

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2019.02.PA.13

PETA BAHAYA GEMPA BUMI MALUKU UTARA BERDASARKAN GEMPA BUMI HALMAHERA, 11 SEPTEMBER 2008 MAGNITUDO 7,6

Rafie Achmad Prayoga^{1, a)}, Sunaryo^{1, b)}, Sulastri^{2, c)}

¹Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka RT.11/RW.14, Pulogadung, Kota Jakarta Timur 13220

²Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Angkasa 1 No.2, Kemayoran, Jakarta Pusat, 10720

Email: ^{a)}prayogarafie@gmail.com, ^{b)}naryounj@yahoo.co.id, ^{c)}sulastri@bmgk.go.id

Abstrak

Telah dilakukan pemetaan bahaya gempa bumi di Maluku Utara menggunakan skenario gempa bumi Halmahera 11 September 2008 dengan magnitudo 7,6. Analisis menggunakan metode deterministik dengan fungsi atenuasi Zao et al modifikasi untuk wilayah Sulawesi. Parameter yang digunakan dalam perhitungan yaitu magnitudo, kedalaman gempa bumi, jarak pusat gempa ke lokasi penelitian, mekanisme sumber, dan Vs30. Diperoleh hasil berupa sebaran PGA dan Intensitas gempa bumi di Maluku Utara berkisar antara 0,006g hingga 1,85g, dengan intensitas gempa bumi berkisar antara III MMI hingga VIII MMI. Nilai PGA dan intensitas gempa bumi terbesar berada pada wilayah Halmahera Barat dan Halmahera Utara, dimana wilayah ini berdekatan dengan sumber gempa.

Kata-kata kunci: gempa bumi, peak ground acceleration, intensitas

Abstract

Earthquake hazard mapping on Halmahera Island has been carried out using the scenario of the September 11, 2008 Halmahera earthquake with a magnitude of 7.6. Analysis using deterministic methods with attenuation function Zao et al modification for Sulawesi region. The parameters used in the calculation are magnitude, earthquake depth, epicenter distance to the research location, source mechanism, and Vs30. Results obtained in the form of distribution of PGA and earthquake intensity in North Maluku ranged from 0.006g to 1.85g, with earthquake intensity ranging from III MMI to VIII MMI. The greatest PGA value and earthquake intensity are in the West and North Halmahera region, where the area is close to the source of the earthquake.

