

STUDI KOMPARASI KARAKTERISTIK GEMPA *NEAR-FIELD* DAN *FAR-FIELD* DI SUMATRA BARAT

Fadli¹, Rusnardi Rahmat Putra²

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

²Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: satriafadli12@student.unp.ac.id rusnardi.rahmat@gmail.com

Abstrak: Sumatra Barat merupakan daerah yang rentan terhadap bencana gempa bumi. Karakteristik gerakan tanah memiliki perbedaan antara gempa yang direkam pada jarak dekat atau jarak jauh. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan karakteristik gelombang gempa yang direkam jarak dekat dan jarak jauh di Sumatra Barat. Terdapat sepuluh data bacaan *waveform* (EN1-EN10) untuk parameter gempa jarak dekat dengan $R_{RUP} \leq 30$ km dan sepuluh data bacaan *waveform* (EF1-EF10) untuk parameter gempa jarak jauh dengan $R_{RUP} \geq 60$ km yang diolah menggunakan program Seismosignal meliputi koreksi *waveform*, analisis *peak ground acceleration* (PGA), *peak ground velocity* (PGV), *arias intensity* (I_a), *cumulative absolute velocity* (CAV), *root mean square acceleration* (A_{rms}), *damage index* (I), durasi dan *spektrum respons*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai PGA 32,8125 cm/s², PGV 25,19375 cm/s, I_a 0,005165 cm/s, A_{rms} 1,63293 cm/s², dan *damage index* 15852,73 merupakan nilai tertinggi yang dihasilkan oleh gempa rekaman jauh pada 16 Maret 2010. Durasi efektif gempa tertinggi dihasilkan oleh gempa rekaman dekat pada stasiun Kuranji yang terjadi pada 02 Oktober 2009 dengan durasi 64,08 s. Nilai CAV tertinggi dihasilkan oleh gempa rekaman jauh pada 16 Maret 2010 yang terekam pada stasiun Kuranji dan Andalas dengan nilai CAV tertinggi 51,94 cm/s, pada stasiun Gubernur memiliki CAV tertinggi 46,77 cm/s yang dihasilkan oleh gempa rekaman dekat pada 06 Maret 2012. Spectral acceleration dipengaruhi secara linear oleh nilai PGA, sehingga Spectral acceleration gempa rekaman jauh lebih besar daripada gempa rekaman dekat, sehingga potensi kerusakan lebih besar terjadi diakibatkan oleh gempa rekaman jauh.

Kata Kunci : Akselerograf, Parameter Gerakan Tanah, Rekaman Dekat, Rekaman Jauh, Respon Spektrum.

Abstract : West Sumatra is a vulnerable area of earthquake disasters. The characteristics of ground motion have differences between near field record or far field record. The purpose of this research is to compare the characteristics of earthquake waves recorded at near field and far field in West Sumatra. There are ten waveform reading data (EN1-EN10) for near field earthquake parameters with $R_{RUP} \leq 30$ km and ten waveform reading data (EF1-EF10) for far field earthquake parameters with $R_{RUP} \geq 60$ km, using the Seismosignal program for waveform correction, analysis peak ground acceleration (PGA), peak ground velocity (PGV), arias intensity (I_a), cumulative absolute velocity (CAV), root mean square acceleration (A_{rms}), damage index (I), duration and response spectrum. The research results showed that the value of PGA is 32,8125 cm/s², PGV 25,19375 cm/s, I_a 0,005165 cm/s, A_{rms} 1,63293 cm/s², and damage index 15852,73 is the highest value produced by a far field earthquake on 16 March 2010. The effective duration of the earthquake was produced by a near field earthquake at Kuranji station that occurred on 02 October 2009 with a duration of 64,08 s. The highest CAV value was produced by a far field earthquake on 16 March 2010 which was recorded at Kuranji and Andalas stations with the highest value of CAV 51,94 cm/s, at Gubernur station had the highest value of CAV 46,77 cm/s which was produced by a near field earthquake on 06 March 2012. Spectral acceleration is influenced linearly by the PGA value, so that the spectral acceleration of far field earthquakes is much greater than near field earthquakes, So the potential for the greatest damage is caused by a far field earthquake.

Keyword : Accelerograph, Ground Motion Parameters, Near Field, Far Field, Spectrum Response.

PENDAHULUAN

kondisi geografis kepulauan Indonesia juga merupakan wilayah yang terletak di pertemuan empat lempeng tektonik dunia yang aktif bergerak dan berinteraksi satu sama lain sehingga mengakibatkan banyak terjadinya gempa bumi (Bock et al, 2003). Lempeng tektonik tersebut antara lain lempeng Eurasia, lempeng Indo-australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Laut Filipina. Tingginya potensi gempa yang terjadi di Pulau Sumatra disebabkan beberapa faktor antara lain, disebabkan pertemuan lempeng Eurasia yang berinteraksi searah secara miring (*Oblique*) dengan lempeng Indo-Australia, selanjutnya disebabkan oleh Patahan Mentawai, dan Patahan Semangko yang memanjang dari Aceh hingga Teluk Semangko di Lampung. Patahan Sumatra menghasilkan tingkat gempa tahunan yang tinggi dan banyak gempa besar yang terjadi di kedalaman dangkal/*shallow crustal earthquake* (Putra et al., 2012). Sumatra Barat sendiri terbagi dalam beberapa segmen patahan, yaitu Segmen Sumpur, Segmen Sianok, Segmen Sumani, dan Segmen Suliti yang merupakan bagian dari Patahan Semangko.

Gempa bumi menghasilkan nilai pergerakan tanah akibat perambatan gelombang yang sampai ke permukaan bumi. Umumnya kerusakan paling parah akibat aktivitas gempa tersentralisasi di wilayah yang dekat dengan sumber atau lebih dikenal sebagai wilayah "*near-source*" (Maniatakis et al., 2008). Hal ini disebabkan karena pada saat gempa terjadi pelepasan energi secara tiba-tiba akibat pecahnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Energi tersebut merambat sebagai gelombang seismik dari pusat gempa ke segala arah menghasilkan suatu kekuatan yang menyebabkan terjadinya getaran atau gerakan di permukaan tanah (Pawirodikromo, 2012). Umumnya efek dari gempa akan meningkat secara signifikan akibat dari kenaikan populasi manusia serta fasilitas struktur dan infrastruktur. Kenaikan populasi serta fasilitas struktur dan infrastruktur umumnya berada di perkotaan dekat pegunungan yang berbatasan dengan patahan aktif, sehingga gempa dengan magnitudo besar di sepanjang patahan-patahan tersebut telah menghancurkan banyak kota dan menyebabkan kerugian ekonomi dan manusia (Sedghi et al., 2020).

