

ANALISA POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN NILAI N-SPT DI BANDARA INTERNASIONAL KUALANAMU MEDAN

ANALYSIS OF LIQUEFACTION POTENTIAL BASED ON N-SPT VALUES AT KUALANAMU INTERNATIONAL AIRPORT MEDAN

¹Juniarso, ²Andi Asnur Pranata M. H., ²Ellysa

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Universitas Gunadarma dan

¹juniarso@staff.gunadarma.ac.id ²andiforjournal@gmail.com, ³ellysa@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Likuifaksi merupakan fenomena tanah yang semula padat, kemudian mengalami perubahan menjadi cair yang diakibatkan karena peningkatan tekanan air pori pada saat getaran gempa bumi. Analisa likuifaksi dilakukan dengan menggunakan data hasil pengukuran dan analisa lapangan, kemudian dilakukan simulasi numerik untuk memprediksi potensi terjadinya likuifaksi pada suatu lokasi yang ditinjau. Pada analisa likuifaksi, ada beberapa metode yang digunakan, yaitu metode Standard Penetration Test (SPT), dan Cone Penetration Test (CPT). Bandara Udara Internasional Kualanamu merupakan bandara udara internasional yang melayani rute penerbangan wilayah Mebidangro, serta bandara udara pusat yang ada di Provinsi Sumatera Utara. Bandara Udara Internasional Kualanamu berada di Kabupaten Deli Serdang, sekitar 23 km arah timur dari pusat kota Medan. Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis bermaksud melakukan penelitian dengan menganalisa potensi likuifaksi pada tanah lapisan pasir halus dengan kepadatan rendah dan konsistensi lepas/loose. Analisa potensi likuifaksi dilakukan dengan melakukan perbandingan rasio antara tegangan siklik maksimum dan tegangan efektif pada suatu elemen tanah atau batuan yang terkena beban siklik (Cyclic Stress Rasio (CSR)) dengan rasio antara tegangan siklik resistif maksimum dengan tegangan efektif tanah (Cyclic Resistance Rasio (CSR)). Hasil analisa menunjukkan bahwa potensi likuifaksi terjadi dalam rentang kedalaman 1,5meter sampai dengan 5meter pada kedalaman tanah yang di dominasi oleh tanah pasir dengan nilai $SF \leq 1,0$.

Kata Kunci : Likuifaksi, Siklik Maksimum, Tegangan Efektif, SPT (Standard Penetration Test), CPT (Cone Penetration Test).

Abstract

Liquefaction is a phenomenon of soil that is originally solid, then changes into liquid due to an increase in pore water pressure during earthquake vibrations. Liquefaction analysis is carried out using measurement data and field analysis, then numerical simulations are carried out to predict the potential for liquefaction at the location under review. In liquefaction analysis, there are several methods used, namely the Standard Penetration Test (SPT), and Cone Penetration Test (CPT) methods. Kualanamu International Airport is an international airport serving flight routes in the Mebidangro region, as well as the central airport in North Sumatra Province. Kualanamu International Airport is located in Deli Serdang Regency, about 23 km east of Medan city center. Based on this description, the author intends to conduct research by analyzing the liquefaction potential of fine sand layer soil with low density and loose consistency. The liquefaction potential analysis was conducted by comparing the ratio between the maximum cyclic stress and effective stress in a soil or rock element subjected to cyclic loading (Cyclic Stress Ratio (CSR)) with the ratio between the maximum resistive cyclic stress and the effective stress of the soil (Cyclic Resistance Ratio (CSR)). The results of the analysis show that liquefaction potential occurs in the depth range of 1.5 meters to 5 meters at a soil depth dominated by sandy soil with SF values < 1.0.

Keywords: Liquefaction, Maximum Cyclic, Effective Stress, SPT (Standard Penetration Test), CPT (Cone Penetration Test).

