

KAJIAN TERHADAP INDEK BAHAYA SEISMİK REGIONAL RATA-RATA SUMATERA BARAT

Daz Edwiza

Laboratorium Geofisika Jurusan Teknik Sipil Unand

ABSTRAK

Kajian terhadap kegempaan suatu wilayah sangat diperlukan dalam perencanaan pekerjaan Sipil, terutama di daerah rawan gempa seperti Sumatera barat. Untuk itu telah dilakukan penelitian tentang Pembagian daerah gempa berdasarkan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR) di Sumatera Barat dan sekitarnya. Harga IBSRR terbesar terdapat di Kepulauan Mentawai, yaitu $7,50 \pm 0,82$ dan yang terkecil adalah di Kabupaten 50 Kota yaitu $6,34 \pm 0,20$. Harga deviasi standarnya menunjukkan pergeseran harga IBSRR di tiap daerah. Daerah dengan harga IBSRR yang besar merupakan daerah yang mempunyai tingkat seismisitas yang tinggi, dalam hal ini adalah Kepulauan Mentawai.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Letak geografi Indonesia yang membujur dari 94° - 141° BT dan 6° LU- 11° LS merupakan negara kepulauan dengan tingkat kegempaan tinggi karena terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik yang bergerak satu sama lainnya, yaitu; 1) lempeng Indo-Australia yang bergeser ke utara, 2) lempeng Pasifik yang bergerak ke barat, 3) lempeng Asia Tenggara yang bergerak relatif ke selatan. Lokasi aktif gempa secara sepintas sudah dapat dipastikan berada di perbatasan antar lempeng tektonik tersebut, namun efeknya bisa dirasakan pada jarak tertentu bergantung pada atenuasi energi dan geologi setempat. Kondisi lingkungan alam ini membuat Indonesia sering dilanda bencana gempa bumi yang semakin hari semakin meningkat kuantitasnya.

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk sudah tentu harus diikuti oleh pembangunan aktivitas lainnya seperti daerah pemukiman, perkotaan, dan wilayah industri. Sumatera Barat sebagai suatu wilayah yang memiliki barisan gunung api aktif dan dilalui oleh jalur tektonik aktif sudah perlunya juga menyikapi laju perkembangan tersebut agar terlaksana apa yang direncanakan dengan baik, diantaranya dengan mempertimbangkan faktor resiko akibat gempa tektonik dan gunung api.

Penanggulangan bencana gempa bumi pada dasarnya dapat dibagi dalam tiga cara, yaitu:

1. Cara preventif, menyangkut usaha ke arah penyusunan peraturan bangunan tahan gempa (*building codes*) dengan memperhatikan pembagian daerah gempa (*seismic zoning/micro zoning*).
2. Cara represif, menyangkut usaha ke arah pertolongan korban pada saat terjadi gempa.
3. Cara peringatan (*warning*), menyangkut usaha ke arah peramalan gempa.

Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR) merupakan gambaran seismisitas yang dihitung berdasarkan frekuensi dan energi yang

dikeluarkan oleh gempa bumi. IBSRR merupakan cara yang simpel untuk memperkirakan bahaya seismik pada suatu tempat/daerah tertentu. Besarnya IBSRR di suatu daerah dapat langsung diinterpretasikan dengan besaran yang sama dengan satuan skala intensitas MMI (Modified Mercally Intensty), ketidaktepatan dari taksiran (range) dinyatakan oleh harga deviasi standarnya.

Pada umumnya setiap tempat mempunyai kekuatan gempa yang tidak sama, jadi diperlukan ukuran seismisitas dari tempat tersebut sebelum dilakukan perencanaan bangunan. Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang pembagian daerah gempa berdasarkan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata (IBSRR) di Sumatera Barat dan sekitarnya. Berdasarkan harga IBSRR ini diharapkan dapat memberikan gambaran langsung maupun tidak langsung terhadap dampak dari setiap gempa bumi di suatu lokasi, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengembangan pemukiman maupun industri, juga dalam menentukan jalur evakuasi bencana alam khususnya gempa bumi.

1.2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan Indeks Bahaya Seismik Kumulatif dan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata. Berdasarkan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata ini diadakan pembagian daerah gempa di Sumatera Barat dan sekitarnya, sehingga dapat diketahui daerah-daerah rawan gempa di daerah Sumatera Barat dan Sekitarnya.

2. DASAR TEORI

Penelitian mengenai energi gempa telah dilakukan dengan berbagai metode yang berbeda, seperti yang telah dilakukan oleh Prajuto (1983) dan Ibrahim.

Penelitian Prajuto menggunakan metode statistik untuk daerah Irian Jaya, perhitungan dan analisisnya dengan menggunakan rumus Gutenberg-Ritcher (1956), dan tidak meninjau faktor resiko gempa.

Sedangkan Ibrahim meninjau pelepasan energi dengan menggunakan rumus Bath (1958), sekaligus dikaitkan dengan Indeks Bahaya untuk daerah Jawa, Bali dan Madura. Sedangkan pada penelitian ini penulis menggunakan kedua rumusan tersebut baik Gutenberg-Ritcher maupun Bath, yang kemudian juga dilanjutkan dengan meninjau Indeks Bahayanya, hasil dari kedua metode kemudian dibandingkan, sehingga dapat ditentukan mana metode yang sesuai untuk daerah Sumatera Barat.

Dari penelitian Prajuto, diperoleh hasil bahwa energi total yang dilepaskan di daerah Irian Jaya adalah sebesar $62,21 \times 10^{23}$ erg, dengan perincian 85.8% dilepas pada kedalaman 30-40 km, 6.1% pada kedalaman 50-60 km. Dari hasil penelitian Ibrahim diperoleh harga Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR) terbesar terdapat di Jawa tengah bagian barat yaitu $8,84 \pm 0,80$ dan yang terkecil adalah di Jawa Barat bagian timur laut, yaitu $6,57 \pm 0,52$.

2.1 Susunan Bagian Dalam Bumi

Secara umum susunan bagian dalam bumi dibagi menjadi tiga, berturut-turut dari permukaan menuju ke bagian dalam bumi adalah: kerak bumi, mantel dan inti bumi. Antara mantel dan kerak bumi dan antara mantel dan inti bumi merupakan lapisan batas diskontinuitas yang berfungsi sebagai pembiasan dan pemantulan gelombang seismik.

1. Kerak Bumi

Kerak bumi atau *crust* merupakan lapisan paling atas dari susunan bumi dan sangat tipis dibanding dengan lapisan lainnya. Lapisan kerak bumi mempunyai ketebalan bervariasi antara 25 – 40 km di daratan dan bisa mencapai 70 km di bawah pegunungan, sedang di bawah samudra ketebalannya lebih tipis dan bisa mencapai 5 km. Antara kerak dan mantel terdapat lapisan diskontinuitas yang disebut lapisan Mohorovicic dan sering disebut dengan lapisan M atau Moho saja. Kecepatan gelombang longitudinal atau gelombang

kompresi pada lapisan ini berkisar antara 6,5 km/detik sampai 8 km/detik.

2. Mantel Bumi

Lapisan mantel bumi membujur ke dalam mulai dari lapisan moho sampai lapisan inti bumi pada kedalaman sekitar 2900 km. Mantel sebagian besar dipertimbangkan sebagai lapisan padat. Lapisan ini dapat dibagi dua bagian masing-masing mantel atas dan mantel bawah. Mantel atas membujur sampai kedalaman 1000 km di bawah permukaan. Kecepatan gelombang kompresi pada lapisan kulit bumi semakin ke bawah semakin besar, mulai dari sekitar 8 km/detik di bawah lapisan moho sampai sekitar 13,7 km/detik di perbatasan inti-mantel. Pada lapisan mantel tidak terdapat lapisan diskontinuitas yang berfungsi sebagai pembiasan dan pemantul gelombang seismik. Diskontinuitas dalam bumi disebabkan oleh perubahan susunan kimia dari material dalam bumi atau oleh perubahan fase dari material tersebut (padat ke tak padat, tak padat ke padat atau dua fase padat yang berbeda).

3. Inti Bumi

Inti bumi adalah lapisan yang paling dalam dari bumi. Lapisan ini diperkirakan mempunyai jari-jari 3500 km dan terdiri dari dua bagian, masing-masing inti luar (*outer core*) dan inti dalam (*inner core*). Lapisan inti luar membujur sampai kedalaman sekitar 5100 km di bawah permukaan bumi dan diperkirakan berupa fluida, karena dari catatan seismogram gelombang *shear* tidak teridentifikasi. Kecepatan gelombang kompresi pada lapisan inti luar naik sesuai kedalaman antara 8 – 10 km/detik, sedang pada lapisan inti dalam kecepatannya juga naik antara 10 – 13,7 km/detik. Pada inti dalam gelombang *shear* dapat teridentifikasi kembali sehingga diperkirakan tersusun dari material padat. Materi inti luar terdiri dari besi dan nikel dalam bentuk cair/fluida sedangkan inti dalam dengan materi yang sama dalam bentuk padat.

Tabel 2.1 Susunan Bagian Dalam Bumi

LAPISAN	KEDALAMAN (km)	VOLUME		MASSA		DENSITAS
		10^9 km^3	%	10^{12} kg	%	gr/cm^3
Kerak bumi	Perm.- moho	5,1	0,5	15	0,3	2,94
Mantel atas	Moho – 1000	429,1	39,6	1673	28,0	3,90
Mantel bawah	1000 – 2900	473,8	43,7	2415	40,4	5,10
Inti luar	2900 – 5100	166,4	15,4	1743	29,2	10,50
Inti dalam	5100 – 6370	8,6	0,8	125	2,1	14,53

Sumber : Subardjo, Pengantar Seismologi (2004)

2.2. Teori Tektonik Lempeng

Teori tektonik lempeng berawal dari pengamatan Alfred Wegener pada tahun 1915 tentang adanya kesimetrian bentuk antara pantai timur Amerika Selatan dengan pantai barat Afrika yang apabila didekatkan akan “melekat” menjadi satu kesatuan benua besar. Dari pengamatan tersebut lahirlah teori *Continental Drift* yang menyatakan bahwa pada sekitar 250 juta tahun yang lalu benua-benua yang ada sekarang ini pernah menjadi dua benua besar yang disebut *Pangea* dan *Gondwana*. Kemudian benua tersebut pecah menjadi benua-benua kecil dan bergerak pindah ke posisi seperti yang kita lihat sekarang. Selanjutnya, gagasan mengenai tektonik lempeng itu sendiri baru dikembangkan pada sekitar tahun 1968 oleh Morgan, Le Pichon, Mc Kenzie, dll.

Teori tektonik lempeng mengasumsikan bahwa interior bumi kita tersusun dari media yang berlapis-lapis. Teori ini juga mengasumsikan bahwa kerak bumi yang bersifat padat dan rigid seolah-olah mengapung di atas lapisan mantel bumi yang terdiri dari fluida kental. Dengan demikian kerak bumi akan selalu berada dalam keadaan tidak stabil.

Menurut teori tektonik lempeng, kerak bumi terpecah-pecah menjadi beberapa bagian yang kemudian disebut sebagai lempeng (*plate*) bumi. Di bumi ini terdapat enam Lempeng Besar (*Mega Plate*), yaitu; Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, Lempeng Amerika, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Afrika, dan Lempeng Antartika.

Pergerakan lempeng-lempeng tersebut menyebabkan adanya tumbukan, gesekan, atau gerak saling menjauhi pada lempeng-lempeng yang terletak berdekatan. Peristiwa pergerakan lempeng-lempeng semacam ini disebut sebagai aktivitas tektonik. Hasil dari aktivitas tektonik diantaranya berupa pembentukan pegunungan, lembah, dan gunung api serta terjadinya gempa dan tsunami yang terletak disepanjang bidang batas-batas lempeng tersebut. Dengan kata lain, batas-batas lempeng merupakan suatu daerah yang secara tektonik sangat aktif.

Pada daerah-daerah yang berada di sekitar lokasi pertemuan antar lempeng, umumnya dicirikan oleh aktivitas kegempaan dan vulkanisme yang kuat serta gerak-gerak tektonik yang aktif, hal ini dikarenakan pada pertemuan antar dua lempeng terjadi akumulasi energi/gaya-gaya. Kecepatan gerak lempeng-lempeng tersebut umumnya berkisar antara 0 -10 cm per tahun, atau maksimum sama dengan 100 km per 1 juta tahun (Morgan, 1968, Hamilton, 1970 dalam Yazid, M, 1999).

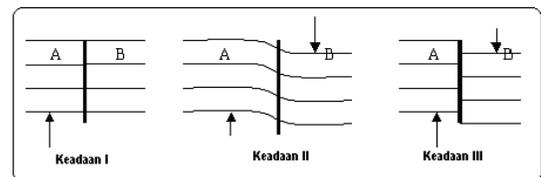
2.3. Proses Terjadinya Gempa

Gempa secara umum dapat diidentifikasi sebagai suatu getaran dalam bumi yang ditimbulkan oleh adanya gelombang seismik yang dipancarkan oleh suatu sumber energi elastik (sumber berada dalam bumi) yang dilepaskan secara tiba-tiba.

Getaran tersebut dapat dirasakan atau tidak oleh manusia di permukaan bumi tergantung pada besar kecilnya energi yang dilepaskan.

Gempa tektonik secara umum dapat didefinisikan sebagai gempa yang terjadi akibat adanya aktivitas tektonik, yaitu berupa pergerakan, pergeseran, dan tumbukan lempeng-lempeng yang ada di bumi. Proses terjadinya gempa tektonik secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut, misalkan dua lempeng yang berbatasan saling bergerak relatif terhadap sesamanya. Lempeng samudera yang rapat massanya lebih besar ketika bertumbukkan dengan lempeng benua di zona tumbukan (subduksi) akan menyusup ke bawah, pergerakan ini akan menimbulkan gesekan di sepanjang bidang batas kedua lempeng tersebut. Gesekan antara dua lempeng yang diasumsikan bersifat elastis, dapat menimbulkan energi yang disebut energi elastik. Kalau pergerakan terjadi terus menerus dalam jangka waktu yang lama akan terjadi akumulasi energi di zona subduksi dan zona patahan, Akibatnya di zona-zona itu terjadi tekanan, tarikan, dan geseran. Pada suatu kondisi tertentu dimana kondisi batuan tidak mampu lagi menahan gaya yang ditimbulkan oleh gerak relatif lempeng maka ia akan patah, yang diikuti oleh lepasnya energi secara tiba-tiba. Proses ini menimbulkan getaran partikel ke segala arah baik ke permukaan maupun ke dalam inti bumi itu sendiri.

Mekanisme sumber gempa bumi ini juga dapat dijelaskan melalui teori *Elastic Rebound* yang dikembangkan oleh seorang ahli seismologi Amerika yang bernama Reid pada tahun 1906.



Gambar 2.5 Mekanisme sumber gempa (F. Afiandi, Analisis Broadband Seismograph 3 Komponen dalam Rangka Penentuan Polarisasi Gelombang Gempa dan Vektor Strike DIP pada Gempa Padang (10 April 2005)

Keadaan I menunjukkan suatu lapisan yang belum terjadi perubahan bentuk geologi. Karena di dalam bumi terjadi gerakan yang terus-menerus, maka akan terdapat *stress* yang lama kelamaan akan terakumulasi dan mampu merubah bentuk geologi dari lapisan batuan.

Keadaan II menunjukkan suatu lapisan batuan telah mendapat dan mengandung *stress* dimana telah terjadi perubahan bentuk geologi. Untuk daerah A mendapat *stress* ke atas, sedang daerah B mendapat *stress* ke bawah. Proses ini berjalan terus sampai *stress* yang terjadi (dikandung) di daerah ini cukup besar untuk merubahnya menjadi gesekan antara daerah A dan daerah B. Lama kelamaan karena lapisan batuan sudah tidak mampu lagi untuk

menahan *stress*, maka akan terjadi suatu pergerakan yang tiba-tiba sehingga terjadilah patahan. Peristiwa pergerakan secara tiba-tiba ini disebut gempa bumi.

Keadaan III menunjukkan lapisan batuan yang sudah patah, karena adanya pergerakan tiba-tiba dari batuan tersebut. Gerakan perlahan-lahan sesar ini akan berjalan terus, sehingga seluruh proses di atas akan berulang lagi dan sebuah gempa akan terjadi lagi setelah beberapa waktu lamanya, demikian seterusnya. Teori Reid ini dikenal dengan nama "*Elastic Rebound Theory*".

2.4 Energi Gempa Bumi

Berdasarkan bentuk energi yang dilepaskan saat terjadinya gempa bumi antara lain energi deformasi gelombang. Energi deformasi dapat dilihat pada perubahan bentuk volume sesudah terjadinya gempa bumi, misalnya tanah naik, tanah turun, pergeseran batuan, dan lain-lain. Sedangkan energi gelombang akan menggetarkan medium elastis di sekitarnya dan akan menjalar ke seluruh arah.

Pemancaran energi gempa bumi dapat besar ataupun kecil, hal ini tergantung dari karakteristik batuan yang ada dan besarnya *stress* yang dikandung oleh suatu batuan pada suatu daerah. Pada suatu batuan yang rapuh (batuan yang heterogen), *stress* yang dikandung tidak besar karena langsung dilepaskan melalui terjadinya gempa-gempa kecil yang banyak. Sedangkan untuk batuan yang lebih alot (batuan yang homogen), gempa kecil tidak terjadi (jarang terjadi) sehingga *stress* yang dikandung sangat besar dan pada suatu saat batuannya tidak mampu lagi menahan *stress*, maka akan terjadi gempa dengan magnitudo yang besar.

Dengan kata lain untuk batuan yang lebih rapuh (heterogen), energi yang dikumpulkan tidak terlalu besar karena langsung dilepaskan dalam bentuk gelombang seismik, sedangkan untuk batuan yang lebih alot (homogen), energinya akan dikumpulkan dalam relatif lebih lama sehingga pada saat dilepaskan (karena batuan sudah tidak mampu lagi menahan *stress*), energinya sudah terkumpul dan gempa bumi yang terjadi akan dapat merusak segala benda yang ada dipermukaan.

Energi gempa bumi dapat ditaksir dari pengamatan makroseismik, tetapi biasanya tidak diperoleh hasil yang memadai. Gelombang seismik merupakan bentuk energi yang paling mudah dideteksi yaitu dengan cara pencatat alat. Menggunakan data ini kita dapat menaksir energi gempa bumi yang memadai. Ukuran besarnya energi gempa bumi ditentukan dengan hasil catatan amplitudo gelombang seismik yang dinyatakan dengan istilah magnitudo gempa bumi.

2.5. Hubungan Magnitudo Dan Energi Secara Empiris

Magnitudo gempa adalah parameter gempa yang berhubungan dengan besarnya kekuatan gempa di sumbernya. Jadi pengukuran magnitudo yang

dilakukan di tempat yang berbeda, harus menghasilkan harga yang sama walaupun gempa yang dirasakan di tempat-tempat tersebut tentu berbeda. Richter pada tahun 30-an memperkenalkan konsep magnitudo untuk ukuran kekuatan gempa di sumbernya. Satuan yang dipakai adalah skala Richter (*Richter Scale*), yang bersifat logaritmik. Pada umumnya magnitudo diukur berdasarkan amplitudo dan periode fasa gelombang tertentu

Penentuan magnitudo baik menggunakan gelombang badan (Mb), maupun gelombang permukaan (Ms) tidak menunjukkan skala yang sama. Secara historis MI, Ms, dan Mb dimaksudkan untuk mendapatkan titik temu satu sama lain, akan tetapi pada kenyataan penentuan secara terpisah menggambarkan ketidaksetaraan terutama antara Mb dan Ms.

Gutenberg dan Richter (1956) memperoleh hubungan antara Ms dan Mb, sebagai berikut:

$$M_b = 0,63 M_s + 2,5 \quad (2.6)$$

Magnitudo badan (Mb) didefinisikan berdasarkan catatan amplitudo dari gelombang primer yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Sedangkan magnitudo permukaan (Ms) didapatkan sebagai hasil pengukuran terhadap gelombang permukaan (surface waves). Untuk jarak $\Delta > 600$ km seismogram periode panjang (long-period seismogram) dari gempa bumi dangkal didominasi oleh gelombang permukaan. Gelombang ini biasanya mempunyai periode sekitar 20 detik. Amplitude gelombang permukaan sangat tergantung pada jarak Δ dan kedalaman sumber gempa h .

Kemudian Bath, pada tahun yang sama menyatakan bahwa:

$$M_b = 0,61 M_s + 2,7 \quad (2.7)$$

Sedangkan Karnik, Venek, dan Zotopek pada tahun 1957 menyatakan bahwa:

$$M_b = 0,61 M_s + 2,7 \quad (2.8)$$

Adanya kenyataan di atas, maka Gutenberg memperkenalkan penyeragaman nilai magnitudo yang dikenal dengan "*United Magnitude*" sebagai rata-rata dari nilai Mb dan Ms. Dengan nilai magnitudo tersebut diperoleh hubungan antara energi terhadap magnitudo sebagai berikut:

$$\log E = 5,8 + 2,4 M \quad (2.9)$$

dengan

E : energi dipusat gempa, dalam erg

M : magnitudo

Sedangkan rumusan energi secara terpisah yang disetujui secara Internasional dipilih rumusan dari Bath yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\log E = 5,78 + 2,48 M_b (\text{untuk gelombang badan}) \quad (2.10)$$

$$\text{Log } E = 12,24 + 1,44 \text{ Ms (untuk gelombang permukaan)} \quad (2.11)$$

Rumusan yang asli dari Gutenberg dan Richter (1942):

$$\text{Log } E = 11,3 + 1,8 \text{ Ms} \quad (2.12)$$

2.6 Intensitas Gempa Bumi

Intensitas bukan merupakan parameter gempa bumi, tetapi dapat menggambarkan atau mengungkapkan magnitudo gempa bumi secara tepat. Apabila magnitudo dihitung berdasarkan rekaman pada instrumen maka intensitas berdasarkan atas akibat langsung dari gempa bumi atau dengan perkataan lain, intensitas adalah skala yang dibuat untuk menggambarkan secara langsung kekuatan gempa bumi dan pengaruh terhadap bangunan, topografi dan sebagainya, yang pada umumnya disebut sebagai efek makro.

Magnitudo mempunyai sebuah harga untuk suatu gempa bumi, tetapi intensitas akan berubah dengan perubahan tempat. Intensitas yang terbesar (maksimum) terdapat di daerah episenter, dan dari daerah tersebut pada umumnya akan menurun atau berkurang terhadap jarak ke segala jurusan.

Skala intensitas yang pertama kali adalah *skala intensitas Rossi-Farrel*, yang mempunyai 10 (sepuluh) derajat skala. Tetapi karena skala tersebut tidak memperlihatkan pembagian yang baik untuk gempa-gempa bumi yang kuat/ merusak, maka kemudian diganti dengan 12 (dua belas) derajat skala, hal ini pun masih tergantung pada para pembuatnya, misalnya: skala Mercalli, skala Sierberg, dan sebagainya. Kemudian diperbaiki oleh Wood dan Neumann di Amerika pada tahun 1913, dan kemudian disebut *skala Modified Mercalli (skala MMI)* Perubahan lain juga dibuat oleh Richter dan menamakan hasilnya sebagai *skala intensitas Modified Mercalli Versi 1956*. Perubahan terakhir dibuat oleh Med Veden, Sponheuer beserta Karnik dan dinamakan *skala intensitas MSK* tahun 1964.

Apabila pusat gempa bumi terjadi pada suatu kedalaman tertentu, maka pengaruh intensitas akan lebih kecil jika menjauhi episenter, dibandingkan apabila pusat gempa bumi lebih dangkal. Intensitas ini tergantung pada banyak faktor diantaranya magnitudo gempa, hiposenter, kondisi tanah dan keadaan lingkungan. Tingkat intensitas gempa bumi dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Magnitudo, efek karakteristik, frekuensi dan skala MMI gempa bumi.

Magnitudo (Skala Richter)	Efek karakteristik guncangan skala pada daerah berpenduduk	Jumlah per tahun	Skala Intensitas Modified Mercalli (MMI)
<3,4	Hanya terekam oleh seismograf	800.000	I
3,5-4,2	Dirasakan oleh beberapa orang	30.000	II dan III
4,3-4,8	Dirasakan oleh banyak orang	4.800	IV
4,9-5,4	Dirasakan oleh setiap orang	1.400	V
5,5-6,1	Kerusakan bangunan kecil	500	VI dan VII
6,2-6,9	Kerusakan banyak bangunan	100	VIII dan IX
7,0-7,3	Kerusakan serius, jembatan-jembatan terpuntir, tembok-tembok retak	15	X
7,4-7,9	Kerusakan besar, bangunan-bangunan ambruk	4	XI
>8,0	Kerusakan total, gelombang-gelombang terasa di permukaan tanah, benda-benda terlempar	Satu kali dalam 5-10 tahun	XII

Sumber : Skinner dan Porter (1992:418)

2.7 Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR)

Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR) merupakan gambaran seismisitas yang dihitung berdasarkan frekuensi dan energi yang dikeluarkan oleh gempa bumi. IBSRR merupakan cara yang simpel untuk memperkirakan bahaya seismik pada suatu tempat/daerah tertentu. Besarnya IBSRR di suatu daerah dapat langsung diinterpretasikan dengan besaran yang sama dengan satuan skala intensitas MMI (*Modified Mercalli Intensity*), ketidaktepatan dari taksiran (range) dinyatakan oleh harga deviasi standarnya.