Keywords: earthquake, peak ground acceleration, intensity

PENDAHULUAN

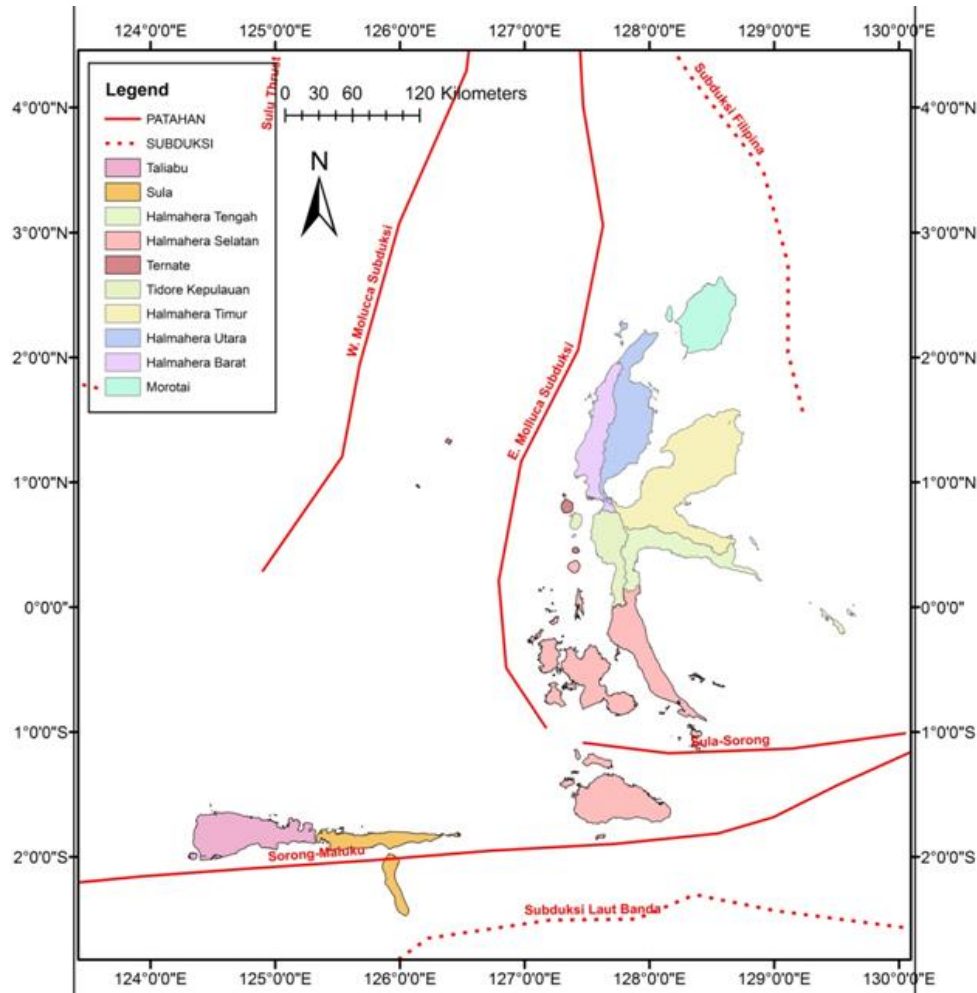
Maluku Utara merupakan provinsi dengan luas wilayah 31.982,50 km² yang terletak diantara 3° Lintang Utara -3° Lintang Selatan dan 124° – 129° Bujur Timur dan dilalui oleh garis ekuator atau garis khatulistiwa. Batas-batas Provinsi Maluku Utara yaitu Samudera Pasifik di sebelah utara, Laut Halmahera di timur, Laut Maluku di barat, dan Laut Seram di selatan. Pada tahun 2017 jumlah

penduduk Maluku Utara sebanyak 1.209.342 jiwa dan diproyeksi akan bertambah hingga 1.278.764 jiwa pada tahun 2020 [1].

Maluku Utara termasuk wilayah yang rawan bencana gempa bumi. Secara regional wilayah ini terletak pada batas pertemuan tiga lempeng utama yaitu, Lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Sejak tahun 1858 hingga 2017 wilayah ini terlanda gempa bumi merusak sebanyak 25 kali dengan intensitas antara III hingga VIII MMI.

Tercatat pada 11 September 2008 terjadi gempa yang cukup besar dengan magnitudo sebesar 7,2 yang melanda Maluku Utara. Pusat gempa bumi berada pada koordinat 1,88°LU dan 127,27°BT dengan kedalaman sekitar 10 km hasil dari aktivitas sesar Laut Maluku Timur. Gempa bumi ini dapat dirasakan hingga beberapa wilayah di Sulawesi Utara hingga ke Filipina[2].

Mengingat tingginya tingkat kerawanan gempa di wilayah Maluku Utara perlu adanya perhatian dalam upaya-upaya mitigasi guna meminimalisir dampak gempa bumi yang terjadi di wilayah Maluku Utara. Salah satu upaya mitigasi adalah dengan membuat peta bahaya gempa yang menggambarkan efek gempa pada suatu lokasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat bahaya gempa bumi di wilayah Maluku Utara berdasarkan kejadian gempa bumi Halmahera 11 September 2008 yang tercermin dalam nilai Peak Ground Acceleration (PGA) dan intensitas gempa bumi berdasarkan metode deterministik.



GAMBAR 1. Provinsi Maluku Utara

METODOLOGI

Analisis Seismik Deterministik

Metode deterministik menggunakan sumber gempa bumi yang diskenariokan dengan besar magnitudo tertentu untuk dianalisis proses penjalaran gelombang gempabumi dan besar guncangan tanah yang ditimbulkan oleh gempabumi tersebut pada suatu kawasan. Kelebihan metoda ini adalah mudah digunakan untuk memprediksi gerakan gempa pada skenario terburuk. Sedangkan kelemahannya adalah metoda ini tidak mempertimbangkan probabilitas terjadinya gempa dan pengaruh berbagai ketidakpastian yang terkait dalam analisis[3].