Riwayat kejadian gempa dan estimasi gerakan tanah yang pernah terjadi pada suatu daerah dapat dijadikan parameter dalam mendesain struktur (Putra et al., 2012). Karakteristik gelombang gempa dan efeknya terhadap bangunan dipengaruhi berbagai macam faktor seperti

mekanisme kejadian gempa, kondisi geologi saat gelombang gempa merambat dari sumber ke situs, dan kondisi tanah setempat. Hasil rekaman gerakan tanah sangat dipengaruhi oleh lokasi geologi tempat perekam, apakah direkam pada jarak dekat (*near-field*) atau jarak jauh (*far field*). Gerakan tanah akibat gempa *near field* dipengaruhi oleh *rupture directivity/fling* step antara lain mekanisme gempa-gempa titik atau gempa garis/*fault*, arah rambatan patahan terhadap alat pencatat (*rupture direction*), dan kemungkinan terjadinya *permanent displacement* akibat patahan (Pawirodikromo, 2012). Analisis karakteristik gelombang gempa antara *near field* dan *far field* di Sumatra Barat dilakukan guna memahami karakter gempa yang terjadi serta hubungannya dengan akibat kerusakan yang ditimbulkan, sehingga secara langsung terkait dengan upaya penyediaan struktur tahan gempa.

Data parameter yang digunakan diperoleh melalui analisis hasil rekaman akselerogram yang tersedia di beberapa stasiun pengamatan. Menurut Pawirodikromo (2012), suatu alat pencatat gempa yang berada di dekat episenter gempa maka respon tanah akibat gempa dicatat pada jarak yang sangat dekat dengan sumber gempa, Kondisi tersebut umumnya disebut sebagai *near field earthquake*, Sedangkan rekaman gempa *far field* merupakan rekaman gempa yang energi gempa telah merambat pada jarak yang jauh dan terdapat waktu yang cukup bagi media tanah untuk menyerap sebagian energi gempa sebelum dicatat oleh alat perekam. Terdapat lima stasiun tempat sensor akselerograf yang dipasang di wilayah Sumatra Barat sejak tahun 2008 oleh *Engineers Without Borders Japan* (EWBJ). Analisis komparasi karakteristik gelombang gempa *near field* dan gempa *far field* berdasarkan parameter seismik yang dihasilkan dari setiap rekaman gempa. Parameter seismik yang digunakan dalam menganalisis perbandingan antara gempa *near field* dan *far field* antara lain, *peak ground acceleration* (PGA), *peak ground velocity* (PGV), *arias intensity* (I_a), *cumulative absolute velocity* (CAV), *root mean square acceleration* (a_{rms}), *damage index* (I), durasi dan spektrum respons percepatan serta kecepatan (Abdollahzadeh, 2012).

Penelitian dilakukan untuk:

1. Untuk mengetahui perbandingan karakteristik gelombang gempa antara gempa *near field* dan gempa *far field* yang terjadi di Sumatra Barat
2. Memberi pengetahuan dan wawasan seismik dan kegempaan dalam perencanaan struktur agar meminimalisir dampak yang ditimbulkan gempa terhadap struktur

- Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu kegeomaan dan menjadi referensi bagi penelitian sejenis

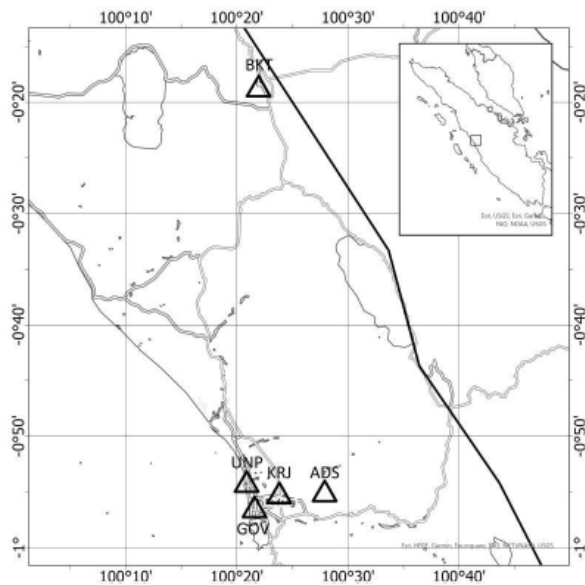
METODE PENELITIAN

Lingkup Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif yang diperoleh dari Riwayat rekaman gempa yang tersedia dari tahun 2008-2015 dari sensor akselerograf dan Parameter gempa berupa waktu, magnitudo, dan koordinat yang diperoleh dari katalog *United States Geological Survey (USGS)*.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini menggunakan data yang didapatkan melalui alat berupa sensor akselerograf yang terdapat di lima stasiun yang berada di Kota Padang dan Kota Bukittinggi. waktu pelaksanaan dalam melakukan pengumpulan data rekaman sensor akselerograf pada studi ini dimulai pada bulan Juni 2023.



Gambar 1. Lokasi Sensor Akselerograf

Instrumen Penelitian

Program yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- ArcGis Pro untuk pemetaan episenter gempa
- Seismosignal untuk analisis rekaman *time history* gempa
- Microsoft Excel untuk komparasi hasil analisis *time history* dari program Seismosignal

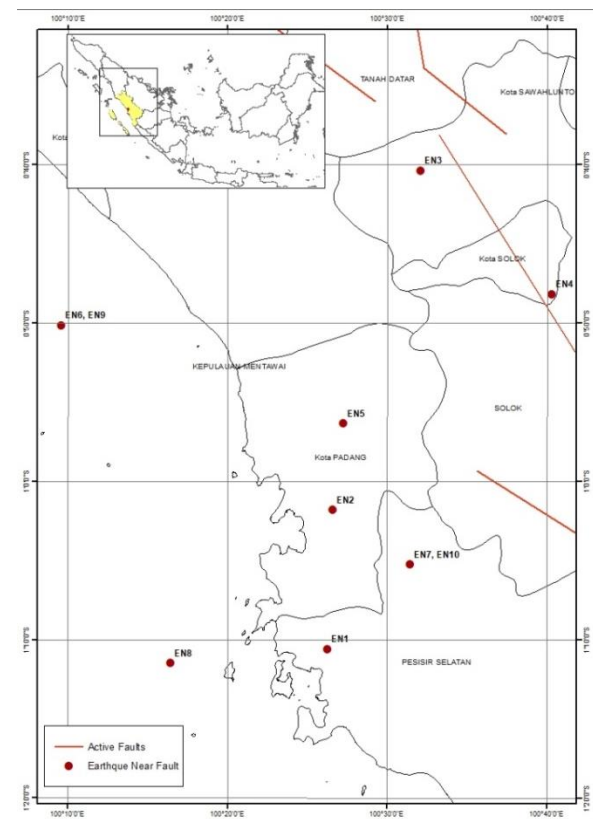
Pengolahan Data

Terdapat 16 kejadian gempa dan menghasilkan 20 data bacaan *waveform* yang memenuhi kriteria dalam melaksanakan komparasi karakteristik gelombang gempa *near field* dan *far field*. Gempa

tersebut terjadi dalam rentang waktu 2008 – 2015 dengan magnitudo ≥ 4 , kemudian Gempa-gempa tersebut dibagi menjadi gempa *near field* yang berjarak kurang dari 30 km dari stasiun perekam, dan gempa *far field* yang berjarak lebih dari 60 km dari stasiun perekam yang dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 1. Parameter Gempa *Near Field*

