Analisis Potensi Likuifaksi Menggunakan Metode Castro (1975) Pada Lapisan Keras Tanah Pasir di Bawah Gedung *Islamic Center At-Taqarrub Trienggadeng Pidie Jaya*

Syifa Nabila^{1,*} Munirwansyah² Munira Sungkar³

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia.

email: syifanblaa@gmail.com

Abstract

The earthquake that occurred in Pidie Jaya was a tectonic earthquake originating from the Pidie fault with a magnitude of 6.5 SR. The earthquake caused a variety of damage to the region, one of which is liquefaction. Liquefaction is a phenomenon of loss of ground forces due to vibration. This phenomenon occurs in sandy soils in saturated and loose conditions. This research was conducted on a layer of sand under the At-Taqarrub Islamic Center building Trienggadeng-Pidie Jaya. To analyze the potential of this liquefaction is done at 2 drill points using the methods Castro (1975) while the average earthquake acceleration data at ground level was analyzed using Kawashumi method. The planned earthquake magnitude are 5.0, 6.0, 6.5, 7.5 and 9.0 SR. The results of this study that at drill log 1 and drill log 2 are liquefaction did not occur in every layer and every planned earthquake magnitude.

Keywords: earthquake, liquefaction potential, sand layer, magnitude

Abstrak

Gempa yang terjadi yaitu gempa yang terjadi di Kabupaten Pidie Jaya merupakan gempa tektonik yang bersumber gempa dari sesar Pidie dengan kekuatan 6,5 SR. Gempa tersebut menyebabkan berbagai kerusakan pada wilayah tersebut salah satunya yaitu likuifaksi. Likuifaksi merupakan fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat getaran. Fenomena tersebut terjadi pada tanah pasir dalam kondisi jenuh dan lepas. Penelitian ini dilakukan pada lapisan pasir di bawah gedung Islamic Center At-Taqarrub Trienggadeng, Pidie Jaya. Untuk menganalisis potensi likuifaksi ini dilakukan pada 2 titik bor dengan menggunakan metode Castro (1975) sedangkan data percepatan gempa rata-rata dipermukaan tanah dianalisis menggunakan metode Kawashumi. Magnitude gempa yang direncanakan yaitu sebesar 5.0, 6.0, 6.5, 7.5, dan 9.0 SR. Hasil dari penelitian ini yaitu pada titik bor log 1 dan titik bor log 2 tidak mengalami likuifaksi disetiap kedalaman dan setiap magnitude gempa yang direncanakan.

Kata Kunci : gempa bumi, potensi likuifaksi, lapisan pasir, magnitude gempa

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang berada di jalur gempa teraktif di dunia karena dikelilingi oleh cincin api pasifik dan berada di atas tiga tumbukan lempeng benua. Oleh karena itu Aceh yang terletak di ujung Pulau Sumatera dan terletak di sekitar Pantai Barat Sumatera yang merupakan daerah pertemuan dari plat tektonik, patahan Sumatera, patahan-patahan lokal, dan gunung api Seulawah mengakibatkan Aceh menjadi daerah aktif gempa. Menurut PUSGEN [1], aktivitas gempa di wilayah Sumatera naik dengan drastis setelah terjadinya gempa-tsunami Aceh tahun 2004 yang mengakibatkan sebanyak 173.741 jiwa meninggal, 116.368 orang dinyatakan hilang, serta mengakibatkan ribuan rumah dan bangunan rusak.

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) mengumumkan bahwa pada tanggal 07 Desember 2016 tepatnya pukul 05.03.36 WIB terjadi gempa bumi di Kabupaten Pidie Jaya yang merupakan gempa tektonik dengan kekuatan 6,5 SR pada kedalaman 15 km dan pusat gempa berada di koordinat 5,25 LU dan 96,24 BT, tepatnya di darat pada jarak 106 km arah tenggara Kota Banda Aceh. Gempa Pidie Jaya tersebut

mengakibatkan banyak kerusakan infrastruktur pada daerah tersebut dan juga adanya potensi likuifaksi di beberapa wilayah. Akibat banyaknya kerusakan yang terjadi pasca bencana gempa bumi tersebut maka dilakukan pembenahan dengan pembangunan kembali fasilitas-fasilitas dan infrastruktur-infrastruktur yang rusak. Salah satunya yaitu pembangunan kembali *Islamic Center At-Taqarrub, Trienggadeng* yang terletak pada 5,26 LU dan 96,18 BT. Masjid tersebut merupakan salah satu tempat ibadah umat islam yang rusak akibat gempa bumi dan menjadi objek penelitian ini. Dapat dilihat dalam Gambar 1 berikut ini.