Parameter Sumber Gempa Bumi

Data kejadian gempa yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Katalog gempa bumi signifikan dan merusak tahun 1827 – 2017. Sedangkan parameter sumber gempa berasal dari hasil penelitian Peta Sumber Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 (PUSGEN 2017) [4]. Masing-masing data kejadian gempa dan mekanisme sumber gempa ditampilkan dalam TABEL 1 dan TABEL 2.

TABEL 1. Parameter sumber gempa bumi

Structure Name		Slip rate mm/yr	Sense Mechanism	Dip (°)	Top	Bottom	L (km)	M _{max}
Main	Segmen							
East	Molucca Sea	0,1	Reverse-Slip	40E	3	18	365	8,1

TABEL 2. Kejadian gempa 11 September 2008

Tanggal	Origin Time (UTC)	Koordinat (°)		Depth (km)	Mag	Daerah Dirasakan
		Lat	Long			
11 September 2008	0:00:03	1,88	127,27	10	7,6	Galela, Lolada Bitung, Ternate Gorontalo

Percepatan Tanah Maksimum

Peak Ground Acceleration (PGA) atau percepatan tanah puncak adalah nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat akibat getaran gempa bumi dalam periode waktu tertentu. Semakin besar nilai PGA yang pernah terjadi disuatu tempat, semakin besar risiko gempabumi yang mungkin terjadi. PGA merupakan salah satu parameter guncangan tanah yang memberi informasi kekuatan puncak gempa. Skala PGA menggambarkan percepatan tanah maksimum yang terjadi pada saat gempa. Skala ini biasanya diekspresikan dalam g (percepatan gravitasi bumi).

PGA suatu lokasi diukur dengan alat yang disebut accelerograf. Namun secara empiris PGA dapat dihitung dengan rumusan konversi parameter gempa bumi yang disebut Ground Motion Prediction Equation (GMPE). Dalam penelitian ini PGA didapatkan secara empiris menggunakan GMPE yang dikembangkan oleh Ochoa et al., dimana persamaan ini merupakan pengembangan dari GMPE yang diusulkan oleh Zhao et al. [5],[6]. Persamaan empiris tersebut adalah sebagai berikut :

$$\log_e(y) = aM_w + bx - \log_e(r) + e(h - h_c)\delta_h + S_R + S_I + S_S + S_{SL} \log_e(x) + S_k + \xi + \eta \quad (1)$$

Dimana: $r = x + ce^{dM_w}$, y adalah PGA dalam cm/s², M_w adalah magnitudo momen, x adalah jarak ke sumber (Km), r adalah jarak hiposentral (Km), h adalah kedalaman fokus (Km), h_c bernilai 15 km, δ_h bernilai 1 jika h_c > h dan 0 jika h_c < h. S_R merupakan koefisien parameter reverse fault yang hanya

diterapkan pada kejadian shallow crustal dengan mekanisme reverse dan nol untuk yang lain. S_I merupakan koefisien parameter peristiwa interface yang diterapkan untuk peristiwa interface dan nol untuk yang lain. S_S merupakan Koefisien parameter peristiwa subduksi yang diterapkan untuk kejadian intraslab dan nol untuk yang lain. S_{SL} merupakan koefisien modifikasi jalur magnitude-independent yang diterapkan untuk kejadian intraslab medan dekat. S_k merupakan parameter kelas situs berdasarkan NEHRP S_1 untuk Rock ($600 < V_{S30} \leq 1100\text{m/s}$), S_2 untuk Hard soil ($300 < V_{S30} \leq 600\text{m/s}$), S_3 untuk Medium soil ($200 < V_{S30} \leq 300\text{m/s}$), dan S_4 untuk Soft soil ($V_{S30} \leq 200\text{m/s}$). ξ merupakan factor intra-event error. η merupakan inter-event error. Sedangkan a, b, c, d, dan e merupakan koefisien yang bergantung pada kondisi geologi daerah penelitian yang di tampilkan dalam TABEL 3.