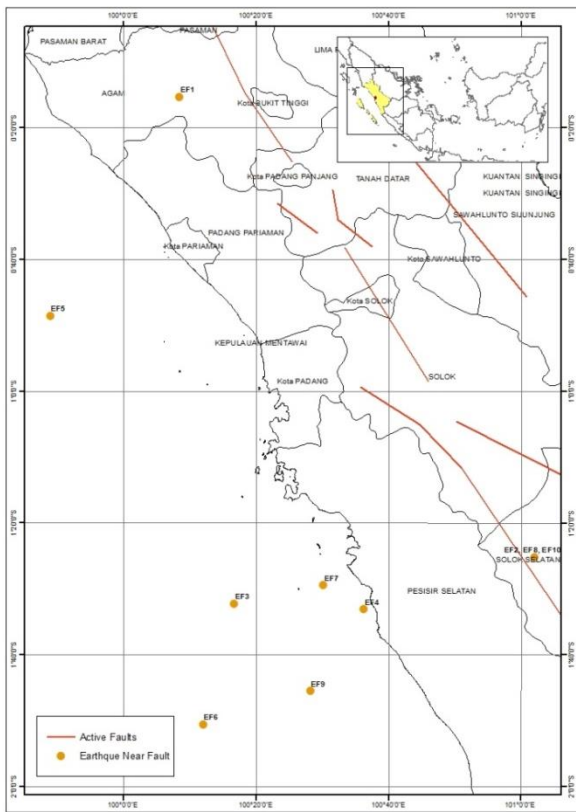
Kode	R_{rup}	Stasiun	Waktu	Kedalaman	Magnitudo
EN1	29 km	UNA	25 Mei 09, 08.57	96.5	4.4
EN2	13 km	UNA	04 Sep 09, 12.24	45.7	4.7
EN3	27 km	UNA	11 Sep 14, 00.46	31.43	4.8
EN4	26 km	UNA	11 Sep 14, 00.52	35	4.3
EN5	7 km	KRJ	02 Okt 09, 22.08	74.3	4.5
EN6	28 km	KRJ	06 Mar 12, 18.18	101.8	5.2
EN7	23 km	KRJ	29 Mar 12, 04.37	100.3	4.8
EN8	30 km	KRJ	13 Mei 12, 15.51	81.7	4.6
EN9	25 km	GUB	06 Mar 12, 18.25	101.8	5.2
EN10	25 km	GUB	29 Mar 12, 04.37	100.3	4.8



Gambar 2. Lokasi Gempa *Near Field*

Tabel 2. Parameter Gempa *Far Field*

Kode	R_{rup}	Stasiun	Waktu	Kedalaman	Magnitudo
EF1	81 km	UNA	10 Nov 08, 15.58	126.3	5.1
EF2	84 km	UNA	16 Mar 10, 02.31	40	4.6
EF3	72 km	UNA	07 Feb 13, 04.52	10	5.3
EF4	72 km	UNA	12 Jun 13, 21.03	85.6	4.8
EF5	106 km	UNA	14 Nov 13, 13.31	78.69	4.6
EF6	73 km	UNA	02 Des 14, 06.26	54.1	4.8
EF7	64 km	UNA	20 Des 15, 07.36	68.11	4.5
EF8	90 km	KRJ	16 Mar 10, 02.31	40	4.6
EF9	93 km	KRJ	04 Agu 12, 08.40	72.2	5.1
EF10	91 km	GUB	16 Mar 10, 02.31	40	4.6



Gambar 3. Lokasi Gempa Far Field

Sensor akselerograf mengukur *strong ground motion* berupa akselerasi atau percepatan tanah saat terjadi gempa dalam tiga arah, yaitu *East-West*, *North-South*, dan *Up-Down* (komponen x, y, dan z). Komponen yang akan dianalisis berupa komponen horizontal (komponen x dan y). Parameter gempa yang digunakan dalam studi komparasi ini yaitu :

1. *Peak Ground Acceleration (PGA)*

Percepatan tanah akibat gempa bersifat acak, yaitu tidak beraturan seperti fungsi sinusoidal dan terdiri atas banyak kandungan frekuensi atau gabungan dari beberapa frekuensi. PGA didefinisikan sebagai:

$$PGA = \max |a(t)|$$

Dimana : a(t) = nilai percepatan tanah

hasil analisis PGA dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Hasil Analisis PGA

Komponen	PGA (cm/s ²)			
	Near Field		Far Field	
X	EN1	10,25	EF1	8,125
Y		11		8,75
X	EN2	10,625	EF2	30,25
Y		19,625		35,375
X	EN3	0,0175	EF3	0,02125
Y		0,01825		0,01925
X	EN4	0,0175	EF4	0,01487

Y		0,01825		0,012
---	--	---------	--	-------

X	EN5	2,25	EF5	0,01775
Y		4,125		0,01988
X	EN6	6,625	EF6	0,025
Y		8,625		0,03112
X	EN7	3,5	EF7	0,01862
Y		6,625		0,01162
X	EN8	6,375	EF8	14,625
Y		9,625		21,375
X	EN9	13	EF9	4,875
Y		10,5		5,25
X	EN10	9,125	EF10	24
Y		9,25		28,25

2. *Peak Ground Velocity (PGV)*

PGV lebih cocok digunakan daripada PGA untuk mengkarakterisasi amplitudo gerakan tanah secara akurat pada frekuensi menengah, yang dapat memberikan informasi dalam mengindikasikan potensi kerusakan struktur dalam rentang frekuensi menengah (bangunan tinggi atau fleksibel, jembatan, dan lain-lain). PGV didefinisikan sebagai :

$$PGV = \max |v(t)|$$

$$PGV = \max \left| \int a(t) dt \right|$$

Dimana :

v(t) = nilai kecepatan tanah

a(t) = nilai percepatan tanah

hasil analisis PGV dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Hasil analisis PGV

Komponen	PGV (m/s)			
	Near Field		Far Field	
X	EN1	7,97625	EF1	2,80813
Y		6,28688		7,41813
X	EN2	3,73375	EF2	11,36375
Y		8,58125		25,37562
X	EN3	0,03581	EF3	0,0094
Y		0,03559		0,00605
X	EN4	0,03581	EF4	0,02998
Y		0,03559		0,03442
X	EN5	1,17625	EF5	0,00905
Y		1,1875		0,02281
X	EN6	2,46625	EF6	0,00132
Y		1,32563		0,02626
X	EN7	6,71375	EF7	0,00308
Y		3,63437		0,0083
X	EN8	5,5525	EF8	17,8
Y		0,99		32,5875
X	EN9	9,50625	EF9	13,53063
Y		2,8975		4,74063

X	EN10	9,31813	EF10	15,2025
Y		1,68875		10,13875

3. *Arias intensity* (I_a)

