



UNIVERSITAS INDONESIA

**WILAYAH RISIKO BENCANA GEMPA BUMI
PADA JALUR PATAHAN SEMANGKO
DI KABUPATEN TANAH DATAR PROVINSI SUMATERA BARAT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

**KHAIRUL AMRI
0304060436**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
DEPOK
JULI 2010**

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Khairul Amri

NPM : 0304060436

Tanda Tangan : 

Tanggal : 16 Juli 2010

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Khairul Amri
NPM : 0304060436
Program Studi : Geografi
Judul Skripsi : Wilayah Risiko Bencana Gempa Bumi Pada Jalur Patahan
Semangko di Kabupaten Tanah Datar Provinsi Sumatera
Barat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Rohkmatuloh, M.Eng ()
Pembimbing : Drs. Frans Sitanala, MS ()
Penguji : Drs. Hari Kartono, MS ()
Penguji : Drs. Supriatna, MT ()
Penguji : Drs. Tjiong Giok Pin, M.Si ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 16 Juli 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah yang atas berkah dan rahmat-Nya saya bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul “Wilayah Risiko Gempa Bumi Pada Jalur Patahan Semangko di Kabupaten Tanah Datar Provinsi Sumatera Barat”. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Departemen Geografi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Rokhmatuloh, M.Eng dan Drs. Frans Sitanala, MS selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Drs. Hari Kartono, MS, Drs. Supriatna, MT, Drs. Tjiong Giok Pin, M.Si dan Dra. Ratna Saraswati, MS selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan atas kekurangan dalam skripsi ini;
3. Tito Latief Indra, M.Si, selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memantau perkembangan akademik penulis semasa kuliah;
4. Seluruh Keluarga Besar Geografi baik dosen maupun karyawan yang telah membimbing selama masa kuliah;
5. Kedua Orangtua (papa dan mama) serta kakak dan adik (ani dan fadhly) keluarga yang terus memberikan dukungan moril dan meteril
6. Drs. Jaya Murjaya, M.Si Kepala Bidang Bina Operasi Gempabumi dan Tsunami Sebagai Narasumber dalam penelitian ini

7. Ir. Heru Sri Naryanto, M.Eng Peneliti Utama Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Sebagai Narasumber dalam penelitian ini
8. Dr. Samsyu Rasid Dosen Geofisika FMIPA UI Sebagai Narasumber dalam penelitian ini
9. Robiana Rahayu, S.Si Staff Bidang Pengamatan Gempabumi dan Gerakan Tanah Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Sebagai Narasumber dalam penelitian ini
10. BAPPEDA Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat yang telah membantu penulis mendapatkan data kejadian gempa bumi di wilayah penelitian
11. Keluarga Besar Geografi 04 yang telah memberikan banyak kenangan indah selama masa-masa kuliah.
12. Terakhir kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini dan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, semoga tidak mengurangi rasa hormat dan terimakasih penulis;

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juli 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khairul Amri
NPM : 0304060436
Program studi : Geografi
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Wilayah Risiko Bencana Gempa Bumi Pada Jalur Patahan Semangko di Kabupaten Tanah Datar Provinsi Sumatera Barat

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 16 Juli 2010
Yang menyatakan



(Khairul Amri)

Abstrak

Nama : Khairul Amri
Program Studi : Geografi
Judul : Wilayah Risiko Bencana Gempa Bumi Pada Jalur Patahan
Semangko di Kabupaten Tanah Datar Provinsi Sumatera Barat

Sumber gempabumi di Sumatera Barat berasal dari laut dan darat. Gempabumi yang terjadi di darat dipengaruhi oleh pergerakan sesar aktif patahan Semangko. Kabupaten Tanah Datar berada di dua segmen patahan aktif Semangko sehingga memiliki intensitas gempabumi yang tinggi. Pada penelitian ini, mengemukakan wilayah risiko pada Kabupaten Tanah Datar dengan variabel percepatan gerakan tanah, distribusi kepadatan penduduk, kekerasan batuan, jarak dari patahan dan lereng. Tingkat risiko diperoleh dari pembobotan yang dilakukan variabel-variabel yang digunakan dengan metode Proses Hierarki Analisis (PHA). Wilayah risiko terbagi menjadi lima klasifikasi yaitu sangat tinggi berada di Kecamatan Limo Kaum, tinggi di Kecamatan Tanjung Emas, sedang di Kecamatan Sungai Tarab, rendah di Kecamatan X Koto, dan sangat rendah di Kecamatan Lintau Buo Utara.

Kata Kunci : Gempabumi, Proses Hirarki Analisis (PHA)

Abstract

Name : Khairul Amri
Study Program: Geography
Title : Earthquake Disaster Risk Region on Semangko Fault Line
in The Tanah Datar Districts Of West Sumatra Province

Earthquake source in western Sumatra originated from the sea and the land. The earthquake that occurred on land affected by the movement of active fault Semangko. Tanah Datar in the two active Semangko fault segments. So have a high earthquake intensity. In this study, suggests the risk areas in Tanah Datar with variable peak ground acceleration, population density, hardness of rock, the distance from fault and slope. Risk level is obtained from the weighted variables - variables used with the methods of Analysis Hierarchy Process (AHP). Risk region is divided into five classifications, that is very high in Limo Kaum Districts, high in Tanjung Emas Districts, medium in Sungai Tarab Districts, low in the X Koto Districts, and very low in the Lintau Buo Utara districts.

Keyword : Earthquake, Analytical Hierarchy Process (AHP)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR FOTO	xi
DAFTAR PETA	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Teori Tektonik Lempeng	7
2.2 Proses Terjadinya Gempa Bumi	9
2.2.1 Parameter Gempa bumi	11
2.3 Perhitungan Empiris Gempa Bumi	12
2.3.1 Intensitas Gempa Bumi	12
2.3.2 Peak Ground Acceleration (PGA)	13
2.4 Pengaruh Geologi Terhadap Risiko Bencana Gempa Bumi	15
2.4.1 Tipe – Tipe Sesar	17
2.5 Pengaruh Lereng Terhadap Risiko Bencana Gempa Bumi	18
2.6 Distribusi Kepadatan Penduduk	18
2.7 Penilaian Tingkat Risiko Gempa	19
2.7.1 Analisa dan Pembobotan Variabel Dengan Proses Hierarki Analisis (PHA)	21
2.7.2 Pembobotan tumpang susun (<i>weighted overlay</i>) untuk matriks risiko bencana gempa bumi	27
2.8 Penelitian Terdahulu	29
3. METODE PENELITIAN	33
3.1 Daerah Penelitian	33
3.2 Variabel Penelitian	33
3.3 Pengumpulan Data	33
3.4 Metode Perhitungan Nilai PGA	35

3.5 Tahap Pengumpulan Data Responden dan Pembobotan Resiko Bancana Gempa Bumi Menggunakan Proses Hierarki Analisis.....	36
3.5.1 Pembuatan Matriks Tingkat Resiko Gempa Bumi.....	37
3.6 Pengolahan Data.....	39
3.7 Analisis Data.....	41
3.8 Kerangka Pikir Penelitian.....	42
4. GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN.....	43
4.1 Administrasi Kabupaten Tanah Datar.....	43
4.2 Geologi Daerah Kabupaten Tanah Datar.....	43
4.2.1 Kondisi Sesar di Sumatera Barat.....	44
4.2.2 Stratigrafi dan Jenis Batuan.....	46
4.2.3 Kekerasan Batuan.....	50
4.3 Lereng Kabupaten Tanah Datar.....	53
4.4 Penduduk.....	55
4.5 Sejarah Kegempaan di Sumatera Barat.....	57
5. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	59
5.1 Nilai PGA Kabupaten Tanah Datar.....	59
5.2 Pembuatan zona risiko bencana gempa bumi.....	62
5.2.1 Pembobotan dan Pembuatan Matriks Tingkat Risiko Gempa Bumi.....	62
5.2.2 Zona Risiko Bencana Gempa Bumi Kabupaten Risiko.....	65
5.3 Analisis Risiko Bencana Gempa Bumi di Kabupaten Tanah Datar.....	66
6. KESIMPULAN.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Daerah Administrasi Tanah Datar	72
Lampiran 2. Hasil Penghitungan PHA dengan Software Expert Choice 2000	73
Lampiran 3. Contoh Kuisisioner PHA	74
Lampiran 4. Hasil Penghitungan pada Plugs-in AHP 1.1 di Software Arcgis 9.3...77	
Lampiran 5. Contoh Perhitungan PGA.....	78
Lampiran 6. Tabel Kerusakan Rumah pada Gempa Bumi 30 September 2009.	79
Lampiran 7. Tabel Kerusakan Fasilitas Umum pada Gempa Bumi 30 September 2009.....	82
Lampiran 8. Tabel Perhitungan PGA	84
Lampiran 9 Riwayat Kejadian Gempa Bumi merusak di Sumatera Barat	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Peta Lempeng Tektonik Dunia.....	8
Gambar 2	Pengaruh Jenis Batuan Terhadap Guncangan Tanah	16
Gambar 3	Ilustrasi Risiko	21
Gambar 4	Contoh pembobotan tumpang susun	28
Gambar 6	Hipotesis pergerakan sesar normal dari graben singkarak	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pairwise Comparison matrix.....	23
Tabel 2.2 Skala Banding dalam PHA	23
Tabel 2.3 Matriks Pendapat Gabungan (MPG)	25
Tabel 2.4 Nilai RI untuk Matriks Berukuran n (1-15)	27
Tabel 3.1 Nilai Skala Setiap Variabel risiko bencana gempa bumi	38
Tabel 4.1 Luas wilayah berdasarkan jarak dari patahan aktif	46
Tabel 4.2 Stratigrafi Daerah Kabupaten Tanah Datar.....	47
Tabel 4.3 Penyusun Batuan Berdasarkan Tingkat Kekerasan.....	52
Tabel 4.4 Luasan Berdasarkan Tingkat Kekerasan	53
Tabel 4.5 Luas Wilayah Kemiringan Tanah (Lereng) Kabupaten Tanah Datar	54
Tabel 4.6 Kepadatan Penduduk Perkecamatan Kabupaten Tanah Datar.....	55
Tabel 4.7 Luas Distribusi Kepadatan Penduduk Kabupaten Tanah Datar.....	56
Tabel 5.1 Nilai PGA Kabupaten Tanah Datar	60
Tabel 5.2 Nilai PGA Perkecamatan	60
Tabel 5.3 Hasil Perhitungan PHA dengan Software Expert Choice	62
Tabel 5.4 Matriks Resiko Bencana Gempa Bumi	64
Tabel 5.5 Luasan Wilayah Resiko Bencana Gempa Bumi	65
Tabel 5.6 Tingkat Resiko Gempa Bumi Perkecamatan.....	67

DAFTAR FOTO

Foto 1. Bangunan dengan Konstruksi Baik.....	68
Foto 2. Batuan Terobosan Pada kecamatan Batipuh Selatan...	69

DAFTAR PETA

Peta 1. Administrasi Kabupaten Tanah Datar.....	92
Peta 2. Sebaran Epicentrum Gempabumi Kabupaten Tanah Datar 1900 - 2009.	93
Peta 3a. Jenis Batuan Kabupaten Tanah Datar.....	94
Peta 3b. Kelompok Batuan Kabupaten Tanah Datar	95
Peta 4. Jarak dari Patahan Kabupaten Tanah Datar	96
Peta 5. Kepadatan Penduduk Kabupaten Tanah Datar.....	97
Peta 6. Lereng Kabupaten Tanah Datar	98
Peta 7a. Titik Penghitungan Nilai PGA Gempa Bumi 6 Maret 2007	99
Peta 7b. Nilai PGA Gempabumi 6 Maret 2007	100
Peta 8. Risiko Bencana Gempa Bumi Kabupaten Tanah Datar.....	101
Peta 9. Sebaran Korban Jiwa Gempa Bumi 6 Maret 2007.....	102
Peta 10. Sebaran Kerusakan Bangunan Gempa Bumi 6 Maret 2007.....	10

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa bumi adalah getaran yang dirasakan di permukaan bumi akibat adanya sumber – sumber getar yang terdapat di pusat bumi (Guswanto, 2005). Gempa bumi menyebabkan besarnya guncangan atau getaran yang beragam. Mulai dari yang sangat kecil, sehingga sulit dirasakan sampai kepada guncangan dahsyat sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh, yang mengakibatkan kerugian harta benda dan nyawa manusia. Sampai pada awal abad 21, Indonesia telah dilanda lebih dari 20 gempa merusak dan sebagian diantaranya diikuti oleh gelombang tsunami yang dahsyat (Naryanto, 2005)