Gambar 1 Masjid setelah mengalami keruntuhan akibat gempa 2016 yang berkekuatan 6,5 SR.

Likuifaksi merupakan sebuah kerusakan yang harus diperhatikan untuk suatu struktur yang dibangun di atas tanah berpasir jenuh. Likuifaksi adalah suatu fenomena perubahan kondisi tanah dari keadaan padat menjadi cair yang umumnya terjadi pada tanah pasir dalam kondisi jenuh dan lepas. Likuifaksi menyebabkan tanah tidak dapat menahan beban yang berada di atasnya (*upper structure*) dan akan terjadi kerusakan-kerusakan pada struktur yang berada di atasnya, bahkan bagian struktur atas (*upper structure*) tersebut dapat mengalami kerusakan ringan, kerusakan berat atau keruntuhan serta miring ke arah tertentu (*failure*).

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur pasir (potensi likuifaksi) pada saat terjadinya gempa bumi dengan menggunakan metode Castro (1975) dengan sumber gempa yaitu sesar Pidie dengan magnitude gempa 6,5 SR.

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1 Mekanisme Terjadinya Likuifaksi

Menurut Seed et al., (1975) yang dikutip dari Marwan et al. [2] menyebutkan bahwa untuk menganalisis kemungkinan terjadi likuifaksi diasumsikan bahwa selama berlangsungnya getaran gempa belum terjadi *dissipasi* yang berarti dengan perkataan lain belum terjadi redistribusi tekanan air pori pada masa tanah. Akibat beban *cyclic*, tanah mengalami tekanan sebelum air sempat keluar dari pori-pori tanah. Hal ini menyebabkan tekanan air pori meningkat, sebaliknya tegangan efektif berkurang dan dengan demikian kekuatan geser menjadi berkurang.

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 rumus tegangan efektif dan rumus kekuatan geser tanah dari Terzaghi, Persamaan tegangan efektif menurut Bowles [3] dapat dilihat pada persamaan 1 sebagai berikut:

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

di mana:

σ_{eff} = tegangan yang sebenarnya bekerja pada butir tanah (kg/cm^2);
 σ_{tot} = tegangan akibat beban-beban yang bekerja (kg/cm^2); dan
 u = tekanan air pori (kg/cm^2).

Rumus kekuatan geser menurut Bowles [3] dapat dilihat pada persamaan 2 sebagai berikut:

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

di mana:

S = kekuatan geser tanah (kg/cm^2);
 c = kohesi (kg/cm^2); dan
 ϕ = sudut geser ($^\circ$).

Terlihat dari kedua rumus di atas bahwa peningkatan tekanan air pori akan berarti mengurangi tegangan efektif dan sekaligus mengurangi kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan.

2.2 Evaluasi Potensial Likuifaksi menggunakan Metode Castro

Menurut Castro (1975) yang dikutip dari Marwan et al. [2] suatu grafik yang menyatakan hubungan antara nilai tahanan penetrasi standar yang telah dikoreksi (N') pada kedalaman tanah yang ditinjau dengan nilai rasio tegangan gempa rata-rata ($\tau_{\text{av}}/\sigma'_{\text{vo}}$), dimana τ_{av} adalah tegangan geser gempa rata-rata dan σ'_{vo} adalah tegangan vertikal efektif, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.

Pada gambar 2, terdapat dua garis lengkung yang merupakan garis batas, dimana sebelah kanan garis menunjukkan tidak terjadi likuifaksi sedangkan sebelah kiri garis menunjukkan terjadinya likuifaksi. Dari gambar juga dapat diketahui bahwa untuk nilai N' yang melebihi 50, tidak terjadi likuifaksi disebabkan garis likuifaksi hanya terbatas pada nilai N' sampai 50.

Gambar 2. Cyclic Stress Ratio vs Nilai SPT yang Terkoreksi

Sumber : Castro, 1975 (dikutip dari Marwan et al. [2])

Nilai tahanan standar penetrasi yang dikoreksi, dapat didapatkan dengan persamaan yang diberikan oleh Teng, 1962 sebagaimana dikutip oleh Susantri [4] dapat dilihat pada persamaan 3 sebagai berikut:

$$N' = \frac{50 \cdot N}{\sigma'_{\text{vo}} + 10} \quad \dots\dots\dots (3)$$

di mana:

N' = nilai SPT yang dikoreksi (blow/ft);
 N = nilai SPT yang sebenarnya (blow/ft); dan
 σ'_{vo} = tegangan vertikal efektif yang nilainya $< 280 \text{ kN/m}^2$.

Nilai tegangan geser gempa rata-rata yang terjadi pada bidang horizontal, oleh Castro dinyatakan pada persamaan 4 sebagai berikut:

$$\tau_{\text{av}} = 0,7 \cdot \frac{\sigma_{\text{vo}}}{g} \cdot a_{\text{max}} \cdot r_d \quad \dots\dots\dots (4)$$

di mana:

- τ_{av} = nilai tegangan geser gempa rata-rata (kg/cm^2);
 σ_{vo} = tegangan total (kg/cm^2);
 g = percepatan gravitasi bumi (cm/det^2);
 a_{max} = percepatan gempa maksimum di permukaan tanah (gal); dan
 rd = faktor reduksi sebagai tegangan fungsi dari kedalaman yang dapat dilihat dalam Gambar 4 di bawah.

Gambar 3. Nilai rata-rata rd

Sumber : Mase, 2014 (dikutip dari Marwan et al.[2])

Apabila data tanah yang diperlukan tidak cukup tersedia, jika nilai N tidak didapat dari pekerjaan boring di lapangan dan nilai-nilai berat volume tanah tidak tersedia dari hasil tes laboratorium maka kedua data tersebut dapat ditentukan berdasarkan Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Korelasi Uji Penetrasi Standar

Keadaan	Jumlah Tumbukan, N (Blow/Feet)	Berat Isi, γ (kN/m^3)	Sudut Gesek, ϕ ($^\circ$)
Lepas	0 – 10	12 – 16	25 – 32
Sedang	11 – 30	14 – 18	28 – 36
Padat	31 – 50	16 – 20	30 – 40
Sangat padat	>50	18 – 23	>35

Sumber : Bowles [3]

2.3 Hubungan Empiris Parameter Gempa

Durasi 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 empiris sebagai berikut :

Menurut persamaan Kawashumi hubungan tersebut adalah :

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

di mana:

- M = magnitude gempa (Skala Richter);
 a = percepatan gempa di permukaan tanah (gal);
 d = jarak hiposentrum dari sumber gempa (km).

Gambar 4. Ilustrasi Jarak Horizontal dari Pusat Gempa Bumi

Sumber : Bradja, 1983 (dikutip dari Susantri [4])

Pada Gambar 4, dihasilkan jarak hiposentrum (d) dari pusat gempa yang diperoleh menggunakan rumus phitagoras dengan memasukkan jarak kedalaman gempa (D) dan jarak horizontal (R) dari pusat gempa. Sedangkan untuk mendapatkan jarak horizontal (R) yaitu dengan memasukkan koordinat episenter dan koordinat O (objek) sebagai berikut:

$$\cos ER (R) = \sin \phi E \cdot \sin \phi O + \cos \phi E \cdot \cos \phi O \cdot \cos(LE - LO) \dots \dots \dots (6)$$

di mana,

- ϕE = koordinat bujur episenter ($^\circ$);
 ϕO = koordinat bujur objek ($^\circ$);
 LE = koordinat lintang episenter ($^\circ$); dan
 LO = koordinat lintang objek ($^\circ$).

3. Metode Penelitian

Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

Pada penulisan ini yang ditinjau hanya masalah likuifaksi akibat beban siklis (*cyclic*) yang pada sebutan berikutnya hanya disebut dengan likuifaksi saja. Potensi likuifaksi ini dianalisis menggunakan metode perhitungan Castro (1975). Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang berasal dari data lapangan (sekunder). Tiap lapisan tanah yang ditinjau pada penelitian ini terbatas pada titik-titik yang berada pada lokasi gedung *Islamic Center* At-Taqarrub Trienggadeng, Pidie Jaya. Adapun data lapangan ini meliputi profil tanah. Data profil tanah ini didapat dari laporan hasil penyelidikan yang dilakukan oleh CV. Rekayasa Andalan [5]. Data profil tanah ini digunakan untuk mengetahui lapisan-lapisan tanah pasir yang terdapat pada objek penelitian ini. Data profil tanah yang digunakan berupa susunan jenis lapisan tanah (*bor log*).

Data magnitude gempa yang dipakai yaitu radius gempa maksimum 500 km dari lokasi yang ditinjau dikumpulkan dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Mata Ie, Banda Aceh [6]. Data yang ada merupakan data gempa dari tahun 1999 sampai dengan Juli 2019. Radius sejarak ini dipertimbangkan untuk mendapatkan data gempa yang lebih memadai.

Untuk tiap kejadian gempa, data tersebut merupakan nilai besaran (magnitude) gempa, dan letak sumber gempa (koordinat lintang dan bujur pada bola bumi, kedalaman, tanggal dan tahun kejadiannya). Penentuan magnitude gempa untuk analisis potensi

likuifaksi adalah besaran yang terbesar dari data pencatatan magnitude gempa yang pernah terjadi dan diperhitungkan sebagai magnitude gempa desain.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil

Hasil penelitian dan pengolahan data yang disajikan dalam bab ini meliputi perhitungan parameter likuifaksi, yaitu *magnitude* gempa, percepatan gempa maksimum (a_{max}) pada permukaan tanah, tegangan efektif, tegangan total lalu dilanjutkan dengan analisis potensi likuifaksi menggunakan metode Castro (1975).

4.1.1 Magnitude Gempa (M)

Data gempa yang diperoleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Stasiun Geofisika Mata Ie Banda Aceh (2019). Data tersebut merupakan catatan gempa yang pernah terjadi di daerah Aceh dan sekitarnya dari kurun waktu Januari 1999 sampai dengan Juli 2019 dengan *magnitude* gempa $M \geq 5,0$ Skala Richter. Berdasarkan data *magnitude* gempa tersebut, maka *magnitude* gempa desain untuk penelitian ini diambil dari urutan 5, 6, 6.5, 7, dan 9 Skala Richter karena gempa dengan *magnitude* gempa $M \geq 5,0$ Skala Richter bersifat merusak pada suatu konstruksi bangunan.

4.1.2 Percepatan Gempa pada Permukaan Tanah (a)

Nilai percepatan gempa di permukaan tanah diperoleh dari pengolahan data *magnitude* gempa dengan menggunakan teori-teori yang terdapat di Bab 2. Nilai percepatan gempa di permukaan tanah yang digunakan pada desain adalah nilai percepatan gempa maksimum di permukaan tanah. Berikut ini adalah perhitungan percepatan gempa yang dipilih. Nilai-nilai tersebut dihitung berdasarkan persamaan Kawashumi seperti pada tabel 2 dan menghasilkan gambar 7 seperti dibawah ini.

Tabel 2. Data Perhitungan Percepatan Gempa

No	Kedalaman (km)	Magnitude	R (Km)	d (Km)	$a_{max}(g)$ Kawashumi
1	15	5,0	6,736	16,443	0,00003
6	15	5,5	6,736	16,443	0,00009
11	15	6,0	6,736	16,443	0,00027
15	15	6,5	6,736	16,443	0,00086
16	15	6,6	6,736	16,443	0,00108
17	15	6,8	6,736	16,443	0,00171
18	15	7,0	6,736	16,443	0,00272
19	15	7,2	6,736	16,443	0,00430
20	15	7,3	6,736	16,443	0,00542
21	15	7,5	6,736	16,443	0,00859
22	15	7,8	6,736	16,443	0,01713
23	15	8,6	6,736	16,443	0,10809
24	15	9,0	6,736	16,443	0,27152

Gambar 7 Grafik Percepatan Gempa di Permukaan Tanah

Soelarno *et al.* (1983) yang dikutip oleh Marwan *et al.* [2] mempertimbangkan bahwa rumus empiris Donovan (1972) perlu dikoreksi sebesar 1 sampai dengan 2,5 untuk kondisi Indonesia. Perhitungan dalam penelitian ini, nilai percepatan gempa maksimum di permukaan tanah ini dikoreksi dengan faktor 2,5 untuk mendapatkan nilai yang paling aman.

Hasil yang diperoleh dari perhitungan percepatan gempa di permukaan tanah tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan selanjutnya dalam menganalisis potensi likuifaksi pada lokasi pembangunan gedung *Islamic Center At-Taqarrub Trienggadeng* Pidie Jaya.

4.1.3 Tegangan Efektif (σ'_{vo}) dan Tegangan Total (σ_{vo})

Dari data berat volume (γ) dan kedalaman tanah yang ditinjau, dapat ditentukan tegangan vertikal, baik tegangan total maupun tegangan efektif. Kedalaman dan ketebalan lapisan yang ditinjau diketahui dari gambar susunan lapisan tanah (bor log). Untuk tegangan total dipakai γ sesuai dengan titik data titik bor yang ditinjau, sedangkan untuk tegangan efektif dipakai γ' yang disesuaikan dengan data titik bor yang ditinjau. Nilai tegangan efektif tanah (σ'_{vo}) dan tegangan total (σ_{vo}).

4.1.4 Nilai Tahanan Standar Penetrasi yang Telah Dikoreksi (N')

Nilai tahanan standar penetrasi (N-SPT) telah tersedia dari hasil pekerjaan pengeboran yang dilakukan di lapangan. Dengan mengetahui N-SPT dan besarnya tegangan efektif maka nilai standar penetrasi yang dikoreksi (N') dapat dihitung dengan persamaan 3.

4.1.5 Nilai Tahanan Standar Penetrasi (N-SPT)

Nilai tahanan standar penetrasi (N-SPT) telah tersedia dari hasil pekerjaan pengeboran yang dilakukan di lapangan.

4.1.6 Tegangan geser rata-rata akibat gempa (τ_{av})

Data percepatan gempa maksimum pada permukaan tanah, tegangan total, dan adanya faktor reduksi (rd), tegangan geser rata-rata akibat gempa (τ_{av}) dapat dihitung dengan persamaan 4.

4.1.7 Penentuan kemungkinan likuifaksi menggunakan metode Castro (1975)

Kriteria dalam menentukan terjadinya likuifaksi dengan menggunakan metode ini adalah memasukkan nilai tahanan penetrasi standar yang telah dikoreksi (N') pada kedalaman tanah yang ditinjau dengan nilai rasio tegangan gempa rata-rata (τ_{av}/σ'_{vo}), dimana τ_{av} adalah tegangan geser gempa rata-rata dan σ'_{vo} adalah tegangan vertikal efektif, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jika titik yang dihasilkan berada di sebelah kanan garis batas menunjukkan likuifaksi tidak terjadi;
- Jika titik yang dihasilkan berada di sebelah kiri garis batas menunjukkan likuifaksi terjadi; dan

Analisis menggunakan metode Castro (1975) dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 8 untuk bor log 1 dan Tabel 4 dan Gambar 9 untuk bor log 2.

Gambar 8 Grafik hasil likuifaksi metode Castro (1975) bor log I

Tabel 3. Analisis Potensi Likuifaksi Menggunakan Metode Castro (1975) dan Percepatan Gempa Maksimum Kawashumi Bor Log I.

