

EVALUASI PETA PERCEPATAN GEMPA SUMATERA (SNI-1726-2002) TERHADAP PETA PERCEPATAN GEMPA MENGGUNAKAN SOFTWARE PSHA

Fahmi Aldiamar

Puslitbang Jalan dan Jembatan DPU, Jl. AH. Nasution No. 264 Kotak Pos 2 Ujung Berung Bandung 40294
Telp. (022) 7802251, Fax : 7802726, Email : Fahdamar@yahoo.com.

ABSTRACT

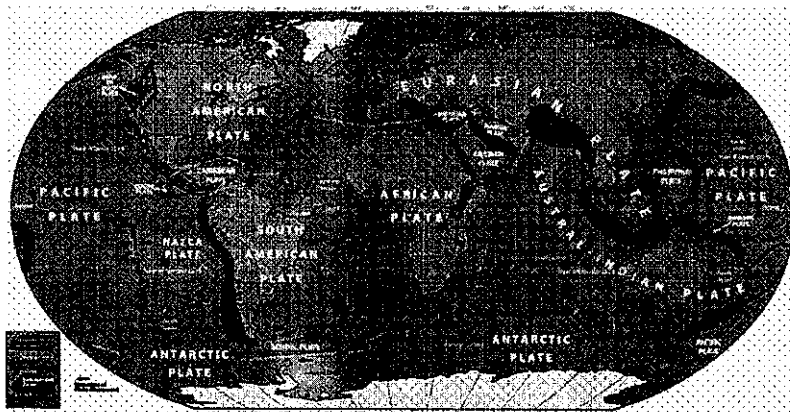
Evaluation on seismic hazard map in Sumatra bedrock was needed because the Indonesian seismic hazard map standard (SNI-1726-2002) was built using the 2D seismic source model and a lot of seismic activity around Sumatra occurred after the SNI-1726-2002 was published. Probabilistic Seismic Hazard (PSHA) software was developed by USGS in 2007 to gain bedrock acceleration value derived from Probabilistic calculation on 3D seismic source using the Next Generation Attenuation (NGA). Therefore this software represented the newest theory to build seismic hazard map and it was used in this research to evaluate and validate the Indonesian standard, particularly Sumatra seismic hazard map. Several phases were done to gain the seismic hazard map, such as collecting and processing earthquake data, calculating seismic risk parameter, acceleration calculation using PSHA software and developing a seismic hazard map using ArcGis Software. Evaluation result indicated that SNI-1726-2002 seismic hazard map in Sumatra bedrock, particularly in region 3,4 and 5 was lower than seismic hazard map developed using PSHA software. The deviation was range between $\pm 0.05-0.20g$.

Keywords: SNI-1726-2002, Sumatra, Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara yang memiliki keadaan geologi yang kompleks di dunia dan menempatkan Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki resiko gempa yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan kepulauan

Indonesia ditinjau dari aspek teori tektonik lempeng terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama dan satu lempeng mikro, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik, serta lempeng mikro Filipina seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.

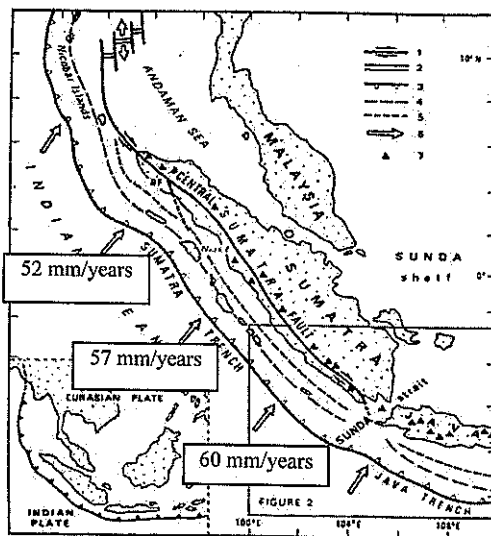


 = Batas lempeng di Indonesia

Gambar 1. Batas lempeng di dunia¹

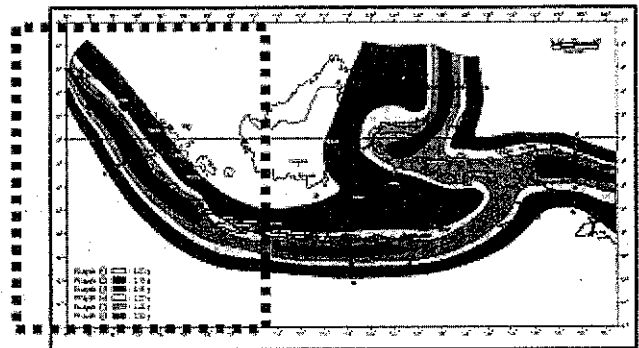
Kegiatan tektonik ini membentuk zona sumber gempa (*seismic zones*), berupa lajur tujaman (*subduction zones*), lajur sesar tegak membuka (*transtensional zones*), dan lajur sesar (*thrust zones*) di sebagian besar kawasan Indonesia. Kesemua lajur lemah ini bercirikan pergeseran kerak bumi, yang selalu menimbulkan gempa bumi tektonik.

