

Analisis Potensi Likuifaksi pada Kawasan Medan Belawan

Henriko Tarigan¹ Rasdinanta Tarigan²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan

Jalan Almamater No. 1 Kampus USU Padang Bulan, Medan, Sumatera Utara – 20155

¹E-mail: polmed@polmed.ac.id

*Abstrak — Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi likuifaksi yang terjadi pada titik pengujian SPT di Kawasan Medan Belawan. Likuifaksi adalah suatu peristiwa berubahnya sifat tanah dari keadaan padat menjadi keadaan cair, yang disebabkan oleh beban siklik pada waktu terjadi gempa sehingga tekanan air pori meningkat, mendekati atau melampaui tegangan vertical. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *simplified procedure* yang diusulkan oleh Seed dan Idris (1971). Dengan metode tersebut dihitung nilai factor keamanan (FS) dengan membandingkan nilai *Cyclic Resistensi Ratio* (CRR) yang merupakan kekuatan tanah terhadap terjadinya likuifaksi dengan nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) yang merupakan tegangan geser yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Dari hasil perhitungan yang dilakukan berdasarkan tujuh titik pengeboran SPT, dalam keadaan tanah asli sebelum dilakukan perbaikan tanah dapat disimpulkan bahwa Kawasan Medan Belawan cenderung mengalami likuifaksi. Hal ini dikarenakan dari tujuh titik pengeboran yang diuji, hanya satu titik yang tidak mengalami likuifaksi yaitu titik BH-3.*

Kata-kata Kunci: gempa bumi; Cyclic Stress Ratio (CSR); Cyclic Resistance Ratio (CSR); Factor Keamanan (FS).

*Abstract — The purpose of this study was to determine the potential for liquefaction that occurred at the SPT test point in the Medan Belawan area. Liquefaction is an event that changes the nature of the soil from a solid state to a liquid state, which is caused by a cyclic load during an earthquake so that the pore water pressure increases, approaches or exceeds the vertical stress. The method used in this study is the *simplified procedure method* proposed by Seed and Idris (1971). With this method, the value of the safety factor (FS) is calculated by comparing the value of the *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) which is the strength of the soil against liquefaction with the value of the *Cyclic Stress Ratio* (CSR) which is the shear stress caused by the earthquake. From the results of calculations based on seven SPT drilling points, in the original state of the soil prior to soil improvement, it can be concluded that the Medan Belawan area tends to experience liquefaction. This is because of the seven drilling points tested, only one point that does not experience liquefaction, namely point BH-3.*

Keywords: earthquake; Cyclic Stress Ratio (CSR); Cyclic Resistance Ratio (CSR); Safety Factor (FS).

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah yang memiliki aktifitas gempa yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh lokasi Indonesia yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama bumi yaitu Lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Oleh sebab itu, setiap perencanaan pembangunan di Indonesia, perlu memperhitungkan resiko yang disebabkan oleh terjadinya gempa bumi. Resiko, bukan hanya resiko yang terjadi pada kegagalan struktur bangunan itu saja, namun juga resiko kegagalan yang akan terjadi pada struktur tanah yang mendukung bangunan yang ada di atasnya. Dalam penelitian ini, penulis membahas kegagalan struktur tanah yang dapat menyebabkan tanah tersebut kehilangan atau bahkan tidak memiliki kekuatan untuk mendukung bangunan yang berada di atasnya yang disebut dengan likuifaksi.

Dalam menentukan suatu daerah memiliki potensi likuifaksi atau tidak, bisa ditentukan dengan dua acara yaitu tes uji laboratorium dan tes uji lapangan yang nantinya akan dihitung faktor keamanannya. Dalam penelitian ini penulis melakukan analisis potensi likuifaksi dengan data SPT untuk mengetahui potensi likuifaksi jika terjadi gempa bumi pada Kawasan Medan Belawan.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui potensi terjadinya likuifaksi pada Kawasan Medan Belawan.
2. Untuk menentukan pada kedalaman berapa tanah yang akan mengalami likuifaksi apabila terjadi gempa bumi pada lokasi yang ditinjau.

Dalam penelitian ini diberikan batasan seperti berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada beberapa titik uji pengeboran SPT di Kawasan Medan Belawan.
2. Penelitian ini menggunakan peta wilayah gempa Indonesia SNI 2012.

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengidentifikasi potensi likuifaksi yang dapat terjadi pada Kawasan Medan Belawan.
2. Untuk menambah ilmu pengetahuan, wawasan dan pembandingan kelak jika akan melakukan perencanaan pembangunan, khususnya pada lokasi yang rentan terhadap potensi likuifaksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Likuifaksi

Likuifaksi adalah sebuah fenomena sedimen tanah yang jenuh kehilangan kekuatan dan kekakuannya secara substansial dan bereaksi seperti cairan (*fluid*) yang diakibatkan oleh adanya tegangan atau beban siklik yang terjadi dalam beberapa saat yang menyebabkan sedimen tanah tersebut memiliki transisi perilaku dari konsistensi utama padat menjadi cair. Tegangan yang menyebabkan likuifaksi adalah pembebanan yang berlangsung secara cepat, cukup besar, dan berulang seperti gempa bumi. Analisis metode sederhana tentang likuifaksi adalah rasio beban siklik yang terinduksi ke deposit tanah yang terganggu akibat guncangan gempa yang diestimasi dari pengetahuan tentang besaran kecepatan pada level permukaan dan dibandingkan dengan korespondensi kekuatan siklik yang dijelaskan dalam istilah rasio beban siklik yang berdampak pada likuifaksi atau mobilitas siklik dalam pergerakan tanah (Ishihara, 1985).

2.2 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Potensi Likuifaksi

1. Intensitas dan durasi dari gempa yang terjadi;
2. Muka Air Tanah;
3. Jenis Tanah;
4. Kepadatan relatif awal (Initial relative density);
5. Gradasi dan analisis butiran tanah;
6. Kondisi drainase dan dimensi deposit atau endapan.

2.3 Metode Analisis Likuifaksi Berdasarkan Data SPT

Dalam Penelitian ini penulis menggunakan metode analisis potensi likuifaksi dengan menggunakan uji penetrasi standar (SPT) seperti yang dikemukakan oleh Seed et al. (1985). Metode tersebut diusulkan oleh Seed dan Idriss (1971) dan disebut dengan *simplified procedure*.

2.3.1 Perhitungan Nilai Cyclic Stress Ratio (CSR)

CSR merupakan nilai perbandingan antara tegangan geser rata-rata yang diakibatkan oleh gempa bumi dengan tegangan vertical efektif di tiap lapisan tanah. Besarnya nilai CSR dipengaruhi oleh percepatan gempa maksimum, tegangan vertical total tanah, tegangan vertical efektif tanah, dan reduksi faktor kedalaman. Nilai CSR dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_v} = 0,65 \frac{\tau_{max}}{\sigma_v} = 0,65 \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) \quad (1)$$

Di mana:

CSR = tegangan siklik yang menyebabkan likuifaksi atau cyclic stress ratio
 τ_{max} = tegangan geser siklik
 σ_v = tegangan vertical total (t/m^2)
 σ'_v = tegangan vertical efektif (t/m^2)
 a_{max} = percepatan permukaan tanah maksimum akibat gempa (t/s^2) dapat dilihat melalui peta gempa Wilayah Indonesia SNI 2012

r_d = koefisien reduksi kedalaman

g = percepatan gravitasi $9,81 (t/s^2)$

Pada penelitian ini penulis menghitung nilai koefisien reduksi tegangan (r_d) dengan persamaan yang dikembangkan oleh Liao dan Whitman (1986) seperti berikut.

$$r_d = 1,0 - 0,00765z \text{ untuk } z \leq 9,15 \text{ m}$$

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

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

$$r_d = 0,5 \text{ untuk } z \geq 30 \text{ m}$$

Dimana z adalah kedalaman lapisan tanah yang ditinjau.

Tegangan vertical total tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\sigma_v = H \cdot \gamma_{sat}$$

Di mana:

σ_v = tegangan vertical total (kN/m^3)

γ_{sat} = berat volume tanah jenuh air (kN/m^3)

H = tinggi muka air diukur dari permukaan tanah (m)

Tegangan vertical efektif tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\sigma'v = \sigma - u \quad (2)$$

Dimana u adalah tekanan air pori tanah, yang dihitung sebagai berikut.

$$u = H_A \cdot \gamma_w \quad (3)$$

Dengan H_A adalah jarak titik yang ditinjau dengan muka air.

2.3.2 Perhitungan Nilai Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Kemampuan tanah untuk menahan likuifaksi atau *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) dapat ditentukan berdasarkan data hasil uji. Nilai CRR bergantung dari data hasil uji, seperti hasil uji CPT atau SPT karena pada umumnya berkorelasi dengan parameter in situ, seperti nilai penetrasi resisten CPT, jumlah pukulan SPT, atau kecepatan gelombang geser, VS (Idriss dan Boulanger, 2008). Pada penelitian ini penulis menentukan nilai CRR berdasarkan data hasil uji SPT.

Untuk mendapatkan nilai SPT yang terkoreksi digunakan persamaan berikut.

$$(N1)_{60} = CN \cdot CE \cdot CR \cdot CB \cdot CS \cdot Nm \quad (4)$$

Di mana:

CN = faktor normalisasi N_m terhadap tegangan overburden

CE = faktor koreksi rasio energy hammer (ER)

CR = faktor koreksi panjang batang

CB = faktor koreksi diameter lubang bor

CS = faktor koreksi sampel $N_m = N$ -SPT yang diperoleh dari hasil uji di lapangan

Berdasarkan Seed dan Idriss (1982), diperlukannya faktor koreksi untuk menghitung tegangan overburden yang diakibatkan karena adanya peningkatan nilai NSPT yang dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'v0}{Pa})} \quad (5)$$

Untuk nilai yang lainnya ialah factor koreksi (normalisasi) nilai *Standard Penetration Test* (SPT) yang telah ditentukan.

Youd dan Idriss (2001) meneruskan prosedur yang telah dikerjakan oleh Seed et al. (1985) dengan memperkirakan koreksi terhadap fines content (FC) untuk nilai koreksi $(N1)_{60}$ agar ekuivalen dengan pasir bersih dengan menggunakan persamaan beriku.

$$(N1)_{60cs} = \alpha + \beta \cdot (N1)_{60} \quad (6)$$

Dengan α dan β merupakan koefisien yang dapat ditentukan dengan persamaan 2.8a sampai dengan persamaan 2.8d.

$$\alpha = 0, \beta = 1 \text{ FC} \leq 5\% \quad (7)$$

$$\alpha = \exp [1,76 - (190/FC2)] \text{ } 5\% < \text{FC} < 35\%$$

$$\beta = [0,99 - (FC1,5/1000)] \text{ } 5\% < \text{FC} < 35\%$$

$$\alpha = 5, \beta = 1,2 \text{ FC} \geq 35\%$$

Korelasi nilai CRR dengan nilai SPT yang telah dikoreksi dan gempa bumi dengan magnitudo $M = 7,5$ dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.9.

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N1)_{60cs}} + \frac{(N1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{[10 \times (N1)_{60cs} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (8)$$

Jika $(N1)_{60cs} > 37,5$ maka tanah tersebut tidak perlu dievaluasi, karena nilai yang rentan akan likuifaksi ialah ketika $(N1)_{60cs} < 37,5$. Jika $(N1)_{60cs} > 37,5$ maka tanah tersebut kuat menahan beban seismic yang dapat diwakilkan dengan nilai $CRR_{7,5} = 2$.

2.3.3 Perhitungan Faktor Keamanan (FS)

Untuk mengetahui faktor keamanan terhadap likuifaksi dapat menggunakan persamaan berikut.

$$F = \frac{CRR}{CSR} \quad (9)$$

Untuk menyesuaikan dengan magnitudo yang lebih besar atau lebih kecil, Seed dan Idriss (1982) memperkenalkan faktor penskalaan besaran atau yang disebut *magnitude scale factor* (MSF) seperti pada persamaan berikut:

$$Mw < 7,5, \text{ MSF} = \frac{10^{2,24}}{Mw^{2,56}} \quad (10)$$

$$Mw > 7,5, \text{ MSF} = \left(\frac{Mw}{7,7}\right)^{-2,56} \quad (11)$$

Dimana:

MSF = Magnitude Scale Factor

Mw = Kekuatan gempa bumi $\neq 7,5$ SR

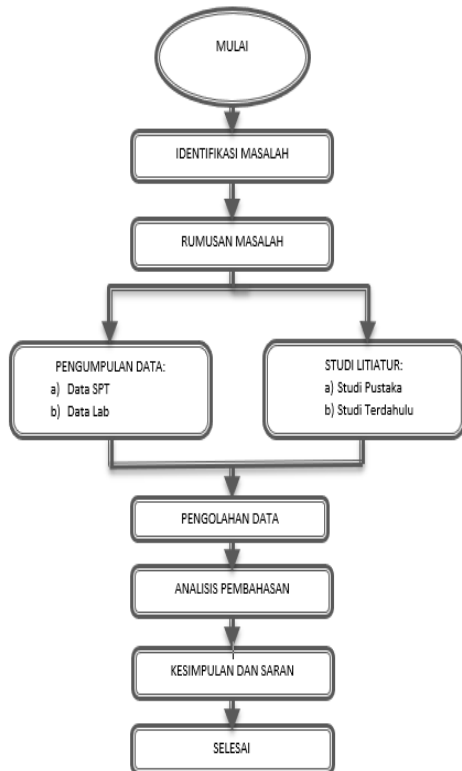
Untuk menghitung CRR dengan besar magnitudo gempa selain 7.5 diperlukan faktor koreksi yang disebut magnitude scale factor (MSF). Dalam hal ini persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut (Seed, 1983):

$$CRR_{MW} = CRR_{7,5} * MSF * K\sigma * K\alpha \quad (12)$$

Untuk variabel $K\sigma$ dan $K\alpha$ dalam perhitungan biasanya hanya dalam kasus khusus sehingga dalam kasus ini $K\sigma$ dan $K\alpha$ bernilai 1.

III METODE PENELITIAN

Alur yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada flow chart pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pembahasan dalam penelitian ini, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam analisis potensi likuifaksi khususnya pada Kawasan Medan Belawan dalam penelitian ini, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Semua kondisi tanah yang diuji untuk analisis potensi likuifaksi pada penelitian ini adalah dalam kondisi tanah asli yang belum dilakukan perbaikan tanah.
2. Untuk BH-3 sampai dengan BH-7 muka air tanah dianggap nol. Karena pada BH-3 sampai BH-7 titik pengeboran dilakukan di bawah permukaan air pantai Belawan.
3. Dalam penelitian ini penulis menggunakan nilai magnitudo (M) 6,5, 7,5 dan 8,5. Karena untuk persamaan umum yang diusulkan oleh Youd dan Idriss (2001) menggunakan nilai magnitude (M) 7,5. Untuk memperkuat hasil dugaan analisis potensi likuifaksi terhadap titik yang ditinjau, maka penulis melakukan naik satu dan turun satu dari nilai magnitude (M) yang diusulkan oleh Youd dan Idriss.

4.1 Perhitungan Nilai Faktor Keamanan

Data BH-1 Lokasi Proyek Paya Pasir:

- ❖ lapisan ke 4 (z) BH-1 :15.00 m

- ❖ γ_{sat} :15, kN/m²
- ❖ γ_d :11,5kN/m²
- ❖ Magnitude (M_w) : 7,5 SR
- ❖ Muka air tanah : 0,5 m
- ❖ a_{max} : 0,25 g
- ❖ Percepatan gravitasi (g) : 9,81 m/s²
- ❖ Berat volume air (γ_w) : 10 kN/m²
- ❖ Nilai N-SPT :

Perhitungan tegangan total

$$\begin{aligned} \sigma &= h * \gamma \\ &= (11,0 * 15,3) + (2,0 * 14,5) + (1,5 * 15,6) \\ &\quad + (0,5 * 15,0) \\ &= 228,1 \end{aligned}$$

Perhitungan tekanan air pori

$$\begin{aligned} u &= h_w * \gamma_w \\ &= (14,5 * 10,0) \\ &= 145 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan tegangan efektif:

$$\begin{aligned} \sigma' &= \sigma - u \\ &= 228,1 - 145,0 = 83,1 \end{aligned}$$

Perhitungan reduksi tegangan (rd):

$$\begin{aligned} rd &= 1,174 - (0,0267 * z) \\ rd &= 1,174 - (0,0267 * 15) \\ rd &= 0,774 \end{aligned}$$

Perhitungan Cyclic Stress ratio (CSR):

$$\begin{aligned} CSR &= 0,65 * \left(\frac{a_{max}}{g}\right) * \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right) * rd \\ CSR &= 0,65 * \left(\frac{0,25}{9,81}\right) * \left(\frac{228,1}{83,1}\right) * 0,774 \\ CSR &= 0,0352 \end{aligned}$$

Perhitungan Cyclic Resistance Ratio (CRR):

Nilai N-SPT dilapangan = 4,0

Faktor koreksi ;

$$\begin{aligned} C_N &= 2,2 / \left(1,2 + \frac{\sigma'_{vo}}{Pa}\right) \\ C_N &= 2,2 / \left(1,2 + \frac{83,1}{98,006}\right) \\ C_N &= 1,075 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_E &= 0,6 \\ C_B &= 1,0 \\ C_R &= 1,0 \\ C_S &= 10 \end{aligned}$$

Perhitungan (N₁)₆₀:

$$\begin{aligned} (N_1)_{60} &= N_M * C_N * C_E * C_B * C_R * C_S \\ (N_1)_{60} &= 4,0 * 1,075 * 0,6 * 1,0 * 1,0 * 1,0 \\ (N_1)_{60} &= 2,579 \end{aligned}$$

Perhitungan (N₁)_{60cs}:

$$\begin{aligned} \text{Diambil } F_c &= 5 \%, \alpha = 0, \beta = 1 \\ (N_1)_{60cs} &= \alpha + \beta * (N_1)_{60} \\ (N_1)_{60cs} &= 0 + (1 * 2,579) \\ (N_1)_{60cs} &= 2,579 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N1)60cs} + \frac{(N1)60cs}{135} + \frac{1}{50} + \frac{1}{200}$$

$$= \frac{1}{34 - 2,579} + \frac{2,579}{135} + \frac{1}{50} + \frac{1}{200}$$

$$= 0,0559$$

Perhitungan Nilai Faktor Keamanan (FS):

$$FS = \frac{CRR_{7.5}}{CSR}$$

$$= \frac{0,0559}{0,0352}$$

$$= 1,59 > 1 \text{ (tidak likuifaksi)}$$

$$(M_w) = 6.5 \text{ SR}$$

$$MSF < 7.5$$

$$MSF_{6.5} = 10^{2.24/M_w^{2.56}}$$

$$= 1.442$$

Perhitungan CRR_{Mw} :

$$CRR_{Mw} = CRR_{7.5} * MSF_{6.5}$$

$$= 0,0559 * 1,442$$

$$= 0,0806$$

Maka FS pada 6.5 SR menjadi ;

$$FS = \frac{CRR_{Mw}}{CSR}$$

$$= \frac{0,0806}{0,0352}$$

$$FS = 2,292 > 1 \text{ (tidak likuifaksi)}$$

Untuk Magnetude (M_w) = 8.5 SR

Untuk $MSF > 7.5$

$$MSF_{8.5} = (M_w/7.5)^{-2.56}$$

$$= 0,726$$

Perhitungan CRR_{Mw}

$$CRR_{Mw} = CRR_{7.5} * MSF_{8.5}$$

$$= 0,0559 * 0,726$$

$$= 0,0406$$

Maka FS pada 8.5 SR menjadi ;

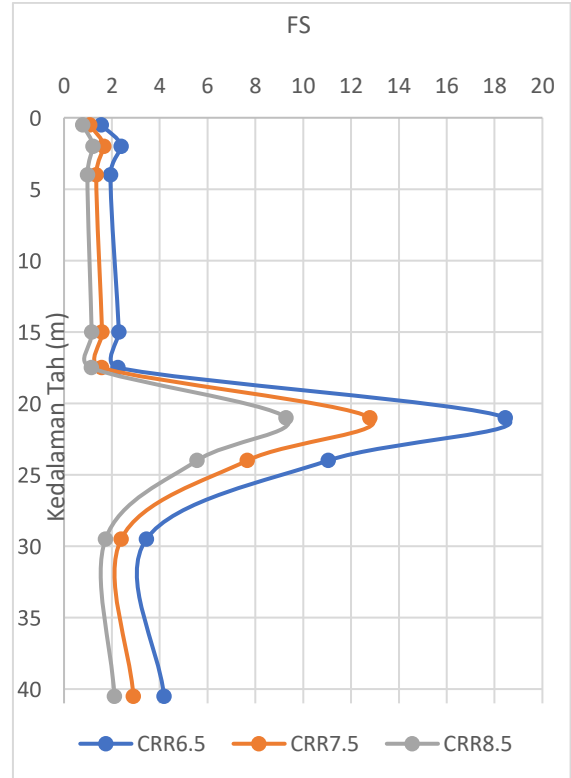
$$FS = \frac{CRR_{Mw}}{CSR}$$

$$= \frac{0,0406}{0,0352}$$

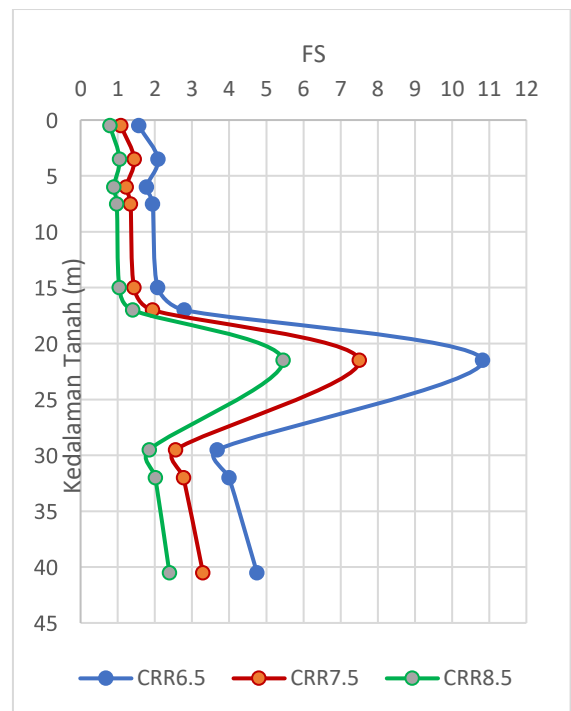
$$= 1,154 > 1 \text{ (tidak likuifaksi)}$$

4.2 Grafik Hubungan Faktor Keamanan terhadap Kedalaman

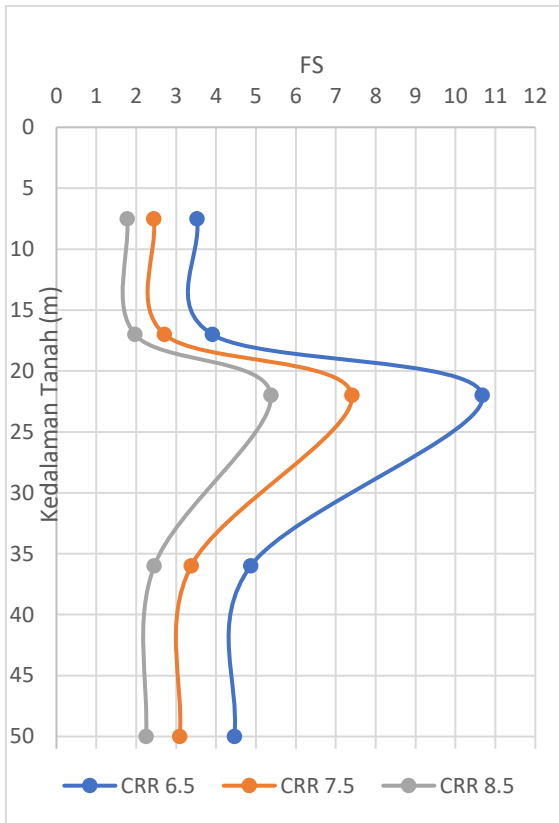
Berikut adalah grafik hubungan antara faktor keamanan terhadap kedalaman:



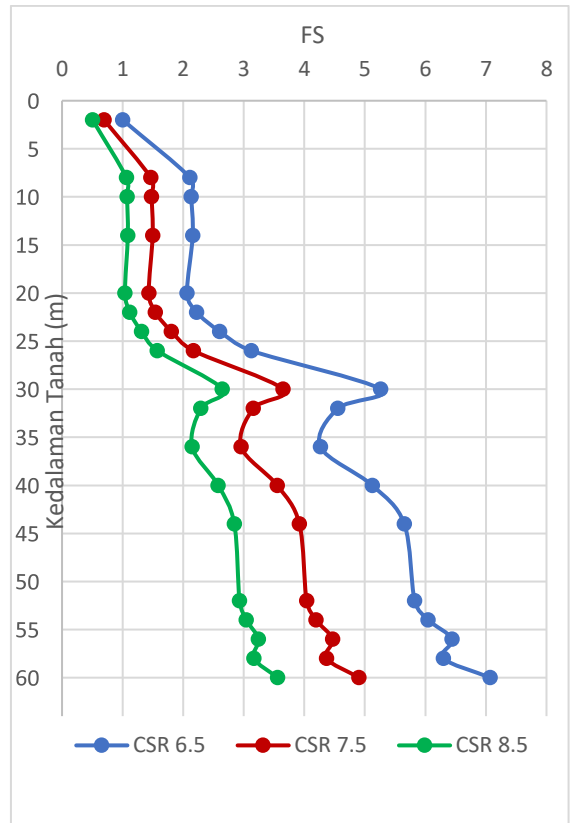
Gambar 2. Grafik hubungan nilai faktor keamanan terhadap kedalaman BH-1



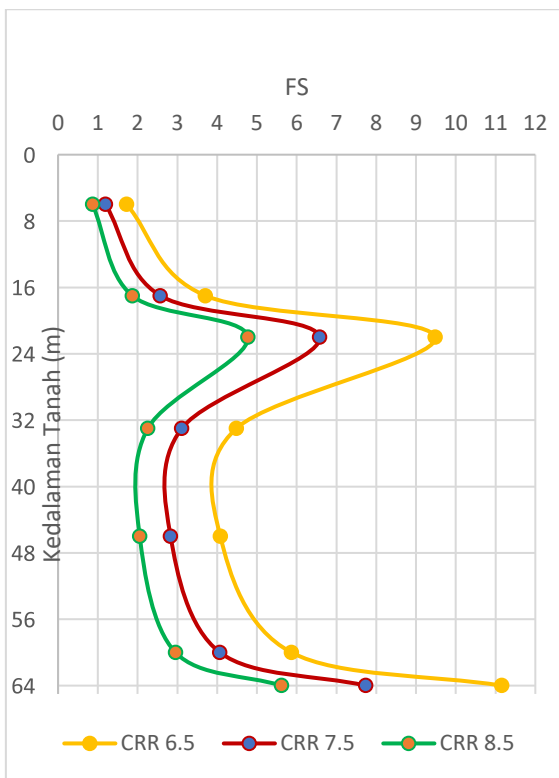
Gambar 3. Grafik hubungan nilai faktor keamanan terhadap kedalaman BH-2



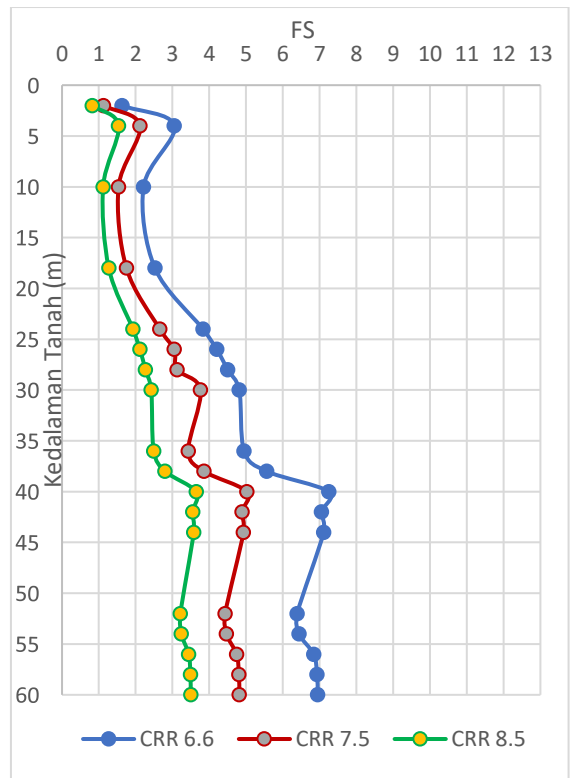
Gambar 4. Grafik hubungan nilai faktor keamanan terhadap kedalaman BH-3



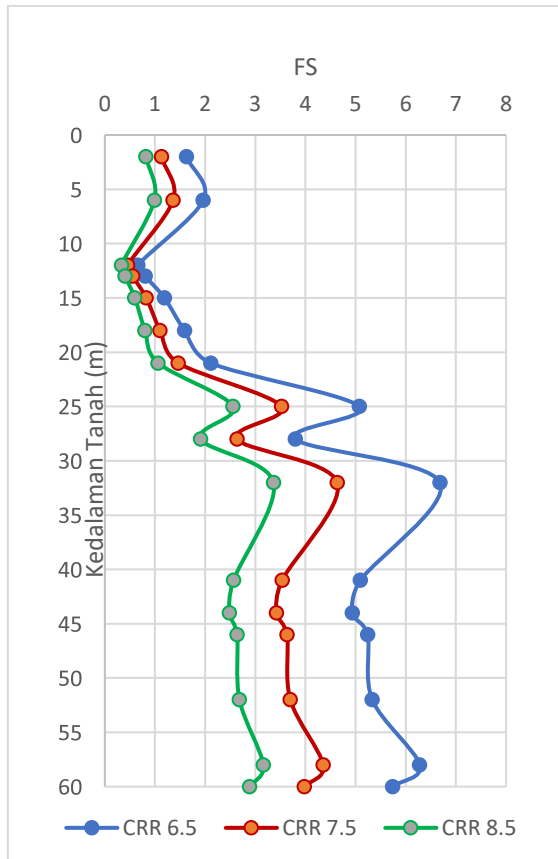
Gambar 6. Grafik hubungan nilai faktor keamanan terhadap kedalaman BH-5



