

Potensi Likuifaksi Berdasarkan Nilai N-SPT di Bandara Rokot Kepulauan Mentawai

Fuji Asema

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Malang, 65141, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: fujiasema11@gmail.com

Received 8th May 2023; 1st Revision 22th May 2023; Accepted 20th June 2023

ABSTRAK

Likuifaksi adalah fenomena dimana tanah yang semula padat mengalami perubahan menjadi cair akibat peningkatan tekanan air pori pada saat getaran gempa bumi. Kepulauan Mentawai merupakan daerah yang sering terjadi gempa bumi dan tsunami. Kepulauan ini memiliki satu bandar udara merupakan pintu gerbang utama untuk mengunjungi Kepulauan Mentawai, yang terkenal dengan keindahan alamnya seperti pantai, ombak, dan kekayaan bawah lautnya. Oleh karena itu penting dilakukan analisis potensi likuifaksi pada bandara rokot mentawai. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan data hasil uji N-SPT pada terminal penumpang dan bangunan operasi bandara Rokot Mentawai. Hasil analisis diperoleh bahwa potensi likuifaksi terjadi pada kedalaman <16m dengan nilai Safety Factor (SF) $\leq 1,0$. Jika dihubungkan dengan evaluasi penurunan tanah selama terjadi gempa, maka dapat diketahui bahwa tanah yang mengalami likuifaksi pada titik BH01 dan BH02 memiliki nilai kerapatan relatif (D_r) antara 0 – 65% dengan kerapatan sangat lepas hingga sedang. Hal ini berarti bahwa tanah cenderung rentan terhadap likuifaksi karena selama gempa bumi berlangsung, rongga pori tanah akan terisi oleh air, tekanan air pori menjadi meningkat yang menyebabkan tanah menjadi jenuh dan berpotensi mengalami likuifaksi. Diharapkan hasil analisis potensi likuifaksi ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan serta bisa menjadi pedoman dalam menghadapi potensi risiko likuifaksi terutama pada daerah yang rawan terhadap gempa bumi dan likuifaksi.

Kata Kunci: Likuifaksi; N-SPT; Mentawai

ABSTRACT

Liquefaction is a phenomenon in which originally solid soil undergoes a change into a liquid state due to an increase in pore water pressure during seismic vibrations. The Mentawai Islands are an area prone to earthquakes and tsunamis. These islands have one airport, which serves as the main gateway to visiting the Mentawai Islands, known for their natural beauty such as beaches, waves, and underwater wealth. Therefore, it is important to conduct a liquefaction potential analysis at Rokot Mentawai Airport. This analysis is carried out using data from N-SPT test results at the passenger terminal and airport operations building in Rokot Mentawai. The analysis results indicate that liquefaction potential occurs at depths of 16m with a safety factor (SF) value of 1.0. When connected to the evaluation of soil settlement during earthquakes, it can be determined that the liquefaction-affected soil at BH01 and BH02 points has a relative density (D_r) ranging from 0 to 65% with a loose to medium density. This means that the soil is prone to liquefaction because, during earthquakes, the soil's pore cavities will be filled with water, causing an increase in pore water pressure that saturates the soil and

potentially leads to liquefaction. It is expected that the results of this liquefaction potential analysis can provide significant contributions and serve as a guide in dealing with the potential risks of liquefaction, especially in areas prone to earthquakes and liquefaction.

Keywords: *Liquefaction; N-SPT; Mentawai.*

Copyright © Fuji Asema

This is an open access article under the: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

PENDAHULUAN

Likuifaksi adalah fenomena dimana tanah yang semula padat mengalami perubahan menjadi cair akibat peningkatan tekanan air pori pada saat getaran gempa bumi [1]. Perubahan sifat tanah ini akan mempengaruhi bangunan yang ada di atasnya. Faktor yang mempengaruhi likuifaksi diantaranya karakteristik tanah, kerapatan relatif, angka pori tanah, tekanan awal tanah, serta durasi gempa yang terjadi [2]. Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terhadap likuifaksi karena letak geografisnya yang berada di jalur Cincin Api Pasifik atau Ring Of Fire, yang merupakan zona subduksi aktif dan sering terjadi gempa bumi. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui potensi likuifaksi di beberapa wilayah di Indonesia terutama yang berada pada zona subduksi. Hal ini menjadi perhatian karena dampak dan bahaya yang diakibatkan oleh likuifaksi. Selain dapat menyebabkan kerusakan yang parah pada bangunan dan infrastruktur, likuifaksi juga dapat menyebabkan kerugian materi hingga kehilangan nyawa.

Analisis likuifaksi biasanya dilakukan dengan menggunakan data hasil pengukuran dan analisis lapangan, serta simulasi numerik untuk memprediksi potensi terjadinya likuifaksi pada suatu lokasi. Hal ini melibatkan pengumpulan data geologi, geoteknik, dan seismik untuk menentukan karakteristik tanah dan potensi terjadinya gempa bumi. Dengan melakukan analisis likuifaksi yang cermat, dapat membantu dalam merancang struktur bangunan dan infrastruktur yang lebih tahan gempa di Indonesia. Dalam analisis likuifaksi, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, seperti metode SPT (Standard Penetration Test), CPT (Cone Penetration Test), dan UBA (Undrained Borehole Test). Selain itu, terdapat juga metode numerik seperti analisis elemen hingga dan model pemodelan 2D atau 3D untuk memprediksi potensi terjadinya likuifaksi.

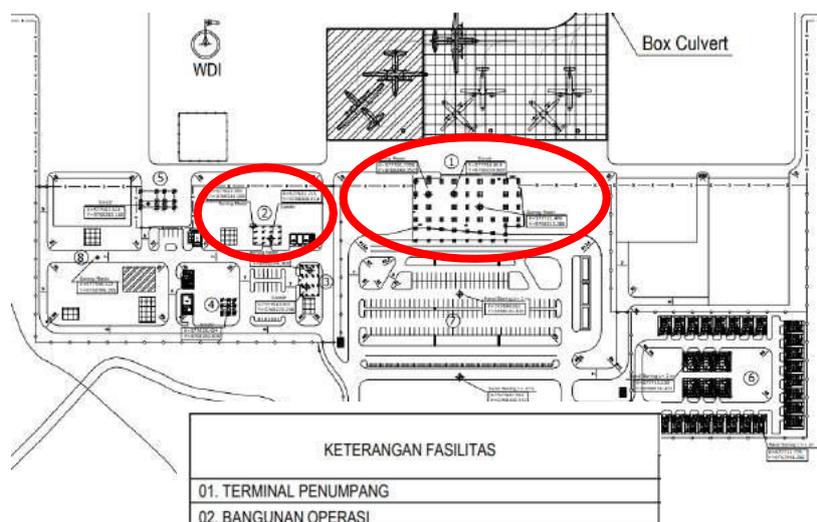
Bandara Rokot Mentawai adalah sebuah bandar udara yang terletak di Pulau Sipora, Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat, Indonesia. Bandara ini memiliki landasan pacu sepanjang 1.400 meter dan lebar 30 meter. Bandara Rokot Mentawai melayani penerbangan komersial dan penerbangan kargo. Bandara ini dioperasikan oleh PT Angkasa Pura II (Persero). Bandara Rokot Mentawai merupakan pintu gerbang utama untuk mengunjungi Kepulauan Mentawai, yang terkenal dengan keindahan alamnya seperti pantai, ombak, dan kekayaan bawah lautnya. Bandara ini juga menjadi alternatif penerbangan kecil ke daerah-daerah lain di Sumatera Barat. Saat ini, terdapat beberapa maskapai yang melayani penerbangan menuju Bandara Rokot Mentawai, seperti Wings Air, Susi Air, dan Trigana Air. Keberadaan Bandara Rokot Mentawai dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1: Peta Lokasi Bandara Rokot Mentawai

Kepulauan Mentawai, di mana Bandara Rokot Mentawai terletak, merupakan daerah yang sering terjadi gempa bumi dan tsunami. Oleh karena itu, Bandara Rokot Mentawai perlu memperhatikan risiko likuifaksi dalam perencanaan dan konstruksi bangunan dan fasilitas di sekitar bandara. Pada dasarnya, risiko likuifaksi dapat mempengaruhi keamanan dan kinerja bandara. Jika tanah di sekitar bandara mengalami likuifaksi, maka landasan pacu dan fasilitas lainnya dapat mengalami kerusakan atau bahkan runtuh. Hal ini bisa berdampak pada keselamatan penerbangan dan mengganggu aktivitas penerbangan di Bandara Rokot Mentawai. Sehingga dalam perencanaan dan konstruksi Bandara Rokot Mentawai harus dilakukan penilaian risiko likuifaksi dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kedalaman muka air tanah, karakteristik tanah, dan sejarah gempa bumi yang pernah terjadi di daerah tersebut. Selain risiko likuifaksi, Bandara Rokot Mentawai juga perlu memperhatikan risiko bencana alam lainnya seperti gempa bumi dan tsunami, yang dapat berdampak pada keamanan dan kinerja bandara. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan dan pengelolaan risiko bencana yang baik untuk memastikan keamanan dan kinerja bandara.

Titik tinjauan pada penelitian ini adalah fasilitas yang paling sentral jika berpotensi mengalami likuifaksi yaitu terminal penumpang dan bangunan operasi yang dapat pada gambar 2.