Zona subduksi *Sunda Arc* terbentang sepanjang 5600 km dari Kepulauan Andaman hingga *Banda Arc* seperti diperlihatkan pada Gambar 2. Zona ini merupakan salah satu zona sumber gempa yang paling aktif di Indonesia yang terbentuk dari pertemuan Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Dorongan Lempeng Indo-Australia terhadap Pulau Sumatera adalah 52 mm/tahun, 57mm/tahun, dan 60 mm/tahun.



Gambar 2. Zona subduksi dan *fault* regional Sumatra menurut Danny N².

Saat ini peta gempa Indonesia (SNI – 1726–2002) seperti diperlihatkan pada Gambar 3 merupakan peta percepatan gempa yang menggunakan katalog data gempa hingga tahun 2000 dan menggunakan permodelan sumber gempa 2D. Kejadian gempa setelah tahun 2000 terutama di daerah Sumatra memiliki besaran intensitas yang sangat signifikan, selain itu berkembangnya *software* yang mampu memperhitungkan sumber gempa 3D (*software* PSHA) menunjukkan perlunya tinjauan terhadap peta gempa SNI – 1726 – 2002.

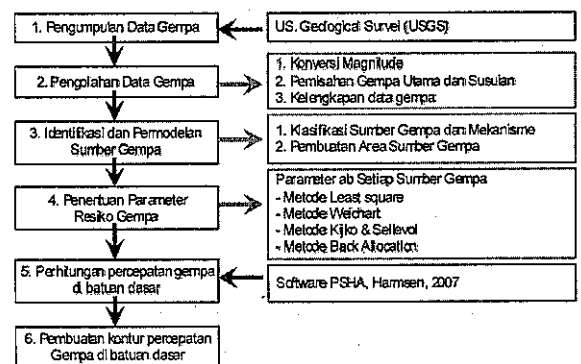


Gambar 3. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI – 1726 – 2002³

Berdasarkan kajian tersebut di atas, maka fokus pada penelitian ini adalah mengevaluasi kesesuaian peta percepatan gempa (SNI – 1726 – 2002) di wilayah Sumatra terhadap permodelan data gempa dan sumber gempa 3D menggunakan *software* Probabilistic Seismic Hazard (PSHA).

METODE PENELITIAN

Secara umum, tahapan kegiatan penelitian yang dipergunakan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Analisis terdiri atas enam tahapan, mulai dari pengumpulan data gempa dari USGS, pengolahan data gempa untuk mendapatkan konversi *magnitude* dan data gempa utama, identifikasi dan permodelan sumber gempa untuk mendapatkan *seismic source model*, penentuan parameter resiko gempa untuk mendapatkan parameter ab setiap sumber gempa, perhitungan percepatan gempa di batuan dasar menggunakan *software* PSHA serta pembuatan kontur percepatan gempa di batuan dasar Sumatra menggunakan *software* ArcGis. Peta kontur percepatan yang dihasilkan oleh penelitian ini selanjutnya dievaluasi kesesuaiannya terhadap peta gempa SNI-1726-2002.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data Gempa

Data gempa yang dipergunakan dalam penelitian adalah data gempa yang didapatkan dari US Geological Survey (USGS), berupa data *The Preliminary Determination of Epicenters* (PDE) yang tercatat mulai tahun 1973 hingga 2007 dan *Significant Earthquake World wide* (NOAA) yang tercatat mulai tahun 1820 hingga 1994 menurut *Eartquake Database*⁴. Data gempa gabungan kedua katalog gempa tersebut diperlihatkan pada Gambar 5.

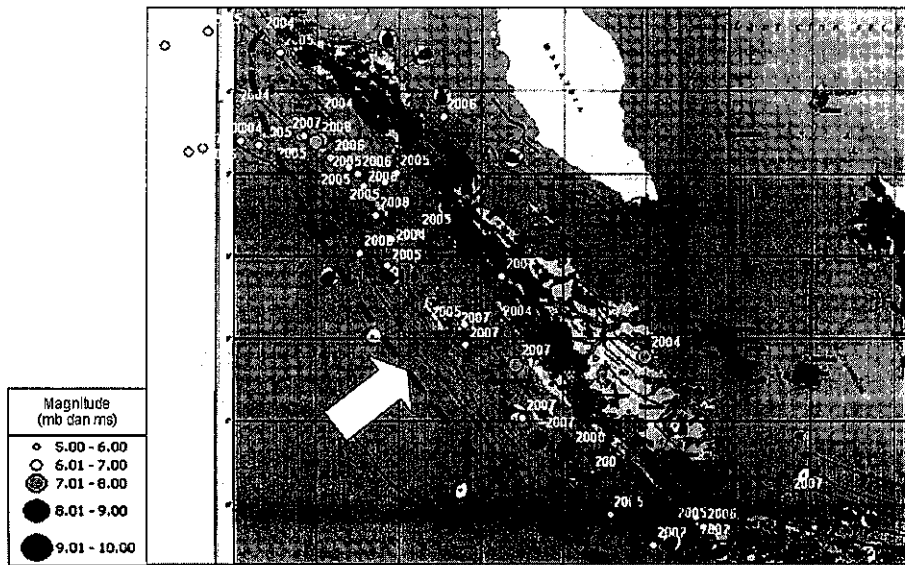
Hasil *plotting* kejadian gempa dari Gambar 5 menunjukkan kejadian gempa setelah tahun 2000 di daerah Sumatra memiliki pola sebaran di sepanjang zona pertemuan lempeng tektonik dan memiliki intensitas *magnitude* hingga 8.

Pengolahan Data Gempa

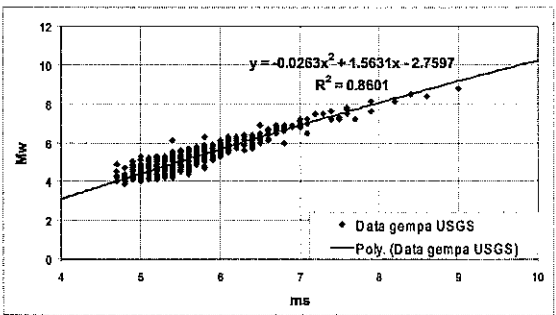
Konversi *Magnitude*

Data gempa yang didapatkan dari USGS memiliki variasi skala *magnitude* gelombang badan (mb) dan gelombang permukaan (ms) seperti diperlihatkan pada Gambar 5, sehingga diperlukan korelasi empiris untuk mendapatkan skala *magnitude* yang seragam dalam satuan skala momen *magnitude* (Mw). Korelasi empiris dilakukan dengan cara mengumpulkan data intensitas gempa yang memiliki skala nilai Mw dan ms atau Mw dan mb serta membuat regresi *polynomial* berdasarkan kesesuaian data tersebut (lihat Gambar 6).

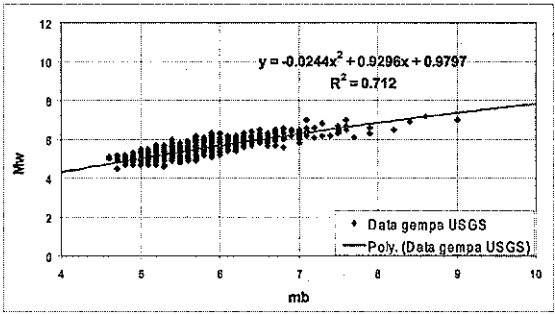
Korelasi terhadap masing-masing skala dari Gambar 6 terlihat memiliki nilai kesesuaian $R^2 = 0,86$ untuk korelasi Mw terhadap ms dan $R^2 = 0,71$ untuk korelasi Mw terhadap mb. Untuk tahapan selanjutnya persamaan tersebut