Beberapa contoh gempa tersebut dalam 10 tahun terakhir adalah gempa Bengkulu tahun 2002, gempa Aceh di penghujung tahun 2004, gempa Nias di tahun 2005, menyusul di tahun berikutnya tahun 2006 berturut-turut gempa Yogyakarta dan gempa Pangandaran lalu pada tahun 2007 terjadi dua kali gempa di Sumatera Barat, yaitu pada bulan Maret di Solok dan pada bulan September di Mentawai. Kemudian pada tahun 2009, bencana gempa bumi terjadi kembali pada awal bulan September di Tasikmalaya, Jawa Barat lalu di akhir bulan September terjadi lagi di Padang, Sumatera Barat. Frekuensi kejadian gempa yang tinggi di Indonesia tersebut disebabkan posisi Indonesia yang terletak pada pertemuan tiga buah lempeng yang terus menerus bergerak, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Samudra Pasifik dan lempeng Eurasia (Triyono, 2007)

Bahaya (*hazards*) yang dapat ditimbulkan oleh peristiwa gempa dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam/kelompok: (1) bahaya deformasi patahan dipermukaan (*surface-rupture hazards*), (2). Bahaya guncangan gempa (*ground-motion hazards*), (3) bahaya ikutan (*secondary hazards*), yaitu gerakan tanah dan likuifaksi yang dipicu oleh getaran gempa, dan terjadinya tsunami apabila sumber gempanya di bawah laut. (Natawidjaja, 2008)

Bencana alam terfokus pada korban manusia beserta miliknya. Peristiwa alam yang ekstrim (tsunami setinggi 20 m misalnya) tidak masuk dalam kategori bencana alam apabila tidak menelan korban. Karena itu bencana alam bergantung pada dua faktor yang harus ada, yaitu peristiwa alam dan penduduk. (Fauzi, 2006)

Wilayah Sumatera merupakan wilayah yang sangat rentan terhadap gempa bumi. Gempa bumi yang terjadi di daerah Pulau Sumatera dan sekitarnya umumnya diakibatkan oleh pergeseran lempengan Asia Tenggara ke arah selatan dengan lempengan Australia ke arah Utara. Pertemuan kedua lempeng tersebut mengakibatkan munculnya sesar patahan aktif yaitu patahan Semangko. Sehingga sumber gempa bumi berasal dari laut dan darat. Gempa bumi yang terjadi di laut akibat tumbukan lempeng tektonik Indo-Australia dan lempeng Eurasia, sedangkan epicenter yang terjadi di darat, akibat dari pergeseran sesar Sumatera, yang ditunjukkan dengan banyaknya jumlah gempa yang terjadi di sepanjang sesar dan pada umumnya memiliki kedalaman yang dangkal. Dari kejadian gempa yang terjadi, beberapa diantaranya adalah gempa bumi besar yang merusak, yaitu gempa yang menimbulkan kerusakan pada suatu daerah (Triyono, 2007).

Dalam sejarah kegempaan di Sumatera Barat selama 100 tahun terakhir yang dihimpun oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), setidaknya telah terjadi 14 kali kejadian gempa bumi yang cukup besar dan merusak dan 5 diantaranya bersumber di daratan. Yaitu, pada tanggal 28 Juni 1926, di Padang Panjang terjadi gempa dengan kekuatan 6,5 Skala Richter dengan skala VIII – IX MMI, kejadian berikutnya pada tanggal 9 Juni 1943 dengan magnitudo 7,7 skala Richter disekitar Danau Singkarak. Kemudian pada tanggal 25 Januari 2003 di Agam dengan kekuatan 3,3 Skala Richter, lalu terjadi di Tanah Datar pada 16 Februari 2004 dengan kekuatan 5,6 Skala Richter, dan terakhir terjadi kembali pada 6 Maret 2007 dengan kekuatan 6,2 skala Richter. Kejadian gempa bumi merusak lainnya, terjadi 9 kali dengan epicentrum berada di laut. Kejadian bencana yang cukup besar terakhir kali terjadi pada tanggal

30 September 2009 dengan kekuatan 7.6 skala richter yang terjadi di laut pada kedalaman 71 Km.

Kabupaten Tanah Datar, merupakan daerah administratif Provinsi Sumatera Barat yang di lalui oleh jalur sistem patahan aktif semangko, yang merupakan tempat pertemuan jalur patahan segmen sumani dan segmen sianok. Hal ini mengakibatkan daerah Kabupten Tanah Datar sering dilanda bencana gempa bumi, terutama gempa bumi yang terjadi di darat. Selain itu, keberadaan jalur patahan aktif yang melalui kabupaten ini, mengakibatkan daerah ini juga ikut terpengaruh cukup besar terhadap gempa bumi yang terjadi di laut.

Kabupaten Tanah Datar merupakan daerah yang kaya akan wisata alam dan wisata budaya, sehingga pada daerah – daerah yang menjadi tujuan wisata berkembang dengan pesat dan memiliki tingkat kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Dengan kondisi demikian, sebagai daerah yang memiliki aktifitas gempa bumi cukup tinggi dan besarnya jumlah penduduk yang terdapat di dalamnya, maka diperlukan upaya pembuatan daerah risiko bencana gempa bumi. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kerugian dengan dampak yang seminimal mungkin sebagai upaya dalam melakukan mitigasi bencana. Dengan menentukan daerah bahaya dan rentan terhadap bencana gempa bumi, lalu melakukan analisis spatial pada daerah penelitian maka akan dihasilkan wilayah risiko bencana gempa bumi yang digunakan untuk melakukan analisis

1.2 Masalah

Berdasarkan latar belakang maka masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana sebaran wilayah risiko gempa bumi pada daerah Kabupaten Tanah Datar, yang berada pada jalur patahan aktif semangko?
2. Bagaimana hubungan wilayah risiko gempa bumi pada kabupaten tanah datar dengan fakta kejadian gempa bumi merusak yang terjadi di darat?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi wilayah risiko gempa bumi pada kabupaten Tanah Datar yang berada pada jalur patahan semangko. Dari wilayah risiko gempa bumi yang dihasilkan, untuk melakukan validasinya akan dilihat bagaimana hubungan dari wilayah risiko gempa bumi dengan fakta kejadian gempa bumi merusak yang terjadi di darat, yang terjadi pada jalur patahan semangko di Sumatera Barat.

1.4 Batasan

Dalam penelitian ini, adapun batasan – batasan yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Wilayah Risiko bencana gempa bumi dalam penelitian ini adalah sifat – sifat yang membedakan (sesuatu yang khas) dari daerah yang mengalami bencana gempa bumi berdasarkan tingkat bahaya (*Hazard*) dan kerentanan (*Vulnerability*). Wilayah Risiko yang dihasilkan adalah wilayah risiko sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah.
2. Bahaya (*Hazard*) Bahaya adalah suatu keadaan alam yang menimbulkan potensi terjadinya bencana. (Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana, 2007). bahaya yang dimaksud dalam penelitian ini adalah bahaya guncangan tanah (*ground shaking*) yang timbul akibat peristiwa gempa bumi yang di tunjukkan dengan nilai percepatan gerakan tanah (*Peak Ground Acceleration*)
3. Kerentanan (*Vulnerability*) adalah sekumpulan kondisi dan atau suatu akibat keadaan (faktor fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan) yang berpengaruh buruk terhadap upaya – upaya penanggulangan bencana (Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana, 2007).

4. Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat (Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana, 2007). Bencana yang dimaksud adalah bencana gempa bumi. Berbanding lurus dengan bahaya (Hazard) dan Kerentanan (Vulnerability).
5. Gempa bumi adalah getaran yang dirasakan di permukaan bumi akibat adanya sumber – sumber getar yang terdapat di pusat bumi (Guswanto, 2005). Data yang digunakan adalah data kejadian gempa bumi merusak pada tanggal 6 Maret 2007
6. Magnitudo adalah ukuran kekuatan gempa bumi, menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempa bumi terjadi dan merupakan hasil pengamatan seismograf. Magnitude menggunakan skala Richter (SR) (Ibrahim, 2005)
7. Model bahaya kegempaan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model empiris PGA Richter. Sebagai representasi dari bahaya guncangan tanah (*ground shaking*)
8. *Peak Ground Acceleration* (PGA) yang dimaksud adalah harga percepatan gelombang gempa bumi pada suatu daerah tertentu, dengan satuan cm/detik^2 atau gals (Boen, 1985 dalam Hidayat, 1997).
9. Gempa bumi merusak adalah kejadian gempa bumi yang menimbulkan korban jiwa dan kerusakan bangunan (Supartoyo, 2006).
10. Intensitas gempa adalah ukuran tingkat kerusakan akibat dari efek gempa pada suatu tempat, dinyatakan dalam skala MMI (Modified Mercalli Intensity) I sampai XII.
11. Segmentasi patahan gempa adalah peretakan pada jalur patahan aktif menjadi beberapa bagian atau segmen-segmen yang dianggap mewakili kekuatan (skala magnitudo) maximum dari karakteristik

gempa-gempa yang dapat terjadi di sepanjang jalur patahan. Terdapat 19 segmentasi pada jalur patahan semangko, 4 diantaranya terdapat di Sumatera Barat (Natawidjaja, 2007). Dalam penelitian ini, Kabupaten Tanah Datar terletak pada 2 segmen patahan aktif, yaitu segmen Sumani dan segmen Sianok

12. Metode *Cell Based Modelling* merupakan suatu metode analisis permodelan dengan menggunakan data raster sehingga pemetaan jarak dan pengelompokan variabel lebih mudah dilakukan secara cepat dan teratur pada setiap sel (ESRI, 2002)
13. *Analytical Hierarchy Process (AHP)* yaitu metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang memanfaatkan persepsi responden yang dianggap ahli sebagai input utamanya. Sehingga dihasilkan bobot masing-masing variabel yang mempengaruhi tingkat risiko gempa bumi.

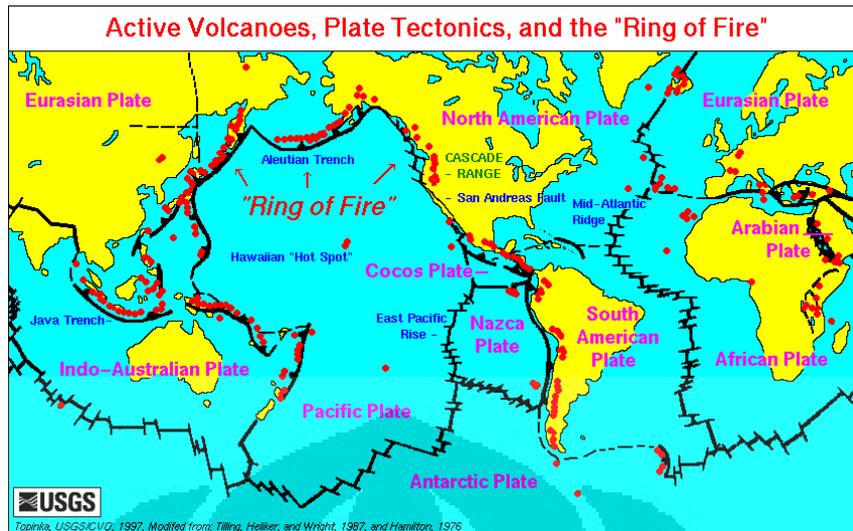
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Tektonik Lempeng

Tektonik adalah ilmu yang mempelajari pergerakan dan deformasi lapisan luar bumi dalam skala besar. Tektonik lempeng mempelajari hubungan antara deformasi ini dengan keberadaan dan pergerakan lempeng di atas selubung atas yang plastis. Menurut Teori Tektonik Lempeng, bagian luar bumi merupakan kulit yang tersusun oleh lempeng – lempeng tektonik yang saling bergerak. Dibagian atas disebut litosfera, merupakan bagian kerak bumi yang tersusun dari material yang kaku, lapisan bawahnya disebut lapisan astenofera yang berbentuk padat dan materialnya dapat bergerak karena perbedaan tekanan. Pergerakan antar lempeng tektonik ini bergerak secara perlahan – lahan. Pergerakan inilah yang menyebabkan terjadinya gempa bumi (Triyono, 2007).

