

Pengaruh Parameter Dinamik Gempa Dalam Perencanaan Bangunan Pada Daerah Banda Aceh Dan Aceh Besar

Abdul Kadir Kumbara Putra Pasaribu¹ Munirwansyah² Munira Sungkar³

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

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

email: kumbaracloud@gmail.com

Abstract

Aceh is located in the zone of seismic sources that need to be considered in the planning the of construction of civil buildings. The study covered Banda Aceh and Aceh Besar as a modelling point, and used modeling structure to obtain the frequency of the structure. Earthquake data obtained from BMKG website. The scope of the writing is calculating the value of the natural frequency of the ground using a fine fraction, as well as calculating the maximum acceleration circuitry using Donovan, Newmark and Kawashumi. Calculation of the natural frequencies of land aimed to determine the resonance of a building in case of vibration caused by an earthquake and maximum acceleration is intended as a secondary data for the assessment of liquefaction in other studies. Based on this research the conclusion is that the building with 4 and 3 levels have potential of resonance at all region and one building occurred at Baiturrahim Mosque (Beuraden).

Keywords: earthquake parameters, the fine fraction, the natural frequency of the soil, the maximum shear modulus.

Abstrak

Aceh terletak pada zona sumber-sumber gempa yang perlu diperhatikan untuk perencanaan pembangunan bangunan sipil. Penelitian ini mencakup daerah Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar sebagai titik pemodelan dalam penelitian, dan juga menggunakan pemodelan struktur bangunan untuk mendapatkan frekuensi struktur. Data gempa yang didapatkan dari situs BMKG. Ruang lingkup penulisan adalah melakukan perhitungan nilai frekuensi alami tanah dengan menggunakan fraksi halus, serta melakukan perhitungan percepatan maksimum dnegan menggunakan metode Donovan, Newmark dan Kawashumi. Perhitungan frekuensi alami tanah bertujuan untuk mengetahui resonansi suatu bangunan jika terjadi getaran yang diakibatkan oleh gempa bumi sementara perhitungan percepatan maksimum bertujuan sebagai data sekunder untuk pengkajian liquifaksi pada peneliti lainnya. Dari penelitian ini disimpulkan daerah Banda Aceh dan Aceh Besar memiliki potensi resonansi pada bangunan yang memiliki tinggi 3 dan 4 tingkat dan satu bangunan terjadi resonansi pada titik tinjauan Masjid Baiturrahim (Bueraden) dengan tinggi pemodelan bangunan 4 tingkat.

Kata kunci: parameter gempa, fraksi halus, frekuensi alami tanah, modulus geser maksimum

1. Pendahuluan.

Provinsi Aceh sering sekali terjadi gempa tektonik dengan berbagai *magnitude* dari yang tidak dapat dirasakan manusia, dapat dirasakan sebahagian manusia, dan dapat dirasakan oleh banyak manusia, kejadian tersebut diatas diakibatkan karena letak Provinsi Aceh berada dalam zona sumber-sumber gempa yang patut diperhitungkan.

Prinsip kajian yang menjadi hipotesa dalam penelitian ini untuk melakukan perhitungan nilai parameter kegempaan yang nantinya akan berguna untuk mengetahui frekuensi alami tanah pada saat mengalami getaran yang ditimbulkan oleh gempa, serta membuat pemodelan bangunan dengan tinggi tingkat tertentu untuk mendapatkan frekuensi struktur, serta menghitung percepatan maksimum yang nantinya akan berguna untuk melakukan analisa liquifaksi pada penelitian yang lain (sebagai data sekunder).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai

parameter dinamis kegempaan pada lapisan permukaan tanah. Dengan diketahuinya parameter tersebut maka perilaku getaran gempa akan dapat dikaji untuk didapatkan frekuensi alami tanah yang digunakan dalam merencanakan konstruksi dengan mempertimbangkan terjadinya resonansi yang menyebabkan keruntuhan pada konstruksi.

2. Tinjauan kepustakaan.

Tinjauan kepustakaan ini bertujuan untuk membuat kerangka teori dan konsepsi sebagai dasar permasalahan penelitian ini, serta untuk menguraikan beberapa alasan teori dan rumus-rumus yang akan digunakan dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan penelitian ini yang dikutip dari beberapa literatur.