Arias intensity (I_a) merupakan jumlah akar energi total per unit massa dari goyangan struktur linear SDOF satu frekuensi di akhir beban gempa. *Arias intensity* adalah ukuran intensitas gempa bumi yang diberikan oleh integrasi akselerasi kuadrat dari waktu ke waktu dan ini terkait dengan kandungan energi dari sinyal yang direkam.

$$I_a = \frac{\pi}{2g} \int_0^{T_d} (a(t)^2) dt$$

Dimana :

- g = percepatan gravitasi
- a(t) = sejarah waktu percepatan
- T_d = durasi gerakan tanah

Hasil analisis dari I_a dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Hasil analisis I_a

Komponen	I_a (m/s)			
	<i>Near Field</i>		<i>Far Field</i>	
X	EN1	0,00065	EF1	0,00109
Y		0,0007		0,00087
X	EN2	0,00059	EF2	0,00608
Y		0,00105		0,00425
X	EN3	0	EF3	0
Y		0		0
X	EN4	0	EF4	0
Y		0		0
X	EN5	0,00006	EF5	0
Y		0,0001		0
X	EN6	0,00052	EF6	0
Y		0,00043		0
X	EN7	0,00012	EF7	0
Y		0,00017		0
X	EN8	0,00023	EF8	0,00061
Y		0,00038		0,00118
X	EN9	0,00131	EF9	0,00031
Y		0,00117		0,00035
X	EN10	0,00061	EF10	0,00165
Y		0,00059		0,00196

4. *Cumulative absolute velocity* (CAV)

Cumulative absolute velocity (CAV) adalah ukuran intensitas gerakan tanah yang dianggap lebih mencerminkan kerusakan struktur daripada ukuran intensitas lainnya seperti PGA. walaupun demikian, sebagian besar penilaian bahaya seismik berbasis PGA daripada berbasis CAV.

$$CAV = \int_0^{t_{max}} |a(t)| dt$$

Dimana :

- |a(t)| = nilai mutlak sejarah waktu percepatan waktu t dan t_{max} hasil analisis CAV pada tabel berikut ini.

Tabel 6. Hasil analisis CAV

Komponen	CAV (cm/s)			
	<i>Near Field</i>		<i>Far Field</i>	
X	EN1	26,64875	EF1	39,79625
Y		26,005		38,76625
X	EN2	27,3725	EF2	52,20625
Y		30,43625		51,675
X	EN3	0,05511	EF3	0,10135
Y		0,056		0,09474
X	EN4	0,05511	EF4	0,06802
Y		0,056		0,06525
X	EN5	9,94375	EF5	0,03349
Y		14,0175		0,04333
X	EN6	25,355	EF6	0,04618
Y		25,22875		0,05997
X	EN7	14,32375	EF7	0,03657
Y		13,695		0,03621
X	EN8	15,0725	EF8	27,03625
Y		16,20625		41,5925
X	EN9	49,1775	EF9	25,91125
Y		44,35375		22,52375
X	EN10	30,13	EF10	36,16875
Y		26,31125		33,56

5. *Root mean square acceleration* (a_{rms})

Root mean square acceleration (A_{rms}) merupakan parameter yang mencakup efek dari amplitudo, kandungan frekuensi, atau durasi dari gerakan tanah.

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_d} \int_{T_d} a_g^2(t) dt}$$

Dimana :

- ag(t) = percepatan tanah
- T_d = adalah durasi gerak kuat

Tabel 7. Hasil analisis Arms

Komponen	Arms (cm/s ²)			
	<i>Near Field</i>		<i>Far Field</i>	
X	EN1	0,58387	EF1	0,75354
Y		0,6046		0,67273
X	EN2	0,55332	EF2	1,77923
Y		0,73941		1,48663
X	EN3	0,00083	EF3	0,00188
Y		0,00089		0,00179
X	EN4	0,00083	EF4	0,00111
Y		0,00089		0,00094
X	EN5	0,17722	EF5	0,00086
Y		0,22925		0,00087
X	EN6	0,51924	EF6	0,00128
Y		0,47057		0,00144
X	EN7	0,24646	EF7	0,00087
Y		0,29399		0,00074
X	EN8	0,34746	EF8	0,56317
Y		0,44398		0,78441

X	EN9	0,8272	EF9	0,40335
Y		0,78063		0,42551
X	EN10	0,56218	EF10	0,92631
Y		0,55576		1,00976

6. *Damage index (I)*

Ungkapan ini diusulkan sebagai ukuran instrumental dari kapasitas gerakan tanah gempa merusak struktur dengan periode fundamental di wilayah periode menengah (dikendalikan kecepatan). Hanya dua parameter gerakan tanah dasar yang dapat diprediksi secara rutin dalam prosedur desain (kecepatan puncak tanah dan durasi guncangan kuat) dimasukkan dalam rumus yang didefinisikan sebagai berikut :

$$I = PGV \cdot T_D^{0,25}$$

Dimana :

PGV = nilai *peak ground velocity*

T_D = durasi gerakan tanah

hasil analisis *Damage index* dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 8. Hasil analisis Damage Index

Komponen	I			
	Near Field		Far Field	
X	EN1	2403,859	EF1	3214,375
Y		2924,406		2930,883
X	EN2	2304,375	EF2	17693,3
Y		4215,188		14012,15
X	EN3	0,00247	EF3	0,02402
Y		0,00339		0,02534
X	EN4	0,00247	EF4	0,00891
Y		0,00339		0,00637
X	EN5	233,9375	EF5	0,00577
Y		314,7891		0,00694
X	EN6	1266	EF6	0,01298
Y		1120,25		0,01662
X	EN7	248,3906	EF7	0,00557
Y		395,6953		0,00447
X	EN8	723,6875	EF8	1375,633
Y		1060,672		2507,992
X	EN9	4478,352	EF9	625,2813
Y		4689,5		790,5469
X	EN10	2126,875	EF10	6206,18
Y		2497,906		8840,031

7. Durasi

Produk antara massa dengan percepatan akan mengakibatkan terjadinya gaya gempa efektif yang bekerja pada pusat massa struktur. Apabila gempa bumi berlangsung lama maka guncangan yang terjadi juga cukup lama sebagai akibat dari gaya gempa efektif yang berfungsi sebagai beban dinamik. Dengan demikian durasi gempa dapat dipakai sebagai *single parameter* selain yang telah dibahas

sebelumnya. Durasi gerak kuat didefinisikan sebagai durasi signifikan dari waktu gerak tanah kuat interval antara 5% dan 95% dari *arias intensity* (Trifunac dan Brady, 1975). hasil analisis disajikan pada tabel berikut ini.

