

Pengaruh Faktor Gempa terhadap Stabilitas Timbunan dengan Analisis Numerik

MUHAMAD FADHLAN ALFAFA, INDRA NOER HAMDHAN

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional
Email: muhamadfadhlanalafa@yahoo.com

ABSTRAK

Gempa bumi umumnya menggambarkan proses dinamis yang melibatkan akumulasi stress (tekanan) dan pelepasan strain (regangan). Perambatan gelombang ini bergantung pada sifat elastisitas batuan. Selama terjadinya gempa akan terjadi perjalanan gelombang dari batuan dasar ke permukaan tanah. Perjalanan perambatan gelombang sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat dinamik tanah yang dilewati oleh gelombang gempa tersebut. Program NERA adalah salah satu program yang menggunakan analisis respon satu dimensi yang berarti Gelombang geser merambat secara vertikal dalam sistem berlapis satu dimensi. Analisis stabilitas timbunan yang dihitung menggunakan metode elemen hingga dengan model 2D pada program PLAXIS 2D 2016. Analisis akan menggunakan variasi dengan dan tanpa terjadi gempa dan dengan dan tanpa muka air tanah yang tepat berada dipermukaan. Analisis stabilitas gempa tanpa muka air nilai SF yang diperoleh cenderung aman dengan rata-rata nilai SF 1,389 dan analisis stabilitas gempa dengan muka air nilai SF yang diperoleh cenderung cukup aman dengan rata-rata nilai SF 1,279.

Kata kunci: gelombang geser, NERA, percepatan gempa, stabilitas timbunan

ABSTRACT

Earthquakes generally describe a dynamic process that involves the accumulation of stress (pressure) and the release of strains (strain). This wave propagation depends on the elasticity of the rock. During the earthquake there will be a wave propagation from the bedrock to the ground surface. The journey of wave propagation is strongly influenced by the dynamic properties of the soil passed by the earthquake wave. The NERA program is one program that uses one-dimensional response analysis which means shear waves propagate vertically in a one-dimensional layered system. Analysis of the embankment stability calculated using finite element method with 2D model in PLAXIS 2D 2016 program. The analysis will use variations with and without earthquake and with and without proper groundwater on the surface. Analysis of seismic stability without a water surface of SF values obtained tended to be safe with an average value of SF is 1.389 and an earthquake stability analysis with SF water level obtained is likely to be quite secure with an average value of SF is 1,279.

Keywords: shear waves, NERA, earthquake acceleration, embankment stability

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa bumi yang dialami selama periode waktu.

Pergeseran lempeng-lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga yang sangat besar. Gempa bumi ini banyak menimbulkan kerusakan atau bencana alam, getaran gempa bumi yang kuat mampu menjalar keseluruh bagian bumi. Perambatan gempa yang berasal dari pusat gempa akan merambat secara melingkar dan energy yang dihasilkan akan berkurang seiring dengan jauhnya titik pusat gempa terjadi.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis stabilitas timbunan dengan dan besaran percepatan gempa yang terjadi dari batuan dasar hingga dipermukaan tanah.

Maksud dan tujuan dari tugas akhir ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh jenis tanah dalam perambatan gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah dengan bantuan program NERA dan bagaimana akibat pengaruh dari gempa tersebut terhadap stabilitas tanah timbunan dengan bantuan program PLAXIS 2D 2016. Hasil analisis akan mengeluarkan *safety factor* yang dihasilkan dari perhitungan percepatan gempa dipermukaan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penentuan Modulus Geser Tanah Melalui Penyidikan Lapangan Berdasarkan Nilai N-SPT

Nilai SPT berasal dari jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk memasukan *split spoon* sedalam 30 cm terakhir. Pengujian ini dilakukan pada umumnya bersamaan dengan pengeboran tanah untuk pengambilan *coring* dan sampel tanah yang tidak terganggu. Nilai tersebut dapat dipakai untuk menentukan modulus geser tanah menggunakan kolerasi N-SPT terhadap modulus geser tanah maupun cepat rambat gelombang geser **Tabel 1**.

Tabel 1. Kolerasi antara G_{max} atau V_s dengan Nilai SPT

Referensi	Korelasi G_{max} (kPa)	Kolerasi V_s (m/s)	Jumlah Data	Koefisien Kolerasi	Sampel Tanah
Ohsaki & Iwasaki (1973)	11500 $N^{0,8}$		220	0,888	Lempung & Pasir (Jepang)
Imai (1977)		91 $N^{0,337}$	943		Lempung & Pasir (Jepang)
Ohta & Goto (1978)		85,3 $N^{0,341}$	289	0,72	Lempung & Pasir (Jepang)
Imai & Tonouchi (1982)	14070 $N^{0,68}$	96,9 $N^{0,314}$	1654	0,867 0,868	Lempung & Pasir (Jepang)
Seed <i>dkk.</i> (1983)	6220 N				Pasir (Amerika)
Sykora & Stoke (1983)		101 $N^{0,29}$	229	0,84	Pasir (Amerika)

(Sumber: Irsyam, 2008)

2.2 Program NERA

Salah satu program komputer pertama yang mensimulasikan respon tanah adalah SHAKE, SHAKE mengasumsikan bahwa perilaku tanah siklik dapat disimulasikan dengan menggunakan model linier ekuivalen. Tahun 1998 program komputer EERA dikembangkan mulai dari konsep

dasar yang sama dengan SHAKE. EERA menerapkan konsep yang terkenal tentang analisis respons gempa linier yang sesuai dengan keuntungan FORTAN 90 dan program *spreadsheet* Excel. Tahun 2001 penerapan prinsipal yang digunakan untuk EERA diterapkan pada NERA, sebuah program analisis respon nonlinier berdasarkan model material. NERA adalah singkatan dari *Nonlinear Earthquake site Response Analysis* dan mendapatkan keuntungan penuh dari FORTAN 90 dan program *spreadsheet* Excel. NERA merupakan program *external* dari Excel dan pengembangan program-program lainnya mengenai perhitungan pendekatan mengenai proses perambatan gempa dari batuan dasar ke permukaan dengan kata lain NERA adalah implementasi modern dari analisis respon gempa nonlinier. **Gambar 1** menunjukkan algoritma pada program NERA dan **Gambar 2** menjelaskan *worksheet* pada NERA.

Given : Material constants:
 ρ_i : unit mass of soil layer i
 ρ_N : density of bedrock
 v_s : shear wave velocity of bedrock

(1) Initialization
 $n=1, \tilde{v}_{i,n}=0, a_{i,n}=0, d_{i,n}=0, \tau_{i,0}=0, \gamma_{i,0}=0, i=1, \dots, N$ and $v_{i,0}=0, a_{i,0}=0$

(2) Calculate strain, strain increment and stress ($i=1, \dots, N-1$)
 $\gamma_{i,n} = \frac{d_{i+1,n} - d_{i,n}}{\Delta z_i}, \Delta \gamma_{i,n} = \gamma_{i,n} - \gamma_{i,n-1}$ and $\tau_{i,n} = IM(\tau_{i,n-1}, \Delta \gamma_{i,n})$

(3) Calculate input velocity from prescribed acceleration $a_{i,n}$
 $V_{i,n} = V_{i,n-1} + \frac{1}{2}(a_{i,n} + a_{i,n-1})\Delta t$

(4) Calculate predicted velocity

$$\tilde{v}_{N,n+1} = \frac{\tilde{v}_{N,n}(\Delta z_{N-1} - v_s \Delta t) + 4v_s V_{i,n} \Delta t - 2\tau_{N-1,n} \Delta t / \rho_N}{\Delta z_{N-1} + v_s \Delta t} \quad \text{at node } N \text{ (bottom)}$$

$$\tilde{v}_{i,n+1} = \tilde{v}_{i,n} + 2 \frac{\tau_{i,n} - \tau_{i-1,n} \Delta t}{\Delta z_i + \Delta z_{i-1} \rho_i} \quad \text{at node } i = 2, \dots, N-1$$

$$\tilde{v}_{1,n+1} = \tilde{v}_{1,n} + \frac{2\tau_{1,n} \Delta t}{\Delta z_1 \rho_1} \quad \text{at node } 1 \text{ (surface)}$$

(5) Calculate displacement, velocity and acceleration ($i=1, \dots, N$)
 $d_{i,n+1} = d_{i,n} + \tilde{v}_{i,n+1} \Delta t$
 $v_{i,n} = \frac{1}{2}(\tilde{v}_{i,n+1} + \tilde{v}_{i,n})$
 $a_{i,n} = \frac{1}{\Delta t}(\tilde{v}_{i,n+1} - \tilde{v}_{i,n})$

(6) $n \leftarrow n+1$ go to (2)

Gambar 1. Algoritma pada NERA
 (Sumber: Bardet, J. P., 2001)

Worksheet	Contents	Duplication	Number of input
Earthquake	Earthquake input time history	No	7
Mat l	Material curves (G/G _{max} and Damping versus strain for material type i	Yes	Dependent on number of soil layers
		No	
Profile	Vertical profile of layers		Dependent on number of data points per material curve
Iteration	Results of main calculation	No	2
Acceleration	Time history of acceleration/velocity/displacement	Yes	1
Strain	Time history of stress and strain	Yes	1
Ampli	Amplification between two sub-layers	Yes	3
Fourier	Fourier amplitude spectrum of acceleration	Yes	2
Spectra	Response spectra	Yes	2

Gambar 2. Worksheet pada NERA
 (Sumber: Bardet, J. P., 2001)

3. PENGOLAHAN DATA

3.1 Pengolahan Data

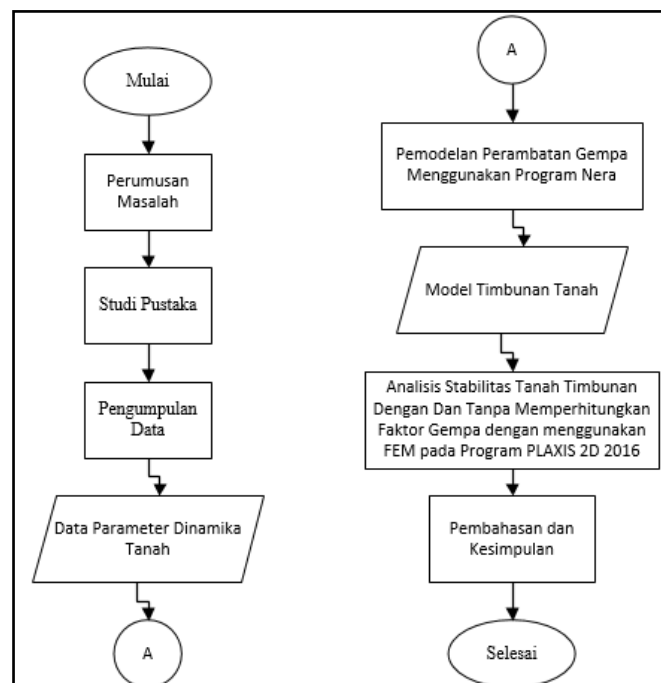
Data Parameter Tanah yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh dari sebuah perencana konstruksi bangunan di Serpong dengan cara pengujian di lapangan. Data tersebut berupa data gempa hasil *Megatrust* untuk data gempa.

3.2 Analisis Menggunakan Program NERA

Analisis perambatan gempa menggunakan program NERA akan menghasilkan data amplifikasi, Fourir Spektrum dan Respon Spektra. Data yang digunakan adalah data dari hasil pembacaan percepatan gempa yang kemudian dianalisis menggunakan program PLAXIS 2D 2016 untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perambatan gempa yang terjadi pada stabilitas timbunan.

3.3 Analisis Menggunakan Program PLAXIS 2D 2016

Analisis stabilitas timbunan akan menggunakan metode elemen hingga dengan model 2D. Analisis stabilitas yang menggunakan program PLAXIS 2D 2016 akan menghasilkan nilai faktor keamanan. Hasil faktor keamanan yang diperoleh akan dibandingkan dengan hasil faktor kewanaman timbunan yang tidak diberikan gempa, sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh yang dialami timbunan. Bagan Alir ini dapat dilihat pada **Gambar 3**.

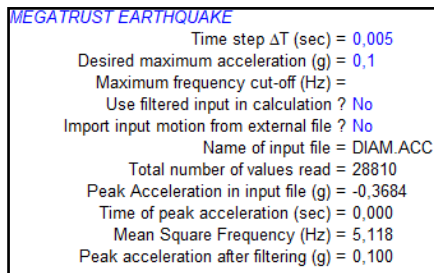


Gambar 3. Bagan alir pengaruh faktor gempa terhadap stabilitas timbunan

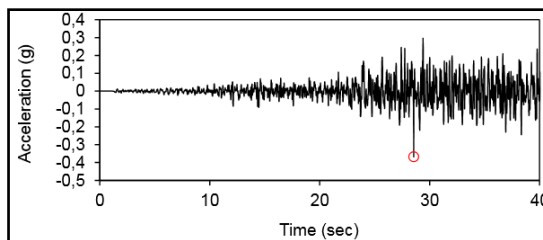
3.5 Analisis Perambatan Gempa pada NERA

Analisis perambatan gempa dimulai dengan memasukan data hasil dari Megatrust berupa *Time (sec)* dan *Acceleration (g)* kemudian hasil dari data tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5** setelah hasil dari data diperoleh kemudian data parameter tanah dimasukan kedalam program NERA. Data parameter tanah yang dimasukan adalah tanah lempung lunak, lempung medium, pasir lepas dan pasir medium yang nantinya akan di kombinasikan menjadi lempung lunak – lempung lunak, lempung lunak – lempung medium, lempung medium – lempung lunak, lempung medium – lempung medium, lempung lunak – pasir lepas, lempung lunak – pasir medium, lempung medium – pasir lepas, lempung medium – pasir medium, pasir lepas – lempung lunak, pasir lepas – lempung medium, pasir medium – lempun lunak, pasir medium – lempung medium dengan tiap ketebalan lapisan sebesar 15 m untuk kombinasi lempung lunak – lempung lunak dapat di lihat pada **Gambar 6** kombinasi lempung lunak – lempung medium ditunjukkan oleh **Gambar 7** kombinasi lempung medium – lempung lunak

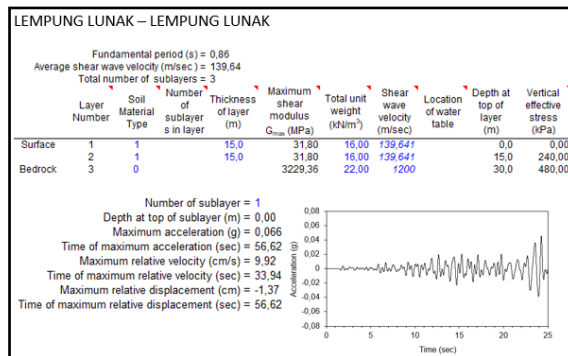
ditunjukkan oleh **Gambar 8** dan kombinasi lempung medium – lempung medium ditunjukkan oleh **Gambar 9**.



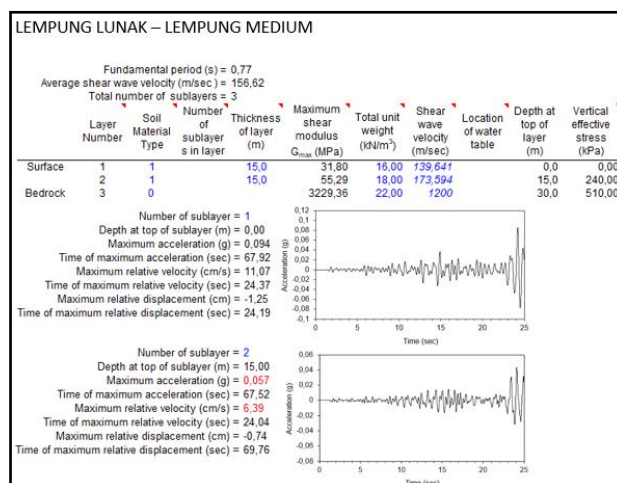
Gambar 4. Penjelasan grafik *time* dan *acceleration*



Gambar 5. Grafik *time* dan *acceleration*



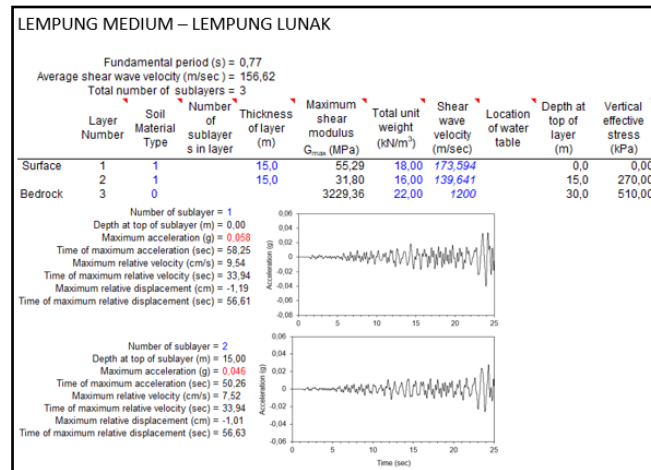
Gambar 6. Kombinasi lempung lunak – lempung lunak



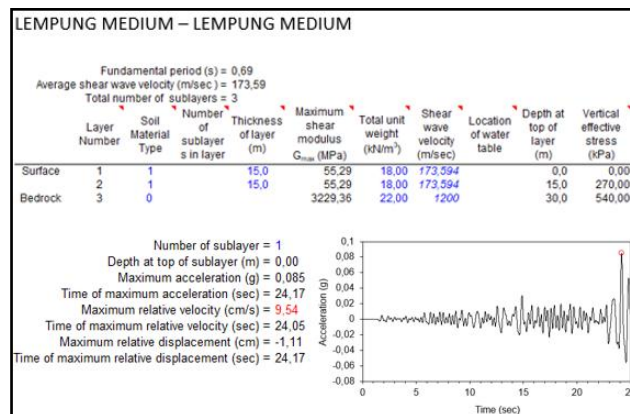
Gambar 7. Kombinasi lempung lunak – lempung medium

Gambar 4 hasil pembacaan data gempa *Megatrust* diperoleh nilai PGA sebesar 0,3684 g dengan data yang dimasukkan sebanyak 28.810 data dan selisih waktu sebesar 0,005 detik dari tiap pembacaan data gempa. **Gambar 6** menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang

sama disebabkan jenis tanah yang sama sehingga percepatan gempa yang dihasilkan sama sebesar 0,066 g. **Gambar 7** menunjukkan *shear wave velocity* diperoleh hasil yang berbeda disebabkan jenis tanahnya yang berbeda sehingga percepatan gempa yang dihasilkannya pun berbeda. Percepatan gempa dipermukaan sebesar 0,094 g dan percepatan gempa untuk lapisan dibawahnya sebesar 0,057 g.

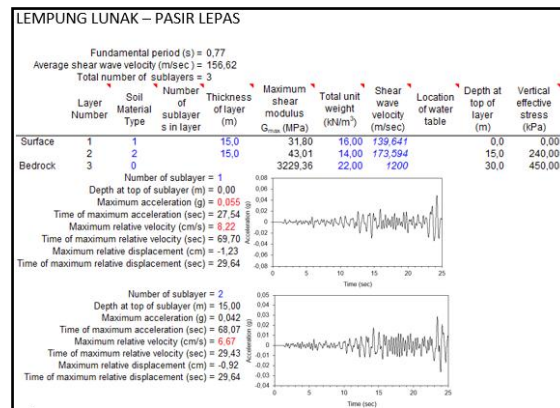


Gambar 8. Kombinasi lempung medium – lempung lunak



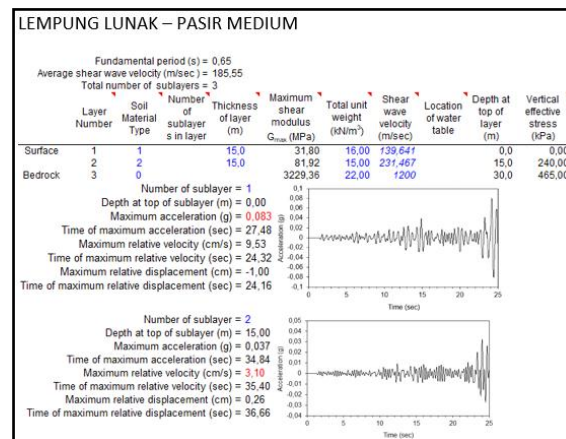
Gambar 9. Kombinasi lempung medium – lempung medium

Gambar 8 menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang berbeda disebabkan jenis tanahnya yang berbeda sehingga percepatan gempa yang dihasilkannya pun berbeda. Percepatan gempa dipermukaan sebesar 0,058 g dan percepatan gempa untuk lapisan dibawahnya sebesar 0,046 g. **Gambar 9** menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang sama disebabkan jenis tanah yang sama sehingga percepatan gempa yang dihasilkan sama sebesar 0,085 g. Setelah dari kombinasi antara lempung saja maka kombinasi selanjutnya adalah lempung lunak – pasir lepas, lempung lunak – pasir medium, lempung medium – pasir lepas, lempung medium – pasir medium, pasir lepas – lempung lunak, pasir lepas – lempung medium, pasir medium – lempung lunak, pasir medium – lempung medium kombinasi lempung lunak – pasir lepas ditunjukkan oleh **Gambar 10** kombinasi lempung lunak – pasir medium ditunjukkan oleh **Gambar 11** kombinasi lempung medium – pasir lepas ditunjukkan oleh **Gambar 12** kombinasi lempung medium – pasir medium ditunjukkan oleh **Gambar 13** kombinasi pasir lepas – lempung lunak ditunjukkan oleh **Gambar 14** kombinasi pasir lepas – lempung medium ditunjukkan oleh **Gambar 15** kombinasi pasir medium – lempung lunak ditunjukkan oleh **Gambar 16** dan terakhir kombinasi pasir medium – lempung medium oleh **Gambar 17**.



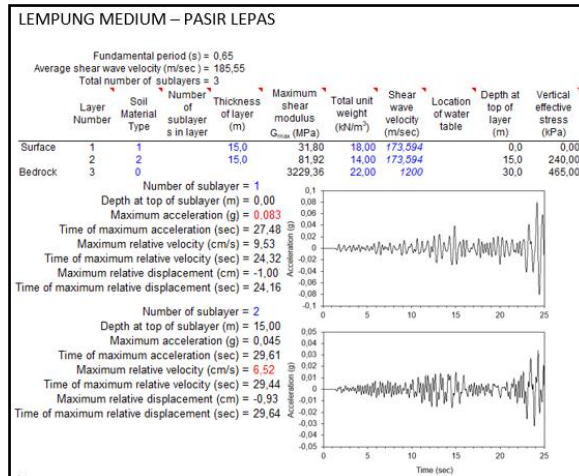
Gambar 10. Kombinasi lempung lunak – pasir lepas

Gambar 10 menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang berbeda disebabkan jenis tanahnya yang berbeda sehingga percepatan gempa yang dihasilkannya pun berbeda. Percepatan gempa dipermukaan sebesar 0,055 *g* dan percepatan gempa untuk lapisan dibawahnya sebesar 0,042 *g*.

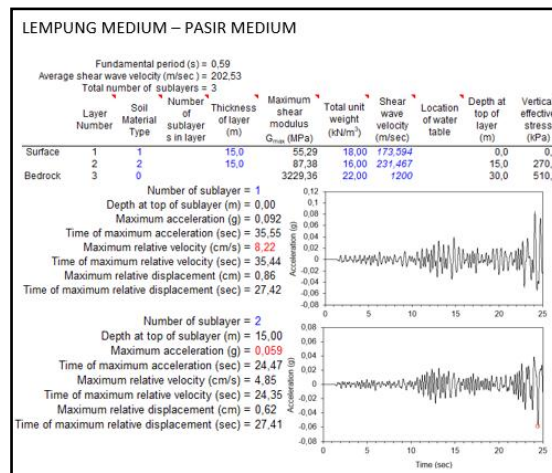


Gambar 11. Kombinasi lempung lunak – pasir medium

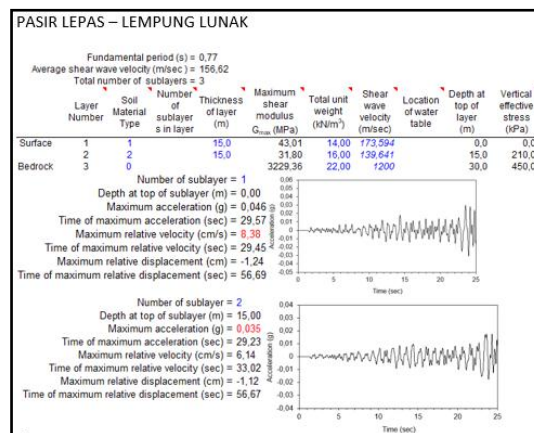
Gambar 11 menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang berbeda disebabkan jenis tanahnya yang berbeda sehingga percepatan gempa yang dihasilkannya pun berbeda. Percepatan gempa dipermukaan sebesar 0,083 *g* dan percepatan gempa untuk lapisan dibawahnya sebesar 0,037 *g*.



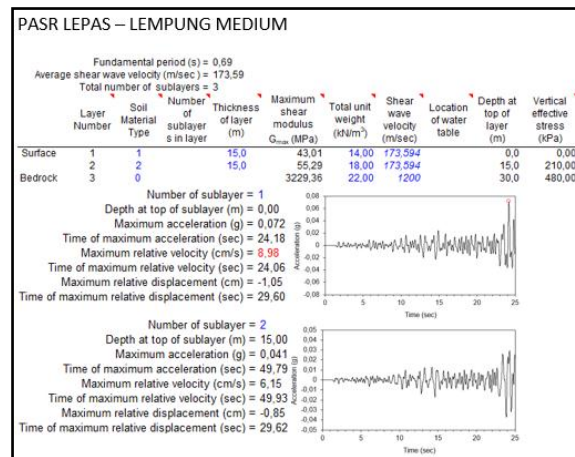
Gambar 12. Kombinasi lempung medium – pasir lepas



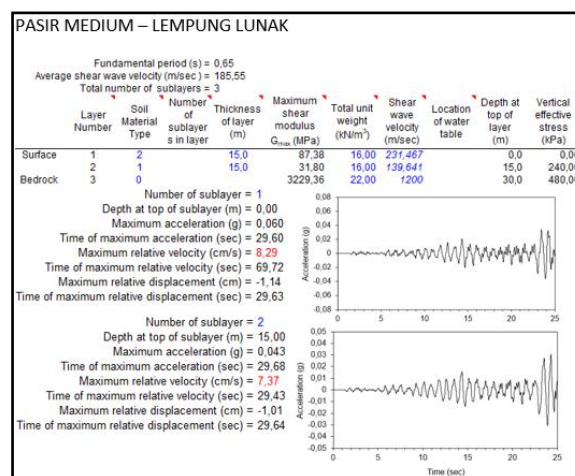
Gambar 13. Kombinasi lempung medium – pasir medium



Gambar 14. Kombinasi pasir lepas – lempung lunak



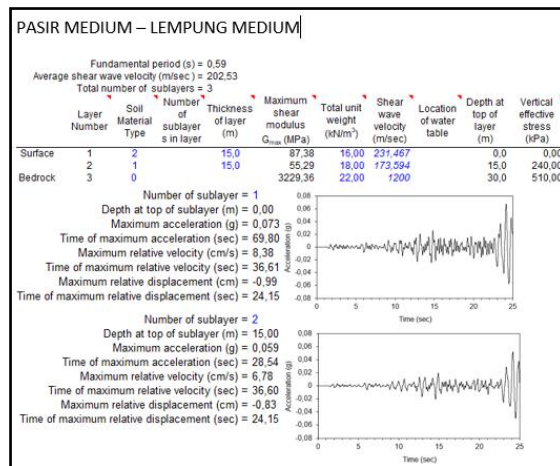
Gambar 15. Kombinasi pasir lepas – lempung medium



Gambar 16. Kombinasi pasir medium – lempung lunak

Gambar 12 menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang berbeda disebabkan jenis tanahnya yang berbeda sehingga percepatan gempa yang dihasilkannya pun berbeda. Percepatan gempa dipermukaan sebesar 0,083 *g* dan percepatan gempa untuk lapisan dibawahnya sebesar 0,045 *g*. **Gambar 13** menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang berbeda disebabkan jenis tanahnya yang berbeda sehingga percepatan gempa yang dihasilkannya pun berbeda. Percepatan gempa dipermukaan sebesar 0,092 *g* dan percepatan gempa untuk lapisan dibawahnya sebesar 0,059 *g*.

Gambar 14 menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang berbeda disebabkan jenis tanahnya yang berbeda sehingga percepatan gempa yang dihasilkannya pun berbeda. Percepatan gempa dipermukaan sebesar 0,046 *g* dan percepatan gempa untuk lapisan dibawahnya sebesar 0,035 *g*. **Gambar 15** menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang berbeda disebabkan jenis tanahnya yang berbeda sehingga percepatan gempa yang dihasilkannya pun berbeda. Percepatan gempa dipermukaan sebesar 0,072 *g* dan percepatan gempa untuk lapisan dibawahnya sebesar 0,041 *g*. **Gambar 16** menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang berbeda disebabkan jenis tanahnya yang berbeda sehingga percepatan gempa yang dihasilkannya pun berbeda. Percepatan gempa dipermukaan sebesar 0,060 *g* dan percepatan gempa untuk lapisan dibawahnya sebesar 0,043 *g*.



Gambar 17. Kombinasi pasir medium – lempung medium

Gambar 17 menunjukkan *shear wave velocity* peroleh hasil yang berbeda disebabkan jenis tanahnya yang berbeda sehingga percepatan gempa yang dihasilkannya pun berbeda. Percepatan gempa dipermukaan sebesar 0,073 *g* dan percepatan gempa untuk lapisan dibawahnya sebesar 0,059 *g*. Seluruh kombinasi memiliki hasil percepatan perambatan gempa untuk setiap lapisan yang ditinjau maka **Tabel 2** memperlihatkan hasil dari keseluruhan kombinasi.

Tabel 2. Hasil Keseluruhan Kombinasi pada NERA

No.	Kombinasi	Jenis Tanah	Lapisan Ke -	<i>g</i>
1	LEMPUNG LUNAK – LEMPUNG LUNAK	LEMPUNG LUNAK	1	0,066
		LEMPUNG LUNAK	2	0,066
2	LEMPUNG LUNAK – LEMPUNG MEDIUM	LEMPUNG LUNAK	1	0,094
		LEMPUNG MEDIUM	2	0,057
3	LEMPUNG MEDIUM – LEMPUNG LUNAK	LEMPUNG MEDIUM	1	0,058
		LEMPUNG LUNAK	2	0,046
4	LEMPUNG MEDIUM – LEMPUNG MEDIUM	LEMPUNG MEDIUM	1	0,085
		LEMPUNG MEDIUM	2	0,085
5	LEMPUNG LUNAK – PASIR LEPAS	LEMPUNG LUNAK	1	0,055
		PASIR LEPAS	2	0,042
6	LEMPUNG LUNAK – PASIR MEDIUM	LEMPUNG LUNAK	1	0,083
		PASIR MEDIUM	2	0,037
7	LEMPUNG MEDIUM – PASIR LEPAS	LEMPUNG MEDIUM	1	0,083
		PASIR LEPAS	2	0,045
8	LEMPUNG MEDIUM – PASIR MEDIUM	LEMPUNG MEDIUM	1	0,092
		PASIR MEDIUM	2	0,059
9	PASIR LEPAS – LEMPUNG LUNAK	PASIR LEPAS	1	0,046
		LEMPUNG LUNAK	2	0,035
10	PASIR LEPAS – LEMPUNG MEDIUM	PASIR LEPAS	1	0,072
		LEMPUNG MEDIUM	2	0,041
11	PASIR MEDIUM – LEMPUNG LUNAK	PASIR MEDIUM	1	0,060
		LEMPUNG LUNAK	2	0,043
12	PASIR MEDIUM – LEMPUNG MEDIUM	PASIR MEDIUM	1	0,073
		LEMPUNG MEDIUM	2	0,059

3.6 Analisis Stabilitas Timbunan Tanpa Muka Air Menggunakan PLAXIS 2D 2016

Berdasarkan RSNI 3 xxxx-20xx diketahui bahwa *SF* izin 1,5 untuk *SF* sebelum terjadi gempa dan 1,1 setelah terjadi gempa. Analisis stabilitas timbunan tanpa muka air menggunakan PLAXIS 2D 2016 menghasilkan nilai faktor keamanan untuk seluruh kombinasi yang ditunjukkan oleh **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbandingan Nilai *SF* Analisis Sebelum dan Setelah Terjadi Gempa Tanpa Adanya Muka Air Tanah dengan Nilai *SF* Izin

No	Kombinasi	Nilai Keamanan				Keterangan
		Sebelum Terjadi Gempa	<i>SF</i> izin	Setelah Terjadi Gempa	<i>SF</i> izin	
1	LEMPUNG LUNAK - LEMPUNG LUNAK	1,888		1,259		Cukup Aman
2	LEMPUNG LUNAK - LEMPUNG MEDIUM	1,889		1,072		Tidak Aman
3	LEMPUNG MEDIUM - LEMPUNG LUNAK	2,136		1,390		Cukup Aman
4	LEMPUNG MEDIUM - LEMPUNG MEDIUM	2,135		1,213		Cukup Aman
5	LEMPUNG LUNAK - PASIR LEPAS	1,888		1,347		Cukup Aman
6	LEMPUNG LUNAK PASIR MEDIUM	1,888	> 1,5	1,141	> 1,1	Beresiko
7	LEMPUNG MEDIUM - PASIR LEPAS	2,107		1,260		Cukup Aman
8	LEMPUNG MEDIUM - PASIR MEDIUM	2,140		1,198		Beresiko
9	PASIR LEPAS - LEMPUNG LUNAK	2,040		1,760		Aman
10	PASIR LEPAS - LEMPUNG MEDIUM	2,036		1,640		Aman
11	PASIR MEDIUM - LEMPUNG LUNAK	2,080		1,726		Aman
12	PASIR MEDIUM - LEMPUNG MEDIUM	2,089		1,659		Aman

3.7 Analisis Stabilitas Timbunan Dengan Muka Air Menggunakan PLAXIS

Berdasarkan RSNI 3 xxxx-20xx diketahui bahwa *SF* izin 1,5 untuk *SF* sebelum terjadi gempa dan 1,1 setelah terjadi gempa. Analisis stabilitas timbunan dengan muka air menggunakan PLAXIS 2D 2016 menghasilkan nilai faktor keamanan untuk seluruh kombinasi yang ditujukan oleh **Tabel 4**.

Tabel 4. Perbandingan Nilai *SF* Analisis Sebelum dan Setelah Terjadi Gempa dengan Adanya Muka Air Tanah dengan Nilai *SF* Izin

No	Kombinasi	Nilai keamanan				Keterangan
		Sebelum terjadi gempa	<i>SF</i> izin	Sesudah terjadi gempa	<i>SF</i> izin	
1	LEMPUNG LUNAK - LEMPUNG LUNAK	1,809		1,155		Beresiko
2	LEMPUNG LUNAK - LEMPUNG MEDIUM	1,808		1,072		Tidak Aman
3	LEMPUNG MEDIUM - LEMPUNG LUNAK	2,055		1,247		Cukup Aman
4	LEMPUNG MEDIUM - LEMPUNG MEDIUM	2,062		1,213		Cukup Aman
5	LEMPUNG LUNAK - PASIR LEPAS	1,808		1,243		Cukup Aman
6	LEMPUNG LUNAK PASIR MEDIUM	1,808	> 1,5	1,044	> 1,1	Tidak Aman
7	LEMPUNG MEDIUM - PASIR LEPAS	2,060		1,163		Beresiko
8	LEMPUNG MEDIUM - PASIR MEDIUM	2,060		1,104		Beresiko
9	PASIR LEPAS - LEMPUNG LUNAK	1,714		1,476		Aman
10	PASIR LEPAS - LEMPUNG MEDIUM	1,713		1,347		Aman
11	PASIR MEDIUM - LEMPUNG LUNAK	2,014		1,677		Aman
12	PASIR MEDIUM - LEMPUNG MEDIUM	2,001		1,602		Aman

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perambatan gempa menggunakan program NERA dan stabilitas timbunan menggunakan metode elemen hingga pada program PLAXIS 2D 2016 diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil gempa Megatrust diperoleh nilai PGA sebesar 0,3684 g .
2. Jika gempa terjadi pada batuan dasar kemudian merambat ke permukaan nilai percepatannya (g) dapat berkurang kemudian bertambah tergantung dengan jenis tanah yang ia lewati apakah jenis tanah tersebut dikategorikan termasuk dalam tanah pasir atau tanah lempung yang termasuk dalam klasifikasi tanah jelek atau cukup baik.
3. Analisis stabilitas gempa tanpa muka air nilai SF yang diperoleh cenderung aman dengan rata-rata nilai SF 1,389.
4. Analisis stabilitas gempa dengan muka air nilai SF yang diperoleh cenderung cukup aman dengan rata-rata nilai SF 1,279.
5. Muka air tanah sangat mempengaruhi penurunan nilai SF pada stabilitas timbunan yang dapat menjadikan nilai SF menjadi tidak aman atau beresiko.

DAFTAR RUJUKAN

- J. P. Bardet, T. T. (2001). *A Computer Program for Nonlinear Earthquake site Response Analysis of Layered Soil Deposits*. California: Departement of Civil Engineering, University of Southern California.
- PLAXIS. (2016). *Tutorial Manual PLAXIS 2D 2016*. Netherland: PLAXIS Company.
- Masyhur Irsyam, dkk. (2008). *Dinamika Tanah dan Fondasi Mesin*. Bandung: Penerbit ITB.
- RSNI 3 xxxx-20xx. Persyaratan Perancangan Geoteknik. Badan Standardisasi Nasional.