,475 +45)^2]} + \frac{1}{200}$

= 0,110

MSF $= \frac{10^{2.24}}{Mw^{2.56}}$

$= \frac{10^{2.24}}{6,3^{2.56}}$

= 1,562

CRR $= CRR_{7,5}$ x MSF

= 0,110 x 1,562

= 0,171

2) Lapisan 2

$CRR_{7.5} = \frac{1}{34-(N1)60cs} + \frac{(N!)60cs}{135} + \frac{50}{[(10\,(N1)60cs+45)^2]} + \frac{1}{200}$

$= \frac{1}{34-33,478} + \frac{33,478}{135} + \frac{50}{[(10\,x\,33,478+45)^2]} + \frac{1}{200}$

$= 2,910$

$MSF = \frac{10^{2.24}}{Mw^{2.56}}$

$= \frac{10^{2.24}}{6,3^{2.56}}$

$= 1,562$

$CRR = CRR_{7,5}\ x\ MSF$

$= 2,160\ x\ 1,562$

$= 4,545$

3) Lapisan 3

$CRR_{7.5} = \frac{1}{34-(N1)60cs} + \frac{(N!)60cs}{135} + \frac{50}{[(10\,(N1)60cs+45)^2]} + \frac{1}{200}$

$= \frac{1}{34-36,722} + \frac{36,722}{135} + \frac{50}{[(10\,x\,36,722\,+45)^2]} + \frac{1}{200}$

$= 0,610$

$MSF = \frac{10^{2.24}}{Mw^{2.56}}$

$= \frac{10^{2.24}}{6,3^{2.56}}$

$= 1,562$

$CRR = CRR_{7,5}\ x\ MSF$

$= 0,635\ x\ 1,562$

$= 0,953$

3. Analisis nilai *cyclic strength ratio* (CSR)

$a_{max} = 0,5\ g$

Dalam metode Youd-Idriss (2001) untuk mencari nilai CSR, maka diperlukan nilai rd (nilai reduksi tegangan). Nilai rd dapat dilihat pada Persamaan 3. 12, Persamaan 3.13 dan Persamaan 3.14 serta untuk mencari nilai CSR dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11. Berikut perhitungan nilai rd dan CSR yang dicontohkan pada tiitk BM-01.

a. Lapisan 1

rd = 1 – (0,000765 x 2)

= 0.998

$\sigma_v/\sigma'$ = 35,854 / 24,279

= 1,477

CSR = 0,65 x $\frac{amax}{g}$ x $\frac{\sigma v}{\sigma' v}$ x rd

= 0,65 x 0,5 x 1,477 x 0,998

= 0,479

b. Lapisan 2

rd = 1 – (0,000765 x 4)

= 0,997

$\sigma_v/\sigma'$ = 71,709 / 40,513

= 1,770

CSR = 0,65 x $\frac{amax}{g}$ x $\frac{\sigma v}{\sigma' v}$ x rd

= 0,65 x 0,5 x 1,770 x 0,997

= 0,573

c. Lapisan 3

rd = 1 – (0,000765 x 6)

= 0,995

$\sigma_v/\sigma'$ = 107,563 / 56,74

= 1,895

CSR = 0,65 x $\frac{amax}{g}$ x $\frac{\sigma v}{\sigma' v}$ x rd

= 0,65 x 0,5 x 1,895 x 0,995

= 0,613

4. Analisis nilai faktor keamanan (FS)

Untuk menghitung nilai faktor keamanan likuifaksi dalam Metode Youd-Idriss (2001) dapat menggunakan Persamaan 3.15. Berikut adalah perhitungan nilai faktor keamanan (FS) yang dicontohkan di beberapa lapis pada titik BM-01.

a. Lapisan 1

FS = $\frac{CRR}{CSR}$

$= \frac{0,171}{0,479}$

= 0,358 (terjadi likuifaksi)

b. Lapisan 2

FS $= \frac{CRR}{CSR}$

$= \frac{4,545}{0,573}$

= 7,925 (tidak terjadi likuifaksi)

c. Lapisan 3

FS $= \frac{CRR}{CSR}$

$= \frac{0,953}{0,613}$

= 1,554 (tidak terjadi likuifaksi)

Dalam rangkaian hasil perhitungan nilai CRR dan CSR serta analisis nilai FS (faktor keamanan) didapat bahwa pada kedalaman 2 meter di titik BM-01 pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia nilai FS < 1 yang berarti tanah pada kedalaman 2 meter mengalami likuifaksi. Sedangkan pada kedalaman 4 meter dan 6 meter nilai FS > 1 yang berarti tanah tersebut tidak berpotensi mengalami likuifaksi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5. 4 berikut. (pada halaman selanjutnya).

**Tabel 5. 4 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Pada Titik BM-01 dengan Metode Youd- Idriss (2001)**

| Kedalaman (H) (m) | CN | N1(60) | N1 60CS | CRR | MSF | CSR | SF | JENIS TANAH | Ket. (Tsuchida, 1970) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1.525 | 32.422 | 39.593 | 0.171 | 1.562 | 0.479 | 0.358 | pasir sedang | Berpotensi |
| 4 | 1.371 | 26.984 | 33.625 | 4.545 | 1.562 | 0.573 | 7.925 | pasir sedang | Tidak berpotensi |
| 6 | 1.245 | 29.995 | 36.929 | 0.953 | 1.562 | 0.613 | 1.554 | lanau berpasir | Tidak berpotensi |
| 8 | 1.140 | 48.898 | 57.676 | 0.594 | 1.562 | 0.635 | 0.935 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 10 | 1.054 | 35.425 | 42.889 | 0.313 | 1.562 | 0.594 | 0.527 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 12 | 0.981 | 41.185 | 49.212 | 0.459 | 1.562 | 0.569 | 0.807 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 14 | 0.917 | 11.548 | 16.684 | 0.277 | 1.562 | 0.540 | 0.513 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 16 | 0.855 | 19.740 | 25.674 | 0.478 | 1.562 | 0.506 | 0.945 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 18 | 0.800 | 13.447 | 18.767 | 0.313 | 1.562 | 0.471 | 0.666 | lempung berlanau | Berpotensi |
| 20 | 0.752 | 64.779 | 75.107 | 0.823 | 1.562 | 0.435 | 1.893 | lempung berlanau | Tidak berpotensi |
| 22 | 0.710 | 74.526 | 85.805 | 0.955 | 1.562 | 0.399 | 2.392 | pasir sedang | Tidak berpotensi |
| 24 | 0.672 | 52.195 | 61.295 | 0.644 | 1.562 | 0.376 | 1.714 | pasir sedang | Tidak berpotensi |
| 26 | 0.638 | 38.190 | 45.924 | 0.393 | 1.562 | 0.366 | 1.074 | pasir kasar | Tidak berpotensi |

**Tabel 5. 5 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Pada Titik BM-02 dengan Metode Youd- Idriss (2001)**

| Kedalaman (H) (m) | CN | N1(60) | N1 60CS | CRR | MSF | CSR | SF | JENIS TANAH | Ket. (Tsuchida, 1970) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1.525 | 60.040 | 77.048 | 0.848 | 1.562 | 0.479 | 1.769 | pasir halus | Tidak berpotensi |
| 4 | 1.371 | 15.111 | 23.133 | 0.405 | 1.562 | 0.573 | 0.706 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 6 | 1.245 | 28.884 | 39.660 | 0.176 | 1.562 | 0.613 | 0.286 | pasir sedang | Berpotensi |
| 8 | 1.140 | 32.977 | 44.573 | 0.361 | 1.562 | 0.635 | 0.568 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 10 | 1.052 | 36.436 | 48.723 | 0.450 | 1.562 | 0.592 | 0.760 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 12 | 0.976 | 42.009 | 55.411 | 0.561 | 1.562 | 0.566 | 0.991 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 14 | 0.910 | 11.469 | 18.763 | 0.313 | 1.562 | 0.536 | 0.584 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 16 | 0.853 | 11.643 | 18.972 | 0.317 | 1.562 | 0.505 | 0.628 | lanau berpasir | Berpotensi |
| 18 | 0.802 | 16.009 | 24.211 | 0.433 | 1.562 | 0.472 | 0.918 | lempung berlanau | Berpotensi |
| 20 | 0.758 | 82.731 | 104.277 | 1.177 | 1.562 | 0.438 | 2.688 | lempung berlanau | Tidak berpotensi |
| 22 | 0.717 | 80.611 | 101.733 | 1.146 | 1.562 | 0.403 | 2.845 | pasir sedang | Tidak berpotensi |
| 24 | 0.681 | 42.929 | 56.515 | 0.577 | 1.562 | 0.381 | 1.516 | pasir kasar | Tidak berpotensi |
| 26 | 0.649 | 44.961 | 58.954 | 0.612 | 1.562 | 0.371 | 1.651 | pasir kasar | Tidak berpotensi |