No	Kedalaman m	Kedalaman ft	Magnitude SR	amax gal	Dr %	rd	σ_{vo} kN/m ²	σ'_{vo} kN/m ²	τ_{av} kN/m ²	$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}}$	N'	Kemungkinan Likuifaksi
1	2,45	8,04	5,0	0,00003	54,5	0,982	20,245	7,995	0,00004	0,000005	63,91	Tidak Likuifaksi
2	4,45	14,60	5,0	0,00003	63,5	0,973	58,279	23,779	0,0001	0,000005	42,93	Tidak Likuifaksi
3	6,45	21,16	5,0	0,00003	51,5	0,955	92,174	37,674	0,0002	0,000005	22,02	Tidak Likuifaksi
4	8,45	27,72	5,0	0,00003	31,7	0,932	123,879	49,379	0,0002	0,000005	7,58	Tidak Likuifaksi
5	10,45	34,28	5,0	0,00003	38,0	0,900	153,689	59,189	0,0003	0,000005	8,67	Tidak Likuifaksi
6	2,45	8,04	6,0	0,00003	54,5	0,982	20,245	7,995	0,0004	0,000005	63,91	Tidak Likuifaksi
7	4,45	14,60	6,0	0,00003	63,5	0,973	58,279	23,779	0,001	0,000005	42,93	Tidak Likuifaksi
8	6,45	21,16	6,0	0,00003	51,5	0,955	92,174	37,674	0,002	0,000005	22,02	Tidak Likuifaksi
9	8,45	27,72	6,0	0,00003	31,7	0,932	123,879	49,379	0,002	0,000005	7,58	Tidak Likuifaksi
10	10,45	34,28	6,0	0,00003	38,0	0,900	153,689	59,189	0,003	0,000005	8,67	Tidak Likuifaksi
11	2,45	8,04	6,5	0,00009	54,5	0,982	20,245	7,995	0,001	0,00015	63,91	Tidak Likuifaksi
12	4,45	14,60	6,5	0,00009	63,5	0,973	58,279	23,779	0,003	0,00015	42,93	Tidak Likuifaksi
13	6,45	21,16	6,5	0,00009	51,5	0,955	92,174	37,674	0,005	0,00014	22,02	Tidak Likuifaksi
14	8,45	27,72	6,5	0,00009	31,7	0,932	123,879	49,379	0,007	0,00014	7,58	Tidak Likuifaksi
15	10,45	34,28	6,5	0,00009	38,0	0,900	153,689	59,189	0,008	0,00014	8,67	Tidak Likuifaksi
16	2,45	8,04	7,5	0,00086	54,5	0,982	20,245	7,995	0,012	0,00152	63,91	Tidak Likuifaksi
17	4,45	14,60	7,5	0,00086	63,5	0,973	58,279	23,779	0,035	0,00146	42,93	Tidak Likuifaksi
18	6,45	21,16	7,5	0,00086	51,5	0,955	92,174	37,674	0,054	0,00143	22,02	Tidak Likuifaksi
19	8,45	27,72	7,5	0,00086	31,7	0,932	123,879	49,379	0,071	0,00143	7,58	Tidak Likuifaksi
20	10,45	34,28	7,5	0,00086	38,0	0,900	153,689	59,189	0,085	0,00143	8,67	Tidak Likuifaksi
21	2,45	8,04	9,0	0,2715	54,5	0,982	20,245	7,995	0,385	0,04818	63,91	Tidak Likuifaksi
22	4,45	14,60	9,0	0,2715	63,5	0,973	58,279	23,779	1,099	0,04620	42,93	Tidak Likuifaksi
23	6,45	21,16	9,0	0,2715	51,5	0,955	92,174	37,674	1,705	0,04527	22,02	Tidak Likuifaksi
24	8,45	27,72	9,0	0,2715	31,7	0,932	123,879	49,379	2,237	0,04530	7,58	Tidak Likuifaksi
25	10,45	34,28	9,0	0,2715	38,0	0,900	153,689	59,189	2,680	0,04528	8,67	Tidak Likuifaksi

Tabel 4. Analisis Potensi Likuifaksi Menggunakan Metode Castro (1975) dan Percepatan Gempa Maksimum Kawashumi Bor Log II.

