

Analisis dan Tinjauan Potensi Likuifaksi pada Lapisan Pasir di Bawah Jembatan Weri-Saharei Kabupaten Fakfak, Papua Barat (Menggunakan Metode Kishida, Whitman, dan Valera & Donovan)

Selviana Fuad¹, Munirwansyah²

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jalan Tgk Syech Abdul Rauf No. 7 Darussalam Banda Aceh - 23111
Email: selvianafuad0709@gmail.com¹,

Abstract

Papua lies at the confluence of two plates of the Pacific Plate and the Indo-Australian Ocean Plate which forms a subduction zone that can cause an earthquake. Liquefaction is an event of changing the nature of the soil from a solid state into a liquid state, caused by cyclic loading at the time of the earthquake. The research was conducted at Weri-Saharei Bridge, located in the border area between Weri and Saharei Villages, Fakfak Timur Sub-district, Fakfak District, West Papua. This study aims to analyze the potential of liquefaction due to earthquake shocks. This research was conducted by analyzing CPT with liquefaction potential analysis using Kishida, Whitman, and Valera & Donovan methods. Large-scale earthquake design uses 5, 6, 7, and 7,6 SR. The calculation result using Kishida method and Whitman method with acceleration Donovan experience liquefaction at depth 3,60-5,20 m; 5,80-7,20 m, and 9,40-9,80 m, while Whitman method with Newmark acceleration does not occur liquefaction and Kawasumi liquefaction occurs with magnitude 7 SR. The Valera & Donovan method produces all sand layers on earthquake scale designs ranging from 5,0-7,6 SR with potentially liquefaction.

Keywords: Liquefaction, Kishida method, Whitman method, Valera & Donovan method, Cyclic load.

Abstrak

Papua terletak pada pertemuan dua lempeng yaitu lempeng Pasifik dan lempeng Samudera Indo-Australia yang membentuk daerah subduksi yang dapat menimbulkan gempa. Likuifaksi merupakan peristiwa mengubah sifat tanah dari keadaan padat menjadi keadaan cair, yang disebabkan oleh pembebanan siklik pada saat gempa terjadi. Penelitian dilakukan di Jembatan Weri-Saharei yang terletak di daerah perbatasan antara Desa Weri dan Saharei, Kecamatan Fakfak Timur, Kabupaten Fakfak, Papua Barat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi likuifaksi akibat guncangan akibat gempa. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data CPT dengan analisis potensi likuifaksi dengan menggunakan metode Kishida, Whitman, dan Valera & Donovan. Desain gempa skala besar menggunakan 5, 6, 7, dan 7,6 SR. Hasil perhitungan menggunakan metode Kishida dan metode Whitman dengan percepatan Donovan mengalami likuifaksi pada kedalaman 3,60-5,20 m; 5,80-7,20 m, serta 9,40-9,80 m, sedangkan metode Whitman dengan percepatan Newmark tidak terjadi likuifaksi dan Kawasumi terjadi likuifaksi dengan magnitude 7 SR. Metode Valera & Donovan menghasilkan semua lapisan pasir pada desain skala gempa Mulai dari 5,0-7,6 SR yang berpotensi likuifaksi.

Kata kunci: Likuifaksi, Metode Kishida, Metode Whitman, Metode Valera & Donovan, Beban siklik.

1. Pendahuluan

Papua merupakan salah satu wilayah rawan bencana, terutama gempa bumi karena Papua terletak pada pertemuan dua lempeng yaitu lempeng Pasifik dan lempeng Samudera Indo-Australia yang membentuk daerah subduksi yang dapat menimbulkan gempa. Gempa bumi yang terjadi dapat menyebabkan likuifaksi pada lapisan tanah tertentu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi likuifaksi pada lapisan pasir akibat guncangan yang timbul karena gempa bumi di bawah Jembatan Weri-Saharei. Lingkup penelitian ini adalah analisis potensi likuifaksi pada tanah berpasir akibat gempa bumi ini dipengaruhi oleh faktor sismik yaitu magnitude gempa, percepatan permukaan tanah, dan jarak epicenter dengan menggunakan metode analisis dari Kishida, Whitman, dan Valera & Donovan serta analisis dari interpretasi data CPT pada lokasi tersebut untuk

mengetahui potensi likuifaksi jika terjadi gempa. Manfaat penelitian ini adalah untuk untuk mengetahui lebih awal kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur tanah pasir akibat likuifaksi pada saat terjadinya gempa bumi. Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah data primer, data sekunder dan data korelasi. Data primer berupa data tanah hasil tes CPT, data muka air tanah serata topografi lokasi. Data sekunder CPT Report pada lokasi penelitian diolah menggunakan software di Laboratorium Mekanika Tanah dan data gempa diperoleh dari (BMKG) Mata Ie Banda Aceh. Data korelasi berupa tabel yang digunakan. Hasil dari perhitungan dengan menggunakan metode Kishida Jembatan Weri-Saharei Kabupaten FakFak, Papua Barat mengalami likuifaksi pada kedalaman lapisan tanah 3,60 m sampai dengan 5,20 m; 5,80 m sampai dengan 7,20 m, serta pada kedalaman 9,40 m sampai dengan 9,80 m. Menurut metode Whitman dengan percepatan Donovan

dengan percepatan Newmark tidak terjadi likuifaksi dan Kawasumi terjadi likuifaksi dengan magnitudo 7,6 SR pada kedalaman lapisan pasir yang ditinjau. Menurut Metode Valera dan Donovan pada semua lapisan pasir pada magnitudo gempa desain mulai dari 5,0-7,6 SR berpotensi terjadi likuifaksi.

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1 Pengertian Likuifaksi

Seed et al., yang dikutip dari Munirwan dan Gunawan[1] menyatakan bahwa likuifaksi adalah proses perubahan kondisi tanah pasir yang jenuh air menjadi cair akibat meningkatnya tekanan air pori yang harganya menjadi sama dengan tekanan total yang disebabkan oleh beban dinamik, sehingga tekanan tanah efektifnya menjadi nol. Hal ini dapat menyebabkan struktur tanahnya menjadi rapuh dan bangunan yang ada di atasnya akan runtuh.

2.2 Jenis Pembebanan Penyebab Likuifaksi

Menurut Soelarno et al., sebagaimana yang dikutip oleh Zulfikar[2] likuifaksi adalah suatu gejala perubahan sifat tanah yaitu, dari sifat *solid* ke sifat *liquid*. Perubahan sifat ini dapat disebabkan oleh berbagai jenis pembebanan sebagai berikut ini.

- Diakibatkan oleh pembebanan *monotonic*.
- Diakibatkan oleh pembebanan *cyclic*.
- Diakibatkan oleh pembebanan yang bersifat *shock wave*.

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Potensial Likuifaksi

Soelarno, sebagaimana yang dikutip oleh Zulfikar[2] menyebutkan faktor-faktor yang biasanya mempengaruhi potensial likuifaksi pemukul ke kepala tiang.

- Sifat butir tanah, pasir yang *uniform* (seragam) lebih mudah likuifaksi dibandingkan *well graded sand* (pasir bergradasi baik), untuk *uniformity* yang sama, butir pasir yang lebih halus akan lebih mudah likuifaksi.
- Kepadatan relatif (D_r), makin kecil harga D_r makin mudah terjadi likuifaksi.
- Pengaruh kondisi *stress* mula-mula di lapangan, makin besar harganya makin sulit tanah itu mencair (likuifaksi).

2.4 Mekanisme Terjadinya Likuifaksi

Perubahan sifat *solid* ke sifat *liquid* yang terjadi pada pasir jenuh air ini diakibatkan oleh peningkatan tekanan air pori dan pengurangan tegangan efektif. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan tegangan efektif dan persamaan kekuatan geser oleh Terzaghi yang dapat dilihat di bawah ini, untuk tanah pasir jenuh air yang ditinjau pada suatu kedalaman dari permukaan tanah.

Persamaan tegangan efektif Hardiyatmo[3]

$$\sigma_{\text{eff}} = \sigma_{\text{tot}} - u \dots\dots\dots 1)$$

dimana,

σ_{eff} = tegangan yang sebenarnya bekerja pada butir tanah (KN/m^2);

σ_{tot} = tegangan akibat beban-beban yang bekerja (KN/m^2); dan

u = tekanan air pori (KN/m^2).

Rumus kekuatan geser Hardiyatmo[3]:

$$S = c' + \sigma_{\text{eff}} \cdot \tan \phi' \dots\dots\dots 2)$$

dimana,

S = tekanan geser tanah (KN/m^2);

c' = kohesi efektif (KN/m^2); dan

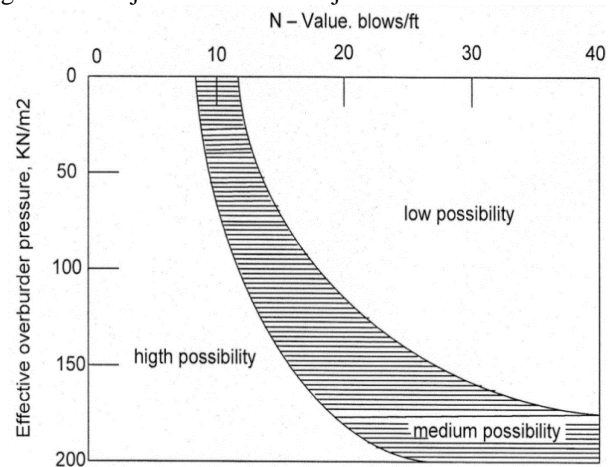
ϕ' = sudut geser dalam sehubungan dengan tegangan efektif ($^\circ$).

2.5 Evaluasi Potensial Likuifaksi

Untuk mengevaluasi penelitian ini menggunakan metode yang diusulkan oleh Kishida, Whitman, dan Valera & Donovan.

2.5.1 Metode Kishida (1969)

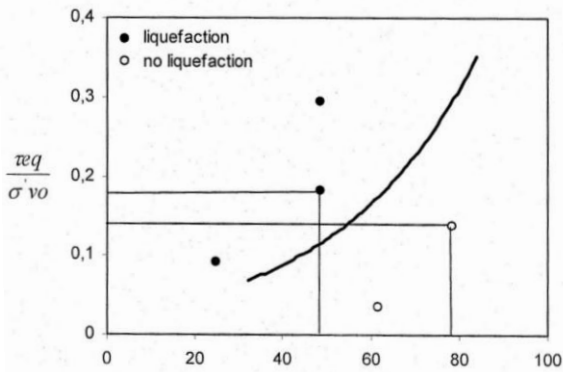
Kishida, dikutip oleh Zulfikar[2] mengemukakan bahwa suatu grafik yang menyatakan hubungan antara nilai tahanan penetrasi standar (N) dengan nilai tegangan efektif (σ'_{vo}) seperti diperlihatkan pada Grafik 2.1 terdapat garis-garis batas, dimana sebelah kanan garis batas menunjukkan likuifaksi tidak terjadi dan sebelah kiri garis menunjukkan likuifaksi terjadi.



Gambar 2.1 Probabilitas Likuifaksi dari Pasir yang Jenuh Air Metode Kishida
Sumber :Kishida, (Zulfikar[2])

2.5.2 Metode Whitman (1971)

Hasil penyelidikannya menunjukkan bahwa terjadi tidaknya likuifaksi pada suatu lapisan tanah yang mengalami beban gempa sangat dipengaruhi oleh nilai *cyclic ratio* (τ/σ'_{vo} = perbandingan antara nilai tegangan geser gempa rata-rata akibat gempa dengan nilai tegangan efektif) serta nilai kepadatan relatif (D_r) dari lapisan tanah yang bersangkutan. Hubungan antara nilai *cycle ratio* dengan nilai kepadatan relatif (D_r) berupa garis lengkung yang dapat dilihat pada Grafik 2.2.



Grafik 2.2 Interpretasi Data di Lapangan untuk Analisis Likuiifikasi Metode Whitman
Sumber: Whitman, (Amirulmukminin[4])

Menurut seed et al., sebagaimana dikutip oleh Amirulmukminin[4] mengemukakan bahwa untuk menganalisis kemungkinan terjadinya likuifaksi mula-mula dihitung nilai normalisasi tegangan geser siklis ekivalen gempa (τ_{eq}) dengan nilai tegangan efektif (σ'_{vo}). Nilai tegangan geser siklis ekivalen gempa (τ_{eq}) dapat diambil sebesar 65 % dari nilai tegangan geser gempa maksimum (τ_{max}) dan mengusulkan suatu bentuk persamaan untuk menghitung nilai tegangan geser gempa maksimum sebagai berikut:

$$\tau_{eq} = 0,65 \frac{\sigma'_{vo}}{g} \cdot a_{max} \cdot rd \dots\dots\dots 3)$$

di mana,

τ_{eq} = tegangan geser ekivalen dari gempa (KN/m²);