### 5.1.6 Analisis Potensi Likuifaksi Metode Seed *et.al* (1976)

Dalam perhitungan potensi likuifaksi metode Seed et.al (1976) ada beberapa nilai yang diperlukan, yaitu nilai jumlah getaran ekuivalen (Neq) dan nilai jumlah getaran untuk mengetahui potensi likuifaksi di daerah tersebut (NL). Syarat tidak terjadinya peristiwa likuifaksi adalah nilai Neq harus lebih kecil dari pada nilai NL, dan sebaliknya. Berikut perhitungan Neq dan NL yang dicontohkan pada titik BM-01 berikut.

1. Menentukan nilai Neq

   Parameter gempa yang dipakai merupakan gempa yang berkekuatan 6,3 SR. nilai Neq diperoleh dari Tabel 3.16 dengan kekuatan gempa 6,3 SR maka didapat nilai Neq adalah 6,8 dari hasil interpolasi.

2. Mencari nilai tegangan efektif ( $\sigma'_v$)

   Untuk nilai tegangan efektif pada tanah, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.2, yang mana nilai tegangan efektif vertikal sudah dianalisis pada subbab sebelumnya.

3. Menentukan nilai *relative density* (Dr)

   Untuk menghitung nilai *relative density* dilakukan berdasrkan nilai tegangan total tiap lapisan ($\sigma_v$). Jika nilai $\sigma_v \leq 71{,}82$ kN/m$^2$, maka perhitungan dilakukan dengan menggunakan Persamaan 3.18 dan jika nilai $\sigma_v > 71{,}82$ kN/m$^2$, maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 3.19 . Berikut adalah perhitungan nilai (Dr) yang dicontohkan pada beberapa lapis di titik BM-01.

   a. Lapisan 1

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

      $$= \sqrt{\left(\frac{N}{20(1+0{,}04177.35{,}854}\right)}$$

      $$= 0{,}735$$

      $$= 73{,}5\ \%$$

   b. Lapisan 2

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

$$= \sqrt{\left(\frac{N}{20(1+0,04177.71,709}\right)}$$

= 0,559

= 55,9 %

c. Lapisan 3

Dr $= \sqrt{\left(\frac{N}{20(3,25+0,01044.\ \sigma_{vo}}\right)}$

$= \sqrt{\left(\frac{N}{20(3,25+0,01044.107,563}\right)}$

= 0,556

= 55,6 %

4. Mencari nilai τeq

Berikut adalah rangkaian contoh perhitungan nilai $\tau_{eq}$ di beberapa lapis pada BM-01 Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia.

a. Nilai faktor reduksi (rd)

1) Lapisan 1

rd = 1-0,015 z

=1-0,015 x 2

= 0,970

2) Lapisan 2

rd = 1-0,015 z

=1-0,015 x 4

= 0,940

3) Lapisan 3

rd = 1-0,015 z

=1-0,015 x 6

= 0,910

b. Nilai $\tau_{max}$

Dalam menghitung nilai τmaks maka menggunakan Persamaan 3.21 dengan nilai $a_{max}$ = 0,5 yang didapat dari Gambar 5.1 daerah DI Yogyakarta. Berikut adalah perhitungan nilai $\tau_{max}$ yang dicontohkan di beberapa lapis pada titik BM-01.

1) Lapisan 1

$\tau_{max} = \frac{\sigma_{vo}}{g}$. $a_{max}$. rd

$= \frac{35,854}{9,81}$. 0,5 . 0,97

= 1,773

2) Lapisan 2

$\tau_{max} = \frac{\sigma_{vo}}{g}$. $a_{max}$. rd

$= \frac{71,709}{9,81}$. 0,5 . 0,94

= 3,436

3) Lapisan 3

$\tau_{max} = \frac{\sigma_{vo}}{g}$. $a_{max}$. rd

$= \frac{107,563}{9,81}$. 0,5 . 0,91

= 4,989

c. Nilai $\tau_{eq}$

Untuk menganalisis nilai $\tau_{eq}$ dapat menggunakan Persamaan 3. 20. Berikut adalah perhitungan nilai $\tau_{eq}$ yang dicontohkan di beberapa lapis pada titik BM-01.

1) lapisan 1

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

= 0,65 . 1,722

= 1,152

2) lapisan 2

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

= 0,65. 3,434

= 2,232

3) lapisan 3

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

= 0,65. 4,987

= 3,242

5. Analisis nilai NL

Perhitungan nilai NL pada beberapa lapis di BM-01 menggunakan Persamaan 3. 17 berikut.

a. Lapisan 1

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

$$= \left[\frac{0{,}4697 \cdot 0{,}735 \cdot 24{,}279}{1{,}152}\right]^{5{,}5402}$$

$$= 2{,}922 \text{ cycle}$$

b. Lapisan 2

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

$$= \left[\frac{0{,}4697 \cdot 0{,}559 \cdot 40{,}513}{2{,}232}\right]^{5{,}5402}$$

$$= 2{,}325 \text{ cycle}$$

c. Lapisan 3

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

$$= \left[\frac{0{,}4697 \cdot 0{,}556 \cdot 56{,}747}{3{,}242}\right]^{5{,}5402}$$

$$= 2{,}272 \text{ cycle}$$

Dari rangkaian perhitungan tersebut, maka sudah diketahui nilai Neq dan NL. pada kedalaman 2 meter BM-01 Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia didapat nilai Neq = 6,8 dan NL = 2,922 cycle, maka Neq > NL yang menandakan bahwa tanah kedalaman 2 meter mengalami likuifaksi. Begitu pula untuk lapis-lapis selanjutnya, dilakukan perbandingan antara nilai Neq dan nilai NL. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

**Tabel 5. 6 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Seed et,al (1976)**

| Titik Bor | kedalaman (m) | N | Dr (%) | rd | τmaks ($kN/m^2$) | τeq ($kN/m^2$) | NL (cycle) | Neq (cycle) | Jenis tanah | Ket (Tsuchida, 1970) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM-01 | 2 | 27 | 73.519 | 0.970 | 1.772 | 1.152 | 2.922 | 6,8 | pasir sedang | Berpotensi |
| | 4 | 25 | 55.935 | 0.940 | 3.434 | 2.232 | 2.325 | 6,8 | pasir sedang | Berpotensi |
| | 6 | 27 | 55.562 | 0.910 | 4.987 | 3.242 | 2.272 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 8 | 43 | 67.297 | 0.880 | 6.430 | 4.180 | 2.516 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 10 | 32 | 55.924 | 0.850 | 7.740 | 5.031 | 2.288 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 12 | 40 | 60.388 | 0.820 | 8.942 | 5.812 | 2.409 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 14 | 12 | 32.017 | 0.790 | 10.036 | 6.523 | 1.733 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 16 | 22 | 41.987 | 0.760 | 11.089 | 7.208 | 2.045 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 18 | 16 | 34.747 | 0.730 | 12.028 | 7.818 | 1.885 | 6,8 | lempung berlanau | Berpotensi |
| | 20 | 82 | 76.454 | 0.700 | 12.860 | 8.359 | 2.950 | 6,8 | lempung berlanau | Berpotensi |
| | 22 | 100 | 82.187 | 0.670 | 13.577 | 8.825 | 3.139 | 6,8 | pasir sedang | Berpotensi |
| | 24 | 74 | 68.916 | 0.640 | 14.182 | 9.218 | 2.924 | 6,8 | pasir sedang | Berpotensi |
| | 26 | 57 | 59.042 | 0.610 | 14.663 | 9.531 | 2.758 | 6,8 | pasir kasar | Berpotensi |
| BM-02 | 2 | 50 | 84.721 | 0.970 | 1.772 | 1.152 | 3.155 | 6,8 | pasir halus | Berpotensi |
| | 4 | 14 | 94.732 | 0.940 | 3.434 | 2.232 | 3.091 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 6 | 26 | 54.524 | 0.910 | 4.987 | 3.242 | 2.249 | 6,8 | pasir sedang | Berpotensi |
| | 8 | 29 | 55.266 | 0.880 | 6.430 | 4.180 | 2.262 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 10 | 33 | 56.760 | 0.850 | 7.764 | 5.047 | 2.311 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 12 | 41 | 61.074 | 0.820 | 8.988 | 5.842 | 2.431 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 14 | 12 | 31.970 | 0.790 | 10.102 | 6.566 | 1.738 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |

**Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Seed et,al (1976)**

| Titik Bor | kedalaman (m) | N | Dr (%) | rd | τmaks (kN/m^2) | τeq (kN/m^2) | NL (cycle) | Neq (cycle) | Jenis tanah | Ket. (Tsuchida, 1970) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BM-02 | 16 | 13 | 32.263 | 0.760 | 11.107 | 7.220 | 1.776 | 6,8 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | 18 | 19 | 37.885 | 0.730 | 12.002 | 7.801 | 1.972 | 6,8 | lempung berlanau | Berpotensi |
| | 20 | 104 | 86.231 | 0.700 | 12.788 | 8.312 | 3.137 | 6,8 | lempung berlanau | Berpotensi |
| | 22 | 107 | 85.215 | 0.670 | 13.464 | 8.751 | 3.185 | 6,8 | pasir sedang | Berpotensi |
| | 24 | 60 | 62.250 | 0.640 | 14.030 | 9.119 | 2.750 | 6,8 | pasir kasar | Berpotensi |
| | 26 | 66 | 63.765 | 0.610 | 14.487 | 9.416 | 2.854 | 6,8 | pasir kasar | Berpotensi |

### 5.1.7 Analisis Potensi Likuifaksi Metode Valera-Donovan (1977)

Dalam metode Valera-Donovan (1977) potensi likuifaksi pada suatu lapisan tanah dianalisis dengan membandingkan nilai tahanan N-SPT (N) dengan nilai kritisnya (Ncrit). Apabila nilai N-SPT (N) lebih kecil dari nilai Ncrit , maka tanah tersebut akan memiliki potensi untuk mengalami peristiwa likuifaksi. Dan apabila nilai N-SPT (N) lebih besar dari nilai Ncrit, maka tanah tersebut aman dari potensi terjadinya peristiwa likuifaksi. Berikut adalah rangkaian analisis potensi likuifaksi dengan metode Valera- Donovan (1977) yang dicontohkan pada beberapa lapis tanah di Titik BM-01.

1. η

   kekuatan gempa yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan dengan gempa yang pernah terjadi di Bantul pada tanggal 27 Mei 2006 yang memiliki kekuatan 6,3 SR Mw. Oleh karena itu, nilai intesitas maksimum dalam skala MMI berada pada tingkat VIII berdasarkan Tabel 3. 7. Nilai η dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan didapat bahwa nilai η sebesar 10 blow/feet.

2. Ncrit

   Untuk menghitung nilai Ncrit menggunakan Persamaan 3.22 berikut.

   $Ncrit = \eta$ [1+0,125($ds$−3)−0.05($dw$−2)]

   dengan:

   η = 10 blow/feet

   kedalaman muka air tanah pada titik BM-01 adalah 0,82 m.

   berikut adalah contoh perhitungan Ncrit yang dicontohkan pada beberapa lapisan tanah di Titik BM-01.

   a. Lapisan 1

      $Ncrit = \eta$ [1+0,125 ($ds$−3) − 0.05($dw$−2)]

      = 10 [1 + 0,125 (2-3) – 0,05 (0,82-2)]

      = 9,34 blow/feet

   b. Lapisan 2

      $Ncrit = \eta$ [1+0,125 ($ds$−3) − 0.05($dw$−2)]

      = 10 [1 + 0,125 (4-3) – 0,05 (0,82-2)]

      = 11,84 blow/feet

c. Lapisan 3

$Ncrit$ = $\eta$ [1+0,125 ($ds$−3) − 0.05($dw$−2)]

= 10 [1 + 0,125 (6-3) – 0,05 (0,82-2)]

= 14,34 blow/feet

Dari perhitungan nilai Ncrit yang dilakukan terhadap beberapa lapisan tanah pada titik BM-01 dapat dibandingkan nilai Ncrit dan nilai N. pada kedalaman 2 meter titik BM-01 diketahui bahwa nilai N = 27 blow/feet dan nilai Ncrit = 9,34 blow/feet, maka nilai N > Ncrit yang menandakan bahwa tanah tersebut tidak berpotensi mengalami likuifaksi. Untuk lebih hasil lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5. 6 berikut.

**Tabel 5. 7 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Valera-Donovan (1977)**

| Titik Bor | MAT (m) | Kedalaman (m) | N (blow/ft) | Ncrit (blow/ft) | Jenis tanah | Ket. (Tsuchida, 1970) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BM-01 | 0.82 | 2 | 27 | 9.34 | pasir sedang | Tidak berpotensi |
| | | 4 | 25 | 11.84 | pasir sedang | Tidak berpotensi |
| | | 6 | 27 | 14.34 | lanau berpasir | Tidak berpotensi |
| | | 8 | 43 | 16.84 | lanau berpasir | Tidak berpotensi |
| | | 10 | 32 | 19.34 | lanau berpasir | Tidak berpotensi |
| | | 12 | 40 | 21.84 | lanau berpasir | Tidak berpotensi |
| | | 14 | 12 | 24.34 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | | 16 | 22 | 26.84 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | | 18 | 16 | 29.34 | lempung berlanau | Berpotensi |
| | | 20 | 82 | 31.84 | lempung berlanau | Tidak berpotensi |
| | | 22 | 111 | 34.34 | pasir sedang | Tidak berpotensi |
| | | 24 | 74 | 36.84 | pasir sedang | Tidak berpotensi |
| | | 26 | 57 | 39.34 | pasir kasar | Tidak berpotensi |

**Lanjutan Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Valera-Donovan (1977)**

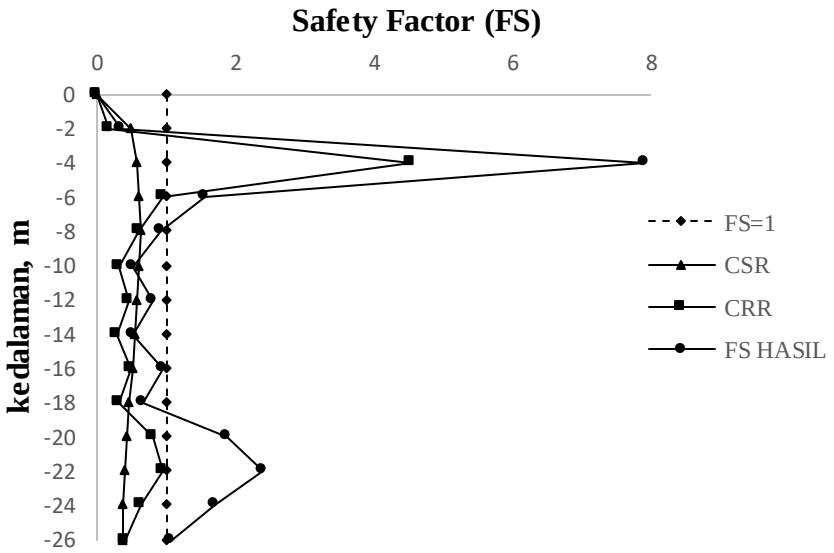
| Titik Bor | MAT (m) | Kedalaman (m) | N (blow/ft) | Ncrit (blow/ft) | Jenis tanah | Ket. (Tsuchida, 1970) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BM-02 | 0.82 | 2 | 50 | 9.34 | pasir halus | Tidak berpotensi |
| | | 4 | 14 | 11.84 | lanau berpasir | Tidak berpotensi |
| | | 6 | 26 | 14.34 | pasir sedang | Tidak berpotensi |
| | | 8 | 29 | 16.84 | lanau berpasir | Tidak berpotensi |
| | | 10 | 33 | 19.34 | lanau berpasir | Tidak berpotensi |
| | | 12 | 41 | 21.84 | lanau berpasir | Tidak berpotensi |
| | | 14 | 12 | 24.34 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | | 16 | 13 | 26.84 | lanau berpasir | Berpotensi |
| | | 18 | 19 | 29.34 | lempung berlanau | Berpotensi |
| | | 20 | 130 | 31.84 | lempung berlanau | Tidak berpotensi |
| | | 22 | 123 | 34.34 | pasir sedang | Tidak berpotensi |
| | | 24 | 78 | 36.84 | pasir kasar | Tidak berpotensi |
| | | 26 | 66 | 39.34 | pasir kasar | Tidak berpotensi |