Bumi ini tertutup oleh lempeng – lempeng benua dan samudera. Menurut teori tektonik Wegener, permukaan bumi terbagi atas 20 pecahan besar yang disebut lempeng dengan ketebalan sekitar 70 Km. Ketebalan lempeng kira – kira hampir sama dengan litosfer yang merupakan kulit terluar bumi yang padat. Litosfer terdiri dari kerak dan selubung atas . lempengnya kaku dan lempeng-lempeng itu bergerak diatas astenosfer yang lebih cair pada kerak bumi yang terdiri dari 10 (sepuluh) lempeng – lempeng utama, yaitu : (1)Lempeng Eurasia, (2) Lempeng Indo-Australia, (3) Lempeng Antartika, (4) Lempeng Pasifik, (5) Lempeng Amerika Utara, (6) Lempeng Amerika Selatan, (7) Lempeng Afrika, (8) Lempeng Cocos, (9) Lempeng Nazca, dan (10) Lempeng Arab (USGS, 1997)



http://www.cnsm.csulb.edu/departments/geology/people/bperry/Geol303photos/continental_margins/PlateTectonicsMapUSGS.gif

Gambar 1. Peta Lempeng Tektonik Dunia (USGS, 1997)

Jauh didalam pusat bumi terdapat sumber panas yang menyebabkan mantel bumi bergerak secara konveksi. Lempeng – lempeng ini saling bertemu dan menjauh karena pergerakan secara konveksi tersebut. Tipe – tipe tumbukan lempeng ini dibedakan menjadi tiga, yaitu divergensi, konvergensi, dan transformasi. Divergensi terjadi ketika lempeng – lempeng bergerak saling menjauhi. Magma panas menembus diantara dua lempeng dan membentuk batuan baru. Melalui proses inilah terbentuk punggung samudera. Konvergensi terjadi ketika dua lempeng benua bertemu, terbentuklah pegunungan seperti daratan yang terdorong keatas. Contohnya adalah Pegunungan Himalaya. Daerah transformasi muncul dimana dua lempeng bertemu yang arah geraknya berbalikan. Contoh tipe ini adalah San Andreas Fault, dimana separuh wilayah Kalifornia berada di Lempeng Pasifik dan sebagian lagi berada di lempeng Amerika Utara (Triyono, 2007). Jika lempeng Samudera bertumbukan dengan lempeng benua, karena lempeng samudera lebih berat daripada lempeng benua, maka lempeng samudera akan menujam kebawah atau dikenal sebagai *Subduction Zone*.

Kegempaan di pulau sumatera disebabkan karena adanya pertemuan (tumbukan) dua lempeng tektonik dunia, yaitu lempeng Eurasia (*Eurasian Plate*) dan lempeng Indo-Australia (*Indo-Australian Plate*), sehingga di wilayah Pulau Sumatera terdapat patahan besar Sumatera (*great sumatera fault*) yang juga sering

dikenal sebagai sesar Sumatera (sesar Semangko) yang membujur sepanjang Bukit Barisan dari Aceh sampai dengan Lampung. Pada patahan besar Sumatera tersebut terdapat segmen – segmen yang masih aktif.

2.2 Proses Terjadinya Gempa Bumi

Gejala gempa bumi, berlainan dengan gunung api-gunung api yang diketahui sumber bahayanya karena asal gempa bumi tidak nampak oleh manusia. Dengan tiba-tiba bumi bergetar dan dengan mendadak pula jatuh korban manusia yang tidak sedikit. Dalam suatu pencatatan kejadian gempa bumi didapatkan informasi antara lain: (a) Waktu kejadian gempa bumi (*Origin Time*) dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinate*). (b) Lokasi Episenter, dimana episenter adalah titik di permukaan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari hiposenter atau fokus gempa bumi (Bolt, 1993, Purwanti, 2002 dalam Adawiyah, 2008) lokasi episenter dibuat dalam koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan derajat bujur. (c) Pusat gempa (*focus*) atau lebih dikenal sebagai hipofokus atau hiposenter, yaitu suatu titik di bawah tanah dimana pertama kali energi gempa tersebar. (d) Kedalaman sumber gempa (*focus depth*), ialah jarak vertikal dari permukaan tanah ke fokus, dinyatakan oleh besaran jarak dalam satuan kilometer.

Gempa bumi dibedakan oleh Katili (1989) dalam beberapa jenis antara lain berdasarkan pusat sumber gempa bumi, yaitu gempa bumi yang berpusat di darat atau dikenal dengan gempa daratan dan gempa bumi yang berpusat di lautan atau gempa lautan. Pembagian gempa bumi dapat juga dilakukan berdasarkan jarak episentral. Gempa setempat dimaksudkan untuk gempa dengan jarak episentral kurang dari 10.000 km, sedangkan gempa bumi dengan jarak episentral 10.000 km disebut sebagai gempa bumi jauh, selanjutnya gempa bumi sangat jauh berjarak episentral lebih dari 10.000 km.

Selain itu pembagian gempa bumi juga didasarkan atas dalamnya fokus atau jarak antara episentrum dan hiposentrum. Menurut Bemmelen (1948) gempa tektonik normalnya berada pada kedalaman kurang dari 50 km. Dari data yang dikumpulkan oleh Gutenberg (1945, dalam Bemmelen 1948), Ia

mengklasifikasikan gempa menjadi 3 bagian yaitu gempa dangkal (*shallow earthquakes*) dengan kedalaman kurang dari 60 km yang biasanya terjadi sangat keras dan berada pada bagian patahan tektonik aktif. Lalu berikutnya adalah gempa intermedier (*intermediate shock*) yang merupakan gempa dengan kedalaman fokus 60-300 km, biasanya terjadi antara 100 dan 250 km. kemudian gempa dalam (*deep shocks*) untuk gempa dengan kedalaman 300-700 km

Kemudian, Sandy (1996) menyatakan berdasarkan sebab-akibatnya maka gempa bumi bisa karena tebing runtuh atau longsor, vulkanisme ataupun tektonik. Gempa vulkanik merupakan gempa yang disebabkan oleh peledakan gunung api, pada umumnya adalah gempa yang lemah dan hanya terasa di sekitar gunung api itu saja. Rata-rata dari keseluruhan gempa, gempa vulkanik hanya berjumlah 7%, dan berikutnya gempa runtuh, dimana gempa ini jarang sekali ditemukan, sekitar 3% dari jumlah seluruh gempa bumi.

Biasanya gempa runtuh ini dapat ditemukan pada daerah kapur atau daerah pertambangan. Selain itu terdapat gempa tektonik yang disebabkan oleh pergeseran yang tiba-tiba dalam bumi, dapat terjadi jika terbentuk patahan-patahan yang baru, atau terjadi pergeseran sekitar patahan. Sejumlah 90% dari kejadian gempa adalah gempa tektonik (Katili, 1989).

Mekanisme terjadinya gempa bumi tektonik pada Lempeng samudera yang rapat massanya lebih besar ketika bertumbukan dengan lempeng benua di zona tumbukan (subduksi) akan menyusup kebawah. Gerakan lempeng itu akan mengalami perlambatan akibat gesekan dari selubung bumi. Perlambatan gerak itu menyebabkan penumpukan energi di zona subduksi dan zona patahan. Akibatnya di zona – zona itu terjadi tekanan, tarikan, dan geseran. Pada saat batas elastisitas lempeng terlampaui, maka terjadilah patahan batuan yang diikuti oleh lepasnya energy secara tiba – tiba. Proses ini menimbulkan getaran partikel ke segala arah yang disebut gelombang gempa bumi (Triyono, 2007).

2.2.1 Parameter Gempa bumi

Setiap kejadian gempa bumi akan menghasilkan informasi seismik berupa rekaman sinyal berbentuk gelombang yang setelah melalui proses manual atau non manual akan menjadi data bacaan fase (phase reading data). Informasi seismik selanjutnya mengalami proses pengumpulan, pengolahan dan analisis sehingga menjadi parameter gempa bumi. Parameter gempa bumi tersebut meliputi : waktu kejadian gempa bumi, lokasi episenter, kedalaman sumber gempa bumi atau kedalaman fokus yaitu jarak antara episenter dengan hiposenter, di hitung dalam kilometer (km) (Katili, 1989), kekuatan gempa bumi, dan intensitas gempa bumi.

Kekuatan gempa bumi atau magnitudo dikemukakan oleh Charles F. Richter (1935) dari California Institute of Technology, mengidentifikasi kuantitas energi yang dihasilkan dari satu gempa bumi. Magnitudo adalah ukuran skala dari gerakan maksimum yang terekam oleh seismograf, biasanya menggunakan ukuran skala Richter (SR) (Gutiérrez, 2005). Kisaran skala untuk skala magnitudo ini mulai dari 0 sampai 9 (Strahler, 1978). Energi yang dipancarkan oleh gempa bumi dengan magnitudo 4 dan 8 dalam skala Richter bukan berarti dua kalinya, tetapi lebih dari jutaan kali (Muller, 1974). Parameter – parameter tersebut akan mempengaruhi kuat lemahnya gempa bumi yang akan mempengaruhi permukaan bumi. Secara rinci parameter – parameter tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Jarak dari episentrum

Saat terjadi gempa bumi terdapat proses pelepasan energi, bentuk energi yang dilepaskan saat terjadinya gempa bumi antara lain adalah energi deformasi dan energi gelombang. Energi deformasi dapat dilihat pada perubahan bentuk volume sesudah terjadinya gempa bumi, seperti tanah naik, tanah turun dan pergeseran batuan. Sedangkan energi gelombang akan menggetarkan medium elastis disekitarnya dan akan menjalar ke segala arah. Energi yang menjalar ini akan mengalami pengurangan karena adanya faktor penyerapan pada wilayah yang dilaluinya, dengan demikian pengaruh gempa bumi di suatu tempat akan menurun menjauhi episentrumnya (Ibrahim dan Subarjo, 2005).

2. Kedalaman gempa bumi dan kekuatan gempa bumi (magnituda)

Untuk pengaruh getaran gempa bumi akan tergantung oleh kedalaman sumber gempa bumi dan kekuatannya (magnituda), semakin dangkal sumber gempa bumi dan disertai semakin besarnya kekuatan gempa maka wilayah yang terkena efek gempa semakin luas.

3. Kondisi geologi setempat

Efek gempa bumi juga di pengaruhi oleh faktor kondisi geologi setempat, misalnya wilayah yang labil (lunak) akan mempunyai risiko lebih besar daripada wilayah stabil (batuan keras). Karena pergeseran tanah yang disebabkan oleh gempa bumi pada tanah yang lebih lunak lebih besar daripada pada tanah yang keras. Pada wilayah yang labil atau lunak ini biasanya mempunyai sifat batuan yang umumnya lepas, urai dan belum padu. Sehingga jika terjadi gempa bumi akan bersifat memperkuat efek getaran gempa bumi di permukaan (amplifikasi), sehingga kerusakan akibat gempa bumi akan semakin besar (Supartoyo, 2006).

2.3 Perhitungan Empiris Gempa Bumi

dalam melakukan penelitian yang berkaitan dengan gempa bumi, digunakan parameter – parameter yang dapat diukur secara kualitatif dan kuantitatif. Berikut ini adalah perhitungan – perhitungan empiris yang dilakukan dalam penelitian gempa bumi.

2.3.1 Intensitas Gempa Bumi

Intensitas gempa bumi merupakan ukuran kerusakan akibat gempa bumi berdasarkan hasil pengamatan efek gempa bumi terhadap manusia, struktur bangunan, dan lingkungan pada tempat tertentu (Ibrahim, 2005), dikembangkan oleh seorang geofisika Itali G. Mercalli pada tahun 1905. Skala Modifikasi Mercalli pada tahun 1931 yang paling umum digunakan pada saat sekarang ini (Muller, 1974). Pada umumnya pengamatan ini sangat subjektif, karena keadaan panik pada waktu terjadinya gempa bumi. Skala kekuatan relatif yang pertama disusun oleh Mercalli-Cancani ini dibagi dalam duabelas bagian (I sampai XII (lihat lampiran 2)). Dengan sendirinya skala ini harus disesuaikan dengan keadaan daerah-daerah yang bersangkutan (Katili, 1989).

Besarnya intensitas gempa bumi di suatu tempat tidak tergantung dari kekuatan gempa bumi (magnitudo) saja namun juga tergantung dari jarak tempat tersebut ke sumber gempa bumi, kedalaman pusat gempa bumi, dan kondisi geologi setempat. Intensitas berbeda dengan magnitudo karena intensitas adalah hasil pengamatan visual pada suatu tempat tertentu sedangkan magnitudo adalah hasil pengamatan instrumental menggunakan seismograf. Pada suatu kejadian gempa bumi besarnya intensitas pada tempat yang berbeda dapat sama atau berlainan sedangkan besarnya magnitudo selalu sama walaupun dicatat atau dirasakan di tempat yang berbeda (Nurmala, 2008)

Magnitudo mempunyai sebuah harga untuk suatu gempa bumi, tetapi intensitas akan berubah dengan perubahan tempat. Intensitas yang terbesar (maksimum) terdapat di daerah episenter, nilai intensitas pada umumnya menurun dengan bertambahnya jarak ke episenter.

2.3.2 Peak Ground Acceleration (PGA)

Perpindahan materi biasa disebut displacement. Jika dilihat waktu yang diperlukan untuk perpindahan tersebut, maka bisa diketahui kecepatan materi tersebut. Sedangkan percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Pada bangunan yang berdiri di atas tanah memerlukan kestabilan tanah tersebut agar bangunan tetap stabil. Percepatan gelombang gempa yang sampai di permukaan bumi disebut juga Peak Ground Acceleration (PGA), merupakan gangguan yang perlu dikaji untuk setiap gempa bumi, kemudian dipetakan agar bisa memberikan pengertian tentang efek paling parah yang pernah dialami suatu lokasi (Fauzi, 2000a). Besar kecilnya nilai Peak Ground Acceleration (PGA) tersebut tergantung pada magnitudo, jarak episenter, kedalaman hiposeter, kondisi batuan dan kondisi tanah setempat dalam menerima resapan seismik (Siswoyo, 1998).