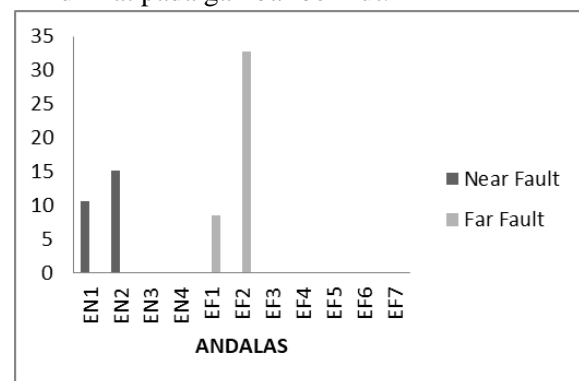
Tabel 9. Hasil analisis Durasi

Komponen	Durasi (s)			
	Near Field		Far Field	
X	EN1	11,95	EF1	24,11
Y		7,63		34,08
X	EN2	26,53	EF2	3,41
Y		17,62		4,03
X	EN3	60,41	EF3	20,52
Y		58,82		20,39
X	EN4	60,41	EF4	32,2
Y		58,82		50,85
X	EN5	62,97	EF5	6,08
Y		65,19		27,48
X	EN6	18,42	EF6	6,42
Y		30,24		7,07
X	EN7	56,3	EF7	12,6
Y		21,31		15,45
X	EN8	12,68	EF8	24,33
Y		6,98		43,42
X	EN9	29,68	EF9	45,82
Y		26,83		23,79
X	EN10	19,98	EF10	5,72
Y		17,65		4,86

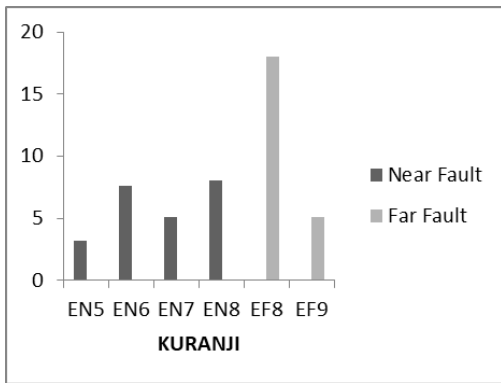
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. *Peak Ground Acceleration (PGA)*

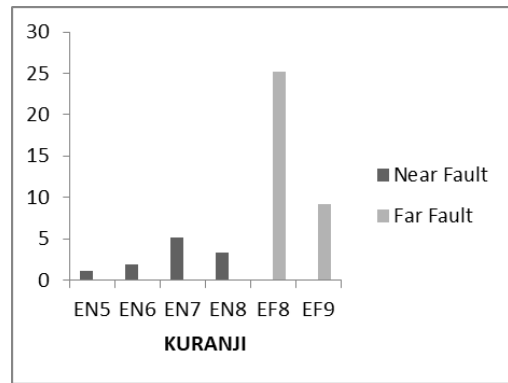
Percepatan tanah akibat gempa berfungsi sebagai beban gempa efektif. perbandingan nilai PGA pada setiap kejadian gempa yang terekam di masing-masing stasiun dapat dilihat pada gambar berikut.



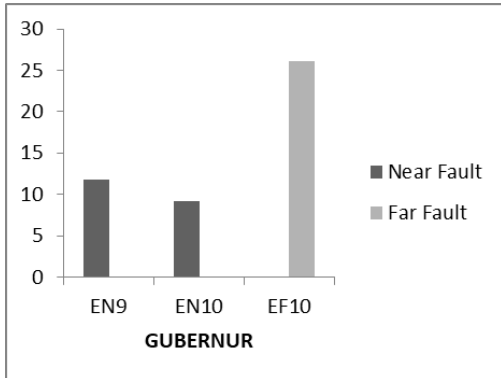
Gambar 4. Nilai PGA pada stasiun Andalas



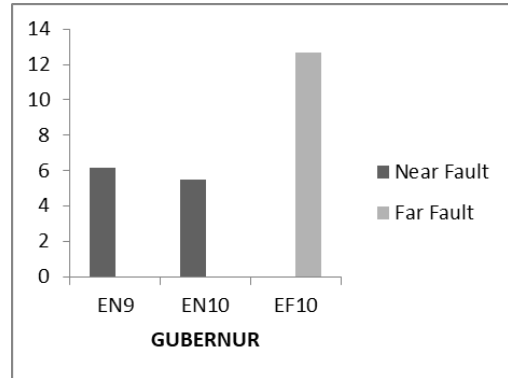
Gambar 5. Nilai PGA pada stasiun Kuranji



Gambar 8. Nilai PGV pada stasiun Kuranji



Gambar 6. nilai PGA pada stasiun Gubernur



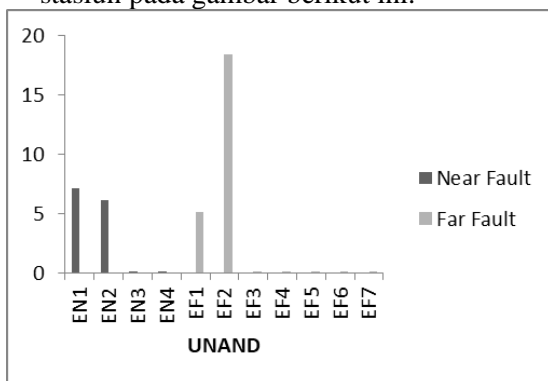
Gambar 9. Nilai PGV pada stasiun Gubernur

nilai PGA tertinggi masing-masing stasiun yaitu stasiun Andalas dengan kode EF2 memiliki nilai PGA 32,8125 cm/s^2 , pada stasiun Kuranji dengan kode EF8 memiliki nilai PGA 18 cm/s^2 , dan pada stasiun Gubernur dengan kode EF10 memiliki nilai PGA 26,125 cm/s^2 .

Nilai PGV tertinggi masing-masing stasiun yaitu stasiun Andalas dengan kode EF2 memiliki nilai PGV 18,3699 cm/s , pada stasiun Kuranji dengan kode EF8 memiliki nilai PGV 25,19375 cm/s , dan pada stasiun Gubernur dengan kode EF10 memiliki nilai PGV 12,670625 cm/s .

2. Peak Ground Velocity (PGV)

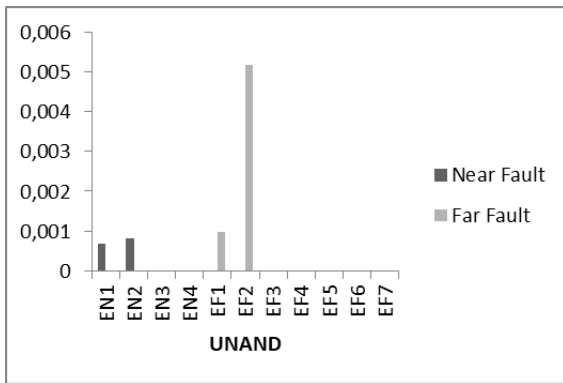
PGV memiliki kandungan frekuensi menengah yang cocok untuk digunakan untuk struktur yang relatif fleksibel/bangunan bertingkat menengah. Dari hasil pengelompokan dan analisis data *Peak Ground Velocity* (PGV), dapat dilihat perbandingan nilai PGV dari masing-masing stasiun pada gambar berikut ini.



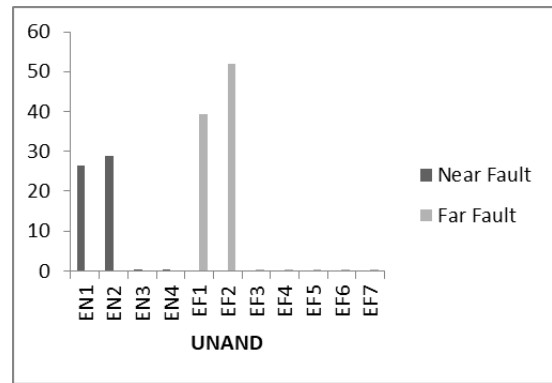
Gambar 7. Nilai PGV pada stasiun Andalas

3. Arias intensity (I_a)

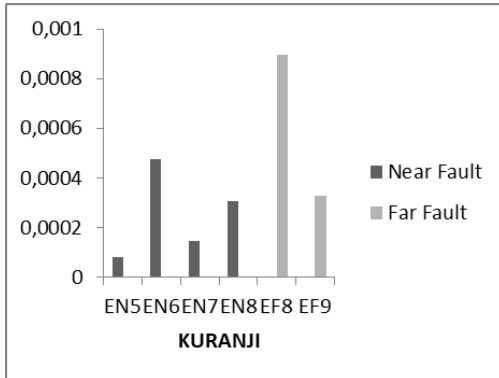
arias intensity (I_a) merupakan Parameter yang mempertimbangkan nilai-nilai amplitudo, kandungan frekuensi, dan durasi. *arias intensity* merupakan fungsi lurus dari percepatan tanah dan fungsi terbalik dari durasi gempa. *Arias intensity* memberikan gambaran tentang berapa banyak energi getaran tanah yang diterima oleh struktur selama durasi gempa (Li *et al.*, 2017). Perbandingan nilai I_a dapat dilihat pada gambar berikut.



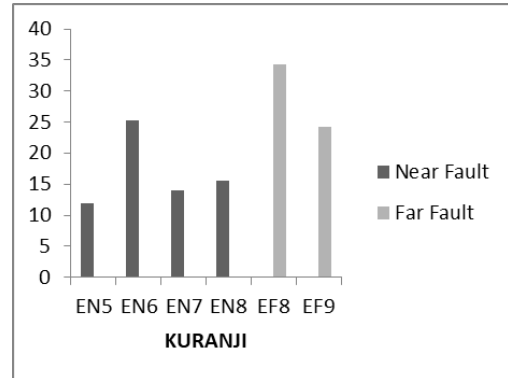
Gambar 10. Nilai I_a pada stasiun Andalas



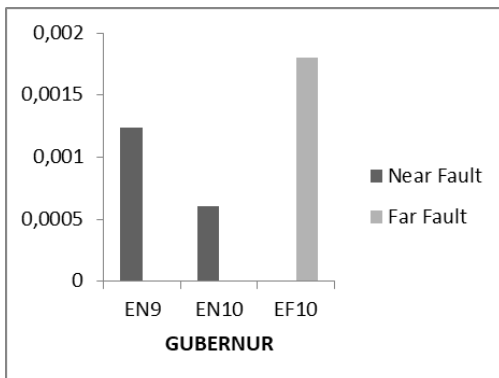
Gambar 13. Nilai CAV pada stasiun Andalas



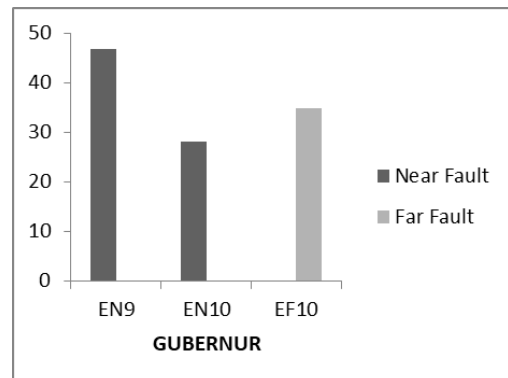
Gambar 11. Nilai I_a pada stasiun Kuranji



Gambar 14. Nilai CAV pada stasiun Kuranji



Gambar 12. Nilai I_a pada stasiun Gubernur



Gambar 15. Nilai CAV pada stasiun Gubernur

Nilai I_a tertinggi masing-masing stasiun yaitu stasiun Andalas dengan kode EF2 memiliki nilai I_a 0,005165 cm/s, pada stasiun Kuranji dengan kode EF8 memiliki nilai I_a 0,000895 cm/s, dan pada stasiun Gubernur dengan kode EF10 memiliki nilai I_a 0,001805 cm/s.

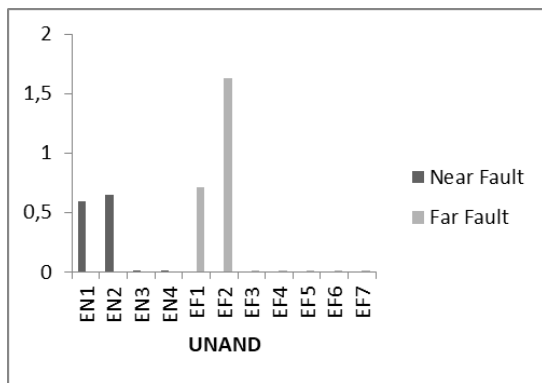
4. *Cumulative absolute velocity (CAV)*

CAV dapat digunakan untuk menilai secara cepat potensi kerusakan pada struktur konvensional kelas umum setelah gempa bumi. CAV lebih mencerminkan kerusakan struktur daripada ukuran intensitas lainnya seperti PGA (Abdollahzadeh, 2012). Dari hasil pengelompokan dan analisis data CAV, dapat dilihat perbandingan nilai CAV pada gambar berikut.

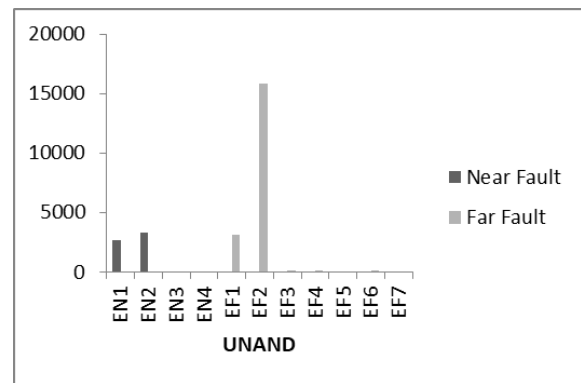
Nilai CAV tertinggi masing-masing stasiun yaitu stasiun Andalas dengan kode EF2 memiliki nilai CAV 51,94 cm/s, pada stasiun Kuranji dengan kode EF8 memiliki nilai CAV 34,31 cm/s, dan pada stasiun Gubernur dengan kode EN9 memiliki nilai CAV 46,77 cm/s

5. *Root mean square acceleration (a_{rms})*

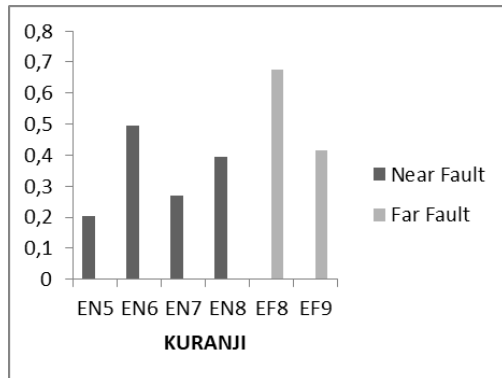
A_{rms} merupakan parameter yang mencakup efek dari amplitudo, kandungan frekuensi, atau durasi dari gerakan tanah. Dari hasil pengelompokan dan analisis data A_{rms} , dapat dilihat perbandingan pada gambar berikut ini.



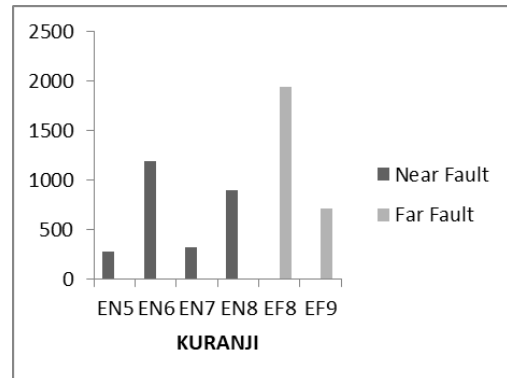
Gambar 16. nilai A_{rms} pada stasiun Andalas



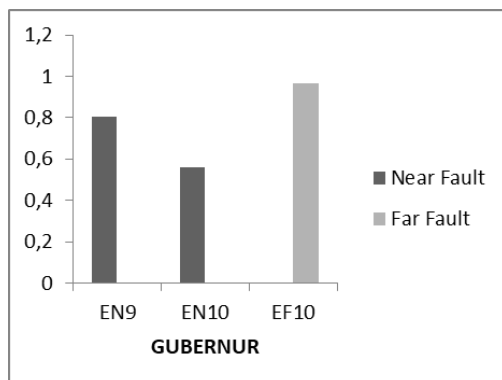
Gambar 19. Nilai I pada stasiun Andalas



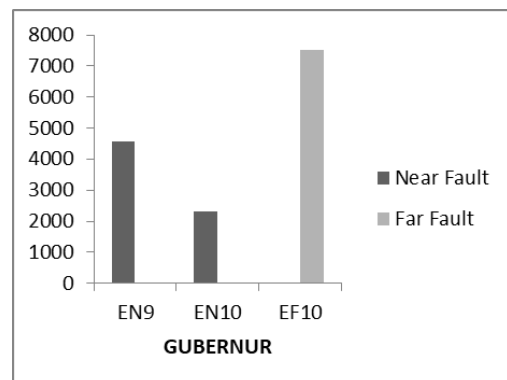
Gambar 17. nilai A_{rms} pada stasiun Kuranji



Gambar 20. Nilai I pada stasiun Kuranji



Gambar 18. nilai A_{rms} pada stasiun Gubernur



Gambar 21. Nilai I pada stasiun Gubernur

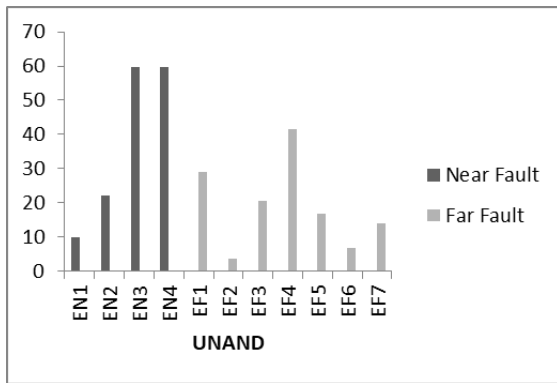
Nilai A_{rms} tertinggi masing-masing stasiun yaitu stasiun Andalas dengan kode EF2 memiliki nilai A_{rms} 1,63293 cm/s^2 , pada stasiun Kuranji dengan kode EF8 memiliki nilai A_{rms} 0,67379 cm/s^2 , dan pada stasiun Gubernur dengan kode EF10 memiliki nilai A_{rms} 0,968035 cm/s^2 .

6. *Damage index (I)*

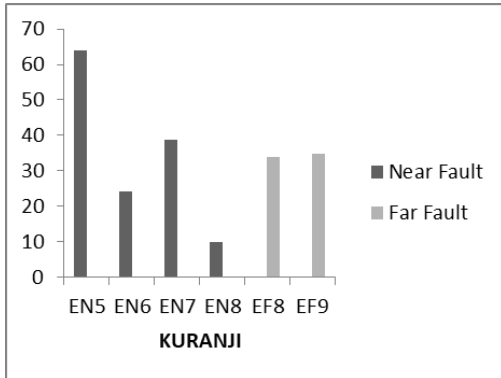
Damage Index (I) merupakan parameter daya rusak suatu gempa terhadap bangunan. Rodriguez (1994) menyimpulkan bahwa parameter spektrum respon untuk menyatakan daya rusak suatu gempa masih kurang akurat. Dari hasil pengelompokan dan analisis data I, dapat dilihat perbandingan nilai I pada gambar berikut.

7. Durasi

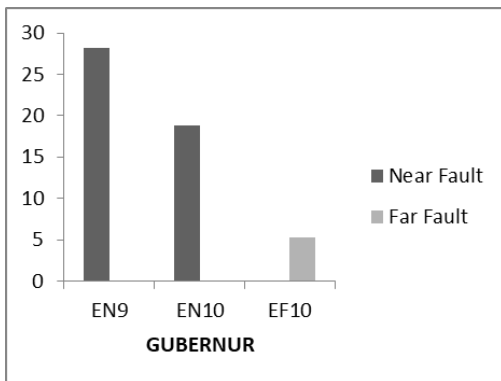
Analisis durasi efektif gempa pada integral 5% - 95% dari *arias intensity*. Hasil analisis memperlihatkan bahwa durasi pada gempa *near field* lebih dominan dibandingkan gempa *far field*. Dari hasil pengelompokan dan analisis data durasi, dapat dilihat perbandingan durasi pada gambar berikut.



Gambar 22. Durasi gempa pada stasiun Andalas



Gambar 23. Durasi gempa pada stasiun Kuranji



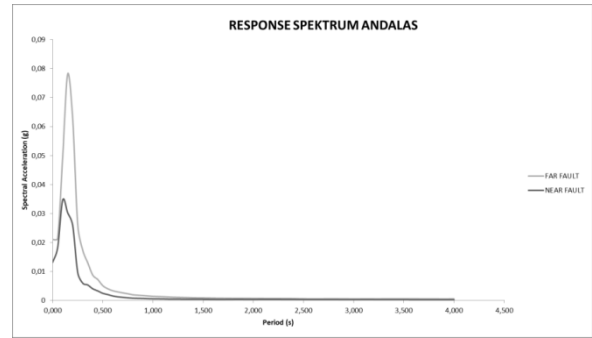
Gambar 24. Durasi gempa pada stasiun Gubernur

durasi terlama adalah gempa EN3 dan EN4 yang terekam pada stasiun Andalas dengan durasi 59,615 s, gempa EN5 yang terekam pada stasiun Kuranji dengan durasi 64,08 s, dan gempa EN9 yang terekam pada stasiun dengan durasi 28,255 s.

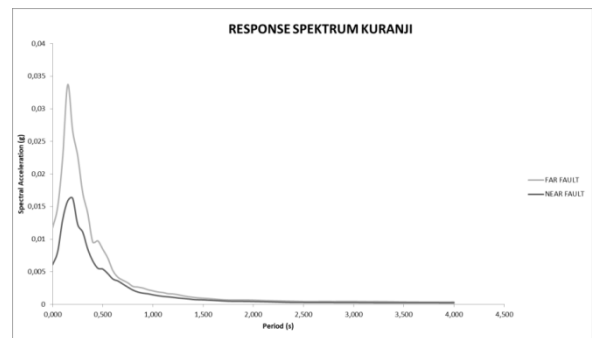
8. Respon Spektra

Respon spektrum merupakan plot antara nilai-nilai maksimum percepatan, kecepatan, maupun simpangan massa struktur dengan derajat kebebasan tunggal (SDOF) akibat gempa terhadap periode getarnya. Parameter yang sering digunakan adalah *Peak Spectral Acceleration* (PSA). Gambar di bawah ini menunjukkan perbandingan nilai respon spektrum akselerasi dari gempa *near field* dan

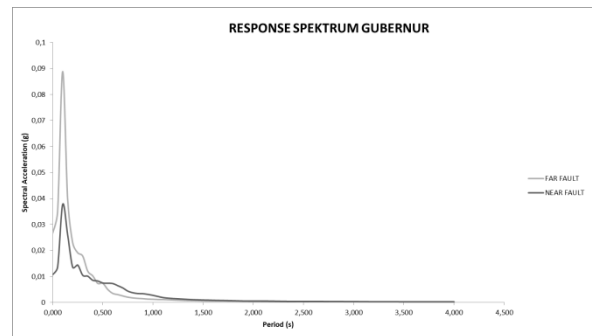
far field menggunakan faktor *damping* struktural 5%.



Gambar 25. Spectral Acceleration pada stasiun Andalas



Gambar 26. Spectral Acceleration pada stasiun Kuranji



Gambar 27. Spectral Acceleration pada stasiun Gubernur

nilai PSA untuk masing-masing gempa dipengaruhi secara linear oleh nilai PGA. Semakin besar nilai PGA, maka semakin besar nilai PSA dan akan semakin besar pula kerusakan yang akan ditimbulkan.

KESIMPULAN

kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengolahan, analisis, dan perhitungan riwayat waktu *strong ground motion* antara gempa *near field* dan *far field* berdasarkan parameter-parameter *ground motion* yaitu :

1. Nilai PGA, PGV, *arias intensity* (I_a), A_{rms} , dan *Damage Index* (I) terbesar dihasilkan oleh gempa *far field* yang terjadi di segmen Suliti pada 16 Maret 2010 dengan magnitudo 4,6 kedalaman 40 km yang terekam di 3 stasiun.

2. Nilai CAV tertinggi dihasilkan oleh gempa *far field* pada 16 Maret 2010 dengan magnitudo 4,6 kedalaman 40 km yang terekam pada stasiun Andalas dan stasiun Kuranji, sementara pada stasiun Gubernur memiliki CAV tertinggi yang dihasilkan oleh gempa *near field* pada 06 Maret 2012 dengan magnitudo 5,2 kedalaman 101,8 km.
3. Analisis durasi menghasilkan bahwa gempa *near field* memiliki durasi efektif yang lebih lama dibandingkan gempa *far field*, durasi terlama adalah gempa EN3 dan EN4 yang terekam pada stasiun Andalas yang terjadi pada 11 September 2014, gempa EN5 yang terekam pada stasiun Kuranji yang terjadi pada 02 Oktober 2009, dan gempa EN9 yang terekam pada stasiun Gubernur yang terjadi pada 06 Maret 2012.
4. *Spectral acceleration* yang dihasilkan oleh gempa *far field* lebih besar daripada gempa *near field*, sehingga potensi kerusakan yang ditimbulkan lebih besar terjadi diakibatkan oleh gempa *far field*. Hal ini dimungkinkan akibat mekanisme sumber gempa *far field* berada pada segmen Suliti yang memiliki bidang patahan yang memanjang. Sedangkan gempa *near field* didominasi oleh mekanisme gempa-gempa titik. Hal ini diungkapkan Pawirodikromo (2012), bahwa gerakan tanah akibat gempa *near field* dipengaruhi oleh *rupture directivity/flip* step antara lain mekanisme gempa-gempa titik atau gempa garis/*fault*, arah rambatan patahan terhadap alat pencatat (*rupture direction*), dan kemungkinan terjadinya *permanent displacement* akibat patahan.

SARAN

Adapun saran yang diberikan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan data yang lebih banyak dan diperoleh dari beberapa sensor sebagai perbandingan untuk mengetahui karakteristik gempa *near field* dan *far field* agar lebih akurat hasil yang diperoleh dari pengaruh ground motion yang dihasilkan.
2. Mempertimbangkan local site effect di lokasi pemasangan sensor dalam analisis ground motion gempa.
3. Pemeliharaan terhadap instrumen sensor akselerograf, sehingga dapat berfungsi dengan maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Abdollahzadeh, G., Tavakoli, H.R., Gilani, H. (2012). *Comparative Evaluation of Seismic Parameters for Near-Fault and Far- Fault*

Earthquakes. 15th World Conference on Earthquake Engineering (15WCEE), I.

Arias, A. (1970). A measure of earthquake intensity. *Seismic Design for Nuclear Plants*, 438–483.

Bock, Y. (2003). Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements. *Journal of Geophysical Research*, 108(B8).

Li, Z., P. Kotronis & H. Wu. (2017). “Simplified Approaches for Arias Intensity Correction of Synthetic Accelerograms”. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 15(10). Hlm. 4067-4087.

Maniatakis, C. A., Taflampas, I. M., & Spyarakos, C. C. (2008). Identification of near-fault earthquake record characteristics. *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*.

Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Putra, R. R., Kiyono, J., Ono, Y., & Parajuli, H. R. (2012). Seismic Hazard Analysis for Indonesia. *Journal of Natural Disaster Science*, 33(2), 59–70.

Rodriguez, M. (1994). *A Measure of the Capacity of Earthquake Ground Motions to Damage Structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol.23, pp.627-643.

Sedghi, M., Dorostian, A., Zare, M., & Pourkermani, M. (2020). A Strong Ground Motion Catalogue of Selected Records for Shallow Crustal, Near Field Earthquakes in Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 12(2), 141–150.

Trifunac, M. D., & Brady, A. G. (1975). A study on the duration of strong earthquake ground motion. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 65(3), 581-626.