2.1 Gempa Bumi.

Hartuti[1] menjelaskan secara keilmuan, gempa bumi adalah suatu peristiwa pelepasan energi gelombang seismik yang terjadi secara tiba-tiba.

Pelepasan energi ini diakibatkan karena adanya deformasi lempeng tektonik yang terjadi pada kerak bumi.

Para ahli gempa mengklasifikasikan gempa menjadi dua kategori, yaitu gempa intra lempeng (*intraplate*) dan gempa antar lempeng (*interplate*). Gempa intraplate adalah gempa yang terjadi di dalam lempeng itu sendiri, sedangkan gempa interplate adalah gempa yang terjadi di batas antara dua lempeng.

2.2 Jarak Pusat Gempa.

Munirwansyah[2] menjelaskan, jarak pusat gempa dari kota yang ditinjau dapat menggunakan koordinat pusat gempa dan juga koordinat kota yang ditinjau dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$\begin{aligned} \cos ES (R) &= \sin \phi E \times \sin \phi + \cos \phi E \times \\ &\cos \phi S \times \cos (LE - LS) \dots \dots \dots 1) \end{aligned}$$

2.3 Teori Gelombang Seismik.

Hartuti^[1] mengatakan, gelombang seismik merupakan gelombang yang menjalar di dalam bumi yang disebabkan adanya deformasi struktur, tekanan ataupun tarikan karena sifat keelastisan kerak bumi.. Gelombang utama gempa bumi terdiri dari dua tipe yaitu gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*).

a. Gelombang Badan (*body wave*)

Gelombang yang merambat di sela-sela bebatuan di bawah permukaan bumi disebut dengan gelombang badan (*body wave*). Gelombang badan dibagi menjadi:

1. Gelombang Primer (P). Gelombang Primer atau gelombang kompresi merupakan gelombang badan (*body wave*) yang memiliki kecepatan paling tinggi dari gelombang sekunder (S). Gelombang ini merupakan gelombang longitudinal partikel yang merambat bolak balik dengan arah rambatannya. Gelombang ini terjadi karena adanya tekanan. Karena memiliki kecepatan tinggi gelombang ini memiliki waktu tiba terlebih dahulu dari pada gelombang S. Kecepatan gelombang P (VP) adalah $\pm 5 - 7$ km/s di kerak bumi, > 8 km/s di dalam mantel dan inti bumi, dan $\pm 1,5$ km/s berada di dalam air.
2. Gelombang Sekunder (S). Gelombang S atau gelombang transversal (*Shear wave*) adalah salah satu gelombang badan (*body*

wave) yang memiliki gerak partikel tegak lurus terhadap arah rambatannya serta waktu tibanya setelah gelombang P. Gelombang ini tidak dapat merambat pada fluida, sehingga pada inti bumi bagian luar tidak dapat terdeteksi sedangkan pada inti bumi bagian dalam mampu dilewati. Kecepatan gelombang S (VS) adalah $\pm 3 - 4$ km/s di kerak bumi, $> 4,5$ km/s di dalam mantel bumi, dan $2,5 - 3,0$ km/s di dalam inti bumi.

b. Gelombang Permukaan (*surface wave*)

Gelombang yang merambat dari episenter ke sepanjang permukaan bumi disebut dengan gelombang permukaan (*surface wave*). Gelombang permukaan dibagi menjadi:

1. Gelombang *Love*, menjelaskan gelombang ini merupakan gelombang yang arah rambat partikelnya bergetar melintang terhadap arah penjalarnya. Gelombang *Love* merupakan gelombang transversal, kecepatan gelombang ini di permukaan bumi (VL) adalah $\pm 2,0 - 4,4$ km/s
2. Gelombang *Rayleigh*. Gelombang *Rayleigh* merupakan jenis gelombang permukaan yang memiliki kecepatan (VR) adalah $\pm 2,0 - 4,2$ km/s di dalam bumi. Arah rambatnya bergerak tegak lurus terhadap arah rambat dan searah bidang datar

2.4 Parameter Dinamik.

Hardin dan Richart[3] adalah orang yang pertama sekali meneliti tentang variable-variable yang mempengaruhi kecepatan rambat gelombang pada tanah pasir. Disimpulkan bahwa kecepatan rambat gelombang geser membesar dengan meningkatnya tekanan *overburden pressure*.

Penelitian Salgado^[4] untuk tanah *silti clay*, memberi gambaran bahwa adanya peningkatan nilai modulus geser maksimum dengan bertambahnya kandungan fraksi halus dalam pori-pori tanah pasir. Tetapi belum dapat diketahui komposisi fraksi halus yang optimal.

2.4.1 Percepatan gempa maksimum.

Soelarno et al, (Marwan)[5] mengemukakan bahwa lamanya getaran gempa dipengaruhi oleh besarnya magnitude gempa karena getaran tersebut akan berlangsung minimal selama terjadinya

geseran pada patahan. Percepatan gempa dan magnitude gempa mempunyai hubungan-hubungan empiris sebagai berikut:

- a. Berdasarkan hasil data percepatan gempa di Amerika Serikat, Jepang dan Papua New Guinea, Donovan, 1972 mengatakan hubungan tersebut sebagai:

$$a_{max} = \frac{1320 \times e^{0.58M}}{(d+25)^{1.52}} \dots\dots\dots 2)$$

- b. Menurut rumus yang dikembangkan oleh Esteva berdasarkan rumus A.J Hendron Jr. (Newmark, 1968), untuk tanah keras sebagai:

$$a_{max} = \frac{1230 \times e^{0.8M}}{(d+25)^2} \dots\dots\dots 3)$$

- c. Menurut rumus Kawashumi hubungan tersebut adalah:

$$\text{Log } a_{max} = M - 5.45 - 0.00084 \times d - 100 + \text{Log} \left(\frac{100}{d} \right) \times \left(\frac{1}{0.43429} \right) \dots\dots\dots 4)$$

2.4.2 Modulus geser maksimum gempa.

Munirwansyah[6] modulus geser dinamik tanah adalah merupakan parameter dinamik tanah pada lokasi perencanaan yang sangat penting diketahui untuk menganalisis *carrying capacity* daya dukung pondasi struktur bangunan pada saat bangunan mengalami gelombang gempa.

Parameter ini terutama diperlukan untuk menghitung frekuensi resonansi dan amplitudo getaran pada pondasi, interaksi tanah-struktur akibat beban dinamik, menentukan koefisien kekuatan tanah di bawah pondasi dan analisis perambatan gelombang.

Formula empiris yang digunakan untuk modulus geser maksimum dinamis tanah yang sesuai dengan kondisi tanah setempat (*site condition*) dipengaruhi gradasi tanah setempat yang memiliki fraksi halus (*fine content*).

$$G_{max} = 0.0012f_c^3 - 0.1995 + 8.4718f_c + 273.86 \dots\dots\dots 5)$$

Formulasi 5) berguna untuk benda uji vertikal, atau getaran yang merambat dari batuan datar ke atas melalui lapisan demi lapisan tanah hingga sampai ke tanah permukaan

$$G_{max} = 0.001f_c^3 - 0.1856f_c^2 + 9.2269f_c + 269.24 \dots\dots\dots 6)$$

Formulasi 6) berguna untuk untuk benda uji horizontal, dimana getaran merambat pada batuan dasar secara horizontal

2.4.3 Frekuensi alami tanah dan frekuensi struktur.

Menurut Balamba[7] frekuensi alami didefinisikan frekuensi pada saat sistem akan bergetar ketika mengalami getaran bebas, dalam kasus ini gelombang gempa masuk sebagai getaran asing yang kemudian menggetarkan sistem (tanah) pada daerah tertentu yang kemudian tanah tersebut akan ikut bergetar.

Kramer[8] menjelaskan formulasi frekuensi alami tanah dapat dikemukakan seperti berikut:

$$v_s = \sqrt{\frac{G_{max}}{\rho}} \dots\dots\dots 7)$$

$$\omega_0 = \frac{\pi \times v_s}{2H} \dots\dots\dots 8)$$

$$f_n = \frac{\omega_0}{2\pi} \dots\dots\dots 9)$$

Dengan ketentuan berdasarkan SNI 1726-2012[10] tersebut, periode fundamental untuk struktur dengan ketinggian tidak lebih dari 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau secara keseluruhan dan tinggi tingkat dimulai dari 3 m dengan koefisien periode getar (C_n) dapat dijelaskan:

$$T_a = 0,1 \times N \dots\dots\dots 10)$$

$$f = \frac{1}{T_a} \dots\dots\dots 11)$$

Munirwansyah[2] mengatakan, jika frekuensi alamiah tanah sama dengan frekuensi alamiah struktur bangunan maka akan terjadi resonansi yang dapat mengakibatkan terjadinya keruntuhan pada bangunan atau *collapse*.

$$f_n \neq f \dots\dots\dots 12)$$

2.5 Definisi Tanah.

Bowles[10] menjelaskan bahwa tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berangkal, kerikil, pasir, lanau, lempung dan koloid. Hardiyanto[11] menjelaskan tanah dalam pandangan teknik sipil adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang

relatif lepas (loose), yang terletak di atas batuan dasar (bedrock). Ikatan antara butiran relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel tersebut dapat berisi udara, air ataupun keduanya.

2.5.1 Pengaruh distribusi ukuran butir.

Djajaputra[12] menyampaikan bahwa distribusi butiran tanah pasir umumnya mempengaruhi perilaku tanah pasir pada saat mengalami getaran. Pasir halus yang uniform (bergradasi seragam) lebih bermasalah dibandingkan dengan *relatif density* nya, kondisi *density* awal sangat mempengaruhi perilaku pasir. Baik *settlement* maupun tekanan air pori akan kecil bila *relative density* awal nilainya lebih besar.

2.5.2 Analisa fine content.

Munirwansyah[6] menjelaskan, perambatan gempa pada permukaan secara horizontal biasanya mengalami perlambatan dan hilang akibat terjebak cavity sehingga teredam dan dalam fungsi jarak akan mengalami simplifikasi dan hilang. Demikian juga apabila perambatan gelombang gempa terjadi pada material berpori, gelombang gempa akan mengalami pengecilan. Dengan demikian perilaku perambatan gelombang gempa dari batuan dasar (base rock) berperilaku yang sama akan mengalami redaman atau damping.

Sifat redaman sangat dipengaruhi oleh pori-pori tanah sehingga diperlukannya nilai fine content. Fraksi halus atau fine content dapat dikatakan sebagai butiran halus yang mengisi pori-pori tanah sehingga gelombang gempa tidak mengalami redaman karena pori-pori tanah akan terisi oleh butiran halus.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Pengumpulan Data Sekunder.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Pusat gempa
- 2) Koordinat pusat gempa
- 3) Magnitude gempa, dan
- 4) Kedalaman gempa

3.2 Data Primer.

Data primer yang dibutuhkan adalah data *fine content* dan *specific gravity* yang didapatkan dari

pengujian *Sieve Analysis*, dan *Specific Gravity* dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Unsyiah.

3.3 Perhitungan Nilai Parameter Gempa.

Untuk menghitung nilai-nilai parameter kegempaan perlu didukung oleh data-data yang sangat akurat dan berhubungan dengan aspek kegempaan, seperti data gempa pada tahun-tahun sebelumnya, dan data tanah permukaan.

- a. Perhitungan Jarak Horizontal Pusat Gempa. Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan koordinat di antara kedua titik, yaitu titik tinjauan dan titik pusat gempa, dengan permodelan pusat gempa pada daerah Aceh Besar dan Banda Aceh meliputi;
 1. Gempa tanggal 13 Agustus 2017;
 2. Gempa Tsunami 26 Desember 2004 (Andaman);
 3. Gempa Subdaksi terdekat dengan Kota Banda Aceh dengan menggunakan magnitude dan kedalaman seperti pada keadaan gempa Andaman 2004;
 4. Gunung Selawah dengan menggunakan data gempa Gunung Merapi;
 5. Gunung Selawah dengan menggunakan data gempa Gunung Sinabung;
 6. Gempa Sesar Krueng Raya dengan menggunakan data gempa Andaman 2004; dan
 7. Gempa Sesar Ulee Lheue dengan menggunakan data gempa Andaman 2004.
- b. Perhitungan G_{max} dilakukan dengan menggunakan metode Munirwansyah 2002. Parameter yang diperlukan untuk mendapatkan nilai G_{max} adalah f_c (*fine content*) yang didapatkan dari pengujian di laboratorium.
- c. Perhitungan f_n dengan menggunakan rumus Kramer 2003. Sebelum menghitung nilai f_n diperlukan variable v_s (kecepatan rambat gelombang) yang didapat dari nilai G_{max} dan ρ . Nilai ρ didapatkan dari pengujian kerapatan massa (*Specific gravity*).
- d. Jarak episentrum dapat digunakan untuk menentukan daerah pengaruh gempa.

3.4 Pengaruh Magnitude Terhadap Percepatan Gempa (a_{max})

Untuk mengetahui pengaruh magnitude terhadap percepatan gempa, penelitian ini menggunakan grafik hubungan magnitude gempa dan jarak terhadap nilai percepatan gempa yang didapatkan pada langkah sebelumnya sehingga dapat

diketahui pengaruh magnitude dan jarak terhadap percepatan gempa.

3.5 Pengaruh *Fine Content* Terhadap Modulus Geser Maksimum.

Untuk mengetahui pengaruh *fine content* terhadap nilai G_{max} menggunakan grafik hubungan *fine content* terhadap nilai G_{max} yang didapatkan pada langkah sebelumnya sehingga dapat diketahui pengaruh *fine content* terhadap nilai G_{max} . Setelah dapat grafik hubungan *fine content* dan G_{max} , tarik lah garis pada puncak grafik ke arah bawah (sumbu x untuk *fine content*) dan satu garis lagi ke arah kiri (sumbu y untuk nilai G_{max}). Maka akan ditemukan nilai optimum *fine content* untuk mencapai nilai maksimum G_{max} .

3.6 Pengaruh *Fine Content* terhadap Frekuensi Alamiah Tanah.

Untuk mengetahui pengaruh *fine content* terhadap nilai f_n menggunakan grafik hubungan *fine content* terhadap nilai f_n . Setelah dapat grafik hubungan *fine content* dan f_n . Pada grafik hubungan *fine content* dengan frekuensi alamiah tanah menunjukkan pengaruh *fine content* terhadap frekuensi alamiah tanah.

3.7 Hubungan Antara Frekuensi Alami dan Frekuensi Struktur.

Hubungan frekuensi struktur dengan frekuensi alami tanah harus diperhatikan, tidak diperbolehkan memiliki nilai yang sama dengan nilai frekuensi alami tanah, jika sama akan mengakibatkan resonansi.

Apabila nilai frekuensi struktur sama dengan frekuensi alami tanah, bangunan tersebut harus menambah massa bangunan, atau mengurangi sehingga frekuensi struktur dan alami tanah tidak sama untuk mencegah terjadinya resonansi yang menyebabkan bangunan *collapse*.

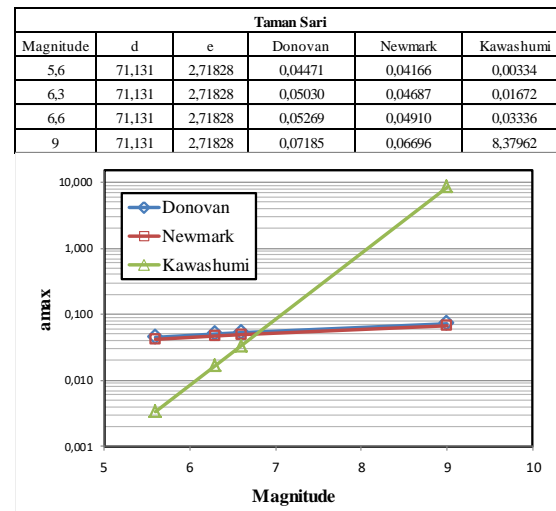
Pemodelan struktur menggunakan bahan bangunan berupa rangka beton pemikul momen yang memiliki nilai C_t sebesar 0.0724 dengan tinggi tingkat 3 m serta jumlah tingkat maksimum yaitu 12 tingkat.

4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengumpulan data yang diperoleh dan kemudian diolah dengan rumus-rumus dan teori-teori pada Tinjauan Kepustakaan sehingga didapatkan hasil yang menjadi tujuan penelitian.

4.1 Hasil

4.1.1 Pengaruh magnitude terhadap a_{max}



Gambar 1. Grafik Pengaruh Magnitude Terhadap a_{max} Pada Salah Satu Titik Tinjauan

4.1.2 Perhitungan Nilai Parameter

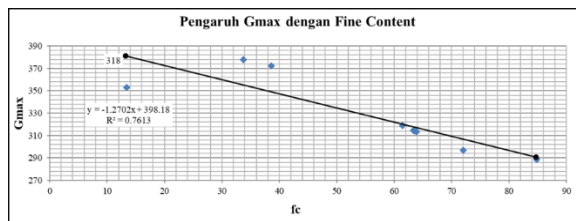
Tabel 2. Nilai parameter hasil dari perhitungan (1/2)

No	District	Fine Content (%)	$G_{max}(Pascal)$	$\rho(kg/m^3)$
1	Mesjid Rahmatullah (Lampuuk)	13,22	353,76	2610,00
2	Bukit Soeharto	33,61	378,80	2600,00
3	Pelabuhan Malahayati	38,42	372,92	2500,00
4	Taman Sari	61,30	319,94	2770,00
5	Gedung Wali Nanggroe	63,23	315,28	2480,00
6	TDMRC	63,32	315,07	2670,00
7	Jembatan Lambaro	63,70	314,17	2650,00
8	Mesjid Baiturahim (Beuraden)	71,85	297,76	2770,00
9	Bandara Sultan Iskandar Muda	84,67	289,35	2530,00

Tabel 2. Nilai parameter hasil dari perhitungan (2/2)

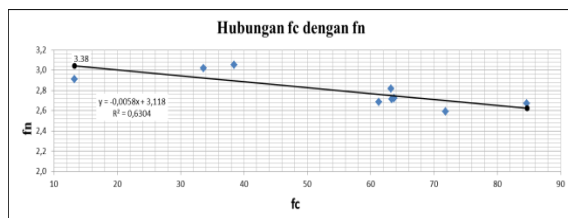
No	District	$v_s(m/s)$	$\omega_0(Hz)$	$f_n(Hz)$
1	Mesjid Rahmatullah (Lampuuk)	11,642	18,278	2,911
2	Bukit Soeharto	12,070	18,950	3,018
3	Pelabuhan Malahayati	12,213	19,175	3,053
4	Taman Sari	10,747	16,873	2,687
5	Gedung Wali Nanggroe	11,275	17,702	2,819
6	TDMRC	10,863	17,055	2,716
7	Jembatan Lambaro	10,888	17,095	2,722
8	Mesjid Baiturahim (Beuraden)	10,368	16,278	2,592
9	Bandara Sultan Iskandar Muda	10,694	16,790	2,674

a. Hubungan fraksi halus terhadap modulus geser maksimum



Gambar 2. Grafik Hubungan G_{max} dengan f_c

b. Pengaruh fraksi halus terhadap frekuensi alami tanah



Gambar 3. Grafik Hubungan f_c dengan f_n

4.1.3 Frekuensi struktur

Tabel 4.3 Nilai Frekuensi Struktur

Tingkat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_a	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2
f	10.00	5.00	3.33	2.50	2.00	1.67	1.43	1.25	1.11	1.00	0.91	0.83

4.2 Pembahasan.

4.2.1 Pengaruh fraksi halus terhadap modulus geser maksimum.

Nilai fine content tanah pada suatu daerah memiliki nilai optimum yang akan menghasilkan nilai modulus geser maksimum, hal ini dikarenakan modulus geser memerlukan nilai optimum dari fine content yang dapat menghasilkan modulus geser maksimum.

Grafik 1 menunjukan pengaruh f_c terhadap nilai G_{max} , dimana jika nilai f_c mengalami kenaikan maka nilai G_{max} akan ikut naik, tetapi jika nilai f_c melebihi nilai optimum maka nilai G_{max} akan mengalami penurunan.

4.2.2 Pengaruh fraksi halus terhadap frekuensi alami tanah.

Grafik 2. menunjukkan pengaruh f_c terhadap nilai f_n dimana nilai f_n berbanding terbalik dengan nilai f_c , jika nilai f_c tinggi maka nilai f_n akan kecil hal tersebut terjadi ketika nilai f_c melewati titik optimumnya.

4.2.3 Menentukan resonansi.

Tabel 4 Penentuan Resonansi untuk Daerah Banda Aceh dan Sekitarnya

No	District	f_n	f	Level	Value difference	Information
1	Rahmatullah Mosque (Lampuuk)	2,91	3,33	3	0,42	Potensi
2	Soeharto Hill	3,02	3,33	3	0,32	Potensi
3	Malahayati Port	3,05	3,33	3	0,28	Potensi
4	Taman Sari Park	2,69	2,50	4	0,19	Potensi
5	Wali Nanggroe Office Building	2,82	2,50	4	0,32	Potensi
6	TDMRC	2,72	2,50	4	0,22	Potensi
7	Lambaro Bridge	2,72	2,50	4	0,22	Potensi
8	Baiturahim Mosque (Beuraden)	2,59	2,50	4	0,09	Resonansi
9	Sultan Iskandar Muda Airport	2,67	2,50	4	0,17	Potensi

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengolahan dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran sebagai hasil akhir dari penelitian ini.

5.1 Kesimpulan.

- Berdasarkan analisis nilai G_{max} sangat bergantung dengan nilai f_c , dan memiliki nilai optimum untuk mendapatkan nilai G_{max} maksimum yaitu 378,80 Pa untuk daerah dan nilai f_c optimum adalah 33,61%;
- Berdasarkan analisis nilai f_n dipengaruhi oleh nilai f_c , dan memiliki nilai optimum untuk

mendapatkan nilai f_n maksimum yaitu 38,42% dan nilai f_n maksimumnya adalah 3,05;

3. Tingkat bangunan yang tinggi akan melemahkan f namun akan menguatkan nilai T_a ;
4. Bangunan yang berpotensi terjadi resonansi adalah bangunan dengan tingkat 4 dan 3 yang memiliki nilai f_n 3,33 dan 2,50 Hz;
5. Bangunan yang terjadi resonansi yaitu pada bangunan Masjid Baiturrahim (Beuraden) dengan tinggi 4 tingkat dimana nilai f_n adalah 2,59 Hz dan nilai f adalah 2,50 Hz.

5.2 Saran.

Setelah melakukan penelitian dan perhitungan parameter-parameter kegempaan, disarankan beberapa hal berikut ini:

1. Disarankan penelitian ini dapat bekerja sama dengan mahasiswa dari bidang struktur
2. Disarankan menggunakan data-data gempa yang terbaru
3. Memperbanyak titik tinjauan dan juga memperbanyak pemodelan gempa dengan berbagai magnitudo yang berbeda.

6. Daftar pustaka.

- [1] Evi, R Hartuti., 2009, *Buku Pintar Gempa*. DIVA Press, Jogjakarta.
- [2] Munirwansyah. 2017. *Analisa Resiko Gempa dan Studi Akurasi Perambatan Gelombang Geser Dengan Variasi Modulus Geser Berpengaruh Kondisi Lokal*. Profesor Scheme Research 2017 Universitas Syiah Kuala, Laporan Penelitian Skim Profesor KEMENRISTEKDIKTI-LPPM Unsyiah No. 1442/UN11/SP/PNBP 2017.
- [3] Hardin B. a, dan Drnevich V.P. 1972. *Shear Modulus and Damping in Soils: Design Equation and Curves*, *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division*. ASCE, Vol. 98, No. SM7, July, pp. 667-692.
- [4] Salgado, R. dan P. Bandini (2000). *Shear strength and stiffness os Silty Sand*. *Journal of Geotechnic and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 126, P. 451-462.
- [5] Marwan et al. 2011. *Analisis Potensi Likuifaksi Pada Jembatan Laguna Meuraxa Kota Banda Aceh*. *Jurnal Teknik Sipil Unsyiah*.
- [6] Munirwansyah. 2002. *Penentuan Modulus Geser Pasir-Berlempung Untuk Kondisi Regangan Kecil dengan Uji Kolom Resonansi*. ITB. Bandung
- [7] Balamba Sjachrul. 2013. Pengaruh Dimensi dan Kedalaman Tertanam Terhadap Respons Dinamis Pondasi Mesin Tipe Blok Pada Getaran Vertikal dan Lateral. *TEKNO SIPIL/Volume11/No.59/Agustus 2013*.
- [8] Steven L. Kramer. 2003. *Geotechnical Earthquake Engineering*.
- [9] SNI 1726-2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung*.
- [10] Bowles, J.E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.
- [11] Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah 2*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [12] Djajaputra, Azis. 2000. *Excessive differential settlement of a building, the 9th EASEC*. Bali. Indonesia.