## 5.2 Pembahasan

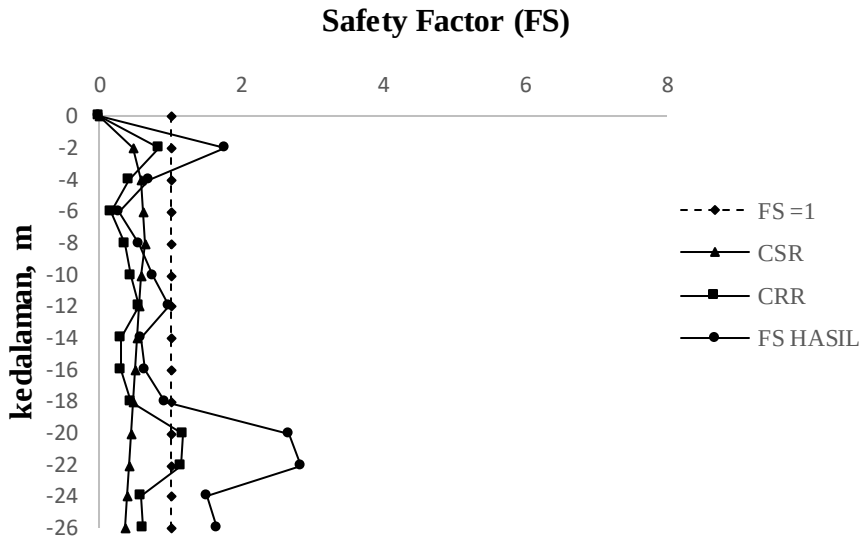
Pada analisis potensi likuifaksi yang dilakukan berdasarkan data N-SPT menggunakan metode Youd-Idriss (2001), metode Seed et al (1976) dan metode Idriss-Boulanger (2008) didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Metode Youd-Idriss (2001)

   Dengan berdasar pada Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Youd- Idriss (2001) dapat ditampilkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3 berikut.




**Gambar 5. 2 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Youd- Idriss (2001) Titik BM-01 di RS UII**



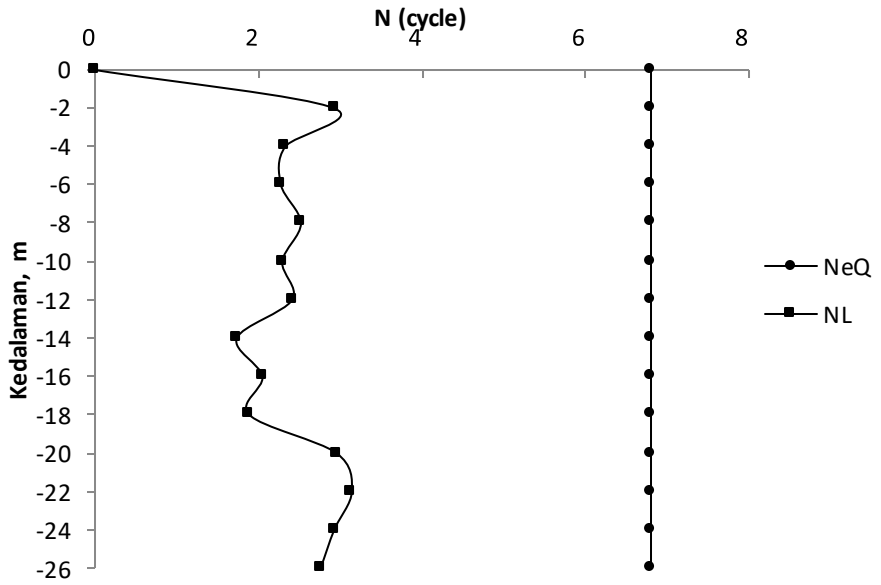

**Gambar 5. 3 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Youd- Idriss (2001) Titik BM-02 di RS UII**

Dengan berdasarkan dua grafik diatas yang mana sumbu x terdiri dari tiga variabel berupa CSR, CRR, dan nilai faktor keamanan (FS) serta sumbu y yang merupakan kedalaman dari lapisan tanah yang dianalisis pada uji SPT. Potensi dari likuifaksi pada setiap lapisan tanah dapat diketahui dengan melihat hasil FS yang dihitung berdasarkan nilai CRR dan CSR. CRR merupakan nilai ketahanan lapisan tanah terhadap likuifaksi itu sendiri, dan CSR merupakan nilai tegangan geser yang diakibatkan oleh adanya beban siklik (gempa bumi). dari grafik tersebut dapat dikatakan bahwa apabila nilai CSR > CRR maka nilai FS akan lebih kecil dari 1 (FS <1) , yang berarti tanah tersebut mengalami likuifaksi. Sedangkan apabila nilai CSR < CRR maka nilai FS akan lebih besar dari 1 (FS>1) yang menandakan bahwa tanah tersebut tidak berpotensi mengalami likuifaksi. Nilai dari FS yang dihasilkan bervariasi, mulai dari 0,358 hingga 7,925 untuk BM-01 dan mulai dari 0,286 hingga 2,845 untuk BM-02.

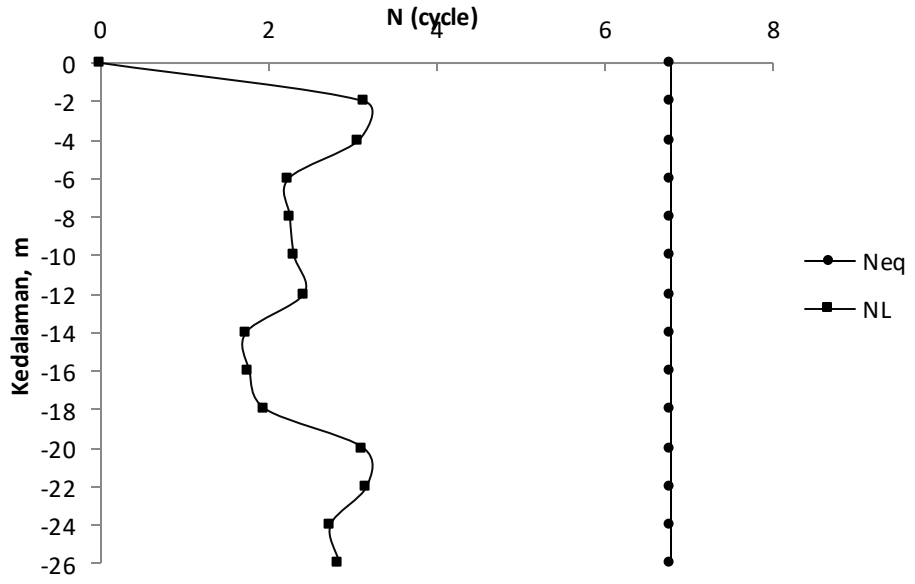
2. Metode Seed *et al* (1976)

   Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Seed et,al (1976) maka hasil tersebut dapat

ditampilkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5. 4 dan Gambar 5.5 berikut.