Untuk mendapatkan gambaran seismik yang baik, idealnya diperlukan interval waktu pengamatan yang sesuai dengan periode ulang. Harga IBSRR ada hubungannya dengan keadaan tanah setempat karena perhitungannya berdasarkan pada kerusakan yang dialami di tempat tersebut (intensitas)

Dengan mengetahui bahaya seismik di suatu tempat, maka dapat disesuaikan kekuatan bangunan yang akan dibangun terhadap kekuatan gempa bumi yang terjadi di daerah tersebut.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Data dan Metode Pengolahan

Penelitian ini dimulai sejak bulan Oktober 2005 sampai Februari 2006 yang dilaksanakan di :

1. Kantor Badan Meteorologi dan Geofisika Padang Panjang Jl. Sutan Syahrir Padang Panjang Sumatera Barat.
2. Stasiun BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Lubuk Mata Kucing Padang Panjang Sumatera Barat.

Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data parameter-parameter gempa yaitu lokasi episenter, kedalaman gempa dan magnitudo gempa yang tercatat dari tahun 1955 sampai dengan 2005 sebanyak 228 data gempa di daerah Sumatera Barat dan sekitarnya pada posisi $1,0^{\circ}$ LU sampai $3,5^{\circ}$ LS dan $95,5^{\circ}$ BT sampai $102,0^{\circ}$ BT.

Digunakan untuk menjalankan *software MapInfo* dan untuk analisa dan pengolahan data-data seismisitas. Spesifikasi PC yang digunakan adalah PC dengan *processor* Intel Pentium III 864 MHz dengan RAM (*Randomized Access Memory*) 256 Mb (32-bit) dengan *Operation System Windows XP Professional SP2*.

Digunakan untuk melakukan pemetaan daerah rawan gempa berdasarkan sebaran episenter, magnitudo, dan akumulasi energi daerah Sumatera Barat dan sekitarnya. *Software* ini didukung dengan perangkat keras PC minimal dengan *processor* 32-bit, RAM 64 Mb ke atas dan *free space Harddisc* 1 GB.

Penelitian ini dilakukan dengan empat tahap, yaitu :

1. Pengumpulan data gempa.

Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data parameter-parameter gempa yaitu lokasi episenter, kedalaman gempa dan magnitudo gempa yang tercatat dari tahun 1955 sampai dengan 2005 sebanyak 228 data gempa di daerah Sumatera Barat dan sekitarnya pada posisi $1,0^{\circ}$ LU sampai $3,5^{\circ}$ LS dan $95,5^{\circ}$ BT sampai $102,0^{\circ}$ BT. Data ini diperoleh dari hasil rekaman *broadband* seismograf 3 komponen BMG Padang Panjang.

2. Pengolahan data gempa.

Tahap-tahap pengolahan data gempa adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan daerah penelitian dengan cara membatasi data gempa yang episenternya terletak pada bujur dan lintang daerah Sumatera Barat dan sekitarnya.
- b. Mengumpulkan data gempa dengan magnitudo $M \geq 5$ SR.

3.2 Metode Analisis Data

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data katalog gempa. Gempa - gempa yang dikaji pada tugas akhir ini terbatas pada data gempa-gempa dangkal ($h \leq 60$ km) dan menengah ($60-300$ km) yang terjadi di daerah Sumatera Barat dan sekitarnya dengan magnitudo ≤ 5.0 SR. Data dari katalog gempa berupa posisi episenter, kedalaman dan magnitudo gempa untuk daerah Sumatera Barat dan sekitarnya.

Data katalog gempa diperoleh dari katalog BMG Padang Panjang dalam kurun waktu dari 1955-2005, untuk daerah pada koordinat $3,5^{\circ}$ LS – $1,0^{\circ}$ LU dan $95,5^{\circ}$ BT – $102,0^{\circ}$ BT.

Energi kumulatif gempa yang diperoleh merupakan hasil akumulasi energi seluruh kejadian

gempa yang tercatat dalam periode pengamatan 50 tahun dengan magnitudo ≥ 5 serta kedalaman ≤ 65 km. Dari data ini akan terlihat kecenderungan kejadian gempa dalam kurun waktu tertentu. Hubungan antara energi gempa di fokusnya dengan besarnya magnitudo gempa dihitung dengan rumus Bath (1958):

$$\text{Log } E = 12,24 + 1,44M \quad (E \text{ dalam Erg})$$

Dengan memakai rumus tersebut dihitung besarnya energi total yang telah dilepaskan dalam daerah setiap luas $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ dalam Erg.

Indeks Bahaya Seismik Kumulatif (IBSK)

Indeks bahaya seismik kumulatif adalah logaritma dari jumlah energi seismik yang pernah terjadi di suatu tempat. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{IBSK} = \text{Log } \sum_{n=1}^N E_n$$

Dengan E_n = energi dari suatu gempa bumi

Harga IBSK dihitung untuk tiap bujur sangkar $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ dengan menggunakan data gempa bumi yang terjadi dari tahun 1965 sampai tahun 2005. Untuk satu gempa bumi, maka harga IBSK pada suatu tempat sama dengan harga intensitas MMI di tempat tersebut.

Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata (IBSRR)

Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata (IBSRR) adalah harga rata-rata dari IBSK di suatu daerah dalam selang pengamatan tertentu.

$$\text{IBSRR} = \frac{1}{A} \sum_{a=1}^A \frac{\text{IBSK}_a}{T}$$

Dengan A : jumlah IBSK di daerah tersebut

IBSK_a : harga IBSK ditempat ke a

T : interval waktu pengamatan

Untuk mendapatkan gambaran kegiatan seismik yang baik, idealnya diperlukan interval waktu pengamatan yang sesuai dengan periode ulang gempa. Harga IBSRR ini berhubungan dengan keadaan tanah setempat, karena perhitungannya berdasarkan kerusakan yang dialami ditempat tersebut.

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat hasil perhitungan harga IBSRR dan deviasi standarnya untuk tiap daerah gempa. Panjang garis merupakan dua kali harga deviasi standar, yang merupakan pergeseran dari harga IBSRR untuk tiap daerah tersebut. Berdasarkan harga IBSRR ini lalu diadakan pembagian daerah gempa di wilayah Sumatera Barat, kemudian membandingkan harga IBSRR pada tiap-tiap daerah. Daerah dengan harga IBSRR yang besar, merupakan daerah yang mempunyai tingkat seismisitas yang tinggi. Karakteristik dari IBSRR memungkinkan untuk memperkirakan bahaya seismik secara langsung karena dibuat dengan pengambilan harga rata-rata dari jumlah energi seismik yang pernah terjadi di daerah

tersebut, dan besarnya dinyatakan dengan satuan yang sama dengan intensitas (MMI).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Daerah yang akan ditentukan nilai Indeks Bahaya Seismik Kumulatif (IBSK) dan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR) adalah Sumatera barat dan sekitarnya yang terletak pada 3,5° LS – 1,0° LU dan 95,5° BT – 102,0° BT. Berdasarkan penelitian, diperoleh data-data koordinat episenter Sumatera Barat dan sekitarnya, kedalaman sumber gempa (h), magnitudo (Mag) dan magnitudo permukaan (Ms), seperti yang terdapat pada lampiran 1. Dari data-data tersebut dapat

ditentukan harga IBSK dan IBSRR seperti yang terdapat dalam tabel berikut ini :

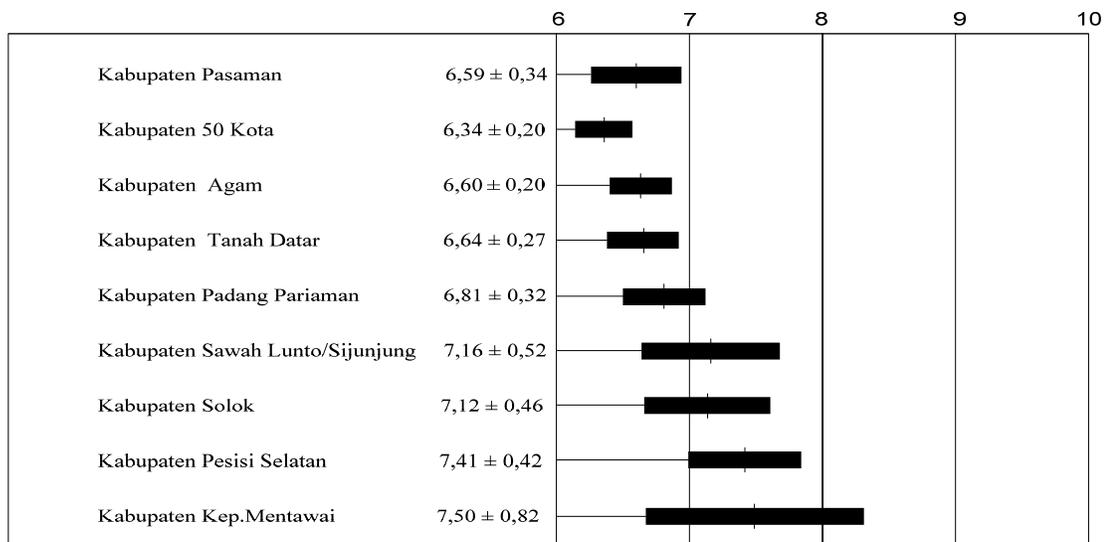
Tabel 4.1 Harga IBSK di Sumatera Barat dan Sekitarnya

No	Daerah	Jumlah IBSK	Terdiri dari Blok	Σ IBSK
1	Pasaman	6	B, D, E, F, I, J	40
2	50 Kota	3	E, J, K	19
3	Agam	3	I, J, K	20
4	Padang Pariaman	5	I, J, O, P, U	34
5	Sawahlunto/ Sijunjung	3	K, P, Q	21
6	Tanah Datar	4	J, K, O, P	27
7	Solok	4	O, P, Q, V	28
8	Pesisir Selatan	5	U, V, Z, γ, ε	37
9	Mentawai	8	L, R, S, W, X, α, β, X3	60

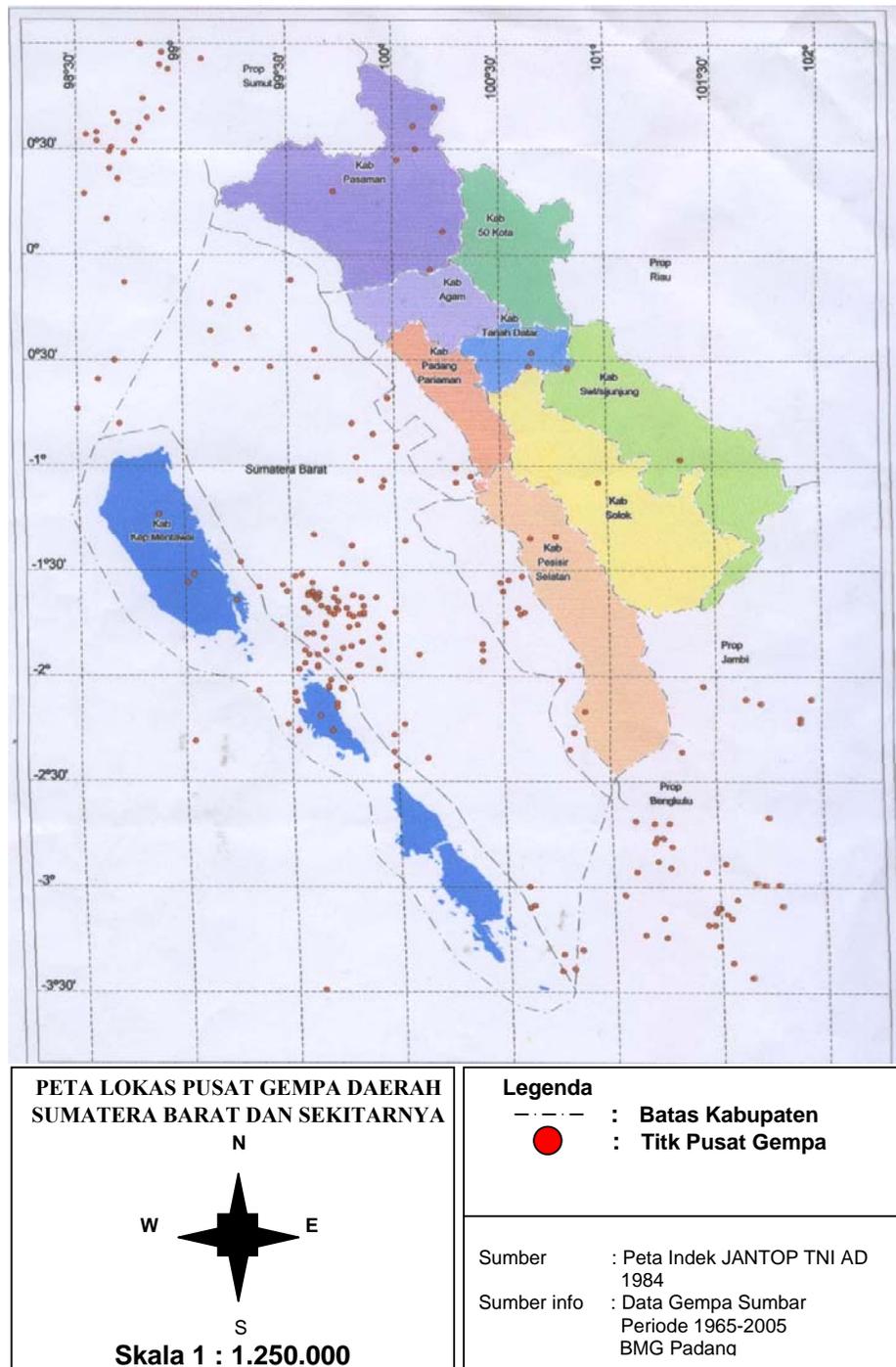
Tabel 4.2 Harga IBSRR di Sumatera Barat dan Sekitarnya

No	Daerah	IBSRR	Standar Deviasi
1	Pasaman	6,59	0,34
2	50 Kota	6,34	0,20
3	Agam	6,60	0,20
4	Padang Pariaman	6,81	0,32
5	Sawahlunto/ Sijunjung	7,16	0,52
6	Tanah Datar	6,64	0,27
7	Solok	7,12	0,46
8	Pesisir Selatan	7,41	0,42
9	Mentawai	7,50	0,82

Tabel 4.3 Pembagian Daerah Gempa di Sumatera Barat dan Sekitarnya berdasarkan IBSRR



Selanjutnya didapatkan peta IBSRR dan pembagian daerah gempa berdasarkan harga IBSRR di Sumatera Barat dan sekitarnya, sebagai berikut.



Gambar 4.2 Peta lokasi pusat gempa dan IBSRR daerah Sumatera Barat dan sekitarnya

4.2. PEMBAHASAN

Dari data kegiatan gempa bumi tahun 1965 sampai dengan tahun 2005 diperoleh gambaran untuk menunjukkan seismisitas di Propinsi Sumatera

Barat berdasarkan IBSRR. Pembagian daerah gempa tersebut adalah :

1. Kabupaten Pasaman (IBSRR = $6,59 \pm 0,34$)

Gempa bumi yang terutama mempengaruhi daerah ini adalah gempa menengah, sumber

- gempa berada di darat. Harga IBSRR di sini 6,59 dan deviasi standarnya kecil, bahaya seismik di daerah ini mencapai 6,93.
2. Kabupaten 50 Kota (IBSR = $6,34 \pm 0,20$)
 Harga IBSRR yang kecil disebabkan pusat gempa tidak berada tepat di daerah ini, melainkan hanya pengaruh dari gempa-gempa yang terjadi di daerah pasaman, dan Tanah Datar, sehingga bahaya seismik di daerah ini kecil. Harga IBSRR di sini merupakan harga yang terendah di Sumatera Barat. Deviasi standarnya 0,20 sehingga harga IBSRR tertinggi yang dapat di capai di sini adalah 6,54.
 3. Kabupaten Agam (IBSRR = $6,60 \pm 0,20$)
 Gempa bumi yang mempengaruhi daerah ini pada umumnya gempa dangkal. Gempa di sini dipengaruhi oleh sumber gempa yang berada di darat, yaitu gempa vulkanik yang berasal dari gunung Merapi dan gempa yang berasal dari pergeseran lempeng Sumatera. Selain itu gempa di daerah ini juga dipengaruhi oleh gempa yang berpusat di laut. Harga IBSRR dan standar deviasinya kecil, sehingga bahaya seismik di daerah ini juga kecil
 4. Kabupaten Tanah Datar (IBSRR = $6,64 \pm 0,27$)
 Gempa bumi yang mempengaruhi daerah ini adalah bersumber pada gempa yang berasal dari darat, yaitu berasal dari pergeseran patahan (retakan) Sumatera. Deviasi standarnya adalah 0,27 dan harga IBSRR berkisar antara 6,37 sampai 6,91.
 5. Kabupaten Padang Pariaman (IBSRR = $6,81 \pm 0,32$)
 Sumber gempa pada daerah ini berasal dari laut dan tergolong pada gempa menengah. Harga deviasi standarnya adalah 0,32 dan bahaya seismik di daerah ini adalah 7,13.
 6. Kabupaten Sawah Lunto Sijunjung (IBSRR = $7,16 \pm 0,52$)
 Gempa yang mempengaruhi daerah ini adalah gempa menengah, sumber gempa berada di daratan, yaitu gempa vulkanik atau gempa yang berasal dari pergeseran retakan (patahan Sumatera). Harga deviasi standarnya adalah 0,52, sehingga bahaya seismiknya bisa mencapai 7,68.
 7. Kabupaten Solok (IBSRR = $7,12 \pm 0,46$)
 Harga IBSRR di sini sebagian besar disebabkan oleh gempa bumi yang terjadi di sebelah baratnya yaitu di daerah pesisir, yang pada umumnya merupakan gempa menengah. Di daerah ini juga dilalui oleh sesar singkarak yang bergerak ke utara dengan kecepatan 19 mm/tahun. Bahaya seismik di daerah ini bisa mencapai 7,58. Selain gempa bumi yang disebabkan oleh pergeseran lapisan bumi, gempa di daerah ini juga disebabkan akibat pergerakan magma yang berasal dari gunung berapi (gunung Talang) atau biasa disebut dengan gempa vulkanik.
 8. Kabupaten Pesisir Selatan (IBSRR = $7,41 \pm 0,42$)
 Gempa bumi yang mempengaruhi daerah ini umumnya gempa dangkal dan menengah. Pusat gempa tersebar di daratan dan di lautan. Deviasi standarnya adalah 0,42, sehingga harga IBSRR tertinggi yang dapat dicapai di daerah ini adalah 7,83.
 9. Kabupaten Kepulauan Mentawai (IBSRR = $7,50 \pm 0,82$)
 Daerah ini mempunyai nilai IBSRR tertinggi di Sumatera Barat. Sumber gempa yang mempengaruhinya terutama terdapat di zona subduksi lempeng yang terletak di bawah Kepulauan Mentawai. Harga IBSRR di sini 7,50 dan deviasi standarnya besar karena gempa bumi dangkal sering terjadi di daerah ini. Dengan demikian maka bahaya seismik di daerah ini bisa mencapai 8,32. Zona ini mempunyai potensi gempa yang sangat tinggi sebagai generator gempa merusak. Dari Mentawai mendekati daratan Sumatera, pusat gempa semakin dalam.

4.2.1 Pusat Gempa Bumi di Sumatera Barat

Berdasarkan peta seismik daerah Sumatera Barat dan sekitarnya (lampiran 2), dilakukan beberapa analisa dan terlihat bahwa pusat-pusat gempa terdistribusi sebagian besar di daerah lautan, walaupun di darat juga terkonsentrasi pada daerah-daerah tertentu. Pusat gempa bumi di lautan adalah di laut sekitar kepulauan Mentawai. Sedangkan pusat gempa di daratan adalah di sepanjang retakan pulau Sumatera yang melewati danau Singkarak, danau Diatas dan Dibawah (di Kabupaten Solok) dan Danau Maninjau (Kabupaten Agam). Resiko yang ditimbulkan oleh gempa yang bersumber dari pergeseran patahan Sumatera ini juga cukup besar, seperti gempa yang terjadi di daerah Batusangkar pada tanggal 6 Maret 2007 kemarin ini.

Selain gempa yang diakibatkan oleh pergeseran lapisan bumi (tektonik) juga dapat terjadi gempa yang di akibatkan pergerakan magma yang keluar dari letusan gunung berapi, yang di sebut gempa vulkanik. Sumatera Barat memiliki sejumlah gunung berapi seperti Gunung Merapi yang terdapat di kab. Agam dan Gunung Talang yang terdapat di Solok. Namun gempa bumi yang terjadi di Sumatera Barat dan sekitarnya di dominasi oleh gempa tektonik.

Berdasarkan peta IBSRR terlihat bahwa kepulauan Mentawai mempunyai nilai IBSRR yang paling tinggi. Harga IBSRR di sini adalah $7,50 \pm 0,82$. Dengan demikian bahaya seismik di daerah ini dapat mencapai 8,32. Sedangkan nilai IBSRR yang terkecil terdapat di Kabupaten 50 Kota yaitu $6,34 \pm$

0,20, sehingga bahaya seismik tertinggi yang dapat dicapai di daerah ini adalah 6,54.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data-data yang diperoleh pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Harga IBSRR terbesar yang terdapat di daerah Sumatera Barat dan sekitarnya adalah di Kepulauan Mentawai, yaitu $7,50 \pm 0,82$ dan yang terkecil adalah di Kabupaten 50 Kota yaitu $6,34 \pm 0,20$. Daerah dengan harga IBSRR yang besar merupakan daerah yang mempunyai tingkat seismisitas yang tinggi, dalam hal ini adalah Kepulauan Mentawai.
2. Ketidakpastian dari taksiran (range) IBSRR dinyatakan oleh harga deviasi standarnya.
3. Berdasarkan data-data yang diperoleh dapat diketahui bahwa gempa bumi yang mempengaruhi daerah-daerah di Sumatera Barat adalah gempa dangkal dan sumber gempanya terdapat di darat dan di laut. Gempa dangkal merupakan gempa yang paling berbahaya, karena dengan magnitudo yang tidak seberapa besar akan dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup besar.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut :

1. Dengan mengetahui besarnya bahaya seismik di suatu tempat, maka bagi perencana bangunan dapat lebih menyesuaikan kekuatan bangunan yang akan dibangun terhadap kekuatan gempa bumi yang terjadi di daerah tersebut.
2. Untuk mendapatkan gambaran kegiatan seismik yang lebih baik, idealnya diperlukan interval waktu pengamatan yang lebih besar .

DAFTAR PUSTAKA

1. Bath M., 1973, *Introduction to Seismology* , John Willey & Sons, New York, Toronto.
2. Edwiza D., 1998, *Studi Mikroseismik dan Parameter Seismotektonik Gempa Regional Sumbar*, Laporan Penelitian dan Lembaga Penelitian Universitas Andalas, Padang.

3. Lilik H., Biyaksaim S., 1988, *Seismology*, Lab Geoteknik PAV- Ilmu Rekayasa ITB, Bandung.
4. Ma'muri., 2003, *Studi Magnitudo Durasi Stasiun-Stasiun Geofisika di Lingkungan Balai Wilayah III*, Tugas Akhir Program Diploma III Ahli Madya Meteorologi dan Geofisika Jurusan Geofisika AMG, Jakarta.
5. *Perkembangan Geodinamika Indonesia dalam Kaitannya dengan Geodinamika Regional*, <http://Publik.Geopangea.or.id/ekoteguh/articles/13.shtm>, 25 Agustus 2005.
6. Puspito Nanang T., 1997, *Seismologi dan Gempa Bumi*, Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Katholik Parahyangan, Bandung.
7. Sheriff RE., Geldart LP., 1982, *Exploration Seismology Vol 1, History, Theory & Data acquisition*, Cambridge University Press.
8. Yazid M., 1999, *Study Seismotektonik Pulau Bali dan Sekitarnya Berdasarkan Relokasi Hiposenter dan Solusi Bidang Sesar*, Skripsi Program Study Geofisika Jurusan Geofisika dan Meteorologi FMIPA ITB, Bandung.

BIODATA

Daz Edwiza adalah staf pengajar di jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNAND dalam matakuliah Geologi Rekayasa, Kepala Laboratorium Geofisika Jurusan Teknik Sipil. S1 Geofisika dan Meteorologi 1994 ITB, dan S2 Geofisika Terapan 1991, ITB.

Email: edwiza@ft.unand.ac.id