Gambar 5. Data penyebaran gempa terhadap tahun kejadian

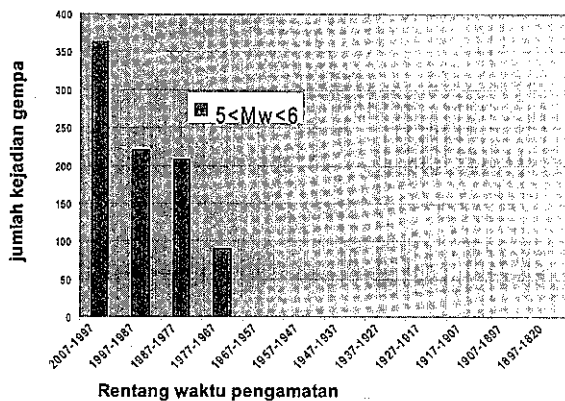


a) Korelasi Mw dan ms

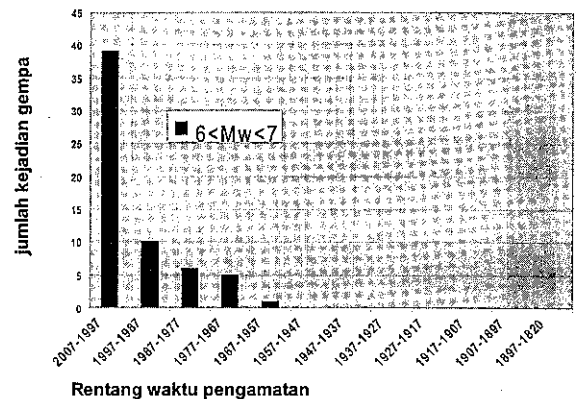


b) Korelasi Mw dan mb

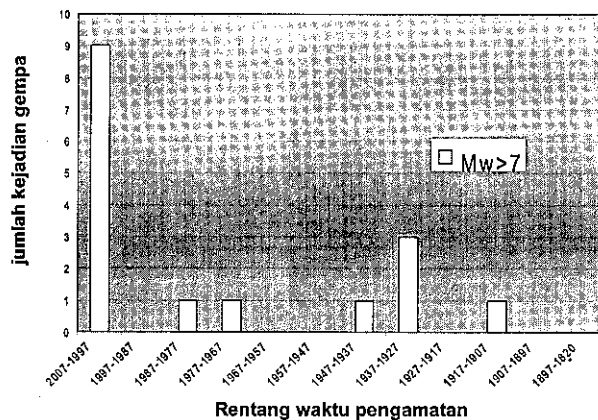
Gambar 6. Korelasi Mw terhadap mb dan ms



a) Distribusi kejadian gempa dengan momen magnitude ($5 < M_w < 6$) terhadap interval waktu pengamatan



b) Distribusi kejadian gempa dengan momen magnitude ($6 < M_w < 7$) terhadap interval waktu pengamatan



c) Distribusi kejadian gempa dengan momen *magnitude* ($M_w > 7$) terhadap interval waktu pengamatan

Gambar 7. Distribusi kejadian gempa terhadap waktu pengamatan di Sumatra

dipergunakan untuk merubah semua skala ms dan mb menjadi M_w .

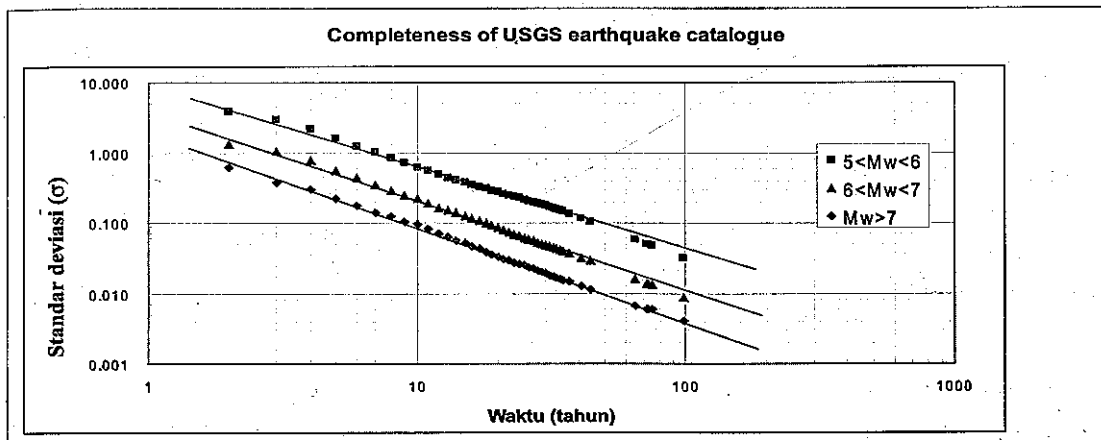
Pemisahan gempa utama dan susulan

Data gempa yang akan dianalisis adalah gempa yang merupakan gempa utama di Sumatra, sehingga dalam tahapan identifikasi sumber gempa dipergunakan pemisahan sumber gempa utama dan susulan menggunakan pemilahan kriteria terhadap jarak dan waktu *Uhrhammer*. Berdasarkan pemilahan data gempa tersebut didapatkan distribusi gempa utama terhadap interval waktu seperti diperlihatkan pada Gambar 7.

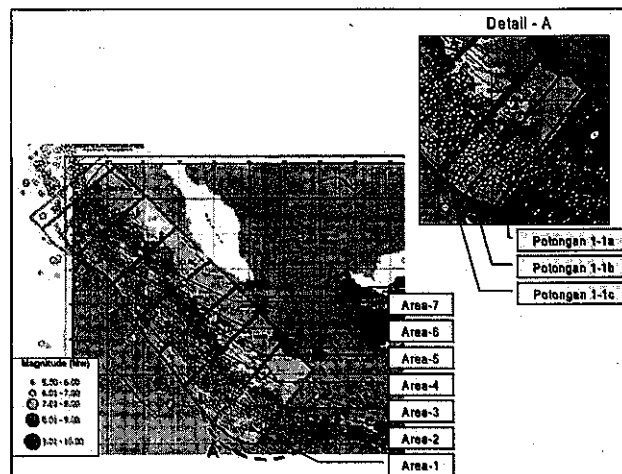
Gambar 7a dan b secara tidak langsung memperlihatkan bahwa data kejadian gempa Sumatra dengan $M_w < 7$ diperkirakan tercatat sejak 40–50 tahun yang lalu, sedangkan pada Gambar 7c grafik distribusi kejadian gempa dengan $M_w > 7$ telah tercatat sejak 100 tahun yang lalu.