Efek primer gempa bumi adalah kerusakan struktur bangunan baik yang berupa gedung perumahan rakyat, gedung bertingkat, fasilitas umum, monumen, jembatan dan infrastruktur struktur lainnya, yang diakibatkan oleh getaran yang ditimbulkannya. Secara garis besar, tingkat kerusakan yang mungkin terjadi tergantung dari kekuatan dan kualitas bangunan, kondisi geologi dan geotektonik

lokasi bangunan, dan Peak Ground Acceleration (PGA) di lokasi bangunan akibat dari getaran suatu gempa bumi. Faktor yang merupakan sumber kerusakan dinyatakan dalam parameter Peak Ground Acceleration (PGA). Sehingga data PGA akibat getaran gempa bumi pada suatu lokasi menjadi penting untuk menggambarkan tingkat risiko gempa bumi di suatu lokasi tertentu. Semakin besar nilai PGA yang pernah terjadi di suatu tempat, semakin besar tingkat kerusakan yang ditimbulkan gempa bumi yang mungkin terjadi (Nurmala, 2008).

Pengukuran Peak Ground Acceleration (PGA) dilakukan dengan Accelerograph yang dipasang di lokasi penelitian. Jaringan accelerograph milik BMG tidak lagi beroperasi karena mengalami kerusakan sejak tahun 1980an, sehingga pengukuran Peak Ground Acceleration (PGA) dilakukan dengan cara empiris, yaitu dengan pendekatan dari beberapa rumus yang diturunkan dari magnitudo gempa atau/dan data intensitas. Perumusan ini tidak selalu benar, bahkan dari satu metoda ke metoda lainnya tidak selalu sama. Namun, cukup memberikan gambaran umum tentang PGA (Ibrahim dan Subardjo, 2005).

Untuk penentuan nilai Peak Ground Acceleration (PGA) ini ada beberapa metode yang dapat dipergunakan, yaitu:

1. Model Peak Ground Acceleration (PGA) pada permukaan secara empiris oleh Guirre (1989);
2. Model Peak Ground Acceleration (PGA) rumus Kawashumi (1950);
3. Rumus empiris Peak Ground Acceleration (PGA) Richter, merupakan fungsi dari magnitudo, jarak episenter, kedalaman sumber gempa bumi dan intensitas gempa bumi.

Rumus yang secara umum sering digunakan untuk penelitian di Indonesia yaitu formula dari Richter, sedangkan untuk rumus 1 dan 2 digunakan di Jepang (Siswoyo, 1998). Hubungan antara intensitas gempa dengan harga Peak Ground Acceleration (PGA) ialah berbanding lurus atau dengan kata lain PGA pada permukaan berbanding lurus dengan magnitudo dan berbanding terbalik dengan jarak episenter serta kedalaman fokus (Hidayat, 1997).

Hasil perhitungan PGA dapat disajikan dalam bentuk peta, menjadi peta percepatan tanah maksimum. Peta percepatan tanah maksimum merupakan dampak gelombang gempa di lokasi pengamat, sehingga bisa menjadi ukuran

risiko gempa bumi sebagai faktor bahaya guncangan tanah (*ground shaking*). Menurut Fauzi (2006) Peta percepatan tanah maksimum diklasifikasikan menjadi 10 (sepuluh) macam tingkat risiko berdasarkan besaran percepatan maksimum (satuan gal = cm/s^2) dan Intensitas (satuan MMI).

Tabel 2.1. Tingkat risiko gempa bumi berdasarkan nilai PGA

NO.	TINGKAT RESIKO	NILAI PERCEPATAN (gal)	INTENSITAS (MMI)
1.	Resiko sangat kecil	< 25	< VI
2.	Resiko kecil	25 – 50	VI-VII
3.	Resiko sedang satu	50 – 75	VII-VIII
4.	Resiko sedang dua	75 – 100	VII-VIII
5.	Resiko sedang tiga	100 – 125	VII- VIII
6.	Resiko Besar satu	125 – 150	VIII – IX
7.	Resiko Besar dua	150 – 200	VIII – IX
8.	Resiko Besar tiga	200 – 300	VIII – IX
9.	Resiko sangat besar satu	300 – 600	IX – X
10.	Resiko sangat besar dua	> 600	> X

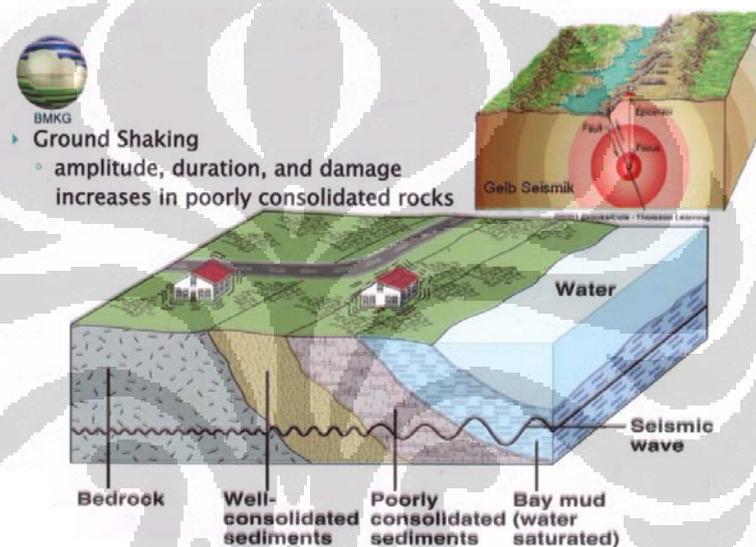
Sumber : Fauzi, 2006

2.4 Pengaruh Geologi Terhadap Risiko Bencana Gempa Bumi

Kondisi geologi dari suatu daerah dapat mencerminkan nilai kemampuan yang dimilikinya, sehingga akan menggambarkan tingkat kestabilan atau kerentanan terhadap berbagai bencana yang bersifat alami (Kuntoro, 1997). Faktor litologi sangat berpengaruh dalam memberikan respon terhadap gelombang seismic yang ditimbulkan oleh gempa bumi (Marwanta, 2006). Efek yang ditimbulkan oleh getaran akibat gempa bumi, disamping tergantung pada besarnya energi getaran tergantung pula pada kondisi geologi setempat yakni struktur ataupun jenis batumannya (Harjadi, 1997).

Struktur geologi adalah zona lemah, sehingga apabila di guncang gempa bumi kuat dapat mengakibatkan retakan tanah, pergeseran tanah dan kerusakan konstruksi bangunan akibat guncangan gempa bumi (Supartoyo, 2006) atau dengan kata lain wilayah yang terletak mendekati sesar (fault) akan mengalami efek yang lebih besar dari pada yang jauh dari sesar (Siswoyo, 1998).

Efek guncangan gempa akan berdampak paling kecil pada tempat yang ditopang oleh batuan keras, pada alluvium berdampak sedang dan pada urugan (artificial fill) dan lumpur berdampak paling besar (Borcherdt, 1975 dalam Wisyanto, 2006). Daerah yang tersusun oleh batuan lunak, belum kompak (unconsolidated), urai, lepas, lapuk, umumnya akan mengalami tingkat kerusakan yang lebih besar dibandingkan wilayah yang tersusun oleh batuan keras (Supartoyo, 2006), hal ini dikarenakan pergeseran tanah yang disebabkan oleh gempa bumi pada tanah yang lebih lunak lebih besar daripada tanah keras (Siswoyo, 1998).



Gambar 2. Pengaruh jenis batuan terhadap guncangan tanah (BMKG,2010)

Seperti pada gambar 2, gelombang seismik akan mengalami kenaikan amplitudo gelombang yang cukup besar pada daerah – daerah yang memiliki batuan kurang solid. Sehingga mengakibatkan guncangan akan lebih besar dirasakan pada daerah – daerah yang memiliki batuan yang lunak atau tidak terkonsolidasi dengan baik, dibandingkan pada daerah yang memiliki batuan yang keras.

Contohnya adalah pada gempa bumi meksiko yang terjadi 19 September 1985 dengan kekuatan 8,1 SR berada pada jarak sekitar 350 Km antara pusat gempa dengan kota meksiko. Gempa ini menghancurkan kota meksiko dan menewaskan lebih dari 10.000 jiwa. Namun pada daerah yang lain, dengan jarak sekitar 250 Km dari pusat gempa tidak terjadi kerusakan apa-apa. Hal ini

disebabkan karena perbedaan jenis batuan pada daerah tersebut. Jenis batuan pada Kota Meksiko merupakan batuan sedimen, sehingga lebih rapuh dan tidak kuat menahan getaran.

2.4.1 Tipe – Tipe Sesar

Sesar adalah suatu patahan di kerak bumi yang terjadi diakibatkan oleh akumulasi gaya yang terjadi pada proses pergerakan lempeng. Mekanisme gempa bumi umumnya diakibatkan oleh deformasi batuan yang mengakibatkan sesar. Parameter bidang sesar terdiri dari strike, dip, dan rake/slip. Sesar merupakan jalur lemah, dan lebih banyak terjadi pada lapisan yang keras dan rapuh. Bahan yang hancur pada jalur sesar akibat pergeseran, dapat berkisar dari gouge (suatu bahan yang halus/lumat akibat gesekan) sampai breksi sesar, yang mempunyai ketebalan antara beberapa centimeter sampai ratusan meter (lebar zona hancuran sesar).

Terdapat dua unsur pada sesar yaitu hanging Wall (atap sesar) dan Foot Wall (alas sesar). Hanging Wall (atap sesar) adalah bongkah sesar yang terdapat di bagian atas bidang sesar, sementara itu foot Wall (alas sesar) adalah bongkah sesar yang berada di bagian bawah bidang sesar. Bidang sesar terbentuk akibat adanya rekahan yang mengalami pergeseran.

Ditinjau dari kedudukan sesar terhadap struktur batuan sekitarnya (biasanya diterapkan pada sesar dalam batuan sedimen) (Asikin, 1978 dalam Puspito 2000), sesar dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Sesar Strike, adalah sesar yang arah jurusnya sejajar dengan jurus batuan sekitarnya. Sesar Dip, adalah jurus dari sesar searah dengan kemiringan lapisan batuan sekitarnya
2. Diagonal atau Sesar Oblique, adalah sesar yang memotong struktur batuan sekitarnya.
3. Sesar Longitudinal, adalah arah sesar paralel dengan arah utama struktur regional.

4. Sesar Traverse, adalah sesar memotong tegak lurus/ miring terhadap struktur regional (biasanya dijumpai pada daerah terlipat, memotong sumbu terhadap antiklin)

Sementara itu, Berdasarkan gaya penyebabnya, sesar dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Reverse Fault atau Thrust Fault (sesar naik), yaitu sesar dengan bidang hanging wall relative bergerak naik terhadap bidang foot wall (alas sesar).
2. Normal fault (sesar turun), yaitu sesar dengan hanging wall (atap sesar) relative bergerak turun terhadap foot wal (alas sesar)l
3. Strike Slip fault (sesar mendatar), yaitu sesar dengan arah gerakan relative mendatar satu terhadap lainnya.

Sesar Sumatera atau disebut juga sesar Semangko terjadi karena interaksi dua buah lempeng yang relative menyerong sehingga terbentuk sesar geser mendatar (*strike-slip fault*) yang memanjang sepanjang pulau sumatera, parallel terhadap palung Sunda (Fitch, 1972; Huchon dan le Pichon, 1984 dalam Triyono, 2007)

2.5 Pengaruh Lereng Terhadap Risiko Bencana Gempa Bumi

Lereng adalah sudut yang dibentuk oleh permukaan tanah dengan bidang horisontal, dinyatakan dalam persen (%). Lereng dibuat dengan mengukur jarak transis pada peta kontur (topografi) dengan rumus :

$$d = \frac{C.I \times 100}{L.S} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

d = jarak antara 2 garis kontur

C.I = Kontur interval (m)

L = Lereng (dalam %)

S = Skala

Untuk transisi yang rapat, dihitung selisih antara 5 kontur dan untuk transisi yang jarang dihitung selisih antara 2 kontur (Kartono, Rahardjo, dan Sandy, 1998).

Intensitas pengikisan sangat bergantung pada lereng. Makin terjal lereng, makin keras pengikisan. Pada medan yang tidak berlereng atau datar, tidak ada pengikisan, melainkan pengendapan (Sandy, 1977). Sebagai faktor kerentanan fisik lingkungan risiko gempa, lereng juga akan berpengaruh pada kemungkinan longsor jika terjadi gempa bumi karena pengaruh guncangan. Terutama jika kondisi geologinya berada pada jenis batuan yang rapuh.