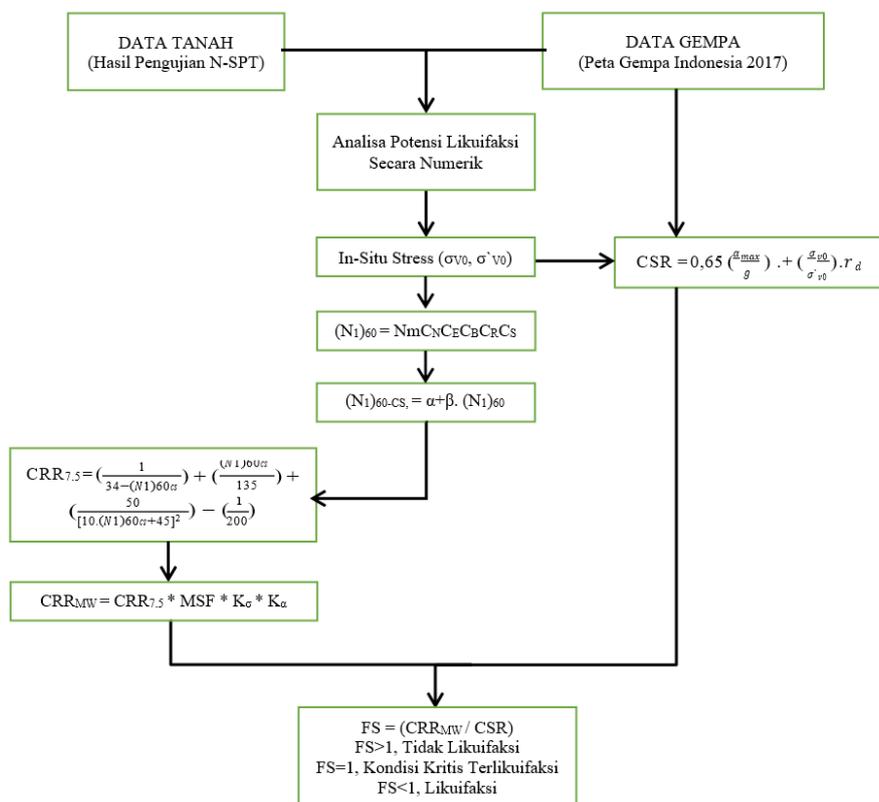
Gambar 2: Titik Tinjau Potensi Likuifaksi

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis potensi likuifaksi yang terjadi pada terminal penumpang dan bangunan operasi Bandara Rokot Mentawai dan besar penurunan yang terjadi akibat likuifaksi.

Penelitian sejenis telah dilakukan oleh Kurnia dan Oktavian (2017) yaitu analisis potensi likuifaksi berdasarkan data SPT di dermaga Bitung, Sulawesi Utara [5]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap kedalaman yang ditinjau pada titik pengujian, memiliki angka $SF > 1$ dengan variasi magnitude gempa 5,5 SR – 9,5 SR. Hal ini berarti bahwa titik yang ditinjau tidak berpotensi mengalami likuifaksi. Sementara itu, Roski (2016) juga telah melakukan studi potensi likuifaksi menggunakan data SPT di daerah pesisir pantai Belang Minahasa Tenggara [6]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa likuifaksi terjadi pada kedalaman $< 7\text{m}$ dengan nilai $SF < 1$.

METODE

Metodologi penelitian analisis potensi likuifaksi berdasarkan nilai N-SPT (Standard Penetration Test) adalah salah satu metode yang umum digunakan dalam mengidentifikasi potensi terjadinya likuifaksi pada suatu lokasi. Metode ini melibatkan pengukuran nilai N-SPT di lokasi yang akan dianalisis untuk menentukan karakteristik tanah dan potensi terjadinya likuifaksi. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan untuk memperkirakan potensi terjadinya likuifaksi pada lokasi tersebut. Potensi terjadinya likuifaksi dapat dinyatakan dalam bentuk kurva likuifaksi (liq curve) atau dalam bentuk angka faktor keamanan (safety factor) yang menunjukkan probabilitas terjadinya likuifaksi pada suatu lokasi. Metodologi penelitian analisis potensi likuifaksi berdasarkan nilai N-SPT dapat memberikan informasi yang cukup akurat tentang potensi terjadinya likuifaksi pada suatu lokasi. Adapun metode penelitian analisis potensi likuifaksi berdasarkan nilai N-SPT di terminal penumpang dan bangunan operasi Bandara Rokot Mentawai dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3: Metode Penelitian

Potensi likuifaksi dapat dilihat dari angka keamanan (safety factor) yang didapat dari hasil

perbandingan nilai CSR (Cyclic Stress Ratio) dan CRR (Cyclic Resistance Ratio). Cyclic Stress Ratio adalah rasio antara tegangan siklik maksimum dan tegangan efektif pada suatu elemen tanah atau batuan yang terkena beban siklik sedangkan Cyclic Resistance Ratio adalah rasio antara tegangan siklik resistif maksimum dan tegangan efektif tanah [2]. Sehingga angka keamanan terhadap likuifaksi dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$FS = CRR / CSR \tag{1}$$

Cyclic Stress Ratio (CSR)

Seed dan Idriss memformulasikan persamaan untuk perhitungan nilai CSR [2] adalah:

$$CSR = 0,65 \times \frac{amax}{g} \times \frac{\sigma vo}{\sigma'vo} \times \frac{r}{d} \tag{2}$$

Dimana:

- amax* = percepatan gempa
- g* = percepatan gravitasi
- σvo* = tegangan vertikal overburden total
- σ'vo* = tegangan vertikal overburden efektif
- rd* = koefisien tegangan reduksi

Faktor 0,65 diasumsikan bahwa tegangan geser seragam ekuivalen adalah 65% dari tegangan maksimum absolut yang dihasilkan oleh gempa. Adapun nilai akselerasi puncak gempa horizontal maksimum tanah (*amax*) didapat berdasarkan peta gempa Indonesia 2017 [3].

Cyclic Resistance Ratio (CRR)

Nilai CRR didapat dengan perhitungan beberapa parameter dari hasil uji N-SPT. Berikut tahapan perhitungan nilai CRR:

Nilai (N1)60

Nilai (N1)60 merupakan nilai penetrasi overburden dan dapat dihitung menggunakan faktor koreksi dan normalisasi dengan persamaan berikut [4]:

$$(N1)_{60} = Nm C_N C_E C_B C_R C_S \tag{3}$$

Dimana:

- Nm* = Nilai SPT

Nilai CN, CE, CB, CR dan CS adalah faktor koreksi yang digunakan dari pengujian SPT diantaranya faktor koreksi berdasarkan, rasio energi (CE), diameter lubang (CB), panjang tali/rod (CR) dan metoda sampling (CS) [4]. Sedangkan untuk tegangan total tanah (CN) digunakan persamaan Seed dan Idriss [7]:

$$CN = \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma vo}{Pa})} \tag{4}$$

Dimana:

- σ'vo* = tekanan efektif overburden

P_a = tekanan atmosfer (1 atm)

Nilai $(N1)_{60cs}$

Nilai $(N1)_{60cs}$ dipengaruhi oleh persentase massa dari butiran tanah yang memiliki ukuran kurang dari 0,075 mm (#200) atau Fines Content (FC) dengan menggunakan persamaan berikut [4]:

$$(N1)_{60cs} = (\alpha + \beta) \times (N1)_{60} \tag{5}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \alpha &= 0, \beta = 0 & FC \leq 5\% \\ \alpha &= \exp [1,76 - (190/FC^2)] & 5\% < FC < 35\% \\ \beta &= [0,99 - (FC/1000)] & 5\% < FC < 35\% \\ \alpha &= 5, \beta = 1,2 \end{aligned}$$

Nilai $CRR_{7,5}$

Nilai CRR dihitung dengan besaran skala gempa (M_w) 7,5 dan pasir murni dengan nilai $(N1)_{60cs} < 37,5$ dengan menggunakan persamaan berikut:

$$CRR_{7,5} = \left(\frac{1}{34 - (N1)_{60cs}} \right) + \left(\frac{(N1)_{60cs}}{135} \right) + \left(\frac{50}{[10 \cdot (N1)_{60cs} + 45]^2} \right) - \left(\frac{1}{200} \right) \tag{6}$$

Jika $(N1)_{60cs} > 37,5$ maka tanah tersebut kuat terhadap tahanan beban seismik dan dapat diwakilkan dengan nilai $CRR_{7,5} = 2$.

Nilai CRR_{MW}

Oleh karena gempa dengan besaran skala $M_w = 7,5$ dinyatakan sebagai gempa referensi Youd dan Idriss, maka perlu dilakukan koreksi untuk besaran skala gempa yang lebih kecil atau lebih besar dari $M_w = 7,5$. Koreksi nilai tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Magnitude Scalling Factor (MSF) berikut:

$$MSF = 10^{2,24 / M_w^{2,56}} \quad M_w < 7,5 \tag{7}$$

$$MSF = \frac{(M_w)^{-2,56}}{7,5} \quad M_w > 7,5 \tag{8}$$

$$CRR_{MW} = CRR_{7,5} \times MSF \times K_\sigma \times K_\alpha \tag{9}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} K_\sigma &= 1 \text{ (asumsi permukaan tanah datar)} \\ K_\alpha &= \sigma'_{vo} / P_a \\ P_a &= 1 \text{ atm} \end{aligned}$$

Nilai *Safety Factor (SF)*

Nilai FS dihitung dengan membandingkan nilai CRR_{MW} dengan nilai CSR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis potensi likuifaksi dilakukan berdasarkan hasil uji N-SPT (Standard Penetration Test) di terminal penumpang dan bangunan operasi pada Bandara Rokot Mentawai didapatkan nilai Safety Factor (SF) untuk setiap kedalaman titik yang ditinjau.