No	Kedalaman m	Kedalaman ft	Magnitude SR	amax gal	rd	σ_{vo} kN/m ²	σ'_{vo} kN/m ²	τ_{av} kN/m ²	$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}}$	N'	Kemungkinan Likuifaksi
1	2,45	8,04	5,0	0,0000	0,982	19,729	7,479	0,00004	0,000001	60,07	Tidak Likuifaksi
2	4,45	14,60	5,0	0,0000	0,973	55,879	21,379	0,0001	0,000005	52,58	Tidak Likuifaksi
3	6,45	21,16	5,0	0,0000	0,955	86,721	32,221	0,0002	0,000005	15,40	Tidak Likuifaksi
4	8,45	27,72	5,0	0,0000	0,932	115,774	41,274	0,0002	0,000001	13,65	Tidak Likuifaksi
5	10,45	34,28	5,0	0,0000	0,900	144,826	50,326	0,0003	0,000001	10,77	Tidak Likuifaksi
6	12,45	40,84	5,0	0,0000	0,836	174,047	59,547	0,0003	0,000000	5,03	Tidak Likuifaksi
7	2,45	8,04	6,0	0,0003	0,982	19,729	7,479	0,0004	0,000005	60,07	Tidak Likuifaksi
8	4,45	14,60	6,0	0,0003	0,973	55,879	21,379	0,001	0,000005	52,58	Tidak Likuifaksi
9	6,45	21,16	6,0	0,0003	0,955	86,721	32,221	0,002	0,000005	15,40	Tidak Likuifaksi
10	8,45	27,72	6,0	0,0003	0,932	115,774	41,274	0,002	0,000005	13,65	Tidak Likuifaksi
11	10,45	34,28	6,0	0,0003	0,900	144,826	50,326	0,003	0,000005	10,77	Tidak Likuifaksi
12	12,45	40,84	6,0	0,0003	0,836	174,047	59,547	0,003	0,000005	5,03	Tidak Likuifaksi
13	2,45	8,04	6,5	0,0009	0,982	19,729	7,479	0,001	0,00016	60,07	Tidak Likuifaksi
14	4,45	14,60	6,5	0,0009	0,973	55,879	21,379	0,003	0,00016	52,58	Tidak Likuifaksi
15	6,45	21,16	6,5	0,0009	0,955	86,721	32,221	0,005	0,00016	15,40	Tidak Likuifaksi
16	8,45	27,72	6,5	0,0009	0,932	115,774	41,274	0,007	0,00016	13,65	Tidak Likuifaksi
17	10,45	34,28	6,5	0,0009	0,900	144,826	50,326	0,008	0,00016	10,77	Tidak Likuifaksi
18	12,45	40,84	6,5	0,0009	0,836	174,047	59,547	0,009	0,00015	5,03	Tidak Likuifaksi
19	2,45	8,04	7,5	0,0086	0,982	19,729	7,479	0,012	0,00159	60,07	Tidak Likuifaksi
20	4,45	14,60	7,5	0,0086	0,973	55,879	21,379	0,033	0,00156	52,58	Tidak Likuifaksi
21	6,45	21,16	7,5	0,0086	0,955	86,721	32,221	0,051	0,00157	15,40	Tidak Likuifaksi
22	8,45	27,72	7,5	0,0086	0,932	115,774	41,274	0,066	0,00160	13,65	Tidak Likuifaksi
23	10,45	34,28	7,5	0,0086	0,900	144,826	50,326	0,080	0,00159	10,77	Tidak Likuifaksi
24	12,45	40,84	7,5	0,0086	0,836	174,047	59,547	0,089	0,00150	5,03	Tidak Likuifaksi
25	2,45	8,04	9,0	0,2715	0,982	19,729	7,479	0,375	0,05019	60,07	Tidak Likuifaksi
26	4,45	14,60	9,0	0,2715	0,973	55,879	21,379	1,053	0,04927	52,58	Tidak Likuifaksi
27	6,45	21,16	9,0	0,2715	0,955	86,721	32,221	1,605	0,04980	15,40	Tidak Likuifaksi
28	8,45	27,72	9,0	0,2715	0,932	115,774	41,274	2,091	0,05065	13,65	Tidak Likuifaksi
29	10,45	34,28	9,0	0,2715	0,900	144,826	50,326	2,525	0,05018	10,77	Tidak Likuifaksi
30	12,45	40,84	9,0	0,2715	0,836	174,047	59,547	2,819	0,04734	5,03	Tidak Likuifaksi

Gambar 9 Grafik hasil likuifaksi metode Castro (1975) bor log II

4.2 Pembahasan

Likuifaksi yang ditinjau pada penelitian ini ialah likuifaksi yang terjadi akibat pembebanan *cyclic*, yaitu likuifaksi yang biasanya terjadi pada tanah pasir jenuh air yang mengalami getaran gempa sehingga pasir kehilangan kekuatan daya dukungnya. Oleh karena itu, lapisan yang ditinjau hanya lapisan tanah pasir jenuh air saja, dimana lapisan pasir tersebut harus berada dibawah muka air tanah.

Metode yang digunakan untuk menganalisis potensi likuifaksi adalah metode Castro (1975). Hasil potensi likuifaksi dengan berdasarkan pengambilan magnitude gempa dari 5,0, 6,0, 6,5, 7,5, dan 9,0 SR akan memberikan hasil yang bervariasi.

Pada metode yang diusulkan Castro (1975) 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 penetrasi standar yang telah dikoreksi (N'). Bila nilai N' yang melebihi 50, tidak terjadi likuifaksi disebabkan garis likuifaksi hanya terbatas pada nilai N' sampai 50.

Nilai percepatan gempa maksimum di permukaan tanah (a_{max}) pada penelitian ini menggunakan persamaan Kawashumi. Nilai percepatan gempa maksimum di permukaan tanah ini sangat bergantung pada magnitude dan jarak pusat gempa dengan lokasi yang ditinjau. Semakin dekat jarak pusat gempa dengan lokasi yang ditinjau maka potensi likuifaksi yang terjadi semakin tinggi.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, hasil analisis potensi likuifaksi pada Gedung *Islamic Center* At-Taqarrub Trienggadeng Pidie Jaya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Menurut metode Castro (1975) pada percepatan dengan metode percepatan gempa Kawashumi pada titik bor log 1 tidak mengalami likuifaksi pada setiap lapisan dan setiap magnitude gempa rencana.
2. Pada metode Castro (1975) pada percepatan dengan metode percepatan gempa Kawashumi Pada titik bor log 2 juga tidak mengalami likuifaksi pada setiap lapisan dan setiap magnitude gempa rencana.

5.2 Saran

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

1. Dalam mempertimbangkan likuifaksi disarankan menggunakan metode-metode lainnya antara lain Kishida (1969, Whitman (1971), Seed & Idris (1971), Seed et al. (1976) dan Valera & Donovan (1977) yang sesuai dengan parameter yang tersedia pada objek yang akan diteliti.
2. Pada saat membuat sebuah konstruksi besar di daerah-daerah yang diketahui memiliki potensi likuifaksi yang tinggi, sebaiknya dibuat *stone column* atau perbaikan tanah lainnya seperti *grouting* dan pemadatan untuk mengurangi risiko terjadinya likuifaksi.

6. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Munirwansyah, M.Sc, yang telah ikut membimbing dan memberikan dukungan dan masukan-masukan terkait data dalam pembantu penelitian Skim Penelitian P.P tahun 2019 no.520/UNII/SPIL/PNBP/2019 tanggal 08 Februari 2019.

7. Daftar Pustaka

1. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Kajian Gempa Pidie Jaya Provinsi Aceh Indonesia*, Bandung, 2016.
2. Marwan, Isya, M., dan Bahagia, *Analisis Potensi Likuifaksi pada Jembatan Laguna Meuraxa Kota Banda Aceh*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, Banda aceh, 2011.
3. Bowles, J.E., *Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknik Tanah*, Terjemahan Loeh Hainim J. K, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984.
4. Susantri, T, *Analisis Potensi Likuifaksi Lapisan Pasir pada Lokasi Pelabuhan Malahayati Krueng Raya Aceh Besar (Menggunakan Analisis dari Seed et al., Kishida, dan Castro)*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 2011.
5. CV. Rekayasa Andalan, *Laporan Akhir Pekerjaan Penyelidikan Tanah Pembangunan Islamic Center At-Taqarrub, Trieng Gadeng Pidie Jaya*, Banda Aceh, 2017.
6. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, *Laporan Data Gempa Bumi Teranalisa di Wilayah Aceh Tahun 2015-2019*, Banda Aceh, 2019.