PENDAHULUAN

Likuifaksi merupakan fenomena tanah yang semula padat, kemudian mengalami perubahan menjadi cair akibat peningkatan tekanan air pori pada saat getaran gempa bumi. Faktor yang mempengaruhi likuifaksi, yaitu karakteristik tanah, kerapatan relatif, angka pori tanah, tekanan awal tanah, serta durasi gempa yang terjadi. Likuifaksi berpotensi di beberapa wilayah di Indonesia, terutama yang berada pada zona subduksi sangat perlu diketahui, karena dampak dan bahaya yang diakibatkan oleh likuifaksi, yaitu menyebabkan kerusakan yang parah pada bangunan di atasnya dan infrastruktur, likuifaksi dapat menyebabkan kerugian harta benda hingga korban jiwa. Analisa likuifaksi dilakukan dengan menggunakan data hasil pengukuran dan analisa lapangan, serta simulasi numerik untuk memprediksii potensi terjadi likuifaksi pada suatu lokasi. Untuk hal ini, akan dibutuhkan data geologi, geoteknik, dan seismik untuk menentukan karakteristik tanah dan potensi terjadi gempa bumi. Jika dilakukan analisa yang tepat, maka akan membantu dalam merancang struktur bangunan dan infrastruktur yang lebih tahan gempa di wilayah-wilayah Indonesia. Pada analisa ini, metode yang dapat digunakan, yaitu *Standard Penetration Test* (SPT) yang akan memprediksi potensi terjadi likuifaksi.

Bandar Udara Internasional Kualanamu adalah sebuah Bandar Udara Internasional yang melayani wilayah Mebidangro serta menjadi bandar udara pusat Provinsi Sumatera Utara. Bandara ini terletak di Kabupaten Deli Serdang, 23 km arah timur dari pusat kota Medan. Bandara ini adalah bandara terbesar ketiga di Indonesia (setelah Bandar Udara internasional Soekarno-Hatta dan Bandar Udara Internasional Kertajati-Majalengka). Berdasarkan data hasil penyelidikan tanah,

diketahui adanya pasir halus, muka air tanah yang tinggi dan nilai konsistensi tanah yang rendah sehingga perlu dilakukan analisis potensi Likuifaksi pada tanah di Bandar Udara Internasional Kualanamu untuk mencegah kerusakan struktur di atasnya, korban jiwa, dan kerugian ekonomi yang besar.

METODOLOGI PENELITIAN

Adapun tahapan untuk memprediksi potensi likuifaksi diantaranya adalah dilakukan sebagai berikut:

1. Penentuan Muka Air Tanah

Penentuan muka air tanah bisa dilihat berdasarkan hasil pengujian tanah dilapangan diketahui. Dimana pada studi ini telah dilakukan pengujian boring sebanyak 5 titik .

2. Distribusi Ukuran Tanah

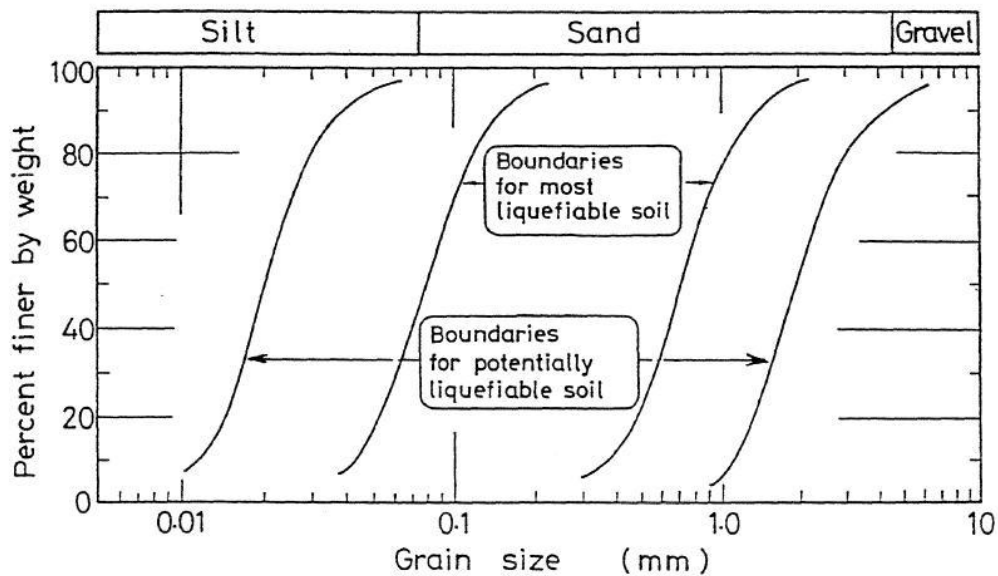
Salah satu faktor penyebab terjadinya likuifaksi adalah Tipe tanah atau ukuran butiran tanah dan keseragaman tanah. Menurut Tsuchida (1970) ukuran hasil analisa saringan yang diketahui memiliki potensi terjadi likuifaksi maupun tidak terjadi likuifaksi selama gempa. Tsuchida mengusulkan kurva batas ukuran butiran tanah yang berpotensi likuifaksi maupun tidak seperti gambar 1