Kelengkapan data gempa

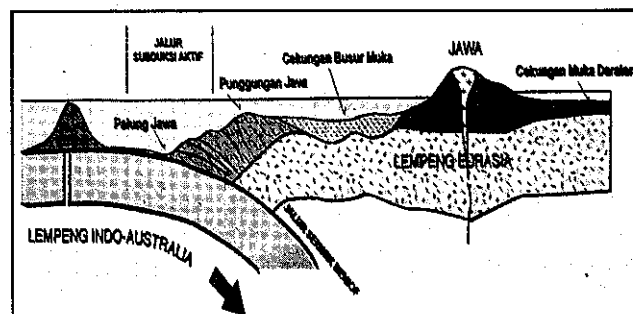
Kelengkapan data pada suatu periode waktu tertentu dapat dilihat dari gradien kecenderungan data yang berubah. Rentang waktu di mana standar deviasi menunjukkan perubahan dan menjadi lebih curam menunjukkan data gempa



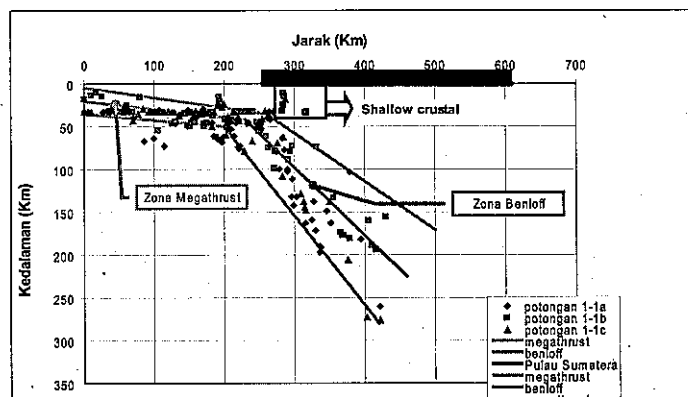
Gambar 8. Analisis kelengkapan data gempa



Gambar 9. Pembagian area dan posisi potongan melintang Sumatra



a) Pola sudut penunjaman zona subduksi⁹



b) Distribusi kejadian gempa terhadap pertemuan lempeng

Gambar 10. Contoh pembagian zona dan potongan melintang berdasarkan data catatan gempa

yang tidak lengkap seperti diperlihatkan pada Gambar 8.

Hal ini memperlihatkan bahwa untuk rentang *magnitude* $5 < M_w < 6$ dan rentang *magnitude* $6 < M_w < 7$ terlihat bahwa data gempa lengkap selama 40-50 tahun dihitung ke belakang dari tahun 2007, sedangkan untuk *magnitude* $M_w > 7$ data lengkap hingga 100 tahun terakhir.

Identifikasi dan Permodelan Sumber Gempa

Permodelan zona sumber gempa merupakan penentuan area setiap sumber gempa yang diambil di Pulau Sumatra. Pada penelitian ini, Sumatra dibagi menjadi 7 area yang diambil tegak lurus terhadap pertemuan lempeng Indo-Australia dan Sumatra dengan lebar masing-masing zona adalah 2,5° seperti diperlihatkan pada Gambar 9. Contoh posisi potongan melintang untuk mengetahui sudut penunjaman dan pembagian sumber gempa diperlihatkan pada detail A, Gambar 9.

Contoh sudut penunjaman berdasarkan penampang melintang area menggunakan *software* ArcGis dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 10a menunjukkan pola penunjaman lempeng Indo-Australia terhadap Pulau Sumatra (zona subduksi). Berdasarkan Gambar 10b, kejadian gempa di area penunjaman lempeng

Indo-Australia terhadap Pulau Sumatra memiliki tren data yang membentuk dua sudut kemiringan yang berbeda. Batas atas dan batas bawah pola sudut penunjaman tersebut selanjutnya dijadikan batas untuk menentukan nilai tengah sudut penunjaman yang ditampilkan pada Tabel 1.

Berdasarkan interpretasi sudut penunjaman diketahui sumber gempa subduksi terbagi menjadi dua zona, yaitu *megathrust* dengan sudut penunjaman rata-rata 6,42° dan kedalaman berkisar antara 5–50km serta *benioff* dengan sudut penunjaman rata-rata 34,95° dan kedalaman berkisar antara 50–300km. Sumber gempa dengan kedalaman 0–50km dan berada di luar sumber gempa subduksi diidentifikasi sebagai *shallow crustal*. Sudut penunjaman mekanisme subduksi selanjutnya dipergunakan sebagai *input* dalam program PSHA.

Penentuan Parameter Resiko Gempa

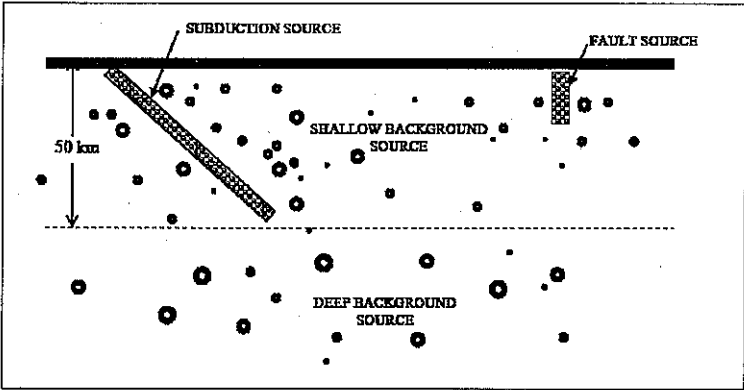
Secara garis besar, mekanisme gempa dibagi menjadi tiga kelompok besar, yaitu *megathrust*, *benioff*, dan *shallow crustal* dan parameter *ab* yang akan dihitung berdasarkan tiga mekanisme gempa tersebut. Parameter *ab* berdasarkan sumber gempa di Sumatra dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Sudut Penunjaman Subduksi Sumatera

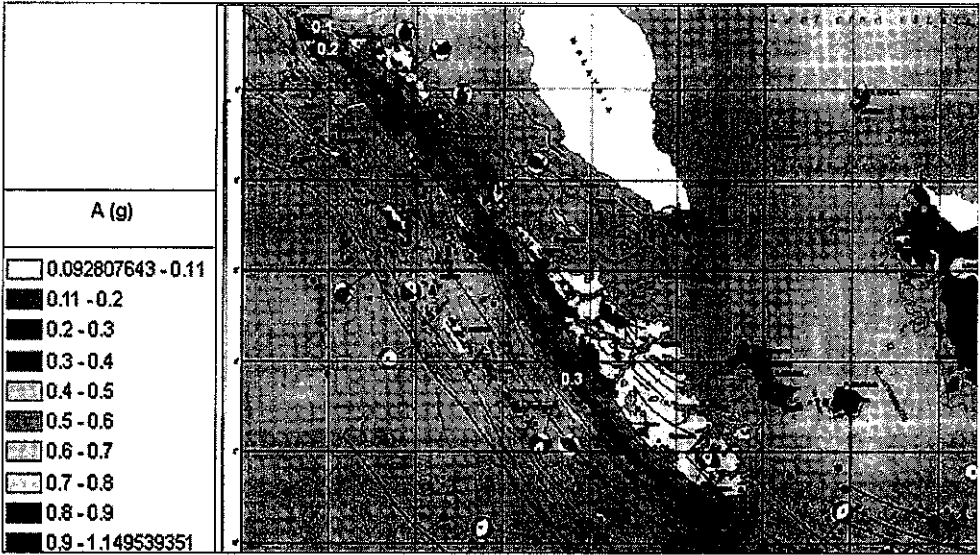
Area	Sudut penunjaman	
	Megathrust	Benioff
	nilai tengah	nilai tengah
Potongan melintang -1	5.6	38.5
Potongan melintang -2	6.3	41.9
Potongan melintang -3	6.4	38.5
Potongan melintang -4	6.3	39.8
Potongan melintang -5	7.5	29.6
Potongan melintang -6	6.4	25.6
Potongan melintang -7	6.4	30.8
Sudut rata-rata keseluruhan :	6.42	34.95

Tabel 2. Parameter *ab* Sumber Gempa Sumatra

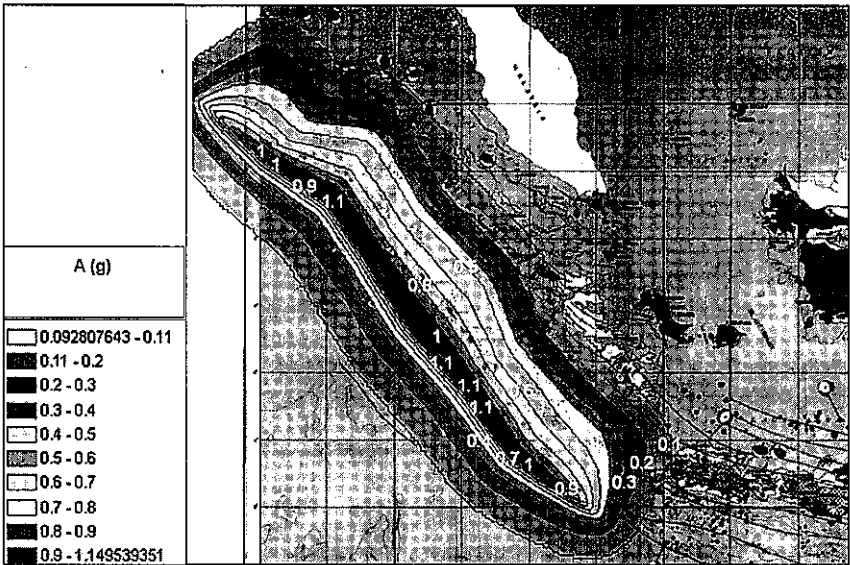
Metoda	Mekanisme	a	b	α	β	λ
Least square	Megathrust	4.88	0.78	11.23	1.79	9.82
Weichart		6.11	1.04	14.07	2.40	7.77
Kijko Sellevol		6.16	1.01	14.18	2.37	12.86
Least square	Benioff	6.29	1.07	14.49	2.47	8.51
Weichart		6.45	1.23	14.85	2.62	1.87
Kijko Sellevol		8.43	1.54	19.40	3.62	5.31
Least square	Fault Sumatra (Shallow crustal)	4.18	0.76	9.64	1.76	2.30
Weichart		3.79	0.78	8.72	1.80	0.75
Kijko Sellevol		2.40	0.52	5.53	1.20	0.63



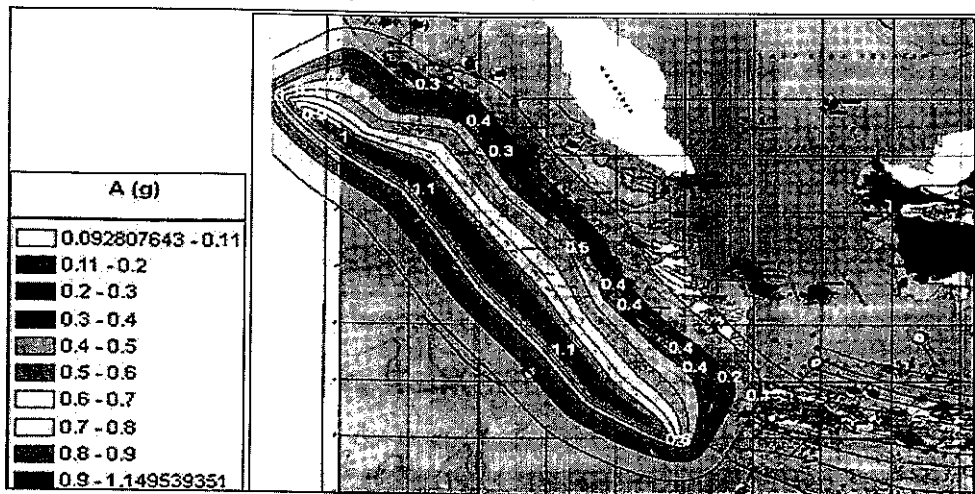
Gambar 11. Sumber gempa *software* PSHA⁵



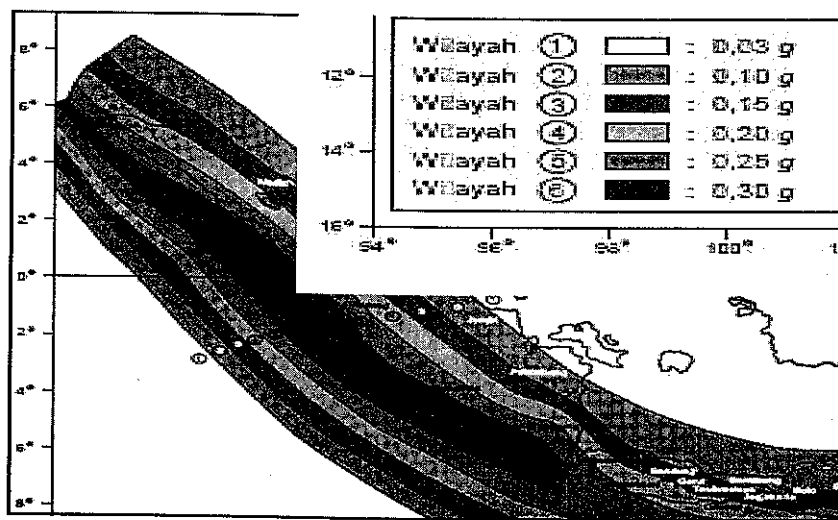
Gambar 12. Kontur percepatan akibat sumber gempa *fault* menggunakan *software* PSHA



Gambar 13. Kontur percepatan akibat sumber gempa subduksi menggunakan *software* PSHA



a) Peta percepatan gempa di batuan dasar periode ulang 500 tahun, sumber gempa gabungan (subduksi dan fault)



b) Peta percepatan gempa di batuan dasar periode ulang 500 tahun (SNI-1726-2002)

Gambar 14. Perbandingan peta gempa SNI dan peta gempa menggunakan *software* PSHA

Nilai b pada parameter ab menunjukkan tingkat kesesuaian metode yang dipergunakan. Jika nilai b mendekati 1, maka parameter tersebut cukup relevan untuk dipergunakan sebagai parameter *input software* PSHA. Berdasarkan evaluasi, parameter ab yang relevan untuk mekanisme *megathrust* adalah parameter yang menggunakan metode Kijko Sellevol, untuk mekanisme *benioff* adalah metode *least square*, dan untuk mekanisme *fault* Sumatra adalah metode *weichart*.