TABEL 3. Koefisien dalam persamaan GMPE

Koefisien	Interface	Intraslab	Shallow Crustal
A	0,6636	0,9806	1,5063
B	-0,0006	-0,0013	-0,0043
C	0,0055	0,0055	0,0055
D	1,08	1,08	1,08
E	-0,0068	0,0016	-0,0386
S_L	-0,8469	-	-
S_S	-	-2,097	-
S_{SL}	-	-0,528	-
S_R	-	-	-3,7752
S_1	1,111	1,111	1,111
S_2	1,344	1,344	1,344
S_3	1,355	1,355	1,355
S_4	1,42	1,42	1,42
Ξ	0,882	0,982	0,923
H	1,032	1,347	1,228

Nilai PGA dihitung menggunakan persamaan(1). Nilai tersebut dihitung di setiap titik grid di daerah studi dengan jarak antar titik 1 km. Model sumber gempa yang digunakan adalah model sumber gempa titik, sehingga jarak situs ke sumber gempa adalah jarak situs ke episentrer. Penghitungan PGA menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan MATLAB 2014a.

Intensitas Gempa Bumi

Intensitas gempa bumi merupakan ukuran kualitatif dampak gempa bumi berdasarkan hasil pengamatan terhadap manusia, struktur bangunan dan lingkungan di lokasi tertentu. Secara global untuk menentukan besar intensitas gempa bumi digunakan skala Modified Mercalli Intensity (MMI). Skala MMI menentukan kekuatan gempa berdasarkan pada pengamatan lapangan terhadap intensitas kerusakan yang ditimbulkan. Digunakan angka romawi dari satu hingga dua belas untuk menggambarkan guncangan dan kehancuran [7].

Adapun hubungan nilai PGA dengan intensitas gempa bumi dapat digunakan rumusan empiris yang di kembangkan oleh Wald et al. [8],[9] sebagai berikut :

$$MMI = 2,20 \log(PGA) + 1,00 \quad (2)$$

Dimana : MMI adalah intensitas gempa bumi dalam skala MMI. PGA merupakan percepatan tanah puncak dalam gal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

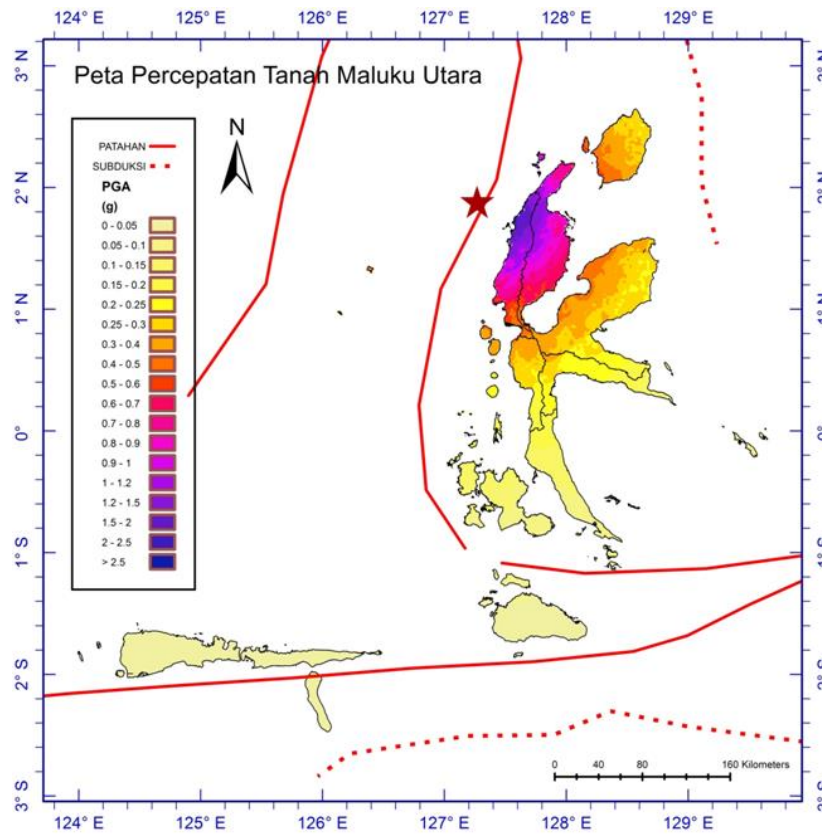
Hasil perhitungan dituangkan dalam peta percepatan tanah puncak dan intensitas gempa bumi seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Nilai PGA dan intensitas gempa bumi untuk masing-masing kabupaten di provinsi Maluku Utara diperlihatkan pada TABEL 4. Dapat diketahui bahwasanya PGA di Maluku Utara berdasarkan skenario gempa bumi setara kejadian gempa bumi Halmahera 11 September 2008 bervariasi antara 0,006g hingga 1,85g. Nilai percepatan tanah terbesar ditunjukkan dengan kontur berwarna merah, merah muda, hingga biru meliputi kabupaten Halmahera Utara dan sebagian wilayah kabupaten Halmahera Barat yang cenderung dekat dengan sumber gempa. Sedangkan nilai percepatan tanah terkecil ditunjukkan dengan kontur warna kuning hingga krem meliputi kepulauan Sula dan pulau Taliabu yang cenderung jauh dari sumber gempa.