3. Type tanah

Tanah yang menjadi bahan pertimbangan terjadi likuifaksi adalah pasir, lanau dengan plastisitas rendah ($PI < 7$). Sedangkan untuk batuan dan kebanyakan lempung tidak terjadi likuifaksi.

4. Kepadatan tanah

Granular soil dengan $SPT (N_1)_{60} < 30$ sangat potensial terjadi likuifaksi. sedangkan peningkatan dari konten tanah halus akan mengurangi potensi likuifaksi dan *granular soil* dengan kombinasi $(N_1)_{60}$ dan persen butir halus seperti tabel berikut akan mengurangi potensi likuifaksi.



Gambar 1. Ukuran Butiran Yang Potensial Terjadi Liquifaksi

Sumber : Geotechnical design procedure:liquefaction potential of cohesionless soils (Tsuchida, 1970)

Tabel 1. Combinations of $(N_1)_{60}$ and Percent Fines

$(N_1)_{60}$	% Fines
➤ 30	≥ 5 %
➤ 25	≥ 15 %
➤ 21	≥ 35 %

Sumber : Caltrans Geotechnical Manual

5. Koreksi SPT *Blow Counts* $(N_1)_{60}$

Dalam *Caltrans Geotechnical Manual*

Youd mengusulkan untuk koreksi nilai N-SPT sebagai berikut :

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

Dimana :

N_m : Pembacaan SPT

C_N : Faktor Koreksi Kedalaman

C_E : Faktor Koreksi Energi *Hammer* ($ER_i/60$)

C_B : Faktor Koreksi Diameter *Borhole*

C_R : Faktor Koreksi *Rod Length*

C_S : Faktor Koreksi *Sampler*

6. Menentukan *Cyclic Shear Ratio* (CSR) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CSR = 0,65 \cdot a_{max} \left(\frac{\sigma_o}{\sigma'_o} \right) r_d$$

Dimana :

a_{max} : Percepatan Maksimum Batuan Dasar

g : Percepatan Gravitasi

σ_o : Total Tekanan Vertikal

σ'_o : Total Tekanan Vertikal Efektif

r_d : Faktor Reduksi Terhadap Kedalaman

Dalam *Caltrans Geotechnical Manual* dapat ditentukan berdasarkan persamaan (*Liao dan Whitemann, 1986*) sebagai berikut:

$$r_d = 1,00 - 0,00765 z \dots\dots\dots z \leq 9,15 \text{ m}$$

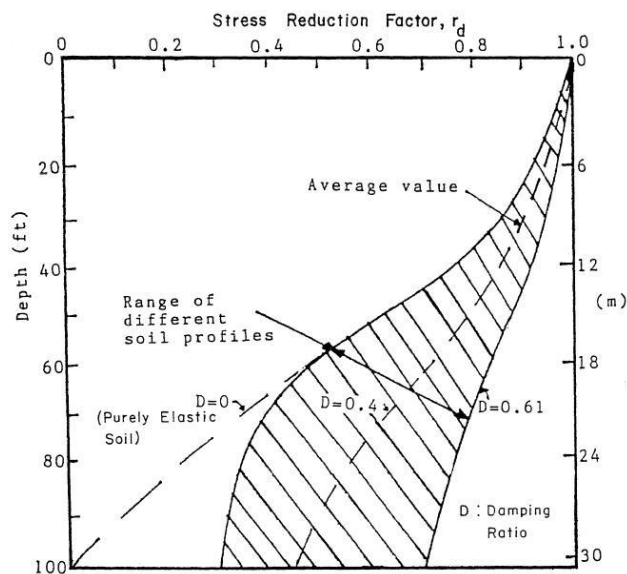
$$r_d = 1,174 - 0,0267 z \dots\dots\dots 9,15 \leq z \leq 23 \text{ m}$$

atau menggunakan grafik berikut (*Gambar 2*)

Tabel 2. Faktor Koreksi N-SPT

Factor	Equipment variable	Term	Correction
Overburden pressure	-	C_N	$(P_a/\sigma_0')^{0.5} \leq 1.7$
Energy ratio	Donut hammer	C_E	0.5 – 1.0
	Safety hammer	C_E	0.7 – 1.2
	Automatic-trip Donut-type hammer	C_E	0.8 – 1.3
Borehole diameter	65-115 mm	C_B	1.0
	150 mm	C_B	1.05
	200 mm	C_B	1.15
Rod length	< 3m	C_R	0.75
	3-4 m	C_R	0.8
	4 – 6 m	C_R	0.85
	6 – 10 m	C_R	0.95
	10 – 30 m	C_R	1.0
Sampling method	Standard sampler	C_S	1.0
	Sampler without liners	C_S	1.1 – 1.3

Sumber : Youd et al., 2001



Gambar 2. Hubungan Stress Reduction Factor dan Kedalaman

Sumber : Seed dan Idriss, 1971

7. Menentukan Nilai $(N_1)_{60CS}$

Nilai $(N_1)_{60CS}$ ditentukan berdasarkan fine content yang menurut *Youd dan Idriss., 2011* adalah :

$$(N_1)_{60CS} = \alpha + \beta(N_1)_{60}$$

Dimana nilai α dan β dipengaruhi oleh persentase *Fine Content* (FC) :

$$\alpha = 0, \quad \beta = 1 \quad FC \leq 5\%$$

$$\alpha = \exp [1,76 - (190 / FC^2)] \quad 5\% < FC < 35\%$$

$$\beta = [0,99 - (FC^{1,5}/1000)]$$

$$5\% < FC < 35\%$$

$$\alpha = 5, \quad \beta = 1,2$$

$$FC \geq 35\%$$

8. Menentukan Nilai CRR

Untuk menentukan nilai CRR pada besaran skala gempa (M_w) 7.5 dan pasir murni dengan $(N_1)_{60CS}$ (*Youd, T. L. dan Idriss, 2001*) sebagai berikut :

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60cs}} + \frac{(N_1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{[10(N_1)_{60cs} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

9. Menghitung *Magnitude Scaling Factor* (MSF)

Magnitude Scaling Factor dapat dihitung berdasarkan tabel dari Seed, 1971.

10. Menghitung *Factor of Safety* Potensi *Liquefaction*. Menghitung faktor keamanan likuifaksi dengan menggunakan persamaan berikut : $SF = (CRR_{7,5}/CSR) * MSF$

11. Pembagian kelas Situs

Dengan mengacu pada SNI 1726-2019, untuk kelas situs tanah dapat ditentukan berdasarkan nilai N sehingga akan mendapatkan koefisien situs pada PGA tertentu. Klasifikasi kelas situs tanah berdasarkan SNI 1726-2019 dapat di lihat pada tabel di bawah (Tabel 4)