Tabel 1: Hasil Uji SPT di titik BH 01 (Terminal Penumpang) dan BH 02 (Bangunan Operasi)

Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah		N-SPT	
	BH01	BH02	BH01	BH02
0	Lanau Organik	Lanau Organik	0	0
2	Lanau Organik	Lanau Organik	1	0
4	Lanau	Lanau Organik	3	3
6	Lanau	Lanau	5	4
8	Lanau	Lanau	7	0
10	Lanau	Lanau	10	5
12	Lanau	Lanau	15	12
14	Lanau Kepasiran	Lanau	14	14
16	Lanau Kepasiran	Lanau	16	13
18	Lanau Kepasiran	Lanau	18	12
20	Lanau Kepasiran	Lanau	18	17
22	Lanau	Pasir Lempung	11	42
24	Lanau	Pasir Lempung	16	43
26	Pasir Lanau	Pasir Lempung	34	36
28	Pasir Lanau	Pasir Lempung	41	32
30	Pasir Lanau	Pasir Lempung	35	7

Perhitungan Nilai CSR

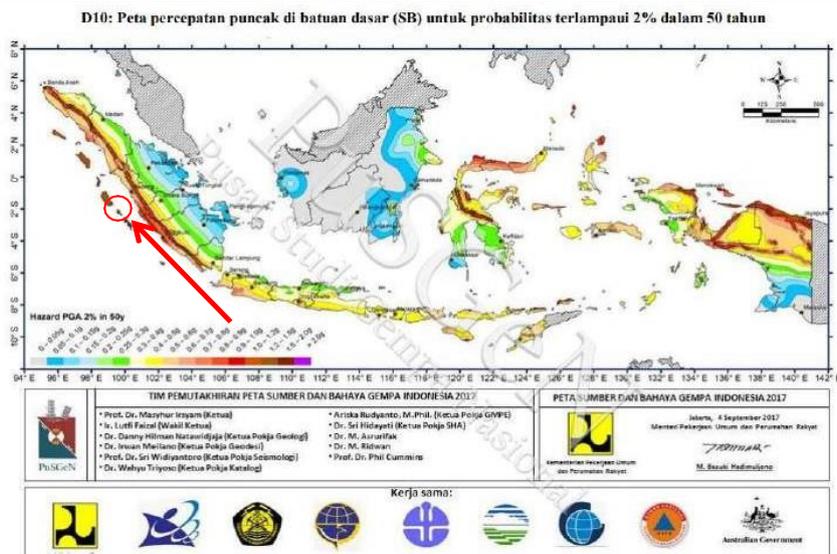
Nilai CSR dipengaruhi oleh akselerasi puncak gempa horizontal maksimum tanah/percepatan gempa (a_{max}), percepatan gravitasi (g), tegangan vertikal overburden total (σ_{vo}), tegangan vertikal overburden efektif (σ'_{vo}) dan koefisien tegangan reduksi (rd). Tegangan vertikal overburden total (σ_{vo}), dan tegangan vertikal overburden efektif (σ'_{vo}) dihitung menggunakan persamaan 10 dan 11.

$$\sigma_{vo} = \gamma \cdot H \tag{10}$$

$$\sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - U \tag{11}$$

Dimana U adalah tekanan air pori

Percepatan gempa (a_{max}) adalah percepatan puncak muka tanah akibat getaran gempa yang terjadi. Periode ulang gempa yang digunakan adalah 1000 tahun [3]. Berdasarkan peta percepatan puncak gempa di batuan dasar (PGA) dengan periode ulang 50 tahun untuk daerah Kepulauan Mentawai adalah 1,5 – 2,0g seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4: Peta Gempa Indonesia Tahun 2017

Mengacu pada SNI 1726-2019, kelas situs tanah ditentukan berdasarkan nilai N sehingga mendapatkan koefisien situs pada PGA tertentu [8]. Berikut adalah klasifikasi kelas situs sesuai SNI 1726-2019.

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	N atau N_{sk}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Gambar 5: Klasifikasi Kelas Situs

Sesuai dengan hasil uji SPT yang telah dilakukan, didapat nilai N -SPT yang bervariasi. Oleh karena nilai N -SPT pada setiap kedalaman di titik BH01 dan BH02 adalah 0-50, maka klasifikasi kelas situs adalah SD (tanah sedang) – SE (tanah lunak). Lalu ditentukan koefisien kelas situs (FPGA) untuk PGA 1,5 – 2,0g dengan kelas situs SD – SE [8] yaitu 1,1. Sehingga didapatkan nilai percepatan gempa (a_{max}) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a_{max} &= PGA \times FPGA \quad (12) \\ &= 1,5 \times 1,1 \\ &= 1,65 \end{aligned}$$

Nilai koefisien tegangan reduksi untuk setiap kedalaman dapat dihitung menggunakan persamaan Liao dan Whitman [9].

- $r_d = 1,0 - 0,00765Z$ untuk $\leq 9,15$ m (13)
- $r_d = 1,174 - 0,0267Z$ untuk $9,15 \text{ m} < Z \leq 23$ m (14)
- $r_d = 0,774 - 0,008Z$ untuk $23 \text{ m} < Z \leq 30$ m (15)
- $r_d = 0,5$ untuk $Z \geq 30$ m (16)

Nilai CSR untuk setiap kedalaman pada titik BH01 dan BH02 adalah sebagai berikut:

Tabel 2: Nilai CSR di titik BH 01 dan BH 02

Kedalaman (m)	CSR	
	BH01	BH02
0	0,00	0,00
2	6,38	6,38
4	4,54	4,54
6	4,47	4,47
8	3,09	6,09
10	3,04	4,32
12	2,41	2,41
14	2,37	2,37
16	2,33	2,33
18	2,28	2,28
20	1,70	1,70
22	1,55	1,36
24	1,54	1,35
26	1,31	1,31
28	1,27	1,27
30	1,24	1,76

Perhitungan Nilai CRR

Perhitungan nilai CRR dipengaruhi oleh hasil uji SPT berupa nilai N-SPT, nilai penetrasi *overburden* (N_1)₆₀ yang dikoreksi terhadap beberapa faktor seperti nilai CN, CE, CB, CR, CS, serta besaran skala magnitude gempa yang digunakan. Besaran faktor koreksi dilihat berdasarkan tabel 3 berikut:

Tabel 3: Koreksi Nilai SPT

Factor	Equipment variable	Term	Correction
Overburden pressure	—	C_N	$(P_a/\sigma'_{va})^{0.5}$
Overburden pressure	—	C_N	$C_N \leq 1.7$
Energy ratio	Donut hammer	C_E	0.5–1.0
Energy ratio	Safety hammer	C_E	0.7–1.2
Energy ratio	Automatic-trip Donut-type hammer	C_E	0.8–1.3
Borehole diameter	65–115 mm	C_B	1.0
Borehole diameter	150 mm	C_B	1.05
Borehole diameter	200 mm	C_B	1.15
Rod length	<3 m	C_R	0.75
Rod length	3–4 m	C_R	0.8
Rod length	4–6 m	C_R	0.85
Rod length	6–10 m	C_R	0.95
Rod length	10–30 m	C_R	1.0
Sampling method	Standard sampler	C_S	1.0
Sampling method	Sampler without liners	C_S	1.1–1.3

Selanjutnya dihitung nilai $(N_1)_{60cs}$, CRR7.5 dan CRRMW dengan magnitude gempa sebesar 7 Mw untuk setiap kedalaman pada titik BH01 dan BH02. Nilai CRRMW untuk setiap kedalaman pada titik BH01 dan BH02 adalah sebagai berikut:

Tabel 4: Nilai CRR di titik BH 01 dan BH 02

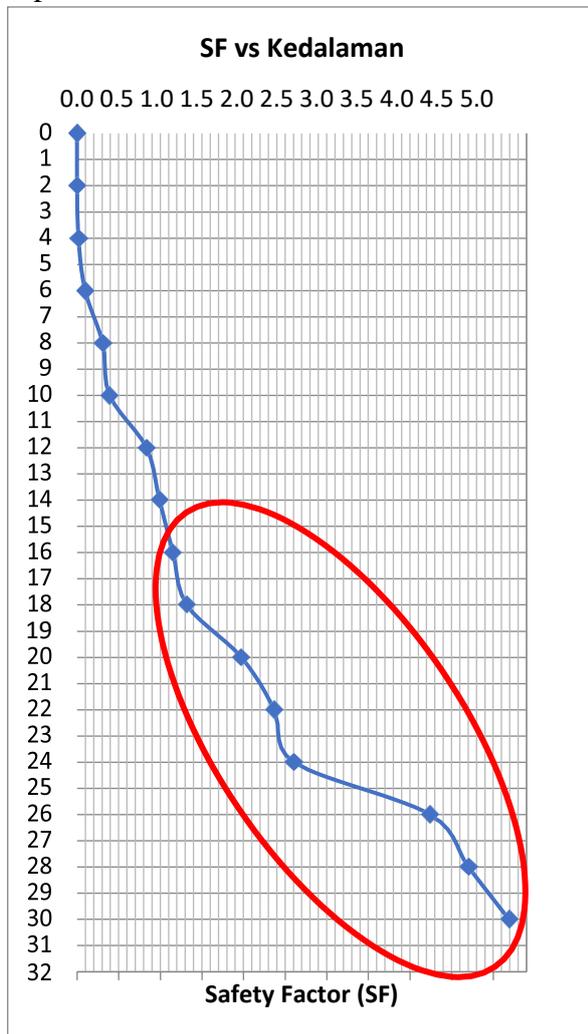
Kedalaman (m)	CRRMW	
	BH01	BH02
0	0,00	0,00
2	0,01	0,00
4	0,08	0,08
6	0,44	0,44
8	0,95	0,39
10	1,19	0,73
12	2,01	2,01
14	2,35	2,35
16	2,68	2,68
18	3,02	3,02
20	3,35	3,35
22	3,69	4,70
24	4,02	5,13
26	5,56	5,56
28	5,98	5,98
30	6,41	3,57