Perhitungan Percepatan Gempa di Batuan Dasar

Software PSHA memiliki *input* sumber gempa berupa *background*, *fault*, dan subduksi seperti diperlihatkan pada Gambar 11 yang selanjutnya akan dipergunakan untuk

mendapatkan percepatan gelombang gempa maksimum di batuan dasar.

Atenuasi yang terdapat pada *software* PSHA berupa *Next Generation Attenuation* (NGA) yang digunakan oleh USGS dalam menghitung probabilitas resiko gempa. Percepatan gelombang gempa di batuan dasar menggunakan program PSHA dibuat berdasarkan kriteria periode ulang 500 tahun (umur bangunan = 50 tahun dan nilai resiko gempa = 10%), mengakomodasi sumber gempa *fault* dengan rentang *magnitude* $5 < Mw < 7,72$ dan kedalaman kejadian gempa 0–50km (lihat Gambar 12), sumber gempa subduksi (*Megathrust*) dengan rentang *magnitude* $7,5 < Mw < 9,0$ dan kedalaman kejadian gempa 0–50km serta *deep background* (*benioff*) dengan rentang *magnitude* $5 < Mw < 7,5$ dan kedalaman kejadian gempa 50–300km (lihat

Gambar 13). Peta percepatan di batuan dasar yang dihasilkan oleh *software* PSHA dan perbandingannya terhadap SNI-1726-2002 dapat dilihat pada Gambar 14.

Gambar 12 memperlihatkan nilai percepatan gempa maksimum di *fault* Sumatra adalah 0,30g yang mengecil seiring jarak terhadap *fault* tersebut. Area pengaruh percepatan gempa akibat *fault* Sumatra $\pm$ 42km dari posisi *fault*.

Gambar 13 memperlihatkan nilai percepatan gempa maksimum di subduksi Sumatra dengan area pengaruh yang semakin membesar ke arah Pulau Sumatra dengan jarak pengaruh $\pm$ 425km.

Perbandingan antara peta percepatan gempa dari Gambar 14a dan 14b menunjukkan adanya peningkatan nilai percepatan gempa yang cukup signifikan pada beberapa wilayah gempa. Misalnya, pada Gambar 14b terlihat bahwa wilayah 3 memiliki nilai percepatan gempa maksimum di batuan dasar sebesar 0,15g, sedangkan pada Gambar 14a terlihat bahwa nilai percepatan gempa maksimum di batuan dasar adalah 0,20g. Demikian pula pada wilayah 4 dan 5, terdapat selisih nilai percepatan gempa di batuan dasar berkisar antara 0,10g hingga 0,20g.

KESIMPULAN

Perbandingan antara peta percepatan gempa Sumatra menggunakan *software* PSHA dan SNI-1726-2002 menunjukkan adanya peningkatan nilai percepatan gempa yang cukup signifikan pada beberapa wilayah gempa, misal pada wilayah 3, 4, dan 5, terdapat selisih nilai

percepatan gempa di batuan dasar berkisar antara 0,05 hingga 0,2. Hal ini menunjukkan perlunya kajian lebih lanjut terhadap peta gempa Indonesia (SNI-1726-2002) karena pengaruh katalog gempa hingga tahun 2007 dan permodelan numerik sumber gempa 3D dapat meningkatkan percepatan gelombang gempa di batuan dasar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada M Asrurifak atas bantuannya dalam mengatasi masalah *input coding* di program PSHA dan kepada Prof. Dr. Masno Ginting, M.Sc. sebagai pembimbing penulisan karya tulis ilmiah atas masukan dan bimbingannya selama penyusunan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹World Tectonic Plate. 2008. (<http://www.johomaps.com/world/worldtecton.html>, diakses tanggal 29 maret 2008).
- ²Danny N. 2000. "Neotectonic of the Sumatran fault, Indonesia". *Journal of Geophysical Research*, 105 (B12): 28,295–28,326. December 10, 2000.
- ³SNI-1726-2002. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- ⁴Earthquake Database. 2008. (<http://earthquake.usgs.gov/research/topics.php?areaID=13>, diakses tanggal 29 maret 2008).
- ⁵M Asrurifak. 2007. "Draft dokumen metode penggunaan *hazard software*". Bandung: Institut Teknologi Bandung.