**Gambar 5. 4 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Seed et al (1976) Titik BM-01 di RS UII**

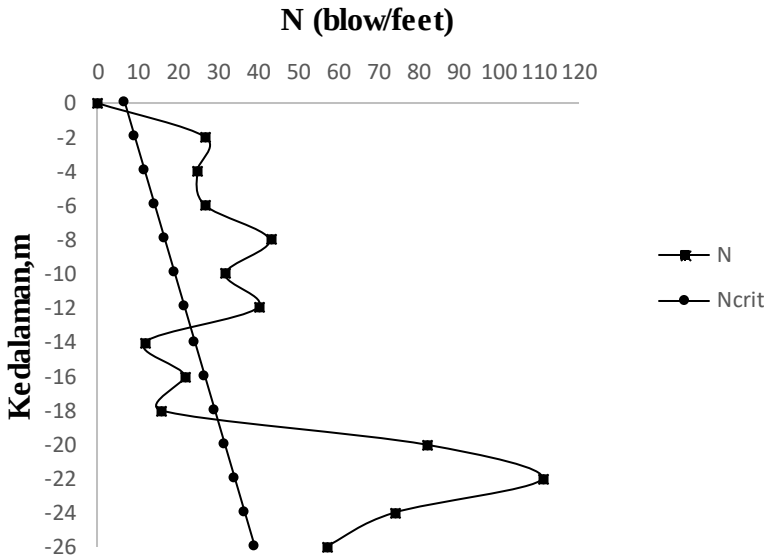



**Gambar 5. 5 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Seed et al (1976) Titik BM-02 di RS UII**

Potensi likuifaksi yang terjadi dengan berdasarkan kepada metode Seed *et al* (1976) dapat dilihat dari dua grafik diatas, yang mana grafik tersebut memiliki dua sumbu yaitu sumbu x terdiri dari 2 variabel yaitu NL dan Neq serta sumbu y yang merupakan kedalaman dari lapisan tanah yang ditinjau saat pengujian SPT. Nilai NL merupakan nilai jumlah getaran yang dibutuhkan untuk mencapai likuifaksi pada tanah tersebut dan Neq merupakan nilai jumlah getaran ekivalen. Apabila nilai NL > Neq, maka tanah tersebut tidak memiliki potensi likuifaksi dan apabila nilai NL< Neq maka tanah tersebut memiliki potensi likuifaksi. Dari dua grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai NL< Neq maka tanah tersebut memiliki potensi likuifaksi.

3. Metode Valera-Donovan (1977)

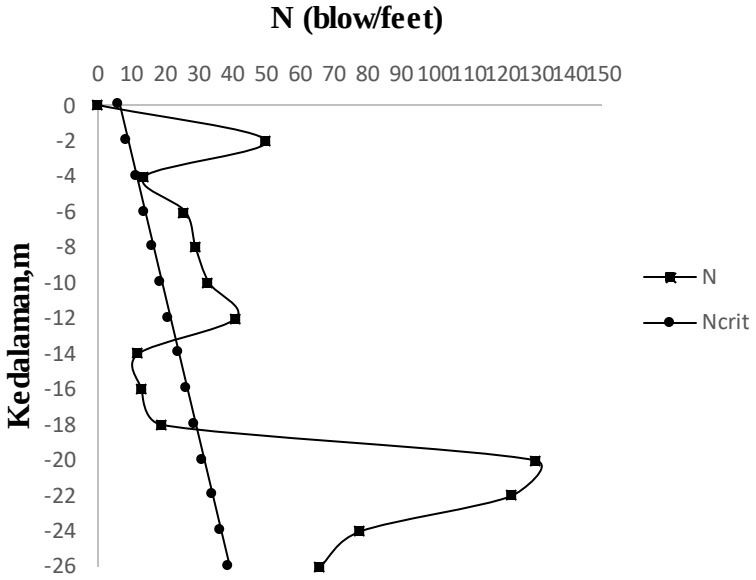
   Dengan berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Valera-Donovan (1977), maka dapat disajikan kedalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 berikut.




**Gambar 5. 6 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Valera-Donovan (1977) Titik BM-01 di RS UII**

Pada Gambar 5.6 memperlihatkan bahwa pada titik BM-01 di RS UII potensi likuifaksi memiliki potensi terjadi likuifaksi pada kedalaman 14 meter – 18 meter

dan tidak memiliki potensi terjadinya likuifaksi pada kedalaman kurang dari 14 meter dan kedalaman yang lebih dari 18 meter.




**Gambar 5. 7 Grafik Potensi Likuifaksi Metode Valera-Donovan (1977) Titik BM-02 di RS UII**

Dari Grafik 5.7 diatas dapat dilihat bahwa tanah yang memiliki potensi untuk terjadi likuifaksi adalah tanah yang berada pada kedalaman 14 meter – 18 meter. Serta untuk tanah yang tidak memiliki potensi untuk terjadi likuifaksi berada pada kedalaman kurang dari 14 meter dan kedalaman lebih dari 18 meter.

Analisis potensi likuifaksi dengan menggunakan metode Youd-Idriss (2001), metode Seed *et al* (1976) serta metode Valera-Donovan (1977) menghasilkan hasil yang berbeda. Hasil analisis potensi likuifaksi analisis potensi likuifaksi pada Rumah Sakit UII dengan menggunakan metode Youd-Idriss (2001), metode Seed *et al* (1976) serta metode Valera-Donovan (1977) disajikan dalam Tabel 5.7 berikut. (pada halaman selanjutnya).

**Tabel 5. 8 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data N-SPT**

| Titik Bor | Kedalaman (m) | N | CRR | CSR | NL | Neq | Ncrit | Youd-Idriss (2001) | Seed *et al* (1976) | Valera-Donovan (1977) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Evaluasi | | |
| BM-01 | 2 | 27 | 0.171 | 0.479 | 2.922 | 6,8 | 9.340 | berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 4 | 25 | 4.545 | 0.573 | 2.325 | 6,8 | 11.840 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 6 | 27 | 0.953 | 0.613 | 2.272 | 6,8 | 14.340 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 8 | 43 | 0.594 | 0.635 | 2.516 | 6,8 | 16.840 | berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 10 | 32 | 0.313 | 0.594 | 2.288 | 6,8 | 19.340 | berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 12 | 40 | 0.459 | 0.569 | 2.409 | 6,8 | 21.840 | berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 14 | 12 | 0.277 | 0.540 | 1.733 | 6,8 | 24.340 | berpotensi | berpotensi | berpotensi |
| | 16 | 22 | 0.478 | 0.506 | 2.045 | 6,8 | 26.840 | berpotensi | berpotensi | berpotensi |
| | 18 | 16 | 0.313 | 0.471 | 1.884 | 6,8 | 29.340 | berpotensi | berpotensi | berpotensi |
| | 20 | 82 | 0.823 | 0.435 | 2.949 | 6,8 | 31.840 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 22 | 100 | 0.955 | 0.399 | 3.138 | 6,8 | 34.340 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 24 | 74 | 0.644 | 0.376 | 2.923 | 6,8 | 36.840 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 26 | 57 | 0.393 | 0.366 | 2.757 | 6,8 | 39.340 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |

Keterangan evaluasi berdasarkan istilah dari Tsuchida, 1970.

**Lanjutan Tabel 5.7 Hasil Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data N-SPT**

| Titik Bor | Kedalaman (m) | N | CRR | CSR | NL | Neq | Ncrit | Youd-Idriss (2001) | Seed *et al* (1976) | Valera-Donovan (1977) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Evaluasi | | |
| BM-02 | 2 | 50 | 0.848 | 0.479 | 3.154 | 6,8 | 9.340 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 4 | 14 | 0.405 | 0.573 | 3.090 | 6,8 | 11.840 | berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 6 | 26 | 0.176 | 0.613 | 2.249 | 6,8 | 14.340 | berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 8 | 29 | 0.361 | 0.635 | 2.262 | 6,8 | 16.840 | berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 10 | 33 | 0.450 | 0.592 | 2.310 | 6,8 | 19.340 | berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 12 | 41 | 0.561 | 0.566 | 2.431 | 6,8 | 21.840 | berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 14 | 12 | 0.313 | 0.536 | 1.738 | 6,8 | 24.340 | berpotensi | berpotensi | berpotensi |
| | 16 | 13 | 0.317 | 0.505 | 1.775 | 6,8 | 26.840 | berpotensi | berpotensi | berpotensi |
| | 18 | 19 | 0.433 | 0.472 | 1.972 | 6,8 | 29.340 | berpotensi | berpotensi | berpotensi |
| | 20 | 104 | 1.177 | 0.438 | 3.137 | 6,8 | 31.840 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 22 | 107 | 1.146 | 0.403 | 3.184 | 6,8 | 34.340 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 24 | 60 | 0.577 | 0.381 | 2.749 | 6,8 | 36.840 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |
| | 26 | 66 | 0.612 | 0.371 | 2.854 | 6,8 | 39.340 | tidak berpotensi | berpotensi | tidak berpotensi |

Keterangan evaluasi berdasarkan istilah dari Tsuchida, 1970.