Dari nilai CSR dan CRRMW yang telah diperoleh, didapat nilai *Safety Factor* (SF) dengan membandingkan nilai CSR dan CRRMW untuk setiap kedalaman di titik BH 01 dan titik BH adalah sebagai berikut:

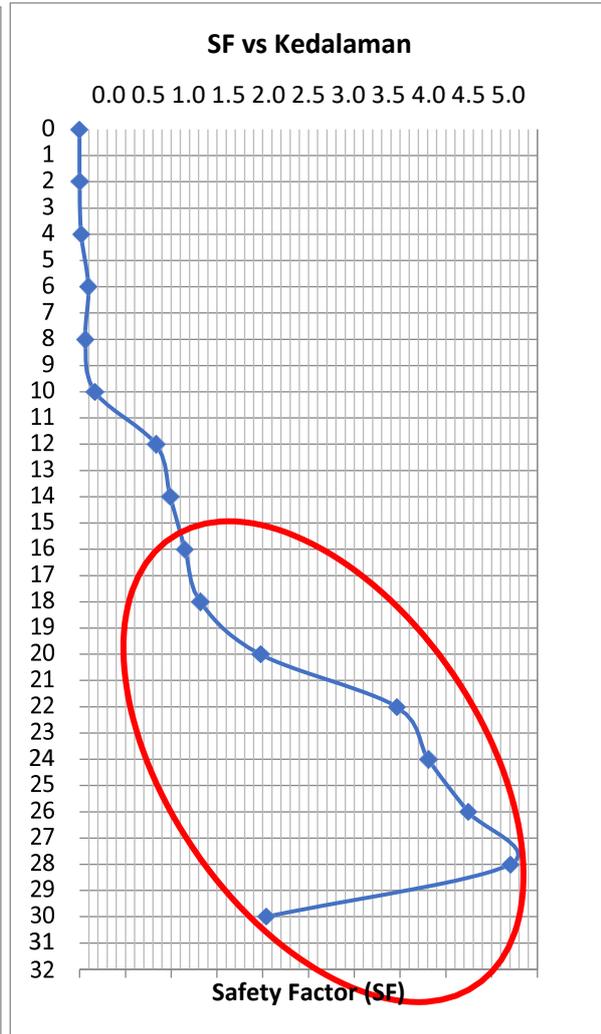
Tabel 5: Nilai *Safety Factor* (SF) untuk titik BH 01 dan titik BH

Kedalaman (m)	BH01			BH02		
	CSR	CRRM W	SF	CSR	CRRM W	SF
0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
2	6,38	0,01	0,0	6,38	0,00	0,0
4	4,54	0,08	0,0	4,54	0,08	0,0
6	4,47	0,44	0,1	4,47	0,44	0,1
8	3,09	0,95	0,3	6,09	0,39	0,1
10	3,04	1,19	0,4	4,32	0,73	0,2
12	2,41	2,01	0,8	2,41	2,01	0,8
14	2,37	2,35	1,0	2,37	2,35	1,0
16	2,33	2,68	1,2	2,33	2,68	1,2
18	2,28	3,02	1,3	2,28	3,02	1,3
20	1,70	3,35	2,0	1,70	3,35	2,0
22	1,55	3,69	2,4	1,36	4,70	3,5
24	1,54	4,02	2,6	1,35	5,13	3,8
26	1,31	5,56	4,2	1,31	5,56	4,2
28	1,27	5,98	4,7	1,27	5,98	4,7
30	1,24	6,41	5,2	1,76	3,57	2,0

Berdasarkan hasil perhitungan *Safety Factor* (SF) untuk setiap kedalaman, maka didapat hubungan kedalaman terhadap nilai SF yang dihasilkan untuk setiap titik BH 01 dan BH 02 seperti di bawah ini.



Gambar 6: Grafik SF vs Kedalaman BH 01



Gambar 7: Grafik SF vs Kedalaman BH 02

Dilihat dari Gambar 6 dan Gambar 7, likuifaksi berada dalam angka aman pada kedalaman >16m dengan nilai SF sebesar >1,2. Hal ini berarti bahwa tanah yang berada di area terminal penumpang dan bangunan operasi berpotensi mengalami likuifaksi hingga kedalaman <16m dengan nilai $SF \leq 1,0$. Berdasarkan nilai N-SPT dan SPT terkoreksi ($N1$)₆₀, lapisan tanah di titik BH01 dan BH02, memiliki nilai ($N1$)₆₀ berkisar antara 0- 15. Jika dihubungkan dengan evaluasi penurunan tanah selama terjadi gempa bumi yang telah dilakukan oleh Tokimatsu dan Seed [10], maka dapat diketahui bahwa tanah yang mengalami likuifaksi pada titik BH01 dan BH02 memiliki nilai D_r antara 0 – 65% dengan kerapatan sangat lepas hingga sedang. Hal ini berarti bahwa tanah cenderung rentan terhadap likuifaksi karena selama gempa bumi berlangsung, rongga pori tanah akan terisi oleh air, tekanan air pori menjadi meningkat yang menyebabkan tanah menjadi jenuh dan berpotensi mengalami likuifaksi.

KESIMPULAN

Analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui potensi terjadinya likuifaksi pada terminal penumpang dan bangunan operasi Bandara Rokot Mentawai. Perhitungan potensi likuifaksi dilakukan dengan membandingkan rasio antara tegangan siklik maksimum dan tegangan efektif pada suatu elemen tanah atau batuan yang terkena beban siklik (Cyclic Stress Ratio/CSR) dengan rasio antara tegangan siklik resistif maksimum dan tegangan efektif tanah (Cyclic Resistance Ratio/CRR). Kedua rasio tersebut dipengaruhi oleh beberapa parameter tanah dan hasil pengujian N-SPT pada titik BH01 (terminal penumpang) dan titik BH02 (bangunan operasi). Hasil analisis memberikan informasi bahwa potensi likuifaksi terjadi hingga kedalaman 16m dengan nilai $SF \leq 1,0$ untuk masing-masing titik bor. Diharapkan hasil analisis potensi likuifaksi ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan serta bisa menjadi pedoman dalam menghadapi potensi risiko likuifaksi terutama pada daerah yang rawan terhadap gempa bumi dan likuifaksi.

REFERENSI

- [1] Youd, T. L. & Perkins, D. M. "Mapping Of Liquefaction Potential: An Example From The Los Angeles Area," *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division* 104(SM6), 671-698, 1978. <https://doi.org/10.1061/AJGEB6.0000612>
- [2] Seed, H. B., & Idriss, I. M. "Simplified Procedure For Evaluating Soil Liquefaction Potential," *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division*, 97(9), 1249-1273, 1971. <https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.0001662>
- [3] Tim Pusat Studi Gempa Nasional, "Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia," 2017.
- [4] Youd T.L., Idriss I.M., "Liquefaction Resistance 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* 297-313, 2001. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v4i1.1195>
- [5] Kurnia C.T., dkk., "Analisis Potensi Likuifaksi Tanah Berdasarkan Data SPT Studi Kasus Dermaga Bitung, Sulawesi Utara," *Jurnal Sipil Statik* Vol. 6 No. 7 Hal 491- 500, 2018. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3//index.php/jss/article/view/19885>
- [6] Roski R.I.L., "Studi Potensi Likuifaksi Berdasarkan Uji Penetrasi Standar (SPT) di Pesisir Pantai Belang Minahasa Tenggara," *Jurnal Tekno* Vol. 14 No. 65, 2016. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/11924>
- [7] Seed, H. B., Idriss, I. M., "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute (EERI)," pp. 127-134, 1982. <https://searchworks.stanford.edu/view/1573032>
- [8] Badan Standar Nasional, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur bangunan Gedung dan Nongedung," 2019. <https://tekonsipil.sv.ugm.ac.id/wp-content/uploads/sites/938/2020/01/SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung.pdf>

-
- [9] Liao, S. S. C., & Whitman, R. V., "Catalogue of liquefaction and non-liquefaction occurrences during earthquakes," Departemen of Civil Engineering, MIT, Cambridge. 1986.
[https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1447972](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1447972)
- [10] Liao, S. S. C., & Whitman, R. V., "Catalogue of liquefaction and non-liquefaction occurrences during earthquakes," Departemen of Civil Engineering, MIT, Cambridge. 1986.
[https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1447972](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1447972)