Tabel 3. *Magnitude Scaling Factor*

Magnitude (M)	MSF
5,25	1,50
6,00	1,32
6,75	1,13
7,50	1,00
8,50	0,89

Sumber : Seed, 1971

Tabel 4. Klasifikasi Kelas Situs Tanah

Klasifikasi Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N}_{SPT} atau $\bar{N}_{SPT_{Eh}}$	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1.500	N/A	N/A
SB (batuan dasar)	750 sampai 1.500	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 dengan karakteristik sebagai berikut:		
	<ol style="list-style-type: none"> Indeks Plastisitas, $PI > 20$, Kadar air, $(w) \geq 40\%$, dan Kuat geser niralir, $\bar{s}_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan penyelidikan geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti: <ul style="list-style-type: none"> - 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) - Lempung berplastisitas tinggi (ketebalan, $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa 		

Sumber : SNI 8460-2017

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk analisa potensi likuifaksi dapat dilakukan berdasarkan hasil uji N-SPT di terminal penumpang dan bangunan operasi yang berada di Bandara Udara Internasional Kualanamu dengan mendapatkan nilai *Safety*

Factor (SF) untuk lapisan tanah yang ditinjau. Berdasarkan data pengujian tanah di lokasi maka dapat dilakukan evaluasi awal potensi likuifaksi berdasarkan hasil boring yang disusun pada tabel 6

Table 5. Hasil Uji SPT Pada Titik BH-1 s/d BH-5

Kedalaman Depth (m)	BH-1	BH-2	BH-3	BH-4	BH-5
	N	N	N	N	N
1,50 – 1,95	6	5	4	4	8
3,00 – 3,45	6	8	4	6	8
4,50 – 4,95	4	6	7	4	8
6,00 – 6,45	4	8	8	6	4
7,50 – 7,95	8	8	6	8	6
9,00 – 9,45	10	8	10	6	8
10,50 – 10,95	9				

Tabel 6. Preliminary Evaluation B-1

Preliminary Evaluation B-1					
LAYER	ELEVASI (m)	TIPE TANAH	TEBAL LAYER (m)	EVALUASI AWAL	KETERANGAN
1	0 - 5	Lempung Campur Pasir Kelanauan	5	TL	kandungan butiran halus $\geq 30\%$
2	5 - 10	Pasir Halus Kepadatan Rendah hingga sedang	5	L	Tanah granular dan dibawah muka air tanah, NSPT ≤ 30

Tabel 7. Preliminary Evaluation B-2

Preliminary Evaluation B-2					
LAYER	ELEVASI (m)	TIPE TANAH	TEBAL LAYER (m)	EVALUASI AWAL	KETERANGAN
1	0 - 3	Lempung berlanau	3	TL	kandungan butiran halus $\geq 30\%$, diatas muka air tanah
2	3 - 10	Pasir Halus Kepadatan Rendah hingga sedang	7	L	Tanah granular dan dibawah muka air tanah, NSPT ≤ 30

Tabel 8. Preliminary Evaluation B-3

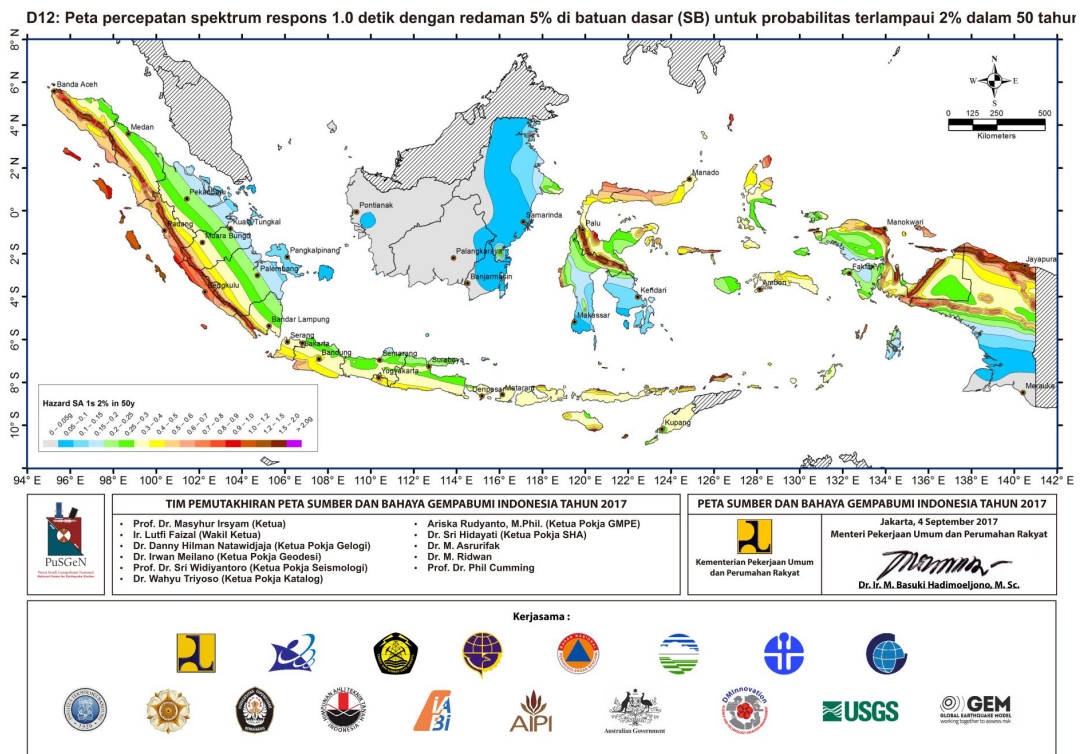
Preliminary Evaluation B-3					
LAYER	ELEVASI (m)	TIPE TANAH	TEBAL LAYER (m)	EVALUASI AWAL	KETERANGAN
1	0 - 2	Lempung berlanau	2	TL	kandungan butiran halus $\geq 30\%$, diatas muka air tanah
2	2 - 10	Pasir Halus Kepadatan Rendah hingga sedang	8	L	Tanah granular dan dibawah muka air tanah, NSPT ≤ 30

Tabel 9. Preliminary Evaluation B-4

Preliminary Evaluation B-4					
LAYER	ELEVASI (m)	TIPE TANAH	TEBAL LAYER (m)	EVALUASI AWAL	KETERANGAN
1	0 - 1,5	Lempung berlanau	1,5	TL	kandungan butiran halus $\geq 30\%$, diatas muka air tanah
2	1,5 - 10	Pasir Halus Kepadatan Rendah hingga sedang	8,5	L	Tanah granular dan dibawah muka air tanah, NSPT ≤ 30

Tabel 10. Preliminary Evaluation B-5

Preliminary Evaluation B-5					
LAYER	ELEVASI (m)	TIPE TANAH	TEBAL LAYER (m)	EVALUASI AWAL	KETERANGAN
1	0 - 1	Lempung berpasir kelanauan	1	TL	kandungan butiran halus $\geq 30\%$, diatas muka air tanah
2	1 - 3,5	Lempung berlanau	2,5	TL	kandungan butiran halus $\geq 30\%$
3	3,5 - 10	Pasir halus	6,5	L	Tanah granular dan dibawah muka air tanah, NSPT ≤ 30



Gambar 3. Peta Gempa Indonesia Tahun 2017

Sumber : SNI 1726-2019

Percepatan gempa (*amax*) merupakan percepatan puncak muka tanah akibat getaran gempa yang terjadi. Untuk periode ulang gempa yang digunakan yaitu 1000 tahun. Berdasarkan peta percepatan puncak gempa

pada batuan dasar (PGA) dengan periode ulang 50 tahun di wilayah Provinsi Sumatera Utara yaitu 1,5-2,0 g yang dapat di lihat pada gambar 3.

Berdasarkan hasil uji SPT yang dilakukan, didapatkan nilai N-SPT yang bervariasi. Untuk nilai N-SPT pada setiap kedalaman di titik BH01 s/d BH05 sebesar < 5, maka dapat diklasifikasikan pada SE (tanah lunak). Setelah itu, menentukan koefisien kelas situs (FPGA) untuk PGA 0,25-0,3 g dengan kelas situs SE sebesar 1,1, sehingga nilai percepatan gempa (*amax*) didapatkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} amax &= PGA \times FPGA \\ &= 0,3 \times 1,1 \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai CRR akan dipengaruhi hasil uji SPT yang berupa nilai N-SPT, nilai penetrasi *overburden* ($(N_1)_{60}$) yang di koreksi terhadap beberapa faktor, yaitu nilai CN, CE, CB, CR, CS, serta besaran skala *magnitude* gempa yang digunakan.

Setelah itu, menghitung nilai $(N_1)_{60}$, CRR 7,5, dan CRRMW dengan *magnitude* gempa sebesar 7 Mw. Berdasarkan nilai CSR dan CRRMW yang didapatkan, maka untuk nilai *Safety Factor* (SF) dilakukan dengan membandingkan nilai CSR dan CRRMW yang dapat di lihat pada tabel di 11.

Tabel 11. Safety Factor (SF) dengan Membandingkan Nilai CSR dan CRRMW B-1

B-1		MAT 1,5 m																					
Layer	Depth	Tebal	Soil	N _{SPT}	Berat	FC	σ' _o	σ _o	C _N	C _E	C _B	C _R	C _S	(N ₁) ₆₀	a _{max}	r _d	CSR	(N ₁) _{60CS}	CRR _{7,5}	MSF	FS	KET	
		Layer	Type		Unit	%	kN/m ²	kN/m ²															
	m	m			kN/m ³	%	kN/m ²	kN/m ²															
1	0-5	5	Clay	6	17,46	32,65	7,65	43,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NL
2	5-10	5	Sand	7	18,2	67,35	108,28	132,8	0,94	1,3	1	0,95	1	8,1	0,3	0,94	0,2	14,72	0,16	1	0,7	L	

Tabel 12. Safety Factor (SF) dengan Membandingkan Nilai CSR dan CRRMW B-2

B-2		MAT 1,5 m																					
Layer	Depth	Tebal	Soil	N _{SPT}	Berat	FC	σ' _o	σ _o	C _N	C _E	C _B	C _R	C _S	(N ₁) ₆₀	a _{max}	r _d	CSR	(N ₁) _{60CS}	CRR _{7,5}	MSF	FS	KET	
		Layer	Type		Unit	%	kN/m ²	kN/m ²															
	m	m			kN/m ³	%	kN/m ²	kN/m ²															
1	0-3	1,5	Clay	5	16,93	46,11	12,70	12,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NL
2	3-10	5,5	Sand	8	18,2	53,89	48,47	75,45	1,40	1,3	1	0,95	1	14	0,3	0,97	0,29	22	0,24	1	0,80	L	

Tabel 13. Safety Factor (SF) dengan Membandingkan Nilai CSR dan CRRMW B-3

B-3		MAT 1,5 m																					
Layer	Depth	Tebal	Soil	N _{SPT}	Berat	FC	σ' _o	σ _o	C _N	C _E	C _B	C _R	C _S	(N ₁) ₆₀	a _{max}	r _d	CSR	(N ₁) _{60CS}	CRR _{7,5}	MSF	FS	KET	
		Layer	Type		Unit	%	kN/m ²	kN/m ²															
	m	m			kN/m ³	%	kN/m ²	kN/m ²															
1	0-1,5	1,5	Clay	3	16,7	75,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NL
2	1,5-10	8,5	Sand	3	18,1	74,9	60,34	102	1,25	1,3	1	0,95	1	5	0,3	0,96	0,32	11	0,12	1	0,38	L	

Tabel 14. Safety Factor (SF) dengan Membandingkan Nilai CSR dan CRRMW B-4

B-4		MAT 1,5 m																					
Layer	Depth	Tebal	Soil	N _{SPT}	Berat	FC	σ' _o	σ _o	C _N	C _E	C _B	C _R	C _S	(N ₁) ₆₀	a _{max}	r _d	CSR	(N ₁) _{60CS}	CRR _{7,5}	MSF	FS	KET	
		Layer	Type		Unit	%	kN/m ²	kN/m ²															
	m	m			kN/m ³	%	kN/m ²	kN/m ²															
1	0-1,5	1,5	Clay	5	17,8	54,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NL
2	1,5-10	8,5	Sand	3	17,1	74,26	57,683	99,38	1,283	1,3	1	0,95	1	4,75	0,3	0,956	0,3	10,706	0,12	1	0,4	L	

Tabel 15. Safety Factor (SF) dengan Membandingkan Nilai CSR dan CRRMW B-5

B-5		MAT 1,7 m																					
Layer	Depth	Tebal	Soil	N _{SPT}	Berat	FC	σ' _o	σ _o	C _N	C _E	C _B	C _R	C _S	(N ₁) ₆₀	a _{max}	r _d	CSR	(N ₁) _{60CS}	CRR _{7,5}	MSF	FS	KET	
		Layer	Type		Unit	%	kN/m ²	kN/m ²															
	m	m			kN/m ³	%	kN/m ²	kN/m ²															
1	0-1	1	Clay	3	15,8	50,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NL
2	1-3,5	2,5	Clay	3	17,2	72,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NL
3	3,5-10	6,5	Sand	3	18,1	35,2	69,94	101,8	1,17	1,3	1	0,95	1	4	0,3	0,96	0,27	10	0,11	1	0,42	L	

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian N-SPT pada titik BH01 s/d titik BH05, menunjukkan bahwa potensi likuifaksi terjadi pada kedalaman > 1,5meter s/d > 5meter. Pada kedalaman tanah tersebut, di dominasi oleh tanah pasir dengan konsistensi tanah rendah dan hasil perhitungan likuifaksi berdasarkan SPT untuk ke 5 titik bor diperoleh nilai $SF \leq 1,0$. Hasil Analisa likuifaksi ini akan memberikan informasi yang dapat dijadikan pedoman dalam menghadapi potensi risiko likuifaksi, terutama pada wilayah yang rawan terhadap gempa bumi dan likuifaksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional, 2019, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung," Badan Standar Nasional Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional, 2020, SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik, Jakarta.
- Das, (1993), Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Djarwanti, Noegroho, dkk, 2015, "Kompirasi Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal Pondasi Bor Menggunakan Data SPT dan Hasil Loading Test pada Tanah Granuler", Jurnal Matriks Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Hardiyatmo, (1992), Mekanika Tanah 1 – 2, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2014, Analisis dan Perancangan Fondasi I, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2015, Analisis dan Perancangan Fondasi II, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kurnia C.T., et al., 2018, "Analisis Potensi Likuifaksi Tanah Berdasarkan Data SPT Studi Kasus Dermaga Bitung, Sulawesi Utara", Jurnal Sipil Statik, Vol. 6, No. 7, Hal 491- 500.
- Muis Abdul, 2019, Perbaikan Tanah Dengan Kombinasi Metode Preloading Dan Prefabricated Vertical Drain Pada Daerah Sekitar Jembatan Tabalong Kalimantan Selaan, Prosiding Seminar Nasional "Inovasi dan Integrasi dalam Perkembangan Infrastruktur, Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Natural Resources Conservation Service (NRCS)*, 2004, Vertical Drain Code No. 630.
- Pasaribu, H.,T dan Iskandar, R., (2012), Tugas Akhir: Analisa Penurunan Pada Tanah Lunak Akibat Timbunan (Studi Kasus Runway Bandara Medan Baru), Universitas Sumatra Utara.
- Seed, H. B., & Idriss, I. M., 1971, "Simplified Procedure For Evaluating Soil Liquefaction Potential", *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division*, 97 (9), 1249-1273.
- Sosrodarsono, S., Nakazawa, K., (2000), Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surendro, Dr. Bambang, 2015, Rekayasa Fondasi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2017, "Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia"