

## Pengaruh Karakteristik Rekaman Gempa Terhadap Respon Spektrum

Asril Nikson<sup>1</sup>, Muhamad Yusa<sup>2</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email: [asril.nikson4944@student.unri.ac.id](mailto:asril.nikson4944@student.unri.ac.id)

Received : 15-01-2021 Revised : 15-02-2021 Accepted : 18-02-2021

### ABSTRACT

*Seismic response of a site due to earthquake is influenced by earthquake, site, and structural characteristics. Earthquake characteristic includes amplitude (acceleration, velocity and displacement), duration, frequency content, and length of fault rupture. Response spectrum is maximum response of a single degree of freedom structure due to earthquake. This study aimed to investigate effect of earthquake frequency content, duration and amplitude on respon spectrum. The site on this study is Simpang Arengka Jl. Tuanku Tambusai Flyover. Earthquake ground motions with various frequency content, duration and amplitude were scaled to the site acceleration according to Indonesian seismic map. Response spectrum analysis was performed using the STRATA software program. The results of this study conclude that the lower the earthquake frequency content, the higher the spectral acceleration value. The spectral acceleration value is the smallest if the earthquake recording is classified as a median short duration and median long duration, while the increasing the earthquake scale, the more the spectral acceleration value will increase.*

**Key words:** Response Spectrum, Frequency Content, Earthquake Duration, Amplitude, STRATA, Spectral Acceleration

### ABSTRAK

Respon seismik tanah akibat gempa dipengaruhi oleh karakteristik gempa, karakteristik site dan karakteristik struktur. Karakteristik gempa meliputi *peak ground acceleration*, *duration of strong shaking*, *frequency content* dan *length of fault rupture*. Salah satu upaya untuk merencanakan bangunan yang tahan gempa adalah dengan meneliti respon spektrum kondisi *site* suatu bangunan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh karakteristik gempa yakni amplitudo, kandungan frekuensi dan durasi gempa terhadap respon spektrum. Studi kasus penelitian berada pada *flyover* Simpang SKA Jl. Tuanku Tambusai. Untuk melakukan penelitian ini, tiga titik pengujian di investigasi menggunakan uji penetrasi standar (SPT), dan data rekaman gempa divariasikan berdasarkan klasifikasi kandungan frekuensi, durasi dan amplitudo gempa. Analisis respon spektrum ini dilakukan dengan menggunakan program perangkat lunak STRATA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin rendah kandungan frekuensi gempa maka semakin tinggi nilai spektral *acceleration*-nya. Nilai spektral *acceleration* paling kecil jika rekaman gempa tergolong *median short duration* dan *median long duration*, sedangkan semakin meningkat skala gempa maka semakin meningkat nilai spektral *acceleration*-nya.

**Kata kunci:** Respon Spektrum, Kandungan Frekuensi, Durasi Gempa, Amplitudo, STRATA, Spektral Acceleration

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan terbesar di dunia yang terletak di Asia Tenggara yang menjadi salah satu negara rawan gempa. Berdasarkan kondisi geografisnya, Indonesia berada pada wilayah Cincin Api (*ring of fire*) Pasifik yang merupakan daerah yang rawan gempa bumi, tsunami dan letusan gunung api.

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi karena pergerakan atau pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Pergerakan tiba-tiba dari lapisan batuan di dalam bumi menghasilkan energi yang dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempa bumi atau gelombang seismik. Ketika gelombang ini mencapai ke permukaan bumi, getarannya dapat merusak segala

sesuatu di permukaan bumi terutama bangunan. Untuk mengamankan, bangunan harus didesain tahan gempa dan direncanakan sesuai dengan peraturan gempa yang berlaku.

Berdasarkan catatan dari *Tsunami Research Group* (TRG) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), terdapat sebanyak 35 gempa besar terjadi dengan magnitude di atas 5 terjadi selama Juni 2019. Namun tidak semua gempa tersebut tergolong gempa merusak, dikarenakan tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh adanya gempa tidak hanya ditentukan oleh *magnitude* dari gempa saja. Beberapa parameter gempa bumi yang mempengaruhi tingkat kerusakan bangunan adalah percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration*, PGA), intensitas gempa, nilai respon spektrum, durasi gempa, dan kandungan frekuensi

gempa. Parameter kandungan frekuensi gempa dinilai paling berpengaruh dibandingkan parameter lainnya (Pawirodikromo 2012). Sebagai contoh gempa Meksiko 1985, gempa jauh frekuensi rendah menyebabkan kerusakan yang parah di kota Meksiko yang berjarak 350 kilometer dari episenter. Hal ini diakibatkan adanya gempa dalam yang lemah (frekuensi rendah) sehingga terjadi amplifikasi (Irsyam, Hutapea, & Imran 2017).

Dalam merencanakan konstruksi tahan gempa perlu memperhitungkan kekuatan gempa meliputi perhitungan parameter-parameter kekuatan gempa seperti percepatan, kecepatan dan perpindahan permukaan tanah akibat gerakan gempa. Parameter gerakan tanah (*ground motion*) yang diperlukan untuk perencanaan infrastruktur tahan gempa adalah percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration/PGA*), kecepatan tanah maksimum (*Peak Ground Velocity/PGV*), perpindahan tanah maksimum (*Peak Ground Displacement/PGD*) dan respon spektrum gempa (*seismic response spectra*) di permukaan.

Kerusakan struktural akibat gempa tidak semata-mata fungsi dari besarnya percepatan tanah akibat gempa. Faktor penyebab besarnya kerusakan struktur adalah karakteristik gempa, karakteristik *site*, dan karakteristik struktur. Karakteristik gempa meliputi *peak ground acceleration, duration of strong shaking, frequency content dan length of fault rupture* (Linderburg 2008). Secara teoritik gempa yang mempunyai durasi yang lama akan mengakibatkan kerusakan yang lebih besar. Selain itu kedekatan antara periode getar/frekuensi gempa dengan periode getar/frekuensi getar struktur akan menuju pada peristiwa resonansi. Semakin dekat periode getar antar keduanya maka peristiwa resonansi tidak dapat dihindarkan. Kerusakan struktur yang hebat akan terjadi pada saat resonansi (Pawirodikromo 2012).

Tulisan ini mengambil lokasi penelitian jembatan *Fly Over* simpang SKA Pekanbaru karena data penyelidikan tanah dirasa cukup memadai. Variasi rekaman gempa yang digunakan antara lain amplitudo, kandungan frekuensi dan durasi gempa. Analisis perambatan gelombang gempa dengan variasi tersebut dilakukan untuk mengetahui respon spektrum di lokasi penelitian.

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk :

1. Menganalisis pengaruh variasi frekuensi rekaman gempa terhadap *peak ground acceleration, velocity* dan *displacement* di permukaan.
2. Menganalisis pengaruh variasi durasi rekaman gempa terhadap *peak ground acceleration, velocity* dan *displacement* di permukaan.
3. Menganalisis pengaruh variasi amplitudo rekaman gempa terhadap *peak ground acceleration, velocity* dan *displacement* di permukaan.
4. Menganalisis pengaruh variasi kandungan frekuensi rekaman gempa terhadap respon

spektrum gempa yakni nilai percepatan maksimum.

5. Menganalisis pengaruh variasi durasi rekaman gempa terhadap respon spektrum gempa yakni nilai percepatan maksimum.
6. Menganalisis pengaruh variasi amplitudo rekaman gempa terhadap respon spektrum gempa yakni nilai percepatan maksimum.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Magnitudo Gempa

Magnitudo besarnya energi yang dilepas ketika terjadi gempa. Magnitudo diturunkan dari amplitudo dan periode gerakan tanah atau dari durasi sinyal yang diukur pada rekaman instrumental.

### Intensitas Gempa

Intensitas gempa bumi adalah besaran kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi di lokasi tertentu dan efeknya terhadap manusia dan infrastruktur. Intensitas ditentukan berdasarkan kekuatan gempa bumi, jarak antara gempa bumi dengan episenter dan kondisi geologi lokal. Klasifikasi tersebut dinyatakan dalam bilangan bulat positif dinyatakan dalam angka Romawi (I, II, III, IV dst.). Intensitas gempa dalam skala-skala tersebut dipakai karena pada saat dulu alat pencatat gempa (seismometer, *accelerometer*) belum ada/belum tersedia.

### Metode Penyelidikan Tanah di Lapangan

Metode penyelidikan tanah secara umum dilakukan dengan membuat/menggali lubang (*test pit*), pengeboran (*boring*) dan pengujian penyelidikan tanah langsung di lapangan (*in-situ test*). Metode pengujian langsung di lapangan menjadi metode yang paling sering digunakan untuk menentukan karakteristik, sifat fisik, sifat mekanik, dan sifat dinamis tanah.

### Kandungan Frekuensi Gempa

Menurut Tso (1992) dalam (Pawirodikromo 2012) kandungan frekuensi gempa dibagi menjadi 3 berdasarkan nilai rasio dari *Acceleration* (A) dibagi nilai *Velocity* (V), yakni :

1. Gempa kandungan frekuensi tinggi apabila rasio  $A/V > 1.2 \text{ g/m/dt}$ ,
2. Gempa kandungan frekuensi menengah apabila rasio  $1.20 \text{ g/m/dt} > A/V > 0.80 \text{ g/m/dt}$ ,
3. Gempa kandungan frekuensi apabila rasio  $A/V < 0.80 \text{ g/m/dt}$ .

### Durasi Gempa (*Earthquake Duration*)

Rekaman gempa pada umumnya dapat dibagi menjadi 3-bagian. Bagian pertama adalah bagian *initial weak part*, bagian ke-2 adalah bagian *strong part*, dan bagian ke-3 adalah bagian *final weak part*. Bagian ke-2 yaitu *strong part* adalah bagian yang menyumbang sebagian besar energi atau bagian yang paling merusakkan dan membahayakan. Pada umumnya durasi gempa diukur dari awal sinyal datang hingga sinyal gempa berakhir atau durasi total gempa, dan kenyataannya pemakaian durasi total ( $T_d$ ) untuk menyatakan potensi kerusakan adalah tidak akurat, sehingga perlu diketahui pula durasi efektif dari bagian *strong part* gempa untuk menentukan seberapa lama bagian ini berpengaruh pada *damage* potensial.

### Amplitudo Gempa

Amplitudo gempa adalah simpangan maksimal atau maksimum yang terjadi pada peristiwa gelombang gempa. Nilai amplitudo gempa dibutuhkan untuk mengukur kekuatan gempa karena berpengaruh terhadap nilai magnitudo suatu gempa.

### Frekuensi Alami

Frekuensi alami adalah frekuensi yang dimiliki suatu sistem yang bergetar tanpa peredam maupun dan gaya luar. Semua benda memiliki frekuensi alami yang besarnya berbeda-beda tergantung pada karakteristiknya masing-masing.

### Amplifikasi

Amplifikasi adalah perbesaran amplitudo gelombang. Pada gelombang seismik, amplifikasi terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan tanah, yaitu dari tanah keras ke tanah lain yang lebih lunak.

### Respon Spektrum

Respon spektrum adalah grafik / plot dari struktur-struktur dengan berbagai frekuensi alami dan respon maksimumnya terhadap getaran tanah. Respon-respon maksimum tersebut dapat berupa simpangan maksimum, kecepatan maksimum, atau percepatan maksimum massa struktur berderajat kebebasan tunggal.

### Program SeismoSignal

SeismoSignal merupakan cara yang mudah dan efisien untuk pemrosesan sinyal data gerakan kuat, yang menampilkan antarmuka visual yang ramah pengguna dan mampu memperoleh sejumlah parameter gerakan kuat yang sering kali dibutuhkan oleh ahli seismologi dan insinyur gempa.

### Program STRATA

Program analisis respon situs seismik seperti STRATA yang diluncurkan pada tahun 2013 (Rathje and Kottke 2009) adalah metode analisis linier yang pertama kali berbasis program komputer (Schnabel et al. 1972; Idriss & Sun 1992).

### Pengaruh Karakteristik Gempa terhadap Struktur Jembatan

Karakteristik gempa yang dibahas disini berupa kandungan frekuensi gempa, durasi gempa dan amplitudo gempa. Ketiga karakteristik ini memiliki pola efek yang berbeda-beda terhadap respon jembatan. Parameter kandungan frekuensi ini dinilai paling berpengaruh terhadap respon struktur dibanding parameter lainnya.

### METODE PENELITIAN

#### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lokasi *Fly Over* Jl. Tuanku Tambusai – Jl. Soekarno Hatta Pekanbaru yang terletak di Kelurahan Delima, Kecamatan Tampan, Kota Pekanbaru. Pada lokasi ini dilakukan penyelidikan tanah dengan menggunakan alat berupa uji SPT sebanyak 3 titik. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian (*Fly Over* Jl. Tuanku Tambusai – Jl. Soekarno Hatta Pekanbaru) (*Google Earth*, 2019)

#### Metode Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan untuk mendukung jalannya penelitian analisis ini antara lain adalah:

1. Data rekaman gempa yang diambil dari PEER *Ground Motion Database*.
2. Data lapisan tanah pada lokasi penelitian.
3. Data sejarah terjadinya gempa yang pernah terjadi dalam radius 500 km di wilayah penelitian.

#### Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data tanah pada lokasi penelitian adalah dengan melakukan penyelidikan tanah menggunakan alat SPT. Pada pengujian SPT ini, diambil 3 (tiga) lokasi untuk pengambilan data yang kemudian akan dianalisis. Tiga lokasi tersebut adalah lokasi titik BH – 01 yang berada di Jl. Soekarno Hatta, titik BH – 02 berada di jalan sebelah utara (Jl. Nangka) dan titik BH – 03 yang berada pertengahan simpang empat jalan (diantara BH-01 dan BH-02) (Semangat 2018). Ketiga lokasi tersebut dianggap daerah yang paling kritis untuk dilakukan penyelidikan lapangan karena berada pada lokasi pilar dan *abutment* jalan dan jembatan *fly over*.

**Perhitungan Respon Spektrum Desain**

Berdasarkan RSNI 1726 2019 dan Peta Gempa 2017, maka dapat dihitung dan dianalisis respon spektrum berdasarkan lokasi penelitian yakni Kota Pekanbaru.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dan pembahasan terdiri dari klasifikasi jenis tanah, perhitungan kecepatan gelombang geser, frekuensi resonansi, perhitungan parameter *ground motion* dilapangan, penentuan rekaman gempa dan analisis *output* STRATA. Secara lebih detail dapat di lihat sebagai berikut.

**Klasifikasi Jenis Tanah**

Klasifikasi jenis suatu tanah dapat ditentukan berdasarkan ketentuan pada SNI 2823-2016 tentang Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa yaitu dengan melakukan korelasi hasil penyelidikan tanah pada lapangan dan uji laboratorium berdasarkan nilai hasil uji SPT, kecepatan rambat gelombang geser dan kuat geser *undrained* lapisan tanah.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Klasifikasi *Site* untuk Masing masing Titik Pengujian

Titik Bor	$\bar{N}$	Klasifikasi <i>Site</i>
BH - 01	9.94	Tanah Lunak ( $S_E$ )
BH - 02	10.43	Tanah Lunak ( $S_E$ )
BH - 03	12.44	Tanah Lunak ( $S_E$ )

Pada hasil analisis ini didapatkan bahwa tanah pada BH-01, BH-02 dan BH-03 tergolong tanah lunak ( $S_E$ ), akan tetapi data BH-01 merupakan data paling kritis dan akan digunakan pada perhitungan selanjutnya (Lihat Tabel 1). Hasil ini juga sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh (Gustika 2019).

**Kecepatan Gelombang Geser dan Frekuensi Resonansi**

Nilai kecepatan gelombang geser ( $V_S$ ) dihitung dengan menggunakan hubungan korelasi dengan N-SPT. Nilai  $V_S$  yang di-input dalam menganalisis rekaman gempa dihitung hingga lapisan tanah mencapai lapisan yang keras (batuan). Korelasi nilai ini membutuhkan data-data property tanah hasil pengujian *boring* titik BH-01 tersebut, seperti data tegangan overburden, berat jenis dan data-data properti tanah lainnya. Hasil perhitungan nilai  $V_S$  pada titik pengujian 1 (BH – 01) dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai  $V_S$  titik BH-01

No.	Lapisan	Ked. (m)	$N_{60}$	$\sigma'_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )	$V_s$ (m/s)
1	Tanah Tidak Jenuh Air	2	1	12	12	62
2	Tanah Tidak Jenuh Air	4	15	19	19	145
3	Lempung berpasir	6	14	18	18	153
4	Lempung berpasir	8	3	15	15	118

5	Pasir	10	2	12	12	104
6	Pasir	12	4	15	15	128
7	Pasir	14	11	18	18	163
8	Pasir	16	12	18	18	173
9	Pasir	18	15	18	18	189
10	Pasir	20	36	22	22	235
11	Pasir	22	23	21	21	221
12	Pasir	24	36	17	17	247
13	Pasir	26	36	22	22	254
14	Pasir	28	33	22	22	256
15	Pasir	30	36	22	22	268
16	Pasir	32	22	21	21	246
17	Pasir	34	31	17	17	267
18	Pasir	36	36	22	22	282
19	Pasir	38	36	22	22	287
20	Pasir	40	36	22	22	292
21	Batuan ( <i>Bedrock</i> )	808	48	22	22	750

**Perhitungan Percepatan di Batuan Dasar**

Berdasarkan peta percepatan puncak batuan dasar (PGA) yang mewakili level *hazard* (potensi bahaya) gempa 1000 tahun dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun, nilai PGA Pekanbaru berada pada 0.15 – 0.20 g dan untuk penelitian ini diambil nilai PGA sebesar 0.15 g.

**Moment Magnitude ( $M_W$ ) dan Hiposenter gempa**

*Moment magnitude* gempa yang digunakan pada penelitian ini merupakan moment magnitude gempa dalam yang berjarak 200 km dari lokasi penelitian. Nilai  $M_W$  maksimum yang di dapat adalah sebesar 6.4  $M$  yaitu gempa dengan jarak 150.825 km seperti pada Tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3.** Magnitudo gempa radius 200 km

No	Waktu Kejadian	Depth (m)	Mag	Jarak (km)
1	10/07/2016	8.07	5.1	156.9
2	21/07/2018	10	5.2	178.9
3	06/03/2007	11	6.3	148
4	06/03/2007	19	6.4	150.8
5	06/03/2007	20	5	114.9
6	08/03/1977	22	6	155.7
7	17/12/2006	30	5.8	174.2
8	19/09/2009	38.4	5.1	161.8
9	12/08/1986	46.9	5.4	138.6
10	16/02/2004	55.8	5.1	137.2
$M_W \text{ max} =$			6.4	

**Perhitungan Significant Duration ( $D_{S95}$ )**

Nilai *significant duration* ( $D_{5-95}$ ) untuk *moment magnitude* ( $M_W$ ) maksimum sebesar 6.4  $M$ , kecepatan gelombang geser di kedalaman 30 m ( $V_{S30}$ ) sebesar 267.73 m/s dan nilai  $R_h$  150.825 km.

$$LnD_{595} = Ln \left[ \frac{\left\{ \frac{\exp(2.79 + 0.82(6,4 - 6))}{10^{1,5(6,4)+16,05}} \right\}^{-\frac{1}{3}}}{4.9x(10^6)x267.73} + 0.15(150.825) + 1.91(1) \right]$$

$D_{595} = 24.629 \text{ s}$

**Rekaman Gempa Variasi Kandungan Frekuensi**

Rekaman gempa variasi kandungan frekuensi ini menggunakan tiga jenis gempa dengan klasifikasi menurut Tso (1992) yakni gempa frekuensi rendah, frekuensi menengah dan frekuensi tinggi yang memiliki *significant duration* yang hampir sama dengan nilai *significant duration* di lokasi penelitian yakni 24.629 s.

Dengan menggunakan data percepatan puncak (A) dan kecepatan maksimum (V) dari rekaman gempa di atas, maka dengan mencari nilai A/V di dapat penggolongan rekaman gempa berdasarkan kandungan frekuensi menurut Tso (1992) dalam (Pawirodikromo, 2012) yakni jika nilai A/V diatas 1.2 g/m/s untuk kandungan frekuensi tinggi, A/V antara 0.8 sampai 1.2 g/m/s untuk kandungan frekuensi menengah dan A/V dibawah 0.8 g/m/s untuk kandungan frekuensi rendah seperti pada Tabel 4. di bawah ini.

**Tabel 4. Gempa Variasi Kandungan Frekuensi**

Nama Gempa	PGA, A (g)	PGV, V (m/s)	A/V (g/m/s)	Tipe
Coalinga-01	0.026	0.036	0.720	Frekuensi Rendah
Friuli-02	0.029	0.029	1.020	Frekuensi Sedang
Imperial Valley-06	0.210	0.075	2.800	Frekuensi Tinggi

**Rekaman Gempa Variasi Durasi Gempa**

Rekaman gempa variasi durasi ini menggunakan gempa yang diklasifikasikan menurut (Raghunandan & Liel 2013) yakni gempa *short duration* dan *long duration* yang masing-masing menggunakan 3 sampel gempa. Rekaman gempa yang digunakan dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 5 Berikut.

**Tabel 5. Rekaman Gempa Variasi Durasi**

Nama Gempa	Significant Durati (D <sub>5-95%</sub> , s)	Tipe Durasi
Manjil, Iran	7.59	Short Duration I
Northridge-02	13.34	Short Duration II (median)
Landers	29.10	Short Duration III
San Fernando	51.78	Long Duration I

Chuetsu-oki	73.03	Long Duration II (median)
Denali, Alaska	112.32	Long Duration III

**Rekaman Gempa Variasi Amplitudo**

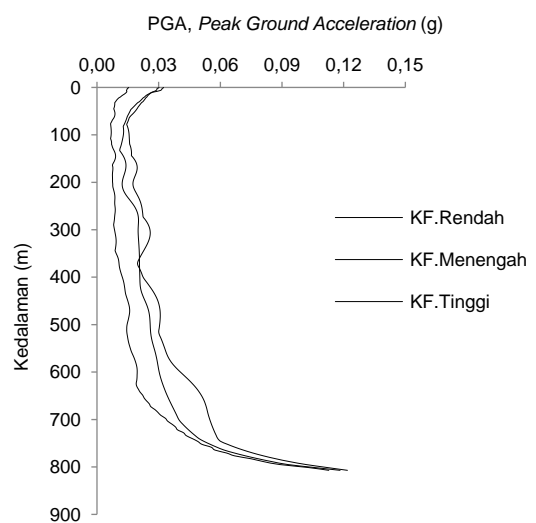
Rekaman gempa variasi amplitudo ini menggunakan gempa skala intensitas yang divariasikan menurut (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika 2012) menjadi skala SIG I, II, III, IV, dan V. Variabel terikat pada variasi ini yaitu rekaman gempa yang digunakan yakni gempa San Fernando (1971) dengan Percepatan puncak (A) = 0.0316 g.

**Tabel 6. Rekaman Gempa Variasi Amplitudo**

Nama Gempa	Faktor Skala (FS)	Tipe Skala SIG
San Fernando (1971), A = 0,0316 g	0.05	Skala I (Tidak Dirasakan)
	2	Skala II (Dirasakan)
	4	Skala III (Kerusakan Ringan)
	10	Skala IV (Kerusakan Sedang)
	20	Skala V (Kerusakan Berat)

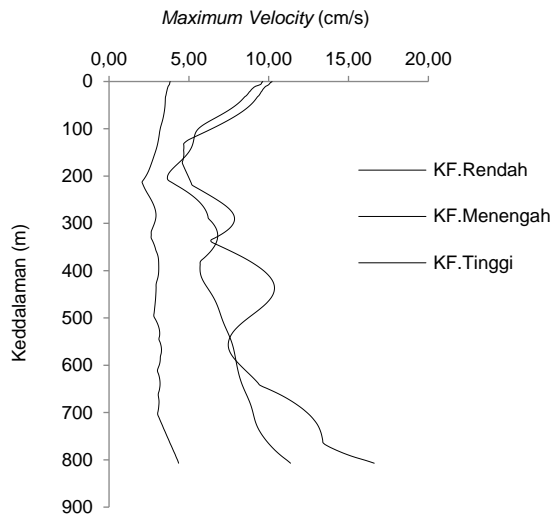
**Analisis Output dari Program Strata Untuk Variasi Kandungan Frekuensi**

Analisis menggunakan rambatan gelombang satu dimensi dengan menggunakan program STRATA ini dilakukan guna mendapatkan gambaran *peak ground acceleration profile*, *peak ground displacement profile*, *peak ground velocity profile* dan *respon spectrum*. Nilai  $V_s$  yang telah diperoleh dari perhitungan sebelumnya akan di-input dalam program STRATA bersama dengan data gempa dengan variasi kandungan frekuensi untuk melihat pengaruh karakteristik gempa yakni kandungan frekuensi terhadap *site response* dan respon spektrum suatu lapisan tanah.



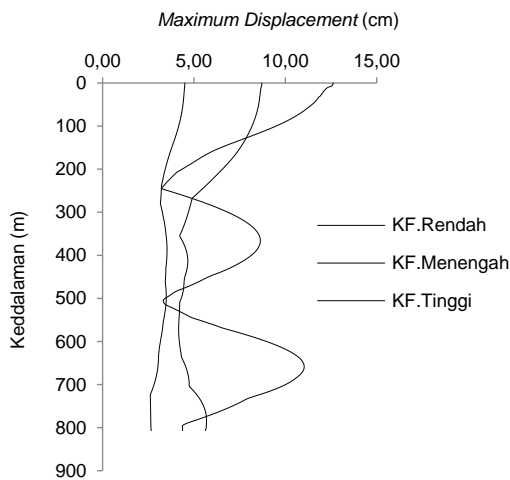
KF = Kandungan Frekuensi

**Gambar 2. PGA Profile Gempa Variasi Kandungan Frekuensi**



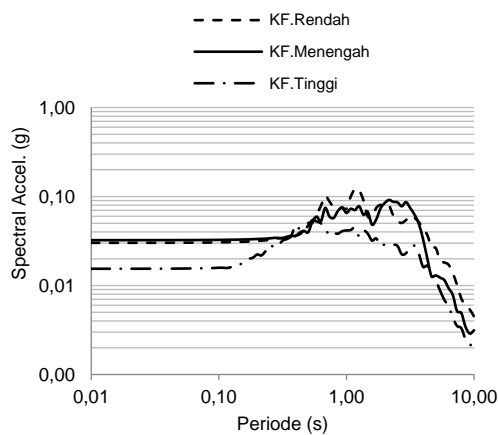
KF = Kandungan Frekuensi

**Gambar 3.** PGV Profile Gempa Variasi Kandungan Frekuensi



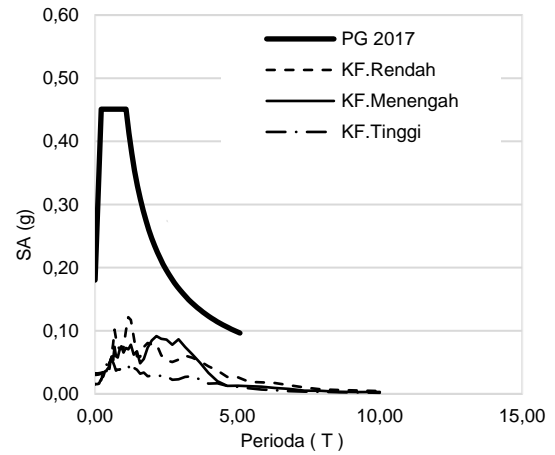
KF = Kandungan Frekuensi

**Gambar 4.** PGD Profile Gempa Variasi Kandungan Frekuensi



KF = Kandungan Frekuensi

**Gambar 5.** Respon Spektrum Gempa Variasi Kandungan Frekuensi

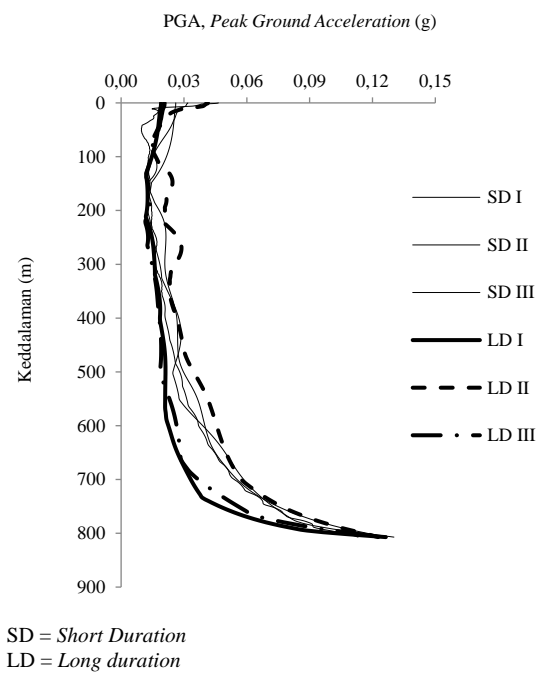


KF = Kandungan Frekuensi

**Gambar 6.** Perbandingan Respon Spektrum terhadap Variasi Kandungan Frekuensi

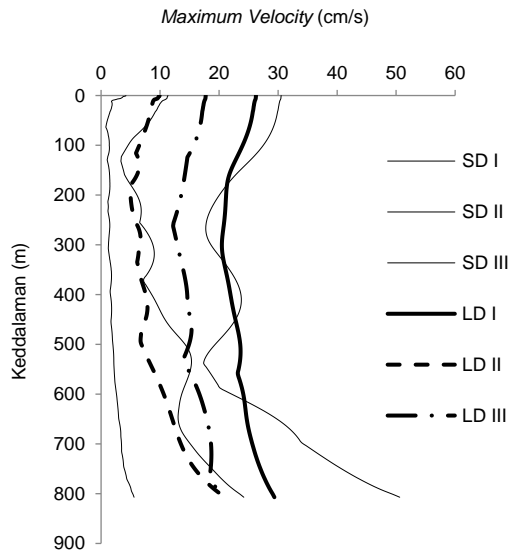
**Analisis Output dari Program Strata Untuk Variasi Durasi Gempa**

Analisis menggunakan program STRATA ini dilakukan juga pada rekaman gempa variasi durasi gempa untuk mendapatkan gambaran *peak ground acceleration profile*, *peak ground displacement profile*, *peak ground velocity profile* dan *respon spectrum*. Nilai  $V_s$  yang telah diperoleh dari perhitungan sebelumnya akan di-input dalam program STRATA bersama dengan data gempa dengan variasi kandungan frekuensi untuk melihat pengaruh karakteristik gempa yakni kandungan frekuensi terhadap *site response* dan respon spektrum suatu lapisan tanah.



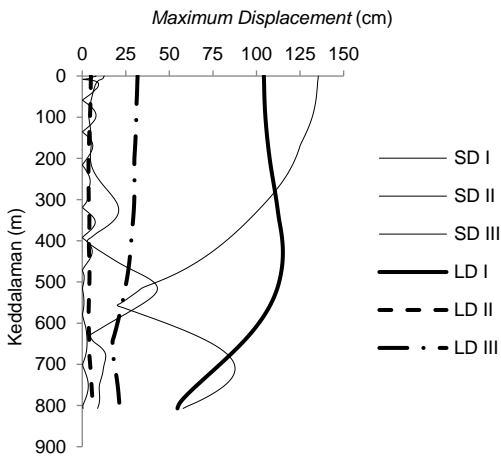
SD = Short Duration  
LD = Long duration

**Gambar 7.** PGA Profile Gempa Variasi Durasi



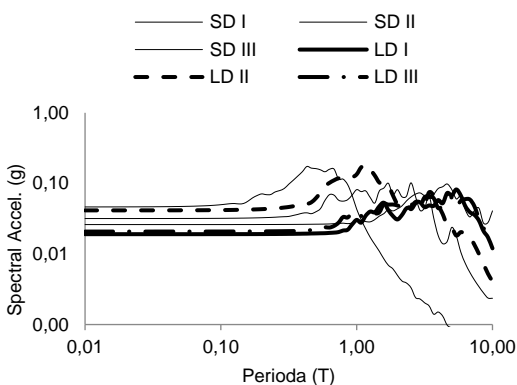
SD = Short Duration  
LD = Long duration

**Gambar 8.** PGV Profile Gempa Variasi Durasi



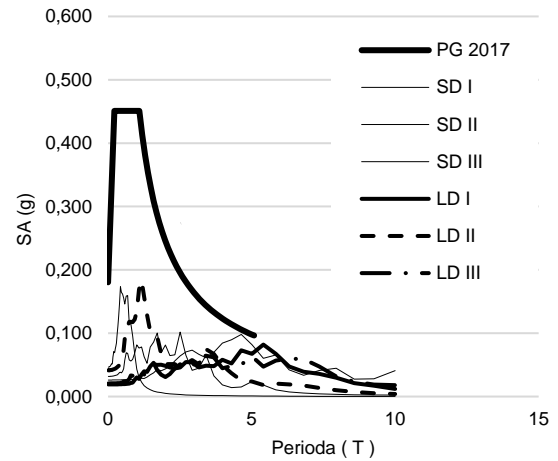
SD = Short Duration  
LD = Long duration

**Gambar 9.** PGD Profile Gempa Variasi Durasi



SD = Short Duration  
LD = Long duration

**Gambar 10.** Respon Spektrum Gempa Variasi Durasi

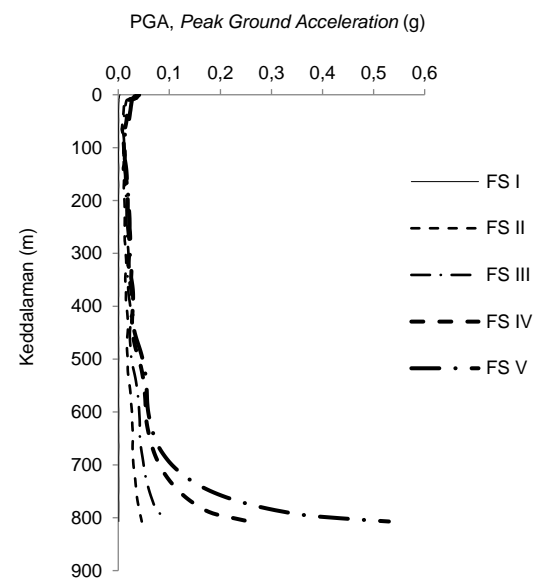


SD = Short Duration  
LD = Long duration

**Gambar 11.** Perbandingan Respon Spektrum Variasi Durasi

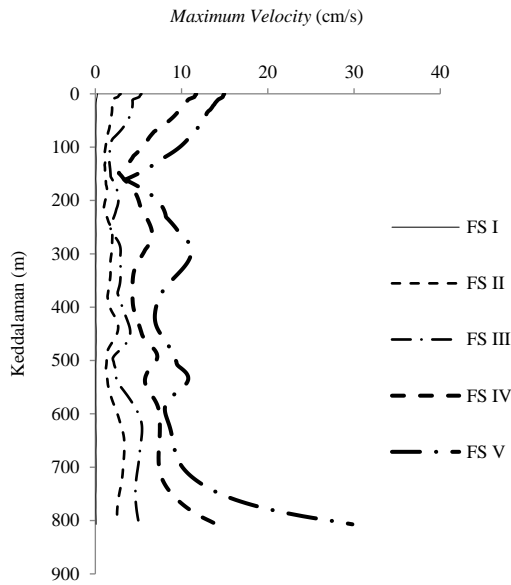
**Analisis Output dari Program Strata Untuk Variasi Durasi Amplitudo**

Analisis menggunakan program STRATA ini dilakukan juga pada rekaman gempa variasi durasi amplitudo untuk mendapatkan gambaran nilai *peak ground acceleration profile*, *peak ground displacement profile*, *peak ground velocity profile* dan *respon spectrum*. Nilai  $V_s$  yang telah diperoleh dari perhitungan sebelumnya akan di-input dalam program STRATA bersama dengan data gempa dengan variasi kandungan frekuensi untuk melihat pengaruh karakteristik gempa yakni kandungan frekuensi terhadap *site response* dan respon spektrum suatu lapisan tanah.



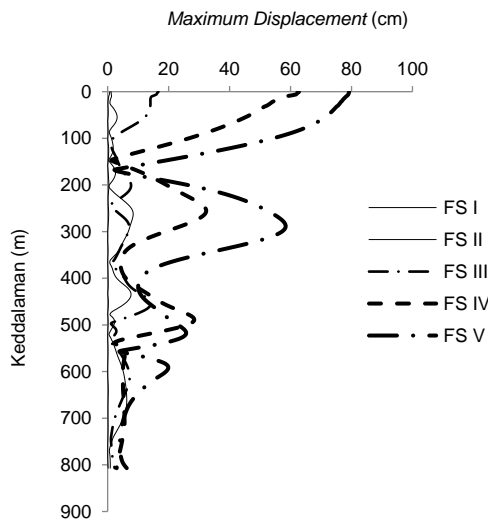
FS = Faktor Skala

**Gambar 12.** PGA Profile Gempa Variasi Amplitudo



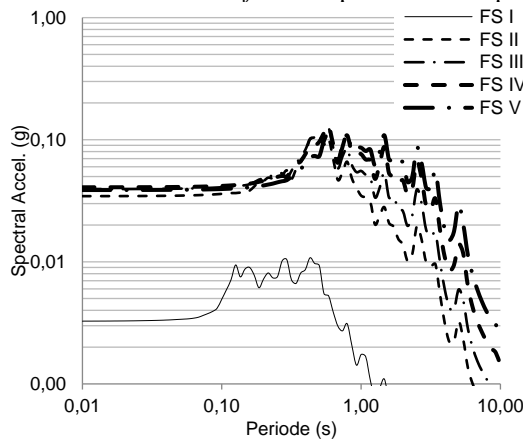
FS = Faktor Skala

**Gambar 13.** PGV Profile Gempa Variasi Amplitudo



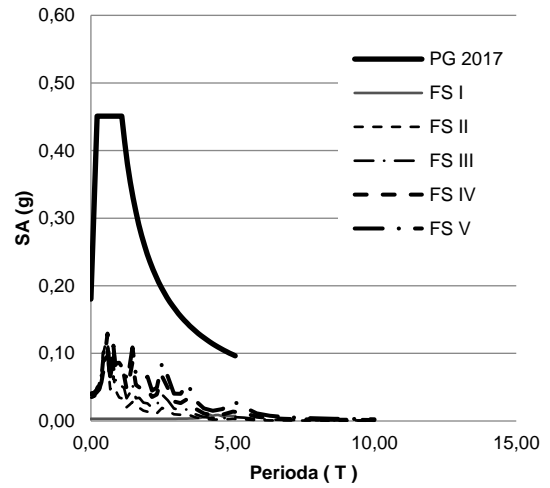
FS = Faktor Skala

**Gambar 14.** PGV Profile Gempa Variasi Amplitudo



FS = Faktor Skala

**Gambar 15** Respon Spektrum Gempa Variasi Amplitudo



FS = Faktor Skala

**Gambar 16.** Perbandingan Respon Spektrum Variasi Amplitudo

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian pada lokasi penelitian yakni kondisi *site* jembatan *fly over* Jl. Tuanku Tambusai - Jl. Soekarno-Hatta mengenai analisis pengaruh karakteristik gempa terhadap respon spektrum, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Potensi besarnya nilai PGA dan PGV terjadi pada rekaman gempa dengan kandungan frekuensi rendah, sedangkan nilai PGD terjadi pada rekaman gempa dengan kandungan frekuensi sedang.
2. Potensi besarnya nilai PGA, PGV dan PGD terjadi pada nilai rekaman gempa *short duration* III dan *long duration* I.
3. Potensi besarnya nilai PGA, PGV dan PGD terjadi pada rekaman gempa dengan faktor skala tertinggi yakni faktor skala V.
4. Nilai respon spektrum (*Spectral Acceleration*, SA) maksimum pada gempa frekuensi rendah, akan tetapi potensi bahaya gempa pada respon spektrum menunjukkan potensi terbesar pada gempa frekuensi rendah.
5. Nilai respon spektrum (*Spectral Acceleration*, SA) maksimum pada gempa *short duration* II ( $D_{5-95\%} = 13.34$  detik), *long duration* II ( $D_{5-95\%} = 73.03$  detik), dan *long duration* III ( $D_{5-95\%} = 113.32$  detik) akan tetapi potensi bahaya gempa pada respon spektrum menunjukkan potensi terbesar pada gempa *short duration* III.
6. Nilai respon spektrum (*Spectral Acceleration*, SA) maksimum pada gempa faktor skala IV, akan tetapi potensi bahaya gempa pada respon spektrum menunjukkan potensi terbesar pada gempa faktor skala V.



### Saran/Rekomendasi

Terdapat beberapa saran atau rekomendasi penulis untuk penelitian berikutnya yang dikarenakan adanya keterbatasan/kendala waktu, biaya, teknis dan lain-lain.

1. Sebaiknya menggunakan banyak sampel data rekaman gempa, sehingga didapatkan hasil penelitian yang akurat.
2. Data karakteristik tanah yang digunakan lebih divariasikan sehingga dapat dilihat pengaruh yang lebih akurat terhadap analisis perambatan gelombang gempa.
3. Pada data sejarah gempa yang digunakan sebaiknya memperhatikan nilai *magnitude*, jarak dari sumber dan kedalaman gempa, agar data lebih efektif.

### DAFTAR RUJUKAN

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2012. Twitter BMKG *BUKU UTAMA STANDAR OPERATING PROCEDURE (SOP) INDONESIA TSUNAMI EARLY WARNING SYSTEM*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Gustika, Rani Ardeylina. 2019. "ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN UJI PENETRASI STANDAR (SPT)." 33(2): 211–18.
- Irsyam, Masyhur, Bigman M Hutapea, dan Iswandi Imran. 2017. "Zonasi Hazard Gempa Bumi Untuk Wilayah Jakarta." *Jurnal Teknik Sipil* 24(2): 159–66.
- Linderburg, Michael R. 2008. "Seismic Design of Building Structures." In California: Professional Publication Inc, 12–16.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik Dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: PUSTAKA PELAJAR.
- Raghunandan, Meera, and Abbie Liel. 2013. "Effect of Ground Motion Duration on Earthquake-Induced Structural Collapse." *Structural Safety* 41.
- Rathje, E.M., and A. Kottke. 2009. Univerisidad de Austin Texas *Technical Manual for Strata*. <https://nees.org/resources/692>.
- Semangat, PT. Ciptamarga. 2018. *Laporan Penyelidikan Tanah (Borhole).Pdf*. Pekanbaru.