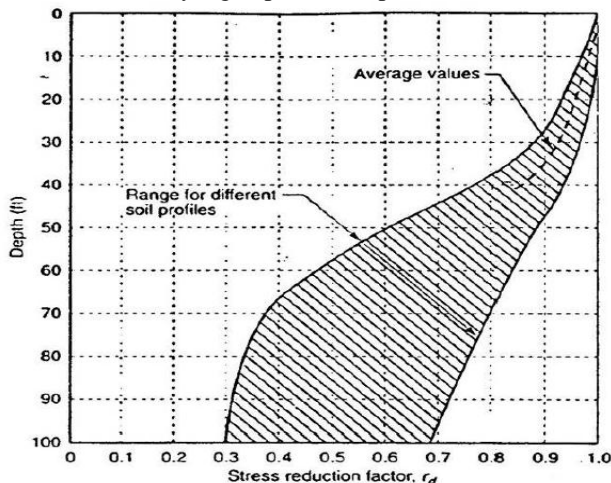
g = percepatan gravitasi bumi (cm/det²);

τ_{max} = tegangan geser maksimum dari gempa (kg/m²);

σ'_{vo} = tegangan total akibat beban yang bekerja pada lapisan deposit (kg/m²);

a_{ma} = percepatan gempa maximum di permukaan tanah (gal); dan

rd = faktor reduksi tegangan sebagai fungsi dari kedalaman yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Grafik 2.3 Nilai rata-rata dari rd
Sumber: Seed & Idriss, (Amirulmukminin[4])

Selain dengan grafik formulasi untuk mengestimasi koefisien reduksi tegangan Blake, sebagaimana dikutip oleh Ikshan, R[5] yaitu:

$$rd = \frac{1,000 - 0,4113z^{1,5} + 0,04052z + 0,001753z^{1,5}}{1,000 - 0,4177z^{0,5} + 0,05729z - 0,006205z^{1,5} + 0,001210z^2} \dots\dots 4)$$

2.5.3 Metode Valera dan Donovan (1977)

Untuk memisahkan keadaan tanah pasir yang mengalami likuifaksi dengan yang tidak, ditentukan suatu nilai kritis tahanan penetrasi standar (N_{crit}).

Besarnya nilai N_{crit} ditentukan dengan persamaan berikut:

$$N_{crit} = N (1 + 0,125 (ds - 3) - 0,05(dw - 2)) \dots\dots\dots 5)$$

dimana,

N_{crit} = nilai kritis dari tahanan penetrasi standar (blows/ft);

N = suatu nilai tahanan yang tergantung dari intensitas gempa sepertidapat dilihat pada tabel 2.1 (blows/ft);

ds = kedalaman lapisan pasir yang ditinjau (m); dan

dw = kedalaman muka air tanah, dihitung dari permukaan (m).

Intensitas Mercalli yang dimodifikasikan (Modified Mercalli Intensity) menggambarkan intensitas gempa bumi yang didasarkan pada hal-hal yang dirasakan oleh manusia dan kerusakan-kerusakan yang timbul pada struktur bangunan, dan dinyatakan dalam skala dari I sampai IX yang dapat ditentukan dengan Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Tahanan yang Tergantung dari Intensitas Gempa

Modified Mercalli Intensity	\bar{N} (Blows/ft)
VI	6
VII	10
IX	16

Sumber: Valera dan Donovan, Zulfikar[2]

2.6 Hubungan Cone Penetration Test (CPT) dengan Lapisan Tanah

Setelah diinterpretasikan hubungan CPT dengan kepadatan tanah menggunakan klasifikasi menurut Andreas Mahrel dan diperjelas dengan memperlihatkan memperlihatkan hasil CPT menggunakan *Software ASTM-SANGLERAT*.

Bila data tanah yang diperlukan tidak cukup tersedia, misal nilai berat volume tanah (γ) pada lapisan pasir dan nilai-nilai kepadatan relatif (Dr) tidak tersedia dari hasil tes laboratorium maka kedua data tersebut dapat ditentukan berdasarkan Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Korelasi Berat Volume Estimasi
 The Estimation of Unit Weight Based Soil Description

Zona	Soil Behavior Type	Approximate of Unit Weight (kg/cm ³)
1	Sensitive fine grained	0,00175
2	Organic material	0,00125
3	Clay	0,00175
4	Silty Clay to Clay	0,00180
5	Clayey silt to silty clay	0,00180
6	Sandy silt to clayey silt	0,00180
7	Silty sand to sandy silt	0,00185
8	Sand to silty sand	0,00190
9	Sand	0,00195
10	Gravelly sand to sand	0,00200

11	Very stiff fine grained*	0,00250
12	Sand to clayey sand*	0,00190

*Overconsolidated or cemented

Sumber: L. T. Robertson, P.K. and Campanella, R.E[6]

Tabel 2.4 Korelasi antara Kepadatan Relatif, N dan Tahanan Ujung

Kondisi Pasir	Kepadatan Relatif	N	Tahanan Ujung q_c (MPa)
Sangat Gembur	0-0,15	< 4	< 4
Gembur	0,15-0,35	4-10	2-4
Sedang	0,35-0,65	10-30	4-12
Padat	0,65-0,85	30-50	12-20
Sangat Padat	0,85-1,00	>50	>20

Sumber: Lee at al., Fahlevi[7]

2.7 Hubungan Empiris Parameter Gempa

Percepatan gempa dan magnitude gempa mempunyai hubungan-hubungan empiris berikut.

- Berdasarkan hasil data percepatan gempa di Amerika Serikat, Jepang dan Papua New Guinea, Donovan menyatakan hubungan sebagai berikut:
 $a = 1320 e^{0,58M} / (d+25)^{1,52}$ (Donovan)..... 6
- Menurut rumus yang dikembangkan oleh Esteva berdasarkan rumus A. J. Hendron Jr. (Newmark, 1968), untuk tanah keras adalah:
 $a = 1230 e^{0,8M} / (d+25)^2$ 7

Menurut rumus Kawashumi hubungan tersebut adalah:

$$\log a = M - 5,45 - 0,00084 (d - 100) + \log(100/d) * (1/0,43429) \dots\dots\dots 8$$

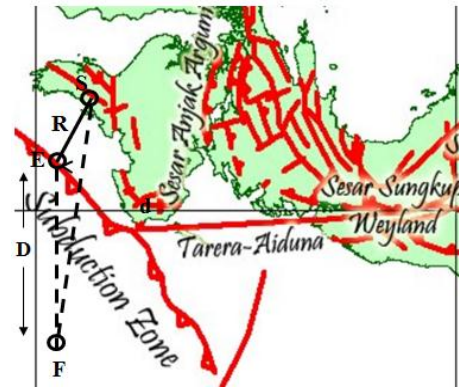
- dimana,
M = magnitude gempa (Skala Richter);
a = percepatan gempa di permukaan tanah (gal);
e = bilangan logaritma Napier (2,7182183);
d = jarak hiposentrum dari sumber gempa (km).

Menurut Soelarno et. al. yang dikutip dari ZulfikaR[2] mempertimbangkan bahwa rumus empiris Donovan perlu dikoreksi sebesar 1 sampai 2,5 untuk kondisi Indonesia, sehingga untuk dipakai di Papua dirasa perlu dikoreksi.

Pada Gambar 2.4 di bawah, didapat jarak hiposentrum (d) dari pusat gempa menggunakan rumus Phytagoras yaitu dengan memasukkan jarak kedalaman gempa dan jarak horizontal (R). Sedangkan untuk mencari jarak horizontal yaitu dengan memasukkan koordinat episenter dan koordinat S (kota/desa) sebagai berikut:

$$\cos ES (R) = \sin \Phi E \sin \Phi S + \cos \Phi E \cos \Phi S \cos (LE-LS) \dots\dots\dots 9$$

- dimana,
 ΦE = koordinat bujur episenter;
 ΦS = koordinat bujur kota;
LE = koordinat lintang episenter; dan
LS = koordinat lintang kota.



d = jarak hiposentrum (km)
E = episentrum gempa
R = jarak gempa dari episentrum ke kota yang ditinjau (km)

Gambar 2.4 Ilustrasi Jarak Horizontal dari Pusat Gempa Bumi disesuaikan dengan Lokasi yang ditinjau

Sumber: Munirwansyah dan Fitri[1]

3. Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan pengumpulan data primer yang diperlukan untuk analisis. Data tanah yang diperoleh tes CPT (sondir) pada lokasi bersama Dinas Pekerjaan Umum Laboratorium Uji Bahan Tanah Pemerintah Kabupaten Fakfak, Papua Barat serta kondisi topografi dan elevasi. Adapun data muka air tanah di peroleh dari hasil wawancara dengan salah satu pelaksana pekerjaan sondir pada lokasi yang ditinjau yang dikumpulkan untuk menunjang analisis.

Sedangkan data sekunder dari hasil pengujian tanah Cone Penetration Test Report pada lokasi penelitian diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh (2017) dan data gempa diperoleh dari Badan Meterologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Mata Ie Banda Aceh, yang dikumpulkan untuk menunjang analisis.

4. Hasil

Tabel Resume Hasil Perhitungan Analisis Likuifaksi dengan Magnitude 5 SR

No.	Depth (m)	Mag. (SR)	Kishida (1969)	Whitman (1971)			Valera & Donovan (1977)	Kesimpulan	Jenis Tanah
				Donovan	Newmark	Kawashumi			
19	3,60	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
20	3,80	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
21	4,00	5,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
22	4,20	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
23	4,40	5,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
24	4,60	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
25	4,80	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
26	5,00	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
27	5,20	5,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
30	5,80	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
31	6,00	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
32	6,20	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
33	6,40	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
34	6,60	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
35	6,80	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
36	7,00	5,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
37	7,20	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
48	9,40	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
49	9,60	5,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
50	9,80	5,0	L	L	TL	TL	L	L	sand

Tabel Resume Hasil Perhitungan Analisis Likuifaksi dengan Magnitude 6 SR

No.	Depth (m)	Mag. (SR)	Kishida (1969)	Whitman (1971)			Valera & Donovan (1977)	Kesimpulan	Jenis Tanah
				Donovan	Newmark	Kawashumi			
19	3,60	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
20	3,80	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
21	4,00	6,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
22	4,20	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
23	4,40	6,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
24	4,60	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
25	4,80	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
26	5,00	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
27	5,20	6,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
30	5,80	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
31	6,00	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
32	6,20	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
33	6,40	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
34	6,60	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
35	6,80	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
36	7,00	6,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
37	7,20	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
48	9,40	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
49	9,60	6,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
50	9,80	6,0	L	L	TL	TL	L	L	sand

Tabel Resume Hasil Perhitungan Analisis Likuifaksi dengan Magnitude 7 SR

No.	Depth (m)	Mag. (SR)	Kishida (1969)	Whitman (1971)			Valera & Donovan (1977)	Kesimpulan	Jenis Tanah
				Donovan	Newmark	Kawashumi			
19	3,60	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
20	3,80	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
21	4,00	7,0	LS	L	TL	L	L	L	sand
22	4,20	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
23	4,40	7,0	LS	L	TL	L	L	L	sand
24	4,60	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
25	4,80	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
26	5,00	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
27	5,20	7,0	LS	L	TL	L	L	L	sand
30	5,80	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
31	6,00	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
32	6,20	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
33	6,40	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
34	6,60	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
35	6,80	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
36	7,00	7,0	LS	L	TL	L	L	L	sand
37	7,20	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
48	9,40	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand
49	9,60	7,0	LS	L	TL	L	L	L	sand
50	9,80	7,0	L	L	TL	L	L	L	sand

Tabel Resume Hasil Perhitungan Analisis Likuifaksi dengan Magnitude 7,6 SR

No.	Depth (m)	Mag. (SR)	Kishida (1969)	Whitman (1971)			Valera & Donovan (1977)	Kesimpulan	Jenis Tanah
				Donovan	Newmark	Kawashumi			
19	3,60	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
20	3,80	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
21	4,00	7,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
22	4,20	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
23	4,40	7,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
24	4,60	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
25	4,80	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
26	5,00	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
27	5,20	7,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
30	5,80	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
31	6,00	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
32	6,20	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
33	6,40	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
34	6,60	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
35	6,80	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
36	7,00	7,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
37	7,20	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
48	9,40	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand
49	9,60	7,0	LS	L	TL	TL	L	L	sand
50	9,80	7,0	L	L	TL	TL	L	L	sand