Gambar 5. Grafik hubungan nilai faktor keamanan terhadap kedalaman BH-4



Gambar 7. Grafik hubungan nilai faktor keamanan terhadap kedalaman BH-6



Gambar 8. Grafik hubungan nilai faktor keamanan terhadap kedalaman BH-7

V. KESIMPULAN

- BH-1 dengan letak kordinat X= 463161, Y = 410511. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada lapisan 0,00 – 0,50 meter dan lapisan 2,00 – 4,00 meter. Likuifaksi terjadi pada nilai CRR 8,5. Artinya apabila terjadi gempa bumi dengan kekuatan $\geq 8,5$ SR, maka pada lapisan tersebut akan mengalami likuifaksi.
- BH-2 dengan letak kordinat X = 463158, Y = 410412. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada lapisan 0,00 – 0,50 meter, lapisan 3,50 – 6,00 meter dan lapisan 6,00 – 7,50 meter. Likuifaksi terjadi pada nilai CRR 8,5. Artinya apabila terjadi gempa bumi dengan kekuatan $\geq 8,5$ SR, maka pada lapisan tersebut akan mengalami likuifaksi.
- BH-3 dengan letak kordinat X = 466511,09, Y = 418568,11. Lokasi tinjauan yang tidak mengalami likuifaksi pada semua lapisan kedalaman pengeboran.
- BH-4 dengan letak kordinat X = 466770,31, Y = 418670,36. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada lapisan 0,00 – 6,00 meter. Pada lapisan ini likuifaksi terjadi pada nilai CRR 8,5. Artinya apabila terjadi gempa bumi dengan kekuatan $\geq 8,5$ SR, maka pada lapisan tersebut akan mengalami likuifaksi.
- BH-5 dengan letak kordinat X = 468895, 51, Y = 419783,51. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada lapisan 0,00 – 2,00 meter. Pada lapisan ini likuifaksi terjadi pada nilai CRR 7,5 dan CRR 8,5. Artinya apabila terjadi gempa bumi dengan kekuatan $\geq 7,5$ SR, maka pada lapisan tersebut akan mengalami likuifaksi.
- BH-6 dengan letak kordinat X = 469000,25, Y = 419668,25. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada lapisan 0,00 – 2,00 meter. Pada lapisan ini likuifaksi terjadi pada nilai CRR 7,5, dan CRR 8,5. Artinya apabila terjadi gempa bumi dengan kekuatan $\geq 7,5$ SR, maka pada lapisan tersebut akan mengalami likuifaksi.
- BH-7 dengan letak kordinat X = 469208,8, Y = 419634,4. Pada titik ini likuifaksi terjadi pada lapisan 6,00 – 13,00 meter untuk nilai CRR 6,5. Sedangkan untuk nilai CRR 7,5 likuifaksi terjadi pada lapisan 6,00 – 15,00 meter. Dan untuk nilai CRR 8,5 likuifaksi terjadi pada lapisan 0,00 – 18,00 meter. Artinya apabila terjadi gempa bumi dengan kekuatan $\geq 6,5$ SR maka lapisan yang mengalami likuifaksi hanya lapisan 6,00 – 13,00 meter saja. Tetapi apabila kekuatan gempa bumi mencapai $\geq 7,5$ SR, maka lapisan 6,00 – 15,00 meter mengalami likuifaksi. Dan jika kekuatan gempa bumi mencapai $\geq 8,5$ SR, maka lapisan 0,00 – 18,00 meter mengalami likuifaksi.
- Lokasi tinjauan yang paling aman terhadap potensi likuifaksi adalah pada titik BH-1 dengan letak kordinat X= 463161, Y = 410511, pada kedalaman lapisan 17,50 – 21,00 meter dengan nilai FS = 9,289. Nilai factor keamanan ditinjau berdasarkan nilai CRR 8,5.
- Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi likuifaksi yang terjadi pada titik pengujian yang berada di Kawasan Medan Belawan berdasarkan data SPT. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan tujuh titik pengeboran SPT, dengan keadaan tanah asli sebelum dilakukan perbaikan tanah maka dapat disimpulkan bahwa Kawasan Medan Belawan cenderung mengalami likuifaksi. Hal ini dikarenakan dari tujuh titik

pengeboran hanya satu titik yang tidak mengalami likuifaksi yaitu pada titik BH-3.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN. (2012). *SNI 1726, 2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangun gedung dan non gedung*. Jakarta.
- Idris, I. M., & dan Boulanger, R. W. (Tanpa Tahun). "Soil Liquefaction During Earthquakes". 2008.
- Kumar, K. (2008). *Basic geotechnical earthquake engineering*. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers
- National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER). (1997). *Proceedings of the NCEER workshop on evaluation of liquefaction resistances of soils*. T.L. Youd dan I.M. Idriss, editors, Technical Report NCEER-97-022, 41-88.
- Rifa, I. (2011). *Analisis potensi likuifaksi dari data CPT Dan SPT dengan studi kasus PLTU Ende Nusa Tenggara Timur*. Skripsi Universitas Indonesia.
- Seed, H.B., & Idris, I.M., (1971). *Simplified Procedure for Liquefaction Potential*. J. Geotech. Engrg. Div., ASCE, 97(9), 1249-1273.