Dengan lapisan tanah sedalam 26 meter, muka air tanah 0,82 meter dan nilai Mw sebesar 6,3 yang diambil dari peristiwa gempa Bantul 2006 dan percepatan permukaan tanah akibat gempa adalah 0,5 g, analisis likuifaksi menggunakan metode Youd-Idriss (2001) tanah di titik BM-01 pada kedalaman 2 meter dan 8 meter – 18 meter mengalami likuifaksi untuk titik BM-02 likuifaksi terjadi pada tanah di kedalaman 4 meter – 18 meter. Hal ini terajadi dikarenakan nilai faktor keamanan (FS) yang merupakan perbandingan antara nilai CRR dengan CSR bernilai kurang dari satu ( FS<1). Untuk hasil analisis likuifaksi dengan metode Seed *et al* (1976) lapisan tanah di titik BM-01 dan BM-02 seluruhnya berpotensi untuk mengalami peristiwa likuifaksi. Hal ini dikarenakan nilai dari getaran ekivalen (Neq) lebih besar dibandingkan nilai getaran yang dibutuhkan untuk mencapai likuifaksi (NL). Nilai Neq dipengaruhi oleh besarnya kekuatan gempa bumi yang terjadi pada daerah yang dianalisis. Untuk nilai getaran yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi likuifaksi dipengaruhi oleh tegangan geser ekuivalen, relatif density, serta tegangan tanah efektif. Untuk hasil analisis likuifaksi dengan metode Valera-Donovan (1977) pada titik BM-01 dan titik BM-02 likuifaksi terjadi pada tanah dengan kedalaman 14 meter – 18 meter. Hal ini terjadi dikarenakan nilai tahanan N-SPT (N) lebih kecil dibandingkan nilai kristis (Ncrit). Nilai Ncrit ini dipengaruhi oleh fungsi dari intensitas getaran yang diakibatkan oleh gempa, kedalaman muka air tanah serta kedalaman lapisan tanah yang dianalisis.

# BAB VI
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 6.1 Kesimpulan

Hasil dari analisis potensi likuifaksi pada Rumah Sakit UII dengan tiga metode (Youd-Idriss (2001), Seed *et.al* (1976) dan Valera-Donovan (1977)) berdasarkan data N-SPT dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Potensi likuifaksi yang ada berdasarkan data N-SPT dengan menggunakan metode Youd-Idriss (2001) pada magnitude gempa sebesar 6,3 SR menunjukkan bahwa perbandingan antara nilai CRR dan CSR di beberapa lapisan tanah pada masing-masing titik tinjauan yaitu titik BM-01 dan BM-02 memiliki nilai faktor keamanan kurang dari 1 (FS <1) yang menandakan bahwa tanah tersebut berpotensi mengalami likuifaksi. Untuk BM-01 potensi likuifaksi berada pada kedalaman 8 – 18 meter, dan untuk BM-02 potensi likuifaksi berada pada kedalaman 4 – 18 meter.
2. Potensi likuifaksi yang ada berdasarkan data N-SPT dengan menggunakan metode Seed *et.al* (1976) pada magnitude gempa sebesar 6,3 SR menunjukkan bahwa titik BM-01 dan titik BM-02 memiliki potensi likuifaksi karena nilai NL pada masing-masing lapisan pada setiap titik kurang dari nilai Neq = 6,8 (NL < Neq).
3. Potensi likuifaksi yang ada berdasarkan data N-SPT dengan menggunakan metode Valera-Donovan (1977) dengan magnitude gempa sebesar 6,3 SR menyajikan bahwa titik BM-01 dan titik BM-02 pada lapisan 14 meter – 18 meter memiliki potensi terjadinya peristiwa likuifaksi. Hal ini dikarenakan nilai dari N-SPT (N) lebih kecil dibandingkan nilai Ncrit (N< Ncrit).

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Untuk hasil yang lebih rinci dan mendetail analisis dapat ditambah dengan metode lainnya seperti dengan menggunakan data CPT, analisis gradasi butiran. Serta dapat pula dengan melakukan perbandingan dengan metode perhitungan likuifaksi yang lainnya seperti metode Cetin *et al (2004)* dan Tokimatsu dan Yoshimi (1983).
2. Terdapat beberapa usaha untuk menanggulangi terjadinya peristiwa likuifaksi sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik tanah. Oleh karena itu, adanya perhitungan ini dapat digunakan untuk metode mitigasi dan prevensi adanya likuifaksi di daerah tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA


Akhiri, A. Y. 2019. Evaluasi Perbaikan Tanah Dengan Metode Dynamic Compaction Untuk Penanggulangan Likuifaksi *(Evaluation Of Soil Reinforcement Using Dynamic Compaction Method For Liquefaction Restraining). Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Artati, dkk. 2020. Analisis Potensi Likuifaksi Pada Pasir Vulkanik Di Pantai Glagah Kulonprogo Berdasarkan Data N-SPT. *Jurnal Teknisia*. Volume XXV, No 2, pp. 108-120. Yogyakarta.

Bowles, Joseph E. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soils*. McGraw-Hill. The University of Michigan.

Clayton, C.R.I. 1990. SPT Energy Transmission: Theory, Measurement and Significance. *Ground Engineering,* 23 (10), 35-43.

Das, Braja M. 1985. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jil:1. Erlangga.

Hasbi, Y., 2021. Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data SPT dan CPT. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Karnawati, Dkk. 2007. Earthquake Microzonation and Hazard Maps of The Bantul Area, Yogyakarta, Indonesia, The Yogyakarta Earthquake of May 27, 2006. p. 7-1 to 7-15. Star Publishing Company Inc. California.

Lonteng, dkk. 2013. Analisis Potensi Likuifaksi Di PT. Pln (Persero) Uip Kit Sulmapa Pltu 2. *Jurnal Sipil Statik*. Volume 1 No.11, Pp. 705-711. Manado.

Marwan, dkk. 2011. Analisis Potensi Likuifaksi Pada Jembatan Laguna Meuraxa Kota Banda Aceh. *Jurnal Teknik Sipil.* Volume 1 No. 1, pp. 39-60. Aceh.

Mase, L. Z. 2018. Studi Kehandalan Metode Analisis Likuifaksi Menggunakan SPT Akibat Gempa 8,6 Mw, 12 September 2007 di Area Pesisir Kota Bengkulu. *Jurnal Teknik Sipil.* Volume 25, No. 1, pp. 53-60. Bandung.

Prayitno, D.P dan H.K. Artati. 2021. Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir Tanah dan Data *Cone Penetration Test* (CPT). *Media Komunikasi Teknik Sipil,* [Online] Volume 27 (2), pp. 242-249.

Seed, *et.al.* 1976. Pore-water Pressure Change During Soil Liquefaction. *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*. Volume 102 No. 4, pp.323-346.

Skempton, A.K. 1986. Standard Penetration Test Procedures and The Effect in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Overconsolidation. *Geotechnique*, 36(3), 425-447. London.

Srikit. 2019. Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir Dan Data N-SPT(Studi Kasus Pembangunan New Yogyakarta International Airport (NYIA) di Desa Glagah dan Desa Palihan, Kulon Progo). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Tijow, dkk. 2018. Analisis Potensi Likuifaksi Tanah Berdasarkan Data Standart Penetration Test (SPT). *Jurnal Sipil Statik*. Volume 06, pp. 491-500. Manado.

Tsuchida, H. 1970. Prediction and Countermeaasure Againts the Liquefaction in Sand Deposit. *Seminar in the Port and Harbor Research Institute*, 3.1-3.33.

Valera, Julio. E and Neville. C. Donovan. 1977. Soil Liquefaction Procedures. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*. Volume 103, *Issue 6 (June* 1977). American Society of Civil Engineers. Virginia.