2.6 Distribusi Kepadatan Penduduk

Batasan hunian dapat mengalami perluasan karena manusia belajar untuk mendukung diri mereka sendiri dari sumberdaya daerah yang baru. Angkanya semakin lama semakin bertambah membentuk zona permukiman baru. Hal ini terjadi berhubungan dengan potensi suatu daerah, level budaya, dan teknologi yang terdapat didalamnya. Dengan kondisi demikian, kepadatan populasi ditunjukkan dengan hubungan antara jumlah penduduk dan area yang dihuninya (Fellman, Arthur dan Judith, 2003)

Persebaran penduduk atau disebut juga distribusi penduduk menurut tempat tinggal dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu persebaran penduduk secara geografis dan persebaran penduduk secara administratif, disamping itu ada persebaran penduduk menurut klasifikasi tempat tinggal yakni desa dan kota (BPS, 2009). Dalam kaitannya dengan risiko bencana, jumlah penduduk dan distribusi kepadatannya menjadi sangat penting dalam penentuan risiko, karena suatu peristiwa alam yang menyebabkan bencana fokus terhadap korban jiwa beserta miliknya. Jika tidak terdapat korban jiwa atau kerugian terhadap penduduk, maka peristiwa alam tersebut tidak termasuk bencana. Jika distribusi kepadatan penduduk dapat diketahui, maka dapat digunakan sebagai asumsi korban jiwa yang mungkin timbul jika terjadi gempa bumi.

2.7 Penilaian Tingkat Risiko Gempa

Pada dasarnya, risiko sebuah bencana memiliki tiga variable, yaitu : (1) aspek kerawanan atau jenis ancaman, (2) aspek kerentanan, dan (3) aspek kemampuan menanggulangi (diposaptomo dan budiman, 2006 dalam Putra, 2009).

Dewasa ini, banyak terminologi yang digunakan untuk menjelaskan pengertian rawan, rentan dan risiko bencana. Menurut Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, ancaman adalah suatu kondisi alam dan lingkungan, kejadian atau peristiwa yang bisa menimbulkan bencana. Ancaman disebut juga sebagai bahaya. Kemudian, Wikantika (2008) juga menyatakan bahaya (*hazard*) adalah suatu fenomena alam atau buatan yang memiliki potensi mengancam kehidupan manusia, kerugian harta benda, dan kerusakan lingkungan.

Kerentanan (*vulnerability*) adalah sekumpulan kondisi dan atau suatu akibat keadaan (faktor fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan) yang berpengaruh buruk terhadap upaya – upaya penanggulangan bencana (Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana, 2007).

Tingkat kerentanan adalah hal penting untuk diketahui sebagai salah satu faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya bencana, karena bencana baru akan terjadi bila bahaya terjadi pada kondisi yang rentan. Tingkat kerentanan dapat ditinjau dari kerentanan fisik (infrastruktur), sosial kependudukan, dan ekonomi (Sugeng dkk, 2005 dalam Wikantika, 2008).

Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilang rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta dan gangguan kegiatan masyarakat (UU RI No.24 Tahun 2007)

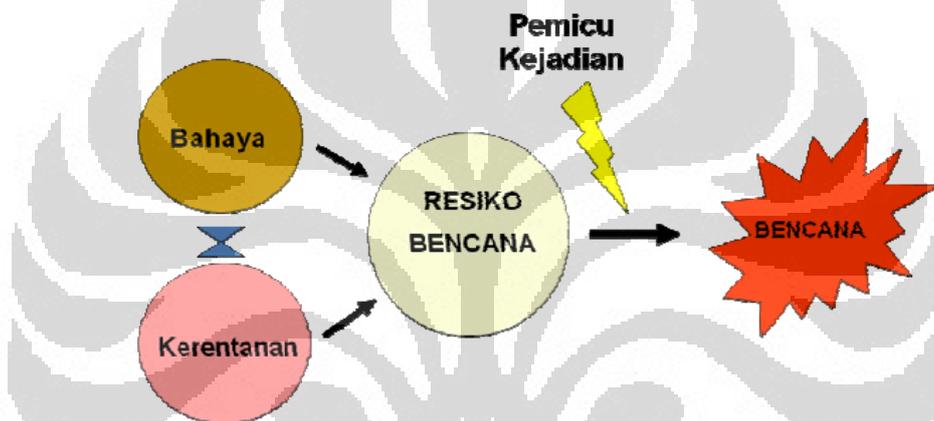
Ancaman bahaya, khususnya bahaya alam bersifat tetap karena bagian dari dinamika proses alami pembangunan atau pembentukan roman muka bumi baik dari tenaga internal maupun eksternal. Sedangkan tingkat kerentanan daerah dapat dikurangi, sehingga kemampuan dalam menghadapi ancaman tersebut semakin meningkat (Wikantika, 2008). Secara umum risiko dapat dirumuskan

sebagai berikut, yaitu dengan menggunakan penghitungan The Crunch and Release Model (Blaike, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B, 1994) :

Risiko (Risk) = bahaya (hazard) + kerentanan (vulnerability)

$$R = H + V \dots\dots\dots(2.2)$$

Model Crunch menunjukkan hubungan antara bahaya dan kondisi kerentanan yang kompleks (dalam situasi kapasitas rendah) untuk menyebabkan bencana. Dalam hal ini, kapasitas termasuk kedalam bagian dari kerentanan.



Gambar 3. Ilustrasi Risiko (BAKORNAS PB, 2007)

Risiko Bencana berbanding lurus dengan ancaman atau bahaya dan tingkat kerentanan terhadap gempa bumi. Sehingga, semakin besar kerawanan dan kerentanan terhadap gempa bumi, maka akan semakin besar risiko gempa bumi yang timbul

2.7.1 Analisa dan Pembobotan Variabel Dengan Proses Hierarki Analisis (PHA)

Proses Hirarki Analisis (PHA) pertamakali dikembangkan oleh Saaty (1991) seorang ahli matematika dari Universitas Pittsburg, Amerika Serikat. Pengertian PHA adalah mengabstraksikan struktur suatu sistem untuk mempelajari suatu hubungan fungsional antara komponen dan akibatnya pada sistem secara keseluruhan. Sistem ini dirancang untuk menghimpun secara

rasional persepsi orang yang berhubungan sangat erat dengan permasalahan tertentu melalui suatu prosedur untuk sampai pada suatu skala preferensi di antara berbagai alternatif. Analisis ini di tunjukkan untuk membuat suatu model permasalahan yang tidak mempunyai struktur, biasanya ditetapkan untuk memecahkan masalah terukur (kuantitatif), masalah yang memerlukan pendapat (*judgment*) maupun situasi yang kompleks atau tidak terkerangka, pada situasi ketika data dan informasi statistik sangat minim atau tidak ada sama sekali. Jadi sistem ini hanya bersifat kualitatif yang didasari oleh persepsi, pengalaman ataupun intuisi (Saaty,1991)

PHA bergantung kepada imajinasi, pengalaman dan pengetahuan untuk mampu menyusun hierarki suatu persoalan, dan juga untuk memberikan pertimbangan-pertimbangannya. PHA memperlihatkan hubungan-hubungan elemen tertentu terhadap puncaknya dan juga cabang-cabang elemen tertentu terhadap elemen tersebut, sehingga membentuk diagram pohon yang beranting. Menurut Saaty (1991), prinsip dasar yang harus diketahui dalam penerapan metode PHA adalah sebagai berikut :

1. *Decomposition*, proses memecahkan persoalan yang utuh menjadi unsur-unsurnya dalam bentuk hierarki masalah.
2. *Comperative Judgement*, proses penilaian tentang kepentingan dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya. Proses penilaian ini merupakan inti dari PHA. Penilaian akan berpengaruh terhadap prioritas elemen-elemen masalah. Hasil penilaian tersebut akan disajikan dalam bentuk matrik *Pairwise Comparison*.
3. *Synthetic of Priority*, proses pengolahan lebih lanjut hasil penilaian berpasangan. Dari setiap matrik *Pairwise Comparison* selanjutnya dicari *Eigen Vectornya* untuk mendapatkan *local priority*. Sedangkan *global priority* didapatkan dengan cara mensintesa *local priority* dari berbagai tingkat.
4. *Local Consistency*, proses pengujian konsistensi dari *local priorithy* yang dihasilkan.

Dalam PHA, penetapan prioritas dilakukan dengan menangkap secara rasional persepsi orang, kemudian mengkonversi faktor-faktor yang *intangibile* (yang tidak

terukur) ke dalam aturan yang biasa sehingga dapat dibandingkan. Tahapan dalam melakukan analisis data adalah sebagai berikut (saaty,1991)

1. Pengumpulan data dan penyusunan kuesioner

Proses perolehan data (data primer) dilakukan dengan melakukan wawancara dan pengisian kuesioner dengan pihak-pihak yang terkait. Data yang diperoleh kemudian disusun menjadi hierarki dan kuesioner. Kuesioner dibuat dalam bentuk *Pairwise Comparison Matrix*. Langkah selanjutnya adalah dilakukan perbandingan berpasangan antar elemen pada baris ke-i dengan setiap elemen pada kolom ke-j. Bentuk matriks tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2. *Pairwise comparison matrix*

Faktor/Elemen	A_1	A_2	...	A_i
A_1	a^{11}	a^{12}		a^{1i}
A_2	a^{21}	a^{22}		a^{2i}
...				
A_j	a^{1j}	a^{2j}		a^{ij}

Sumber : Saaty (1991)

2. Proses penilaian perbandingan setiap elemen

Tahap selanjutnya setelah struktur hierarki dibuat adalah penilaian perbandingan setiap elemen. Pada tahap ini data hasil (kuesioner) yang telah diberi pembobotan, ditentukan prioritasnya, dihitung konsistensinya, serta ditetapkan alternatif strategi yang layak dijalankan. Tabel 2.3 menggambarkan bobot nilai yang digunakan yaitu skala 1 – 9 dan kebalikannya.

Tabel 2.3. Skala banding dalam PHA

Tingkat kepentingan	Definisi
1	Sama penting
3	Sedikit lebih penting
5	Sangat penting
7	Jelas lebih penting
9	Mutlak lebih penting
2, 4, 6, 8	Apabila ragu-ragu antara dua nilai yang berdekatan
1/3, 1/5, 1/7, 1/9 dan 1/2, 1/4, 1/6, 1/8	Kebalikan nilai tingkat keputusan dari skala 1 – 9

Sumber : Saaty (1991)

Identifikasi terhadap identitas dari semua faktor atau elemen (prioritas) dilakukan dengan menggunakan teknik komparasi berpasangan, yaitu dengan memberikan angka komparasi sesuai dengan *judgement* sehingga membentuk matriks segi ($n \times n$). Tahap selanjutnya dilihat prioritas yang dicari (Eigen Vector) dan ukuran konsistensi *judgement* (Eigen Value).

Jika C_1, C_2, \dots, C_n adalah set aktivitas, maka kuantifikasi *judgement* pada pasangan aktivitas itu membentuk matriks ($n \times n$).

$$A = (a_{ij}) \text{ dimana } (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana a_{ij} memenuhi aturan sebagai berikut :

- 1) Aturan 1 : jika $a_i = \alpha$, maka $a_j = 1/\alpha$
- 2) Aturan 2 : jika C_i dinilai relatif sama dengan C_j ,
maka $a_{ij} = 1$; $a_{ji} = 1$ untuk semua i .

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & & & a_{2n} \\ \cdot & \dots & \dots & \cdot \\ \cdot & \dots & \dots & \cdot \\ 1/a_{12} & 1/a_{2n} & & 1 \end{pmatrix}$$

Kemudian ditentukan bobot W_1, W_2, \dots, W_n yang merupakan *judgement* terkuantifikasi. Penjelasan yang akurat secara aritmatika tentang hubungan antara W_1 dengan *judgement* a_{ij} adalah sebagai berikut :

Langkah 1 : $\frac{W_i}{W_j} = a_{ij}$ (i, j = 1, 2, ...n)
(2.4)

Dimana : W_i = Bobot input dalam baris

W_j = Bobot input dalam kolom

$$W = \begin{pmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{pmatrix}$$

Langkah 2 : $W_i = a_{ij} W_j$ (i, j = 1, 2, ..., n)(2.5)

W_i = rata-rata dari ($a_{i1} W_1, a_{i2} W_2, \dots, a_{in} W_n$)

$W_i = 1/n \sum_{j=1}^n a_{ij} W_j$ (2.6)

Langkah 3 : Apabila estimasi a_{ij} baik, cenderung untuk dekat dengan nisbah W_i/W_j . Perubahan terhadap a_{ij} akan mempengaruhi solusi pada langkah kedua. Jika n juga berubah, maka nilai n diubah menjadi λ_{max} sehingga diperoleh :

$W_i = 1/ \lambda_{max} \sum_{j=1}^n a_{ij} W_j$ (2.7)

Yaitu solusi yang menghasilkan bobot yang unik. Ini adalah suatu *problema eigenvalue*.

Pembandingan dilanjutkan untuk semua elemen pada setiap tingkat keputusan yang terdapat dalam hierarki. Nilai-nilai pendapat individu yang diperoleh tiap responden dalam matriks perbandingan berpasangan kemudian disatukan dalam matriks pendapat gabungan.

Matriks Pendapat Gabungan (MPG) adalah matriks baru yang elemen-elemen matriksnya (g_{ij}) berasal dari rata-rata geometrik elemen matriks pendapat individu yang rasio inkonsistensinya (CR) memenuhi syarat. Bentuk MPG dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4. Matriks Pendapat Gabungan (MPG)

Faktor/Aktor	G_1	G_1	...	G_i
G_1	g_{11}^{11}	g_{11}^{12}		g_{11}^{i1}
G_2	g_{21}^{21}	g_{21}^{22}		g_{21}^{i2}
...				
G_j	g_{j1}^{1j}	g_{j1}^{2j}		g_{j1}^{ij}

Sumber : Saaty (1991)

Formulasi matematika yang digunakan untuk mendapatkan rata-rata geometrik MPG adalah sebagai berikut :

$$g_{ij} = \sqrt[m]{\prod_{k=1}^m a_{ij}(k)} \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana : g_{ij} = Elemen pendapat gabungan pada baris ke-i, kolom ke-j

m = jumlah responden

i, j = 1, 2, 3, ... n

$a_{ij}(k)$ = Elemen matriks individu pada baris ke-i, kolom ke-j untuk matriks pendapat individu dengan rasio konsistensi yang memenuhi persyaratan ke-k.

(k) = 1, 2, 3, ... n

3. Mensintesis prioritas

Pengolahan horizontal digunakan untuk menyusun prioritas elemen keputusan untuk satu level hierarki keputusan terhadap elemen yang berada satu level di atasnya. Tahapan yang harus ditempuh adalah sebagai berikut :

1) Pengolahan baris (z_i) dengan menggunakan rumus :

$$z_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana : z_i = elemen pendapat gabungan

$i, j = 1, 2, 3, \dots, n$

n = jumlah elemen

2) Perhitungan vektor prioritas dengan rumus :

$$VP_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n (\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}})} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana : VP_i = elemen vektor prioritas ke-i

3) Perhitungan nilai eigen maksimum dengan menggunakan rumus :

$$VA = a_i VP_i \quad \text{dengan } VA = (VA_i) \dots\dots\dots(2.11)$$

$$VB = \frac{VA}{VP} \quad \text{dengan } VB = (VB_i) \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n VB_i \quad \text{untuk } i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Rasio inkonsistensi diperoleh dari nilai perbandingan antara indeks inkonsistensi (CI) dengan nilai indeks acak (RI). Jika nilai rasio inkonsistensi ($CR \leq 0,1$ (10 persen), maka tingkat konsistensinya baik dan dapat diterima. Tingkat konsistensi (CI) dirumuskan dengan :

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana : λ_{\max} = *Eigenvalue* maksimum

n = Jumlah elemen yang diperbandingkan

Nilai nisbah konsistensi diperoleh dari :

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana RI = Random indeks

RI merupakan nilai yang dikeluarkan oleh Oak Ridge Laboratory dari matriks yang berorde 1-15 dengan menggunakan sampel berukuran 100.

Tabel 2.5. Nilai RI Untuk Matriks Berukuran n (1-15)

N	RI	N	RI
1	0.00	9	1.45
2	0.00	10	1.49
3	0.58	11	1.51
4	0.90	12	1.48
5	1.12	13	1.56
6	1.24	14	1.67
7	1.34	15	1.59
8	1.41		

Sumber : Saaty (1991)

Jika indeks konsistensi terlalu tinggi, maka dicari deviasi RMS

$$\text{Deviasi RMS} = \sqrt{1/n \sum_{j=1}^n (a_i - b_i)^2} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana : $a_1 \dots a_n$ = set angka hasil eksperimen

$b_1 \dots b_n$ = set angka yang diketahui

n = set jumlah elemen/percobaan

hasil akhirnya berupa prioritas global sebagai nilai yang digunakan untuk pengambilan keputusan berdasarkan skor yang tertinggi. Keputusan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah risiko bencana gempa bumi.

2.7.2 Pembobotan tumpang susun (*weighted overlay*) untuk matriks risiko bencana gempa bumi

Pembobotan tumpang susun (*weighted overlay*) adalah satu teknik untuk menerapkan satu skala nilai umum dengan input berbeda untuk menciptakan satu analisa terintegrasi. Permasalahn geografis memerlukan analisa dari banyak faktor – faktor berbeda. selain itu, faktor – faktor dalam melakukan analisa tidak boleh sama penting. (ESRI,2008). Analisa ini disebut pula sebagai pemodelan berbasis nilai pixel (*Cell Based Modelling*)

Dalam satu data raster tunggal, harus ada prioritas dalam penilaian yang dapat digunakan untuk menentukan tujuan yang ideal. Contohnya lereng, dalam data raster, nilai pixelnya bisa bernilai 0 hingga 5. Dari setiap nilai pixel tersebut dapat memiliki fungsi prioritas yang berbeda tergantung tujuannya.

Pembobotan tumpang susun (*Weighted Overlay*) akan memberikan kemungkinan pembuatan keputusan dalam semua pertimbangan. Yaitu dengan memberikan skala penilaian yang seragam dalam setiap data raster yang menjadi input berdasarkan tingkat kepentingan kemudian dijumlahkan untuk menghasilkan satu output data hasil dalam bentuk raster. Tahapan dari pembobotan tumpang susun ini adalah :

1. Memilih sebuah skala evaluasi numerik. Dapat berupa 1 hingga 5, 1 hingga 9, atau skala yang lain. Nilai terendah dan tertinggi dari skala merepresentasikan kesesuaian dari output yang dihasilkan.
2. Memberikan nilai ke masing masing pixel berdasarkan skala evaluasi yang telah dipilih. Hal ini dilakukan agar dapat dilakukan operasi aritmatika terhadap nilai pixel dan variabel yang berlainan.
3. Memberikan bobot pada masing – masing data raster untuk memberikan pengaruh dalam persen yang berdasar pada prioritas terhadap model. Total pengaruh untuk semua rasters setara dengan 100 persen.
4. Nilai pixel masing-masing data raster dikalikan dengan bobot
5. Hasil dari masing - masing nilai pixel yang telah dikalikan bobot dari setiap variable kemudian dijumlahkan untuk menghasilkan sebuah output data raster.

1	1	2	2	2	+	3	3	1	2	2	=	4	4	3	4	4
3	1	3	4	4		2	3	1	1	1		5	4	4	5	5
3	3	2	4	4		2	4	3	3	1		5	7	5	7	5
3	2	2	1	4		2	2	3	4	4		5	4	5	5	8
3	2	2	1	1		1	2	1	1	4		4	4	3	2	5
InRaster1						InRaster2						OutRaster				

Gambar 4. Contoh pembobotan tumpang susun (ESRI,2008)

Secara standar, dalam perangkat lunak arcgis, nilai yang dihasilkan akan digenapkan menjadi bilangan bulat. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai

yang lebih akurat, dalam penelitian ini, digunakan *plug-ins* tambahan pada arcgis 9.3, yaitu AHP 1.1 yang didownload dari <http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=13764>. Plugin ini akan membuat prioritas setiap variabel seperti hasil dalam perhitungan PHA, kemudian menghasilkan peta hasil dalam bentuk raster yang dapat diklasifikasi berdasarkan kelas yang diinginkan.

2.8 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian ini, penulis merujuk kepada penelitian – penelitian terdahulu yang berkaitan dengan gempa bumi dan risiko kegempaan. Penelitian – penelitian tersebut antara lain adalah penelitian Oktriadi (2009) yang berjudul “Penentuan Bahaya Tsunami dengan *Metode Analytical Hierarchy Process* (studi kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Sukabumi)”. Pada penelitian ini, dilakukan penelitian terhadap tingkat bahaya tsunami menggunakan metode Proses Hirarki Analisis (PHA) untuk menentukan peringkat faktor bahaya dengan indikator yang dihitung dari bobot dan matriks setiap variabel yang digunakan. Hasil akhir dari peringkat dipakai sebagai alat pengambil keputusan untuk membuat peta bahaya tsunami melalui Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan empat peringkat bahaya tsunami, yaitu tinggi, sedang, rendah, dan aman.

Nurmala (2008) yang berjudul “Model Analisis Risiko Kegempaan Daerah Sukabumi, Jawa Barat “. Dalam penelitian ini, Nurmala menggunakan model empiris *Peak Ground Acceleration* (PGA), yaitu harga percepatan gelombang gempa bumi pada suatu daerah tertentu, dengan satuan cm/detik² atau gals. Dari penelitiannya karakteristik daerah yang mengalami kerusakan akibat gempa bumi merusak pada periode tahun 1960 -2007, dominan pada daerah yang memiliki jarak episenter <50 km; nilai PGA >50 gals; berada pada batuan gunung api; serta memiliki konstruksi bangunan yang terbuat dari tembok. Kecenderungan pola sebaran nilai PGA lebih dipengaruhi oleh jarak episenter dibandingkan dengan magnitudo.

Kemudian dalam penelitiannya juga dijelaskan bahwa terdapat asosiasi daerah yang rusak dengan pola sebaran nilai PGA dan geologi. Daerah dengan

intensitas gempa tinggi cenderung berada pada wilayah dengan nilai PGA besar dan kondisi geologi batuan gunung api.

Penelitian Adawiyah (2008) yang berjudul “Pola Wilayah Bahaya Likuifaksi di Propinsi D.I Yogyakarta (Studi Kasus Gempa bumi Yogyakarta 27 Mei 2006). Penelitian ini menjelaskan tentang wilayah bahaya likuifaksi di DI Yogyakarta, yaitu hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat getaran gempa . lapisan tersebut berubah menjadi seperti cairan sehingga tak mampu menopang beban bangunan di dalam atau di atasnya yang merupakan bagian dari efek kerusakan setelah gempa. Dalam penelitian ini dilihat kaitan kejadian likuifaksi dengan geologi dan indeks keburukan likuifaksi di daerah istimewa Yogyakarta dan Pola wilayah bahaya likuifaksi di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Dalam penelitiannya Sebaran titik – titik kejadian likuifaksi cenderung mengelompok di bagian tengah wilayah penelitian. Sebaran tersebut mengikuti sebaran jenis batuan endapan gunungapi Merapi muda yang memiliki struktur remah dan lemah ikatan antar partikelnya. Selain itu sebaran titik kejadian likuifaksi mengikuti sebaran umur batuan kuartar yang memperbesar pengaruh getaran gempa (amplifikasi) dan meningkatkan jumlah kejadian likuifaksi. Seluruh titik kejadian likuifaksi dapat ditemukan pada jarak kurang dari enam kilometer dari garsi sesar utama dan sesar minor. Sedangkan sebaran kejadian likuifaksi tidak selalu dijumpai pada wilayah dengan nilasi LSI besar

Penelitian Triyono (2007) yang berjudul “Clustering Sumber Gempa Bumi Daerah Sumatera dan Sekitarnya”. Dalam penelitian ini, dilakukan analisa secara statistik kegempaan di Pulau Sumatera secara clustering dan segment untuk mendapatkan nilai dari tingkat keaktifan gempa, indeks seismisitas, tingkat risiko gempa, dan periode ulangnya. Dari hasil penelitiannya, didapatkan bahwa cluster aceh dan nias merupakan cluster terluas dan mempunyai tingkat kerapuhan batuan yang tinggi. Sedangkan segment kerinci merupakan segmen dengan luas dan kerapuhan batuan yang rendah.

Penelitian Akmam, Dwridal, dan Kemal (2006) yang berjudul “Studi Karakteristik Fisis Sumber Gempa Bumi di Wilayah Sumatera Barat”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola penujaman lempeng Indo-Australia ke Lempeng Eurasia dan parameter fisis gempa yang dihasilkannya. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa rata – rata sudut subduksi lempeng Indo-Australia ke Lempeng Eurasia pada kawasan Sumatera Barat dan sekitarnya adalah $31,33^{\circ}$ dengan kecepatan subduksi relative rata – rata sebesar 6,32 cm/tahun dan kecepatan normalnya adalah 4,93 cm/tahun. Penelitian ini melakukan analisa data gempa bumi dari tahun 1900 sampai dengan tahun 2005, kemudian didapatkan persamaan – persamaan yang sesuai untuk kondisi Sumatera Barat. Persamaan – persamaan tersebut terdiri dari Formula untuk menghitung magnitudo local dari sumber gempa: $M_L = 0.415 I_0 - 0.795 \log H + 3.334$ dengan intensitas gempa pada epicenter $I_0 = I + 3 \log (\Delta/H) + 0.01 (\Delta-H)$; formula untuk menghitung energy gempa $\log E = 5.24 + 1.44 M_L$; dan formula untuk menghitung percepatan tanah maksimum $\log \alpha_{ac} = 0.4211 + 0.146 M_L + 0.746 \log \Delta - 2.844$. Sehingga dari persamaan tersebut didapatkan percepatan tanah minimum sebesar 51,67 gal dan percepatan tanah maksimum sebesar 723.09 gal.

Penelitian Siswoyo (1998) yang berjudul “Aktivitas Gempa Bumi Tektonik di Bali dan Lombok”. Pada penelitian ini, dilakukan analisa terhadap aktivitas gempa bumi di pulau bali dan Lombok, dengan melihat pola sebaran nilai PGA dan intensitas gempa bumi berdasarkan fakta gempa bumi merusak terkait dengan geologi daerah setempat.

BAB 3

METODE PENELITIAN

Gempa bumi adalah getaran yang dirasakan di permukaan bumi akibat adanya sumber getaran di dalam bumi. Sehingga Gempa bumi merupakan salah satu dari bentuk fenomena alam di muka bumi. Gempa bumi akan dikategorikan sebagai bencana jika telah menelan korban jiwa dan kerugian material bagi masyarakat. Oleh karena itu, dalam menentukan Risiko Bencana Gempa Bumi dalam penelitian ini, juga melibatkan kondisi sosial masyarakat. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan keruangan.

3.1 Daerah Penelitian

Daerah penelitian yang di kaji yaitu Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatera Barat. Daerah penelitian ini berada pada koordinat $00^{\circ}17'LS - 00^{\circ}39'LS$ dan $100^{\circ}19' BT$ s.d. $100^{\circ}51' BT$

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Gempa bumi, dengan parameter yang digunakan ialah episenter, magnitudo, dan kedalaman fokus gempa;
2. Geologi, dengan parameter yang digunakan ialah jenis batuan, struktur geologi, sesar dan stratigrafi;
3. Distribusi Kepadatan Penduduk;
4. Lereng Kabupaten Tanah Datar;
5. Fakta wilayah kerusakan pada kejadian gempa bumi 6 Maret 2007

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui studi kepustakaan (literatur) dan institusional serta pengamatan lapang dan wawancara.

Adapun data-data dan peta-peta yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Peta Rupa Bumi skala 1:250.000, bersumber dari Bakosurtanal Cibinong tahun 2000;
2. Peta Geologi Solok, Painan dan Padang Skala 1:250.000 yang bersumber dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 1995
3. Peta distribusi kepadatan penduduk Sumatera Barat pada kejadian gempa bumi tanggal 6 maret 2007 dengan skala 1:550.000 yang dibuat oleh Unitar's Operational Satellite Applications Programme (UNOSAT) peta ini di download pada :http://unosat-maps.web.cern.ch/unosat-maps/ID/EQ_Sumatra_March2007/UNOSAT_EQ_WSumarta_PopDen_6Mar_ch07_highres_V1.0.jpeg. UNOSAT adalah teknologi program intensif yang aktif dalam semua aspek penelitian terapan yang berkaitan dengan solusi satelit, dari pengamatan bumi untuk telekomunikasi, posisi dan navigasi. UNOSAT memberikan solusi satelit, informasi geografis untuk organisasi di dalam dan di luar sistem PBB untuk membuat perbedaan dalam kehidupan masyarakat yang terkena kemiskinan, bahaya, dan konflik, atau terpengaruh oleh krisis kemanusiaan dan lainnya.
4. Data kejadian gempa bumi merusak yang melanda daerah Sumatera Barat periode tahun 1900 -2009 di Sumatera Barat yang bersumber dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, dan Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Sumatera Barat tingkat provinsi dan tingkat kabupaten, yaitu kabupaten Tanah Datar.
5. Data Kerusakan Bangunan Kabupaten Tanah Datar pada gempa bumi 6 Maret 2007 dari BAPPEDA Kabupaten Tanah Datar dan BAPPEDA Provinsi Sumatera Barat
6. Data Jumlah Penduduk tiap Kelurahan/Desa dari Biro Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat.
7. Data SRTM resolusi 30 meter untuk membuat lereng yang didownload dari <ftp://sisn.bakosurtanal.go.id>

3.4 Metode Perhitungan Nilai PGA

Yaitu dengan memperhitungkan kemungkinan kisaran besar guncangan gempa bumi dalam satuan Peak Ground Acceleration (PGA) atau besar pergeseran (displacement) pada lokasi tertentu akibat kejadian skenario gempa bumi tertentu di wilayah sekitarnya. Untuk estimasi besar guncangan dapat dilakukan dengan cara :

1. Menghitung jarak episenter

Penghitungan jarak episenter yaitu jarak dari episenter ke titik X, (Edwiza dan Novita, 2008)

$$\Delta^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

X_1 = Lintang geografis episenter; PGA-nya (α);

X_2 = Lintang geografis titik X, yang akan dihitung harga PGA-nya (α);

Y_1 = Bujur geografis episenter;

Y_2 = Bujur geografis titik X, yang akan dihitung harga PGA-nya (α);

Δ = Jarak antara titik E dan X dalam derajat;

dan $1^\circ = 111,11$ km.

2. Menghitung jarak hiposenter dengan persamaan dibawah ini (Edwiza dan Novita, 2008) :

$$R^2 = \Delta^2 + h^2 \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan : R = hiposenter (km)

h = kedalaman (km)

Δ = epicenter (km)

3. Menghitung percepatan tanah maksimum (α) (PGA) dengan rumus Kanai, (Edwiza dan Novita, 2008):

$$\alpha_g = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{0.61M - \left(1.66 + \frac{3.6}{R}\right) \log R + 0.167 - \frac{1.83}{R}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan : α_g = Nilai percepatan tanah titik pengukuran

T_0 = Periode dominan tanah titik pengukuran

M = Magnitudo gempa bumi (Skala Richter)

R = Jarak hiposenter (km)

4. Terdapat hubungan secara empiris dari nilai percepatan tanah maksimum dengan skala intensitas dalam MMI. Pernyataan ini tertulis dalam Rifunac dan Brady (1975) dan direvisi oleh Wald (1999) (dalam Edwiza dan Novita, 2008):

$$I_{MM} = 3.66 \log \alpha - 1.66 \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan : I_{MM} = Intensitas gempa menurut skala MMI

α = Menyatakan percepatan tanah maksimum

Data PGA yang dibuat dari penelitian ini adalah pada kejadian gempa pada tanggal 6 Maret 2007 yang terjadi di darat. Titik X titik absolut pada grid Kabupaten Tanah Datar yang dibagi setiap 5 menit. Mulai dari $100^0 20' BT - 100^0 50' BT$ dan $0^0 15' LS - 0^0 40' LS$. Sehingga didapatkan 42 titik pengukuran nilai PGA.

3.5 Tahap Pengumpulan Data Responden dan Pembobotan Risiko Bencana Gempa Bumi Menggunakan Proses Hirarki Analisis (PHA)

Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara dan pengisian kuisioner oleh narasumber yang dianggap ahli sebagai input utamanya. Dalam penelitian ini, terdapat empat orang responden yang meliputi Ahli dari institusi pemerintah dan akademis. Narasumber tersebut adalah :

1. Drs. Jaya Murjaya, M.Si Kepala Bidang Bina Operasi Gempa bumi dan Tsunami
2. Ir. Heru Sri Naryanto, M.Eng Peneliti Utama Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
3. Dr. Samsyu Rasid Dosen Geofisika FMIPA UI
4. Robiana Rahayu, S.Si Staff Bidang Pengamatan Gempa bumi dan Gerakan Tanah Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)

Penghitungan dilakukan dengan software “expert choice 2000” untuk menghasilkan bobot tiap variabel. Lalu hasilnya dipetakan dan di proses dengan software arcgis 9.3 menggunakan *plug-ins* AHP 1.1

3.5.1 Pembuatan Matriks Tingkat Risiko Gempa Bumi

Matriks Tingkat risiko bencana gempa bumi dibuat dengan menentukan terlebih dahulu variabel – variabel yang akan berpengaruh terhadap risiko bencana gempa bumi, dimana penentuan kriteria disesuaikan juga dengan kondisi daerah penelitian. Kemudian penilaian secara kuantitatif terhadap tingkat risiko bencana gempa bumi dilakukan dengan menentukan skala dari setiap kelas variabel yang digunakan. Skala yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 sampai 5 untuk setiap kelas variabel yang digunakan. Skala yang tertinggi dari setiap kelas adalah yang dominan dalam mengakibatkan risiko. Dalam penelitian ini, variabel dan klasifikasi yang digunakan didapatkan dari beberapa sumber pustaka hasil penelitian terdahulu, konsultasi dengan pembimbing dan wawancara dengan pakar kegempanan.

Selanjutnya dilakukan proses pembobotan tumpang susun (*weighted overlay*) untuk mendapatkan tingkat resiko gempa bumi di Kabupaten Tanah Datar Provinsi Sumatera Barat. Pada penelitian ini dibuat 5 klasifikasi tingkat risiko gempa bumi untuk memberikan informasi detail daerah yang memiliki risiko gempa bumi sangat tinggi, sampai risiko sangat rendah. Nilai tiap kelas didasarkan pada perhitungan rumus berikut (Pasek, 2007 dalam Sengaji dan Nababan 2009) :

$$N = \sum B_i \times S_i \dots\dots\dots (3.5)$$

dimana :

- N = Total bobot nilai
- B_i = Bobot pada tiap kriteria yang dicari dengan PHA
- S_i = Skala pada tiap kriteria
- I = Parameter

Kemudian Selang tiap-tiap kelas diperoleh dari jumlah perkalian nilai maksimum dari tiap bobot dan skor dikurangi jumlah perkalian nilai

minimumnya yang kemudian dibagi dengan jumlah parameter yang digunakan. Secara matematis selang kelas tingkat resiko dirumuskan sebagai berikut (Pasek, 2007 dalam Sengaji dan Nababan 2009) :

$$L = \left[\sum (B_i \times S_i)_{\max} - \sum (B_i \times S_i)_{\min} \right] / n \dots\dots\dots (3.6)$$

dimana :

L = Lebar selang kelas

n = Jumlah kelas

3.6 Pengolahan Data

Peta dan data yang telah dikumpulkan, diolah untuk mempermudah dalam melakukan analisis secara geografis. Adapun langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan, yaitu:

1. Membuat peta dasar yang dilakukan dengan bantuan perangkat lunak arcgis 9.3, dengan rincian sebagai berikut:
 - a. Dijitasi daerah penelitian yaitu yang diolah dari peta rupa bumi yang bersumber dari Bakosurtanal, sehingga mendapatkan gambaran mengenai administrasi daerah penelitian untuk menghasilkan peta administrasi daerah penelitian;
 - b. Dijitasi geologi daerah penelitian yang diolah dari peta geologi lembar Solok dan Padang yang bersumber dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 1995, sehingga dihasilkan peta jenis batuan daerah penelitian dan garis – garis patahan. Yang digunakan untuk membuat peta kerentanan batuan dan peta jarak dari patahan aktif
2. Melakukan *plotting* daerah yang mengalami kerusakan akibat gempa bumi merusak terutama pada 6 Maret 2007 serta memplot titik episenter gempa yang mengakitkannya.
3. Menghitung jarak episenter dan nilai PGA dari masing-masing kejadian gempa bumi merusak. Untuk menghasilkan peta PGA
4. Membuat peta nilai PGA daerah penelitian. Dengan cara menghitung nilai PGA di titik X (koordinat sumatera barat yang dibagi dalam grid setiap 30').