Keterangan:

- L : Likuifaksi
- LS : Likuifaksi Sedang
- TL : Tidak Likuifaksi

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari perhitungan dengan menggunakan metode Kishida Jembatan Weri-Saharei Kabupaten FakFak, Papua Barat mengalami likuifaksi pada kedalaman lapisan tanah 3,60 m sampai dengan 5,20 m; 5,80 m sampai dengan 7,20 m, serta pada kedalaman 9,40 m sampai dengan 9,80 m.
2. Dari ketiga percepatan yang digunakan untuk menghitung analisis potensi likuifaksi Metode Whitman (1971) dengan percepatan Donovan mengalami likuifaksi pada kedalaman lapisan tanah 3,60-5,20 m; 5,80-7,20 m, serta pada kedalaman 9,40-9,80 m, sedangkan metode Whitman dengan percepatan Newmark tidak terjadi likuifaksi dan Kawasumi terjadi likuifaksi dengan magnitude 7 SR pada kedalaman lapisan pasir yang ditinjau.
3. Menurut Metode Valera dan Donovan pada semua lapisan pasir pada magnitude gempa desain mulai dari 5,0-7,6 SR berpotensi terjadi likuifaksi.

5.2 Saran

Setelah melakukan perhitungan analisis potensi likuifaksi, disarankan beberapa hal berikut ini:

1. Pada saat membuat sebuah konstruksi besar (Heavy Structure) di daerah-daerah yang diketahui memiliki potensi likuifaksi yang tinggi, sebaiknya dibuat konstruksi drainase vertikal seperti: sand column, stone column, geogjute, EgVD, dll atau perbaikan tanah lainnya seperti grouting dan pemadatan untuk mengurangi risiko terjadinya likuifaksi.
2. Dalam mempertimbangkan likuifaksi disarankan tidak hanya menggunakan satu metode saja, melainkan kombinasi dan beberapa metode karena parameter yang digunakan oleh setiap metode berbeda-beda.
3. Data hasil penyelidikan tanah disarankan menggunakan data pengujian yang lebih lengkap, sehingga dalam menganalisis akan mendapatkan hasil yang lebih akurat. Sebaiknya dilakukan pengujian laboratorium untuk menentukan nilai kepadatan relative.

6. Daftar Pustaka

- [1] Munirwan, R.P., H. Gunawan, 2012, *Evaluasi Potensial Likuifaksi Pesisir Pantai Krueng Raya Aceh Besar Provinsi Banda Aceh*, Jurnal

Teknik Sipil Unsyiah Vol. 1 No. 2 Januari, Banda Aceh.

- [2] Zulfikar, 2008, *Analisis Kemungkinan Likuifaksi Lapisan Pasir Pada Lokasi Pembangunan Dermaga Pasiran Sabang (Menggunakan Metode Analitis dari Kishida, Seed & Idriss dan Valera & Donovan)*, Tugas Akhir, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [3] Hardiyatmo. 11.C.. 2006. *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [4] Amirulmukminin, R.P., 2008, *Analisis Kemungkinan Likuifaksi Lapisan Pasir Pada Lokasi Pembangunan Dermaga Pasiran Sabang (Menggunakan Metode Analitis dari Seed et al, Whitman dan Castro)*, Tugas Akhir, Universitas Syiah Kuala.
- [5] Ikshan, R., 2011, *Analisis Potensi Likuifaksi Dari Data CPT dan SPT Dengan Studi Kasus PLTU Ende Nusa Tenggara Timur*, Tugas Akhir, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [6] Lune, T., Robertson, P.K., Robertson, P.K. and Campanella, R.E., (1983), *Cone Penetration Testing data Correlated to Soil Type and Equivalent SPT-N*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 20, No. 4)
- [7] Fahlevi, R., 2011, *Analisis Potensi Likuifaksi Lapisan Pasir Pada Lokasi Gudang Perusahaan Susu Bendera Di Desa Santan Aceh Besar (Menggunakan Metode Analisis dari Kishida; Whitman; Valera dan Donovan)*, Tugas Akhir, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.