Pola sebaran nilai PGA yang diperlihatkan Gambar 2 memberikan informasi bahwasanya Provinsi Maluku Utara terutama bagian utara memiliki resiko bahaya gempa bumi lebih besar dibanding wilayah selatan. Adanya nilai PGA lebih besar pada daerah yang lebih jauh dari sumber gempa menunjukkan sifat fisik tanah juga berpengaruh secara signifikan pada PGA. Pola sebaran percepatan tanah ini juga mengindikasikan bahwa jarak lokasi ke sumber gempa memberikan pengaruh yang sangat signifikan dibanding parameter yang lain dalam metode dan perhitungan ini.

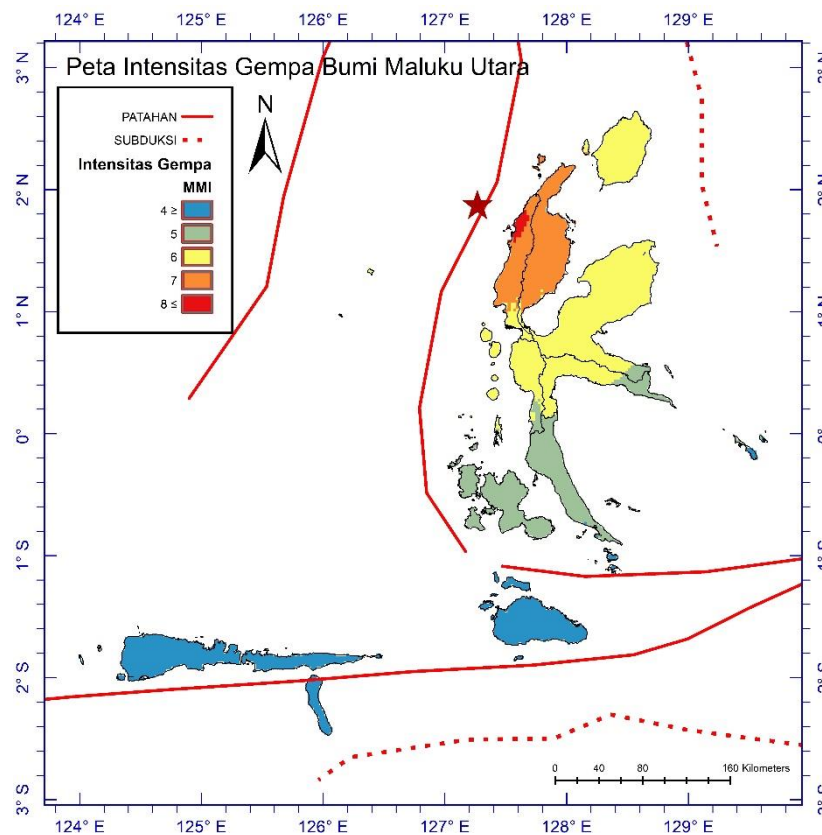
Intensitas gempa bumi hasil perhitungan dibagi menjadi tiga kelompok yaitu daerah dengan intensitas IV MMI dan lebih rendah (biru tua), V MMI (biru muda), VI MMI (hijau), VII MMI (kuning), VIII MMI (oranye), dan lebih besar dari VIII MMI (merah). Daerah dengan intensitas > VII meliputi daerah terdekat dengan sumber gempa bumi yaitu kabupaten Halmahera Utara dan kabupaten Halmahera Barat. Sedangkan daerah Provinsi Maluku Utara lainnya memiliki intensitas \leq VII. Ini menandakan bahwasanya kabupaten Halmahera Utara dan kabupaten Halmahera Barat mengalami dampak paling parah akibat gempa Halmahera 11 September 2008.