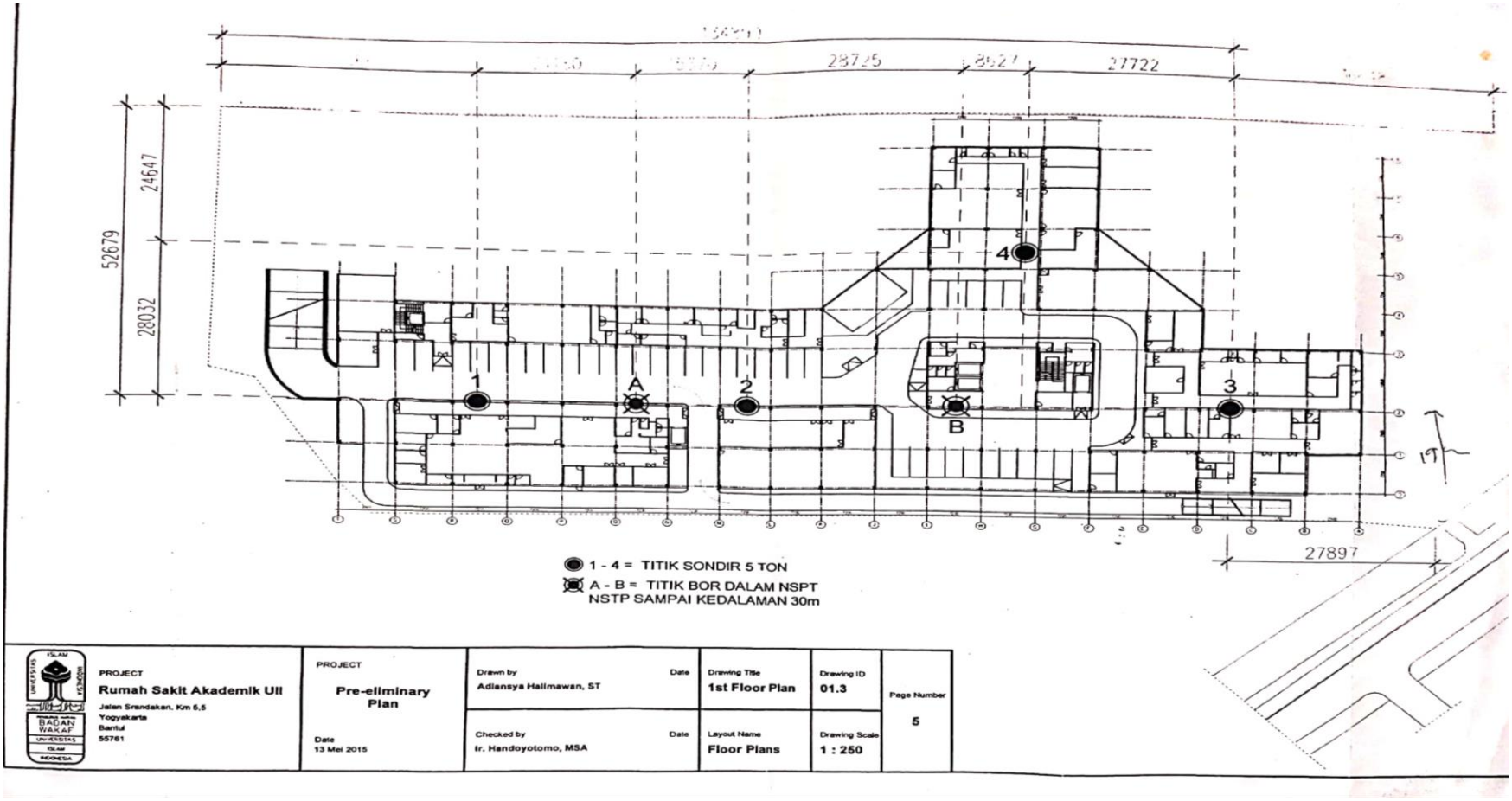
Warouw, dkk. 2019. Analisis Potensi Likuifaksi dengan Menggunakan Nilai SPT (Studi Kasus : Jembatan Ir. Soekarno Manado). *Jurnal Sipil Statik*. Volume 07 No.11, pp. 1453-1464. Manado.

Youd T L., Garris C T., 1995. Liquefaction – induced ground surface disruption. *Journal of Geotechnical Engineering* 121(11): 805 – 809.

Youd, T.L., Idriss, I.M., 2001, Liquefaction ressitance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 127(4): 297-313.

# LAMPIRAN

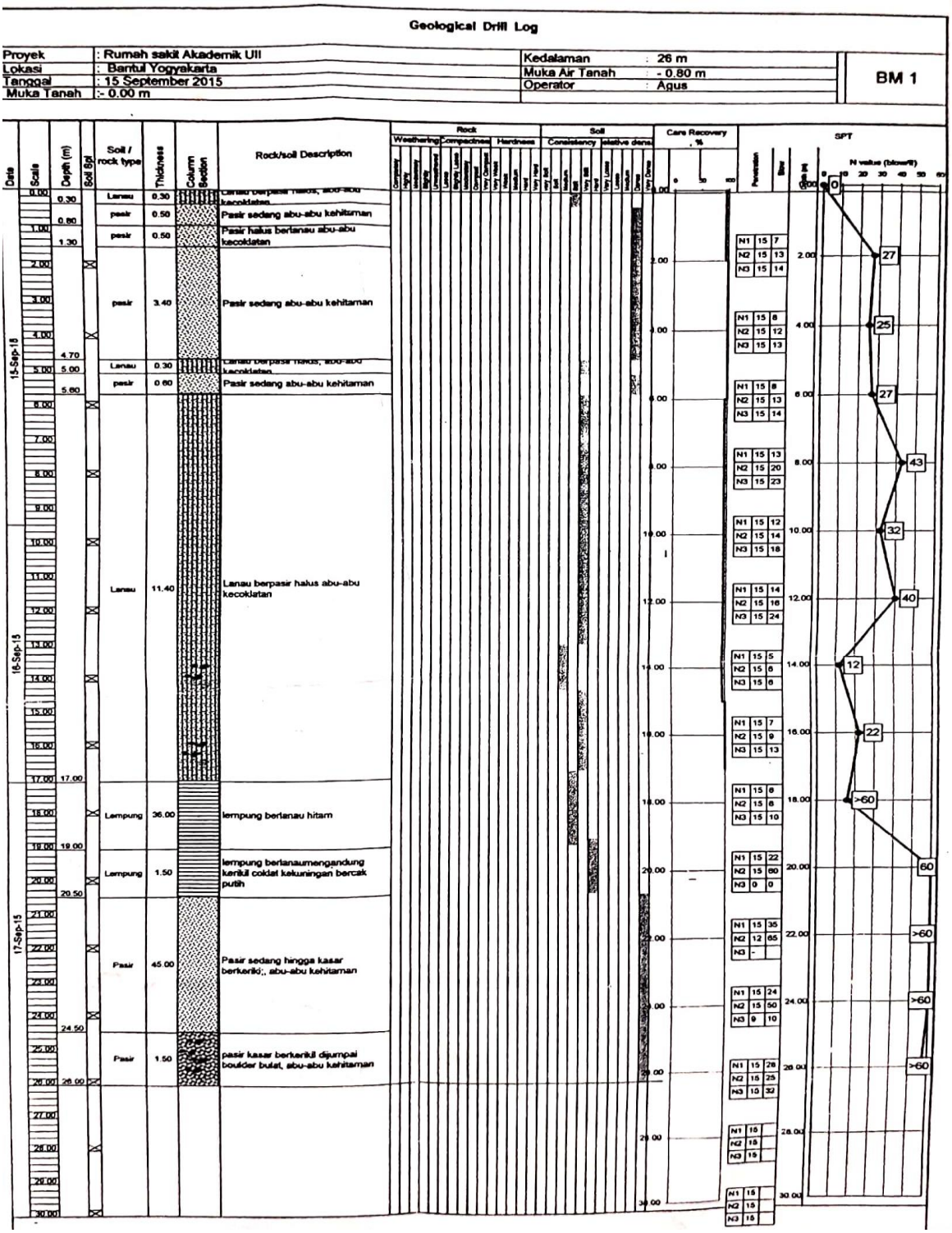
## Lampiran 1 Lokasi Survei Geoteknik



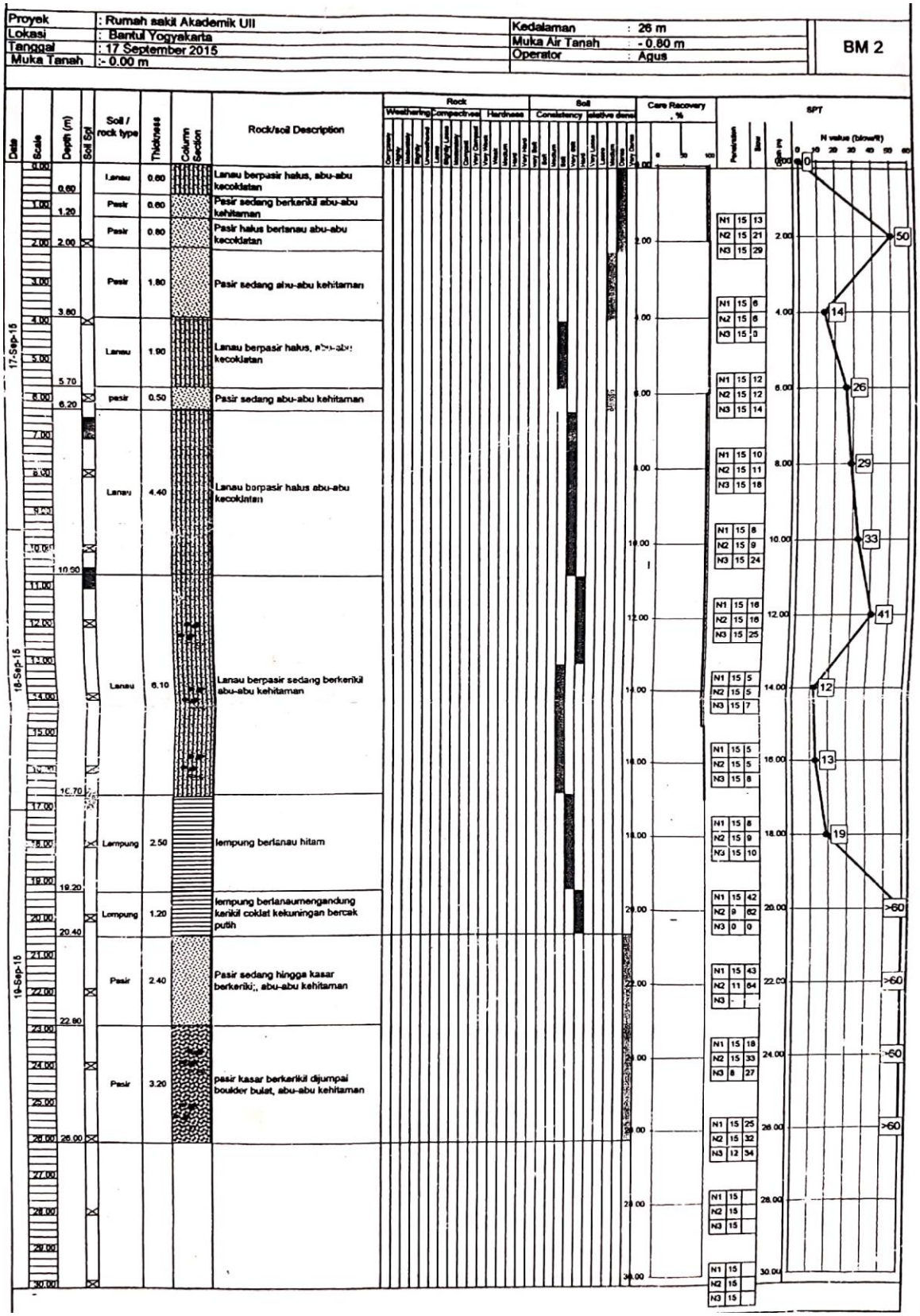

**Gambar L-1. 1 Lokasi Titik BM-01 dan BM-02 RS UII**

# Lampiran 2 Data Tanah

**Tabel L-2. 1 *Geological Drill Log (*BM-01)**



**Tabel L-2. 2 *Geoogical Drill Log* (BM-02)**



**Tabel L-2. 3 NSPT BM-01**

| Kedalaman (m) | Nilai N | penetrasi | N spt | γ | $\gamma_v$ | CN | Em | Cr | Cs | Cb | N' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (m) | | cm | Pukulan/30cm | gr/cm$^3$ | kg/cm$^2$ | | | | | | |
| 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 27 | 30 | 27 | 1.828 | 0.366 | 1.34 | 0.60 | 0.75 | 1.00 | 1.05 | 17.1 |
| 4 | 25 | 30 | 25 | 1.828 | 0.731 | 1.11 | 0.60 | 0.75 | 1.00 | 1.05 | 13.1 |
| 6 | 27 | 30 | 27 | 1.828 | 1.097 | 0.97 | 0.60 | 0.85 | 1.00 | 1.05 | 14.0 |
| 8 | 43 | 30 | 43 | 1.828 | 1.462 | 0.87 | 0.60 | 0.95 | 1.00 | 1.05 | 22.5 |
| 10 | 32 | 30 | 32 | 1.800 | 1.822 | 0.80 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 16.2 |
| 12 | 40 | 30 | 40 | 1.800 | 2.182 | 0.74 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 18.7 |
| 14 | 12 | 30 | 12 | 1.800 | 2.542 | 0.69 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 5.2 |
| 16 | 22 | 30 | 22 | 1.888 | 2.920 | 0.64 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 8.9 |
| 18 | 16 | 30 | 16 | 1.888 | 3.298 | 0.60 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 6.1 |
| 20 | 82 | 30 | 82 | 1.895 | 3.677 | 0.57 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 29.3 |
| 22 | 100 | 27 | 111 | 1.895 | 4.056 | 0.53 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 37.4 |
| 24 | 74 | 30 | 74 | 1.895 | 4.435 | 0.50 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 23.5 |
| 26 | 57 | 30 | 57 | 1.881 | 4.811 | 0.48 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 17.1 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

**Tabel L-2. 4 NSPT BM-02**

| Kedalaman (m) | Nilai N | penetrasi | N spt | $\gamma$ | $\gamma_v$ | CN | Em | Cr | Cs | Cb | N' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (m) | | cm | Pukulan/30cm | $gr/cm^3$ | $kg/cm^2$ | | | | | | |
| 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 50 | 30 | 50 | 1.828 | 0.366 | 1.34 | 0.60 | 0.75 | 1.00 | 1.05 | 31.6 |
| 4 | 14 | 30 | 14 | 1.828 | 0.731 | 1.11 | 0.60 | 0.75 | 1.00 | 1.05 | 7.3 |
| 6 | 26 | 30 | 26 | 1.828 | 1.097 | 0.97 | 0.60 | 0.85 | 1.00 | 1.05 | 13.5 |
| 8 | 29 | 30 | 29 | 1.828 | 1.462 | 0.87 | 0.60 | 0.95 | 1.00 | 1.05 | 15.2 |
| 10 | 33 | 30 | 33 | 1.800 | 1.822 | 0.80 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 16.7 |
| 12 | 41 | 30 | 41 | 1.800 | 2.182 | 0.74 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 19.1 |
| 14 | 12 | 30 | 12 | 1.800 | 2.542 | 0.69 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 5.2 |
| 16 | 13 | 30 | 13 | 1.888 | 2.920 | 0.64 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 5.3 |
| 18 | 19 | 30 | 19 | 1.888 | 3.298 | 0.60 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 7.2 |
| 20 | 104 | 24 | 130 | 1.895 | 3.677 | 0.57 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 46.4 |
| 22 | 107 | 26 | 123 | 1.895 | 4.056 | 0.53 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 41.5 |
| 24 | 60 | 23 | 78 | 1.895 | 4.435 | 0.50 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 24.8 |
| 26 | 66 | 30 | 66 | 1.881 | 4.811 | 0.48 | 0.60 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 19.8 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |