



KAJIAN POTENSIAL LIKUIFAKSI AKIBAT GEMPA BERDASARKAN DATA SPT-N DI WILAYAH PROVINSI ACEH

Munirwansyah¹, Halida Yunita¹, dan Reza P. Munirwan¹

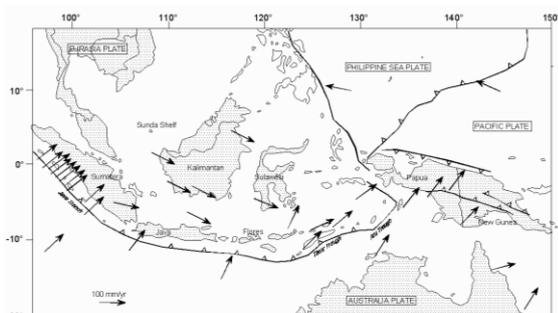
¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
 E-mail: nir_geotechnical@unsyiah.ac.id

Abstrak. Provinsi Aceh merupakan wilayah yang rawan gempa. Gempa Aceh 26 Desember 2004 dan 7 Desember 2016 telah mengakibatkan terjadinya likuifaksi di beberapa tempat. Likuifaksi telah banyak menjadi penyebab dari kerusakan bangunan dan sarana infrastruktur. Sehingga perlu dikaji potensi likuifaksi di daerah pesisir yang banyak terdapat pemukiman penduduk, bangunan bertingkat dan infrastuktur. Kajian potensi likuifaksi menggunakan data N-SPT, dilakukan dengan menggunakan Metode Kishida (1969), Metode Whitman (1971), serta Metode Valera dan Donovan (1977). Magnitude gempa yang diterapkan adalah 6 SR, 8 SR dan 9 SR. Metode Kishida (1969) memberikan hasil bahwa untuk magnitude gempa 6 SR, 8 SR dan 9 SR tidak berpotensi likuifaksi pada lapisan 3m – 21m. (1971) pada magnitude gempa 6 SR tidak mengalami likuifaksi pada tiap lapisan tanah. Sedangkan Metode Valera dan Donovan (1977) semua lapisan tanah mengalami likuifaksi pada setiap magnitude gempa kecuali pada kedalaman 3m. Gabungan dari ketiga metode di atas memberikan hasil bahwa seluruh lapisan berpotensi likuifaksi kecuali pada lapisan 3 m dengan magnitude gempa 6 SR. Dengan demikian pembangunan gedung dan infrastruktur di daerah Pesisir Utara Aceh Provinsi Aceh perlu didahului dengan usaha perbaikan tanah untuk mengantisipasi fenomena likuifaksi.

Kata kunci: gempa bumi, magnitude gempa, SPT-N, potensi likuifaksi

I. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia memiliki aktifitas gempa bumi yang tinggi. Wilayah Indonesia berada di pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia seperti pada Gambar 1. Posisi ini mengakibatkan wilayah Indonesia rawan terhadap gempa-gempa besar. Hal ini seharusnya menjadi perhatian, agar kita dapat mengantisipasi dampak yang ditimbulkan oleh gempa bumi tersebut.



Gambar 1. Peta tektonik Wilayah Indonesia (Bock dkk., 2003)00

Peristiwa gempa bumi yang besar dapat menimbulkan dampak primer seperti guncangan,

kenaikan dan penurunan tektonik, patahan permukaan, serta dampak sekunder seperti tsunami, longsor, dan likuifaksi.

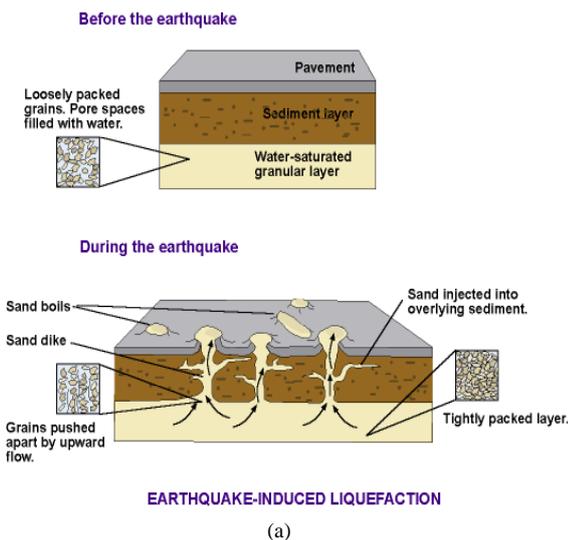
Fenomena likuifaksi yang diakibatkan oleh gempa bumi merupakan peristiwa hilangnya kekuatan lapisan pasir lepas akibat kenaikan tekanan air pori karena menerima getaran gempa bumi. Dengan demikian, likuifaksi akan terjadi di daerah rawan gempa besar yang tersusun oleh endapan pasir jenuh air dengan kepadatan rendah, dan di daerah dengan pergerakan ko-seismik yang melebihi nilai batas ambangnya (Seed dan Idriss, 1971).

Provinsi Aceh merupakan daerah yang memiliki potensi sangat besar terhadap terjadinya gempa besar dengan magnitude di atas 5 Skala Richter. Kondisi geologi lapisan tanah di bawah permukaan di sekitar pantai dan sungai terdiri dari lapisan pasir yang jenuh air. Hal ini menyebabkan wilayah Provinsi Aceh berpotensi mengalami fenomena likuifaksi. Sehingga dibutuhkan perhatian khusus terhadap dampak yang ditimbulkannya, terutama fenomena likuifaksi.

Likuifaksi seringkali mengakibatkan kerusakan bangunan dan sarana infrastruktur, salah satunya adalah bangunan di Dagupan City, Luzon Filipina pada tahun 1990 yang tenggelam 1 meter dari posisi eksisting seperti diperlihatkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Bangunan rubuh akibat likuifaksi (Gempa Luzon 1990, Dagupan City)



Gambar 3. Sand boiling akibat likuifaksi; (a) Mekanisme sand boiling, (b) Kondisi visual likuifaksi (Gempa Luzon 1990, Dagupan City)

Kejadian gempa bumi di Provinsi Aceh tahun 2004 dengan kekuatan gempa mencapai 9,3 SR juga menyebabkan fenomena likuifaksi di Provinsi Aceh. Kerusakan-kerusakan bangunan seperti pada Gambar 4 dan infrastruktur yang terjadi Ibukota Provinsi Aceh yaitu Kota Banda Aceh, pada umumnya akibat hilangnya kapasitas dukung lapisan tanah, dan tersebar di dataran aluvium sekitar pantai dan Sungai Krueng Aceh, seperti penurunan pondasi bangunan (Tohari dkk, 2007).



Gambar 4. Bangunan bertingkat yang miring karena penurunan pondasi akibat likuifaksi saat gempa bumi 26 Desember 2004 (Tohari dkk, 2007)

Fenomena likuifaksi tersebut yang terjadi di Kota Banda menunjukkan bahwa lapisan tanah endapan aluvial di wilayah Kota Banda Aceh berpotensi untuk mengalami likuifaksi (Tohari dkk, 2015).

Daerah pesisir pantai di Provinsi Aceh juga menarik untuk dianalisis dan dikaji terhadap potensi terjadinya fenomena likuifaksi. Pemukiman penduduk, bangunan bertingkat dan infrastruktur banyak terdapat di daerah pesisir di mana lapisan tanahnya didominasi oleh pasir jenuh air. Hal ini memberikan indikasi bahwa daerah pesisir memiliki potensi mengalami likuifaksi jika terjadi gempa dengan besar magnitude tertentu. Dalam artikel ini disajikan hasil analisis dan kajian potensi likuifaksi di daerah pesisir pantai Aceh tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Proses Likuifaksi

Likuifaksi adalah proses hilangnya kekuatan lapisan pasir jenuh yang diawali dengan terjadinya getaran gempa. Lapisan pasir mencair sehingga kuat geser tanah dan daya dukung tanah tidak mampu mendukung beban yang disalurkan beban bangunan di atasnya (*upper structure*), akibat beban siklik yang bekerja pada waktu gempa sehingga tekanan air pori meningkat mendekati atau bahkan melampaui tegangan vertikal. Karena tekanan air porinya meningkat, jarak antar partikel pasir menjadi semakin renggang, sehingga *bearing capacity* berkurang drastis. Kerugian terbanyak terjadi akibat dari besarnya getaran yang menyebabkan runtuhnya bangunan.

Likuifaksi terjadi seiring dengan berkurangnya kekuatan geser pasir jenuh akibat beban seismik saat terjadinya gempa bumi. Menurut Towhata (2008) seperti yang dikutip dari Muntohar (2010), pasir lepas (tidak padat) dan jenuh air memiliki potensi terjadinya likuifaksi. Tekanan air meningkat akibat getaran gempa seperti diperlihatkan dalam Gambar 5, maka pada kondisi seperti itu tegangan efektif (σ') tanah berkurang. Hal ini dapat dirumuskan seperti pada Persamaan 1.

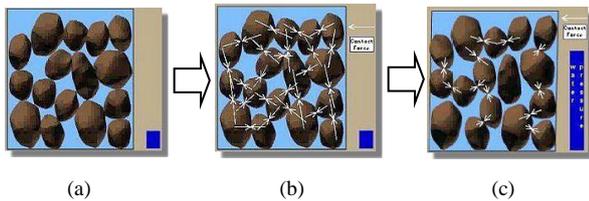
$$\sigma' = \sigma - u \quad (1)$$

dimana:

σ' = tegangan efektif (kN/m²);

σ = tegangan total tanah (kN/m²);

U = tekanan air pori (kN/m²).



Gambar 5. Proses peningkatan air pori karena guncangan yang mengakibatkan terjadinya likuifaksi: (a) kondisi awal, (b) tegangan kontak partikel pada saat menerima beban, (c) tegangan air pori meningkat dan tegangan efektif negatif (likuifaksi)

Nilai modulus geser maksimum pasir akan menurun bersamaan dengan turunnya nilai tegangan efektif. Sehingga tanah pasir jenuh akan mengalami pencairan (likuifaksi). Nilai tegangan efektif dapat pula menjadi nol bahkan nilainya dapat menjadi negatif. Kondisi tegangan efektif terjadi ketika gaya kontak antar butiran pasir dikurangi dengan tegangan air pori. Sehingga partikel pasir mengalami *floating* bebas dalam air, sehingga massa pasir mencair. Kondisi ini menyebabkan tanah tidak mampu mendukung beban dan konstruksi akan amblas, miring ataupun *collapse*.

B. Identifikasi Potensi Likuifaksi

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap potensial likuifaksi tanah adalah sebagai berikut:

1. Jenis tanah
Khusus untuk tanah tidak kohesif seperti pasir lepas, jika bergradasi seragam maka kerentanan likuifaksinya besar dibandingkan dengan yang bergradasi baik. Klasifikasi gradasi tanah ditentukan dengan mengetahui distribusi ukuran butirannya dari *sieve analysis*.
2. Kerapatan relatif atau angka pori
Untuk jenis tanah dengan angka pori atau kerapatan relatif kecil maka rentan terhadap likuifaksi. Pada gempa bumi di kota Nigata, Jepang, 1964, likuifaksi banyak terjadi pada areal tanah berpasir dengan kerapatan relatif 50% dan tidak terjadi pada areal dengan kerapatan relatif di atas 70%. Untuk berbagai uji laboratorium faktor tersebut selalu digunakan sebagai parameter uji likuifaksi.
3. Tekanan batas
Potensial likuifaksi tanah menurun dengan meningkatnya tekanan batas. Sejumlah uji laboratorium menunjukkan bahwa dibutuhkan tegangan yang besar dengan meningkatnya tekanan batas untuk menyebabkan terjadinya likuifaksi pada kondisi pembebanan bolak balik di laboratorium.

C. Kriteria Potensi Likuifaksi

Potensi likuifaksi ditentukan dengan mempertimbangkan kekuatan gempa yang terjadi dan kondisi lapisan tanah.

Lama getaran gempa dipengaruhi oleh besarnya magnitude gempa karena getaran tersebut akan

berlangsung minimal selama tidak terjadinya geseran pada patahan. Percepatan gempa dan magnitude gempa mempunyai hubungan-hubungan empiris berikut:

1. Berdasarkan hasil data percepatan gempa di Amerika Serikat, Jepang dan Papua New Guinea, Donovan menyatakan hubungan seperti pada Persamaan 2 dan Persamaan 3.

$$a = 1080 e^{0,5 M} / (d+25)^{1,32} \quad (\text{Donovan, 1970}) \quad (2)$$

$$a = 1320 e^{0,58 M} / (d+25)^{1,52} \quad (\text{Donovan, 1972}) \quad (3)$$

2. Menurut rumus yang dikembangkan oleh Esteva berdasarkan rumus A. J. Hendron Jr. (Newmark, 1968), untuk tanah keras seperti pada Persamaan 4.

$$a = 1230 e^{0,8 M} / (d+25)^2 \quad (4)$$

3. Menurut rumus Kawasumi hubungan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 5.

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

dimana:

M = magnitude gempa (Skala Richter);

a = percepatan gempa di permukaan tanah (gal);

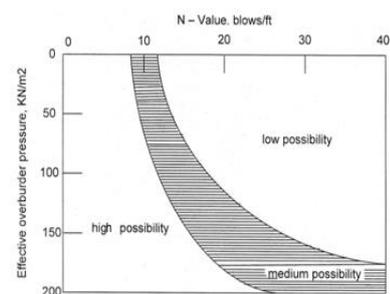
e = bilangan logaritma Napier (2,7182183);

d = jarak hiposentrum dari sumber gempa (km).

Kriteria likuifaksi untuk menentukan potensi likuifaksi terjadi pada suatu lapisan tanah dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yang diusulkan oleh beberapa peneliti.

- a. Metode Kishida (1969)

Potensi likuifaksi dapat ditentukan dengan memanfaatkan nilai tahanan penetrasi standar (N-SPT) yang didapat dari pekerjaan bor di lapangan dan nilai tegangan efektif (σ'_{vo}) diperoleh dari perhitungan berat volume tanah (γ) dikali kedalaman lapisan tanah (h).



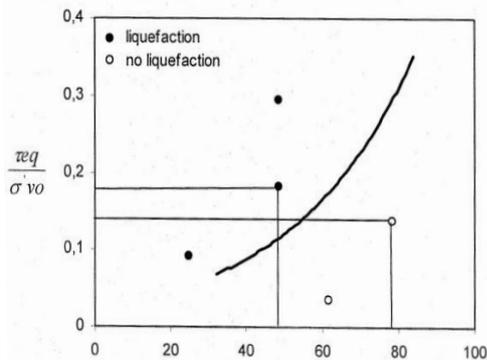
Gambar 6. Probabilitas likuifaksi dari pasir yang jenuh air (Fahlevi, 2011)

Nilai N dan σ'_{vo} diplot ke dalam grafik pada Gambar 6. Pada grafik tersebut terdapat garis-garis batas, dimana sebelah kanan garis batas menunjukkan likuifaksi tidak terjadi dan sebelah kiri garis menunjukkan likuifaksi terjadi. Grafik probabilitas

likuifaksi dari pasir yang jenuh air ditunjukkan pada Gambar 6.

b. Metode Whitman (1971)

Parameter yang digunakan untuk menganalisis potensi likuifaksi pada metode yang diusulkan oleh Whitman ini adalah nilai *cyclic ratio* (τ_{eq}/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 ditinjau. Suatu nilai kritis yang merupakan hubungan antara nilai *cycle ratio* dengan nilai kepadatan relatif (D_r) berupa garis lengkung seperti diperlihatkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Interpretasi data di lapangan untuk analisis likuifaksi (Fahlevi, 2011)

Kemungkinan terjadinya likuifaksi dapat juga ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 8. 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 65% dari nilai tegangan geser gempa maksimum (τ_{max}) dan mengusulkan suatu bentuk persamaan untuk menghitung nilai tegangan geser gempa maksimum seperti pada Persamaan 6 dan Persamaan 7.

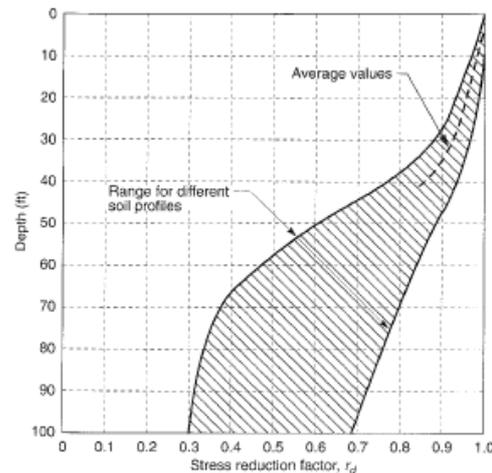
$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{vo}}{g} \cdot a_{max} \cdot rd \quad (6)$$

maka:

$$\tau_{eq} = 0,65 \cdot \frac{\sigma_{vo}}{g} \cdot a_{max} \cdot rd \quad (7)$$

dimana:

- τ_{eq} = tegangan geser ekivalen dari gempa;
- g = percepatan gravitasi bumi;
- τ_{max} = tegangan geser maksimum dari gempa;
- σ_{vo} = tegangan total akibat beban yang bekerja pada lapisan deposit;
- a_{max} = percepatan gempa maksimum di permukaan tanah;
- rd = faktor reduksi tegangan sebagai fungsi dari kedalaman.



Gambar 8. Nilai rata-rata dari rd (Mase, 2014)

c. Metode Valera dan Donovan (1977)

Metode Valera dan Donovan memberikan suatu hubungan antara getaran gempa bumi yang menyebabkan likuifaksi dengan nilai tahanan penetrasi standar dari pasir, yang dihasilkan dari penyelidikan gempa di Tiongkok. Untuk memisahkan keadaan tanah pasir yang mengalami likuifaksi dengan yang tidak, ditentukan suatu nilai kritis tahanan penetrasi standar (N_{crit}). Apabila nilai tahanan N-SPT (N) lebih besar dari nilai kritisnya (N_{crit}) maka tidak akan terjadi likuifaksi, sebaliknya jika nilai tahanan N-SPT (N) lebih kecil dari nilai kritisnya (N_{crit}) maka terjadi likuifaksi. Besarnya nilai N_{crit} ditentukan dengan Persamaan 8.

$$N_{crit} = \bar{N} (1 + 0,125 (ds - 3) - 0,05 (dw - 2)) \quad (8)$$

dimana:

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

\bar{N} = suatu nilai tahanan yang tergantung dari intensitas gempa (blows/ft);

es = kedalaman lapisan pasir yang ditinjau (m);

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

III. METODE

A. Evaluasi Potensi Likuifaksi Metode Kishida

Data yang diperlukan dalam menganalisis kemungkinan likuifaksi dengan metode ini terdiri atas:

- a. Data tanah, seperti:
 - (i) Berat volume tanah terendam (γ');
berat volume tanah jenuh (γ_{sat});
 - (ii) Kedalaman lapisan tanah yang ditinjau (h).
- b. Data gempa, seperti:
 - (i) Percepatan gempa maksimum di permukaan tanah (a_{max});
 - (ii) Magnitude gempa (M).

Mula-mula dihitung nilai tegangan total (σ_{vo}) dan

nilai tegangan efektif (σ'_{vo}). Selanjutnya digunakan juga nilai tahanan standar penetrasi (N-SPT) yang didapat dari hasil pengujian di lapangan.

Untuk mengetahui terjadi atau tidaknya likuifaksi pada metode ini dengan memasukkan nilai tahanan standar penetrasi (N-SPT) dengan nilai tegangan efektif (σ'_{vo}) ke dalam Gambar 6. Kishida (1969) sebagaimana dikutip oleh Fahlevi (2011:8).

B. Evaluasi Potensi Likuifaksi Metode Whitman

Analisis kemungkinan likuifaksi dengan metode ini membutuhkan data sebagai berikut:

- a. Data tanah, diantaranya:
 - (i) Kepadatan relatif (D_r);
 - (ii) Berat volume tanah terendam (γ');
 - (iii) Berat volume tanah jenuh (γ_{sat});
 - (iv) Kedalaman lapisan tanah yang ditinjau (d_s);
 - (v) Faktor reduksi fungsi dari kedalaman (r_d).
- b. Data gempa, diantaranya:
 - (i) Percepatan gempa maksimum di permukaan tanah (a_{max});
 - (ii) Magnitude gempa (M).

Langkah permulaan analisis potensi likuifaksi dengan metode Whitman (1971) yaitu dengan menghitung nilai tegangan total (σ_{vo}) dan nilai tegangan efektif (σ'_{vo}). Nilai-nilai tersebut diperoleh dari data berat volume tanah dan kedalaman lapisan yang ditinjau (d_s), didapat dari pekerjaan boring.

Langkah selanjutnya nilai cyclic ratio (τ/σ'_{vo}) dengan nilai kepadatan relatif (D_r) diplot ke dalam Gambar 7 untuk dapat menentukan potensi likuifaksi pada lapisan tanah.

C. Evaluasi Potensi Likuifaksi Metode Valera dan Donovan

Data yang dibutuhkan dalam menganalisis potensi likuifaksi dengan metode ini terdiri atas:

- a. Data tanah, seperti:
 - (i) Kedalaman lapisan tanah yang ditinjau (d_s);
 - (ii) Tahanan standar penetrasi (N-SPT).
- b. Data gempa, seperti:
 - (i) Percepatan gempa maksimum di permukaan tanah (a_{max});
 - (ii) Magnitude gempa (M).

Langkah permulaan penentuan likuifaksi dengan metode Valera dan Donovan (1977), (Zulfikar, 2008:7) ini sama dengan metode Seed dan Idriss, 1971. Mula-mula diketahui kedalaman lapisan tanah yang ditinjau (d_s) didapat dari hasil *boring* yang dilakukan di lapangan.

Besarnya nilai tahanan tergantung dari intensitas gempa (N) dan magnitude gempa (M) berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang berlokasi di Mata Ie (2011). Kemudian data tanah dan gempa tersebut dimasukkan kedalam Persamaan (3), untuk mendapatkan nilai tahanan penetrasi kritis (N_{crit}). Penentuan kemungkinan likuifaksi pada metode ini adalah perbandingan nilai tahanan standar penetrasi (N-SPT) dengan nilai tahanan penetrasi kritis (N_{crit}).

- a. Bila $N < N_{crit}$ berarti lapisan pasir yang ditinjau cenderung mengalami likuifaksi;
- b. Bila $N > N_{crit}$ berarti lapisan pasir yang ditinjau cenderung tidak mengalami likuifaksi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Kajian

Kajian potensi likuifaksi dengan menggunakan metode Kishida (1969), Whitman (1971), serta Valera dan Donovan (1977) disajikan dalam Tabel 1. Magnitude yang digunakan bervariasi, antara lain 6 SR, 8 SR dan 9 SR. Metode perhitungannya dilakukan sesuai penjelasan pada Bab III.

B. Pembahasan

Likuifaksi yang ditinjau dalam penelitian ini adalah likuifaksi yang terjadi akibat pembebanan cyclic, yaitu likuifaksi yang biasanya terjadi pada tanah pasir jenuh air yang mengalami getaran gempa sehingga pasir kehilangan daya dukungnya. Ini berarti bahwanya lapisan tanah yang mengandung pasir jenuh air saja yang ditinjau. Kishida (1969), Whitman (1971) serta Valera dan Donovan (1977), maka dapat diketahui bahwa metode Kishida (1969) pada magnitude gempa 6 SR mengalami likuifaksi pada lapisan tanah 24,00 - 36,00 m dan pada magnitude gempa 8 SR likuifaksi terjadi pada lapisan tanah 12,00 m dan lapisan tanah 24,00 - 36,00 m.

Metode yang diusulkan Whitman (1971) sangat tergantung dari nilai *cycle ratio*, yaitu hubungan perbandingan antara nilai tegangan geser gempa rata-rata (τ_{eq}) dengan nilai tegangan vertikal efektif (σ'_{vo}) dan nilai kepadatan relatif (D_r) yang berbeda-beda. Nilai kepadatan relatif yang lebih rendah cenderung lebih berpotensi likuifaksi dibandingkan dengan nilai kepadatan relatif yang lebih tinggi. Nilai percepatan gempa yang digunakan untuk menganalisis potensi likuifaksi juga sangat berpengaruh terhadap kemungkinan likuifaksi. Perhitungan analisis likuifaksi menggunakan metode Whitman pada magnitude gempa 6 SR tidak mengalami likuifaksi pada semua kedalaman.

Tabel 1. Evaluasi potensi likuifaksi dengan metode Kishida (1969)

M (SR)	Kedalaman (m)	Kishida (1969)	Whitman (1971)	Valera dan Donovan (1977)	Potensi Likuifaksi
6	3,0	NL	NL	NL	Tidak
	6,0	NL	NL	LQ	Likuifaksi
	9,0	NL	NL	LQ	Likuifaksi
	12,0	NL	NL	LQ	Likuifaksi
	15,0	NL	NL	LQ	Likuifaksi
	18,0	NL	NL	LQ	Likuifaksi
	21,0	NL	NL	LQ	Likuifaksi
	24,0	LQ	NL	LQ	Likuifaksi
	27,0	LQ	NL	LQ	Likuifaksi
	30,0	LQ	NL	LQ	Likuifaksi
	33,0	LQ	NL	LQ	Likuifaksi
36,0	LQ	NL	LQ	Likuifaksi	
8	3,0	NL	LQ	NL	Likuifaksi
	6,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	9,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	12,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	15,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	18,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	21,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	24,0	LQ	NL	LQ	Likuifaksi
	27,0	LQ	NL	LQ	Likuifaksi
	30,0	LQ	NL	LQ	Likuifaksi
	33,0	LQ	NL	LQ	Likuifaksi
36,0	LQ	NL	LQ	Likuifaksi	
9	3,0	NL	LQ	NL	Likuifaksi
	6,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	9,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	12,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	15,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	18,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	21,0	NL	LQ	LQ	Likuifaksi
	24,0	LQ	LQ	LQ	Likuifaksi
	27,0	LQ	LQ	LQ	Likuifaksi
	30,0	LQ	LQ	LQ	Likuifaksi
	33,0	LQ	LQ	LQ	Likuifaksi
36,0	LQ	LQ	LQ	Likuifaksi	

Metode yang diusulkan Valera dan Donovan adalah metode yang relatif paling baru dibandingkan dengan kedua metode lainnya. Metode ini memperhitungkan nilai intensitas gempa dan letak muka air tanah, yang merupakan hal yang penting yang harus ikut dipertimbangkan dalam menganalisis potensi likuifaksi. Metode ini merupakan metode yang sangat praktis langkah perhitungannya sangat singkat, namun metode ini tidak memperhitungkan sifat-sifat dari lapisan pasir yang ditinjau secara lengkap. Dalam metode ini, berat volume tanah (γ), kepadatan relatif (D_r) dan tegangan efektif (σ'_{v0}) dan tegangan total (σ_{v0}) tidak

diperhitungkan seperti pada kedua metode lainnya. Hasil evaluasi menggambarkan bahwa semua lapisan tanah mengalami likuifaksi pada setiap magnitude gempa kecuali pada kedalaman 3m.

Perbedaan potensi likuifaksi yang diberikan masing-masing metode untuk tiap lapisan tanah dan magnitude gempa dapat disebabkan oleh parameter dan rumus yang digunakan berbeda. Gabungan dari ketiga metode di atas dapat dinyatakan bahwa seluruh lapisan berpotensi likuifaksi kecuali pada lapisan 3 m dengan magnitude gempa 6 SR.

Sehingga untuk pelaksanaan pembangunan gedung dan infrastruktur perlu adanya suatu rekayasa geoteknik berupa perbaikan tanah (stabilisasi) atau pembuatan drainase vertikal.

V. KESIMPULAN

Hasil kajian potensi likuifaksi dengan beberapa metode memberikan beberapa kesimpulan seperti diuraikan berikut ini.

1. Provinsi Aceh merupakan daerah rawan gempa dengan lapisan tanah di beberapa daerah terdiri dari tanah pasir jenuh.
2. Kajian terhadap lapisan tanah di Pesisir Utara Aceh menggunakan Metode Kishida (1969), Metode Whitman (1971), serta Metode Valera dan Donovan (1977). Magnitude gempa yang diterapkan adalah 6 SR, 8 SR dan 9 SR.
3. Metode Kishida (1969) memberikan hasil bahwa untuk magnitude gempa 6 SR, 8 SR dan 9 SR tidak berpotensi likuifaksi pada lapisan 3m – 21m.
4. Metode Whitman (1971) pada magnitude gempa 6 SR tidak mengalami likuifaksi pada tiap lapisan tanah.
5. Metode Valera dan Donovan (1977) semua lapisan tanah mengalami likuifaksi pada setiap magnitude gempa kecuali pada kedalaman 3m.
6. Gabungan dari ketiga metode di atas memberikan hasil bahwa seluruh lapisan berpotensi likuifaksi kecuali pada lapisan 3 m dengan magnitude gempa 6 SR.
7. Pembangunan gedung dan infrastruktur di daerah Pesisir Utara Aceh Provinsi Aceh perlu didahului dengan usaha perbaikan tanah untuk mengantisipasi fenomena likuifaksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagian penelitian ini memiliki sumber dana dari Universitas Syiah Kuala, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, berdasarkan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Skim Profesor Tahun Anggaran 2017 dengan Nomor: 1442/UN11/SP/PNBP/2017 tanggal 18 Mei 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Bock, Y., Prawirodirdjo, L., Genrich, J.F., Stevens, C.W., McCaffrey, R., Subarya, C., Puntodewo, S.S.O, dan Calais, E., 2003, *Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements*, Journal of

Geophysical Research, Vol.108: hlm1-17.

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.

Muntohar, A.S., 2010, *Mikrozonasi Potensi Likuifaksi dan Penurunan Tanah akibat Gempa Bumi*, Laporan Penelitian, LP3M, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tohari, A., Soebowo, E., Wardana, D.D., Irianto, B., Widodo., 2007, *Potensi Bahaya Likuifaksi di Daerah Banda Aceh dan sekitarnya*, Laporan Teknik, Mitigasi Bahaya Gerakan Tanah di Daerah Tropis dan Tektonik Aktif, Puslit Geoteknologi LIPI.

Tohari, A., Sugianti, K., Syahbana, A.J., Soebowo, E., 2015, *Kerentanan Likuifaksi Wilayah Kota Banda Aceh berdasarkan Metode Uji Penetrasi Konus*, Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, Vol.25, hlm 100.