TABEL 4. Nilai PGA, intensitas gempa bumi dan jarak terdekat ke episenter untuk masing-masing kabupaten

Nama Kabupaten/Kota	Jarak Terdekat ke - Episenter (km)	PGA (g)	Intensitas Gempa (MMI)
Halmahera Barat	36,5	0,37 – 1,85	6 – 8
Halmahera Utara	52,9	0,43 – 1,48	6 – 7
Pulau Morotai	118,28	0,24 – 0,55	6 – 7
Kota Ternate	117,6	0,25 - 0,39	6
Tidore Kepulauan	130	0,16 – 0,43	5 - 6
Halmahera Timur	119,17	0,14 – 0,5	5 – 6
Halmahera Tengah	155,25	0,05 – 0,3	4 - 6
Halmahera Selatan	171,45	0,034 – 0,28	4 – 6
Kepulauan Sula	427,73	0,01 – 0,03	3 - 4
Pulau Taliabu	465,68	0,006 – 0,012	3 - 4



GAMBAR 2. Percepatan tanah Maluku Utara berdasarkan kejadian gempa Halmahera 11 september 2008 M = 7,6



GAMBAR 3. Intensitas gempa bumi Maluku Utara berdasarkan kejadian gempa bumi Halmahera 11 September 2008 M = 7,6

SIMPULAN

Sebaran PGA dan Intensitas gempa bumi di Maluku Utara berdasarkan kejadian gempa bumi Halmahera 11 September 2008 berkisar antara 0,006g hingga 1,85g, dengan intensitas gempa bumi berkisar antara III MMI hingga VIII MMI. Nilai PGA dan intensitas gempa bumi terbesar berada pada wilayah Halmahera Barat dan Halmahera Utara, dimana wilayah ini berdekatan dengan sumber gempa. Di kedua kabupaten ini mengalami dampak kerusakan terbesar pada kejadian gempa bumi Halmahera 11 September 2008 dengan intensitas gempa bumi VII-VIII MMI. Besar intensitas ini setara dengan kerusakan yang terjadi pada rumah-rumah warga dan terbentuknya retakan pada tanah.

REFERENSI

- [1] *Provinsi Maluku Utara dalam angka*, Badan Pusat Statistik, Ternate, 2018
- [2] Seiyono et al., *Katalog gempa bumi signifikan dan merusak*, Jakarta: BMKG, 2018
- [3] Kramer S.L., *Geotechnical Earthquake Engineering*, New Jersey: Prentice Hall, 1996
- [4] Tim Pusat Studi Gempa Nasional, *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Bumi Indonesia Tahun 2017*, Bandung: Puslitbang Perumahan dan Permukiman, 2018
- [5] Octhav, Asyer et al, "Modified of Ground Motion Prediction Equation in Indonesia, Case Study: South and South-East of Sulawesi at 2011-2015", in *International Symposium on Earth Hazard and Disaster Mitigation (ISEDMD) AIP Conf. Proc. 1857*, 2016, 020003-1–020003-6
- [6] Zhao, J.X. et. al., "Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period", in *Bulletin of the Seismological Society of America Vol. 96 No.3*, 2006, pp.898-913
- [7] Truet T. S., *Earthquake*. Canada: Watts Library, 2003
- [8] Santoso, Edy et al, "STUDI HAZARD SEISMIK DAN HUBUNGANNYA DENGAN INTENSITAS SEISMIK DI PULAU SUMATERA DAN SEKITARNYA", in *JURNAL METEOROLOGI DAN GEOFISIKA VOLUME 12 NOMOR 2*, 2011, pp.129 – 136
- [9] Wald D.J., "Relationship Between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California", in *Earthquake Spectra*, 1999, pp.557-564