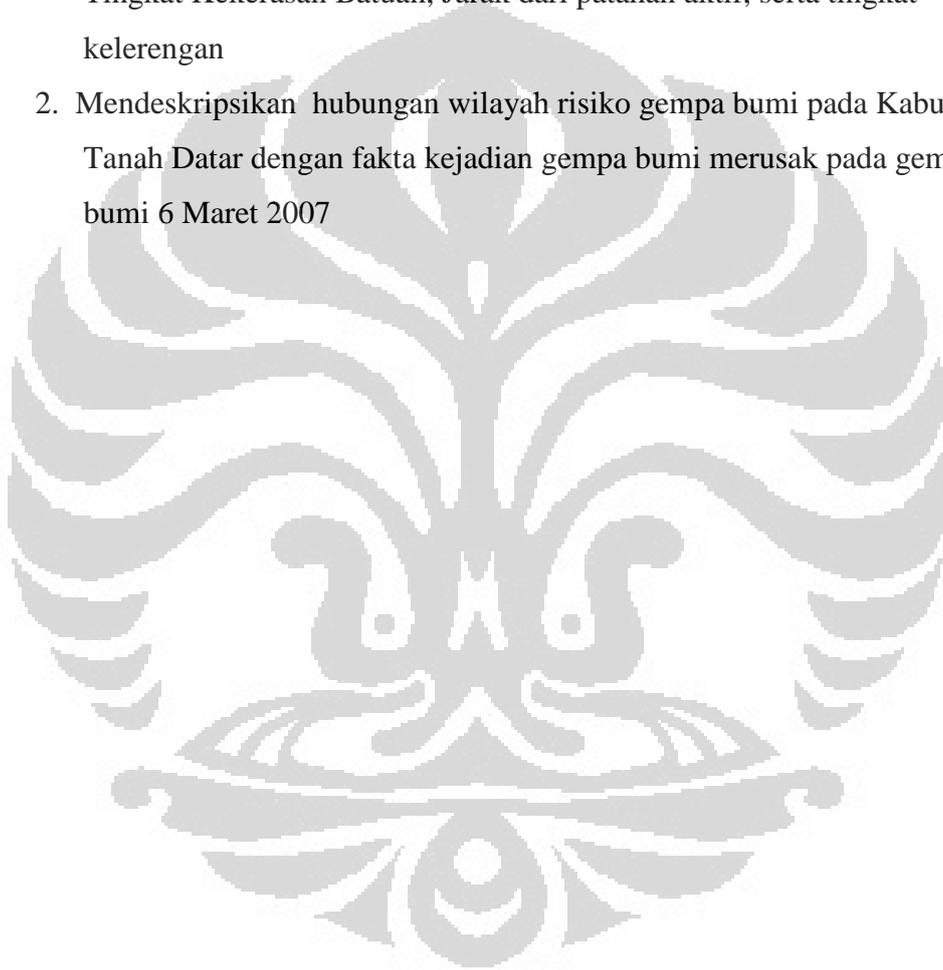
Nilai α (PGA) yang digunakan dalam pembuatan peta ini yaitu nilai α (PGA) terbesar (maksimum) yang diterima oleh masing-masing titik X;

5. Melakukan digitasi peta distribusi kepadatan penduduk, yang bersumber dari UNOSAT
6. Membuffer Jalur Patahan Aktif setiap 0.5 Km, untuk menghasilkan peta jarak dari patahan aktif.
7. Melakukan Klasifikasi Jenis Batuan menurut tingkat kerentanannya terhadap goncangan menjadi Peta Kerentanan Batuan.
8. Mengkonversi Peta PGA, Peta kerentanan Batuan, Peta Jarak dari Patahan Aktif, Peta Lereng, dan Peta Distribusi Kepadatan Penduduk kedalam bentuk data raster. Lalu memberikan skala pada setiap kelas masing – masing variabel menjadi matriks risiko bencana gempa bumi dan dilakukan *weighted overlay* dengan bobot dari hasil perhitungan PHA, dengan nilai skala pada tabel 3.1 untuk masing – masing variabel untuk menghasilkan output raster risiko
9. membagi hasil output nilai raster risiko kedalam lima klasifikasi dari risiko sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi berdasarkan nilai pixel yang dihasilkan.

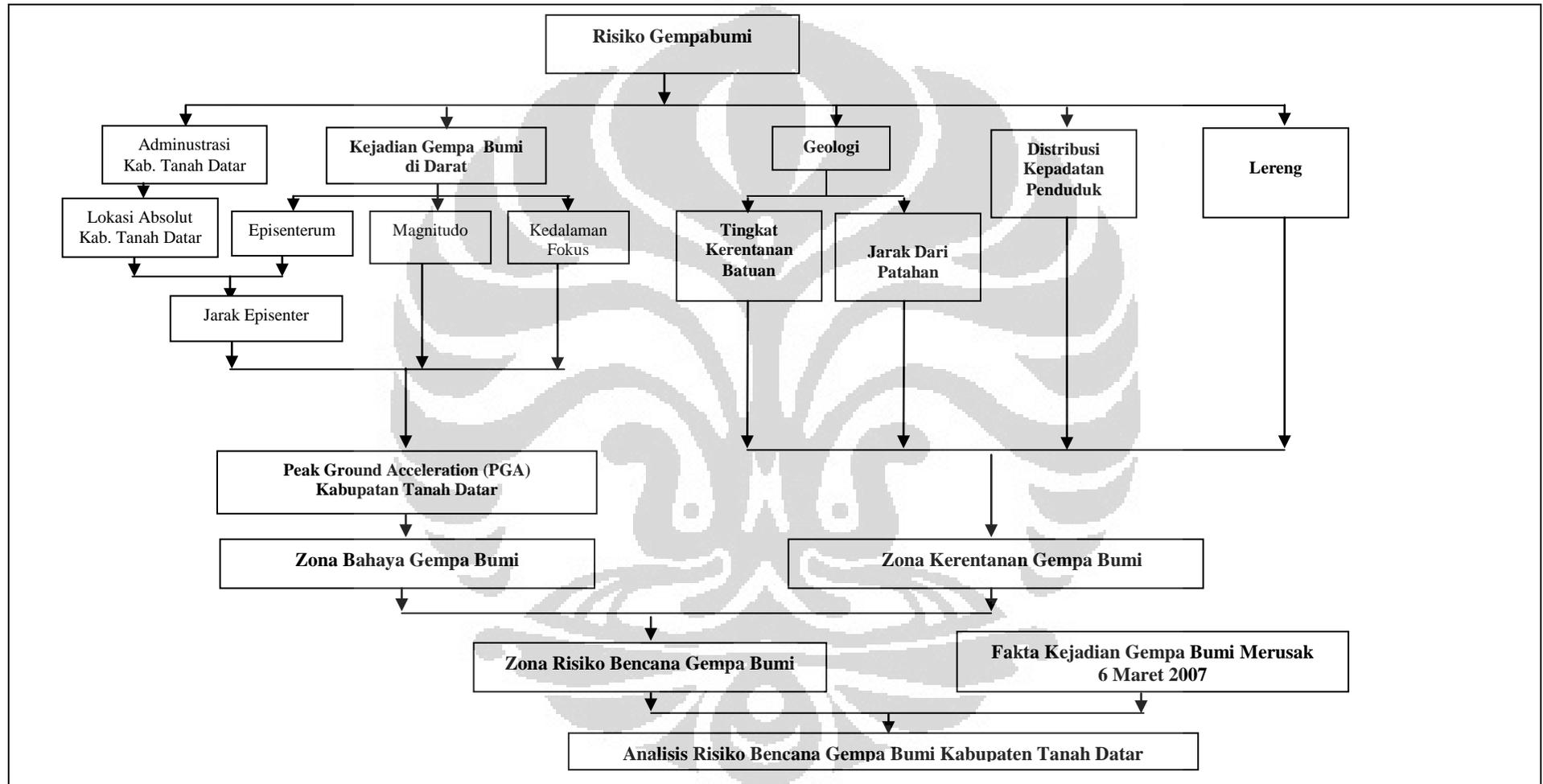
3.7 Analisis Data

Analisis yang digunakan pada penelitian ini bersifat analisis deskriptif dengan pendekatan keruangan, yaitu:

1. Mendeskripsikan wilayah tingkat risiko bencana gempa bumi berdasarkan yang meliputi variabel bahaya (*hazard*) gempa bumi yaitu bahaya guncangan (*ground shaking*) yang dilihat melalui nilai PGA dan variabel kerentanan (*vulnerability*) yang berupa Distribusi Kepadatan Penduduk, Tingkat Kekerasan Batuan, Jarak dari patahan aktif, serta tingkat kelerengan
2. Mendeskripsikan hubungan wilayah risiko gempa bumi pada Kabupaten Tanah Datar dengan fakta kejadian gempa bumi merusak pada gempa bumi 6 Maret 2007



3.8 KERANGKA PIKIR PENELITIAN



Gambar 5. Kerangka Pikir Penelitian

BAB 4

FAKTA WILAYAH

4.1 Administrasi Kabupaten Tanah Datar

Kabupaten Tanah Datar merupakan satu dari 19 (sembilan belas) kabupaten/kota di Propinsi Sumatera Barat. Daerah ini terletak pada 00^o17' LS sampai dengan 00^o39' LS dan 100^o19' BT sampai dengan 100^o51' BT (BAPPEDA Kabupaten Tanah Datar, 2009). Kabupaten Tanah Datar memiliki batas – batas administratif yang berbatasan dengan dengan beberapa kabupaten di Sumatera Barat, yaitu :

Utara	: Kabupaten Agam dan Kabupaten Limapuluh Kota
Barat	: Kabupaten Padang Pariaman
Selatan	: Kota Sawah Lunto dan Kabupaten Solok
Timur	: Kabupaten Sijunjung

Dalam penyelenggaraan pemerintahan, daerah ini terdiri dari 14 (empat belas) kecamatan dengan 75 (tujuh puluh lima) nagari serta jorong sebanyak 395 jorong. Disamping itu Tanah Datar memiliki 3 (tiga) gunung yakni; Merapi, Singgalang, dan Sago. Serta dialiri 25 (dua puluh lima) sungai dan satu danau, yaitu Danau Singkarak.

Luas daerah Kabupaten Tanah Datar sebesar 1242.46 Km² yang didapatkan dari hasil perhitungan pengolahan data. Pada kabupaten ini, kecamatan dengan luas daerah tertinggi berada di kecamatan Lintau Buo Utara dengan Luas sebesar 181,74 Km² atau sebesar 14, 63 persen dari luas Kabupaten Tanah Datar. Sedangkan untuk kecamatan dengan luas terendah terdapat pada kecamatan Lima Kaum, yaitu sebesar 28,82 Km² atau sekitar 2.32 persen dari luas total Kabupaten Tanah Datar.

4.2 Geologi Daerah Kabupaten Tanah Datar

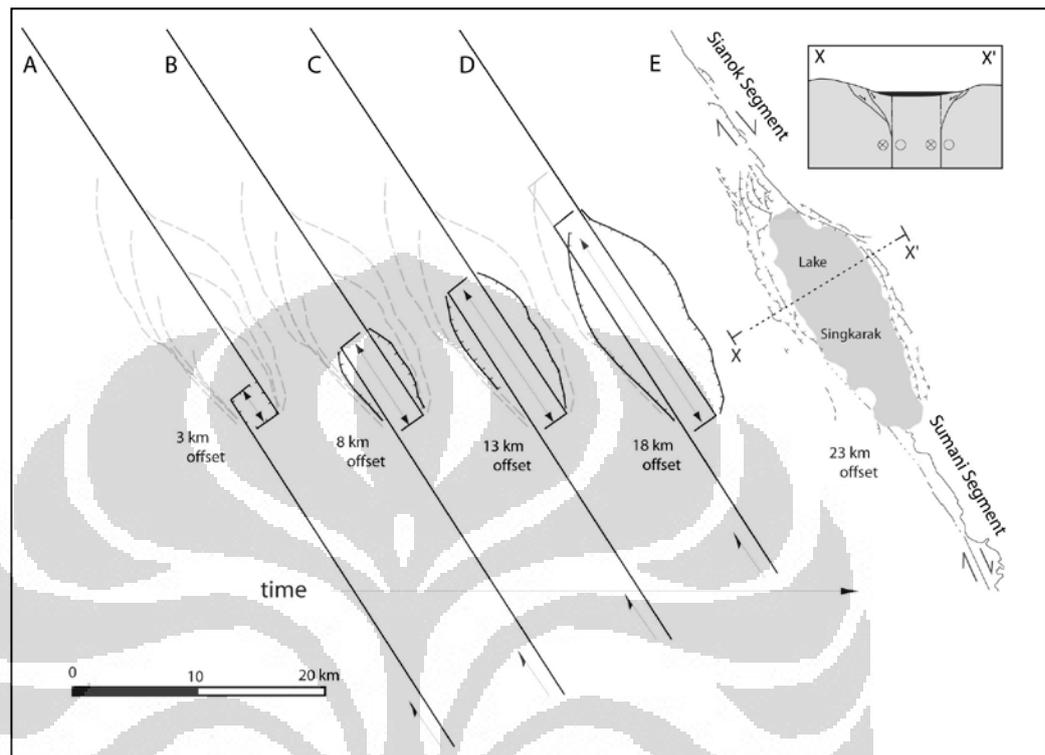
Geologi suatu daerah merupakan salahsatu faktor penentu besar kecilnya risiko kegempaan. Dalam penelitian ini berkaitan dengan jalur patahan aktif serta jenis batuan dan stratigrafi.

4.2.1 Kondisi Sesar di Sumatera Barat

Sesar Besar Sumatera atau disebut juga patahan semangko merupakan suatu bentuk dari graben, yaitu sebuah jalur batuan yang terletak diantara 2 bagian yang tinggi dan masing – masing bagian tadi dipisahkan oleh bidang – bidang pataha. Jalur patahan ini telah mengalami segmentasi, yaitu terbagi – bagi mejadi patahan patahan kecil yang saling tersambung. Segmen-segmen sesar sepanjang 1900 kilometer tersebut merupakan akibat dari tekanan miring antara lempeng Eurasia dan India–Australia dengan arah tumbukan $10^{\circ}\text{LS} \sim 7^{\circ}\text{LS}$. Sedikitnya terdapat 19 bagian dengan panjang masing-masing segmen 60 ~ 200 kilometer di sepanjang pulau sumatera, yaitu segmen Sunda ($6.75^{\circ}\text{S} \sim 5.9^{\circ}\text{LS}$), segmen Semangko ($5.9^{\circ}\text{LS} \sim 5.25^{\circ}\text{LS}$), segmen Kumering ($5.3^{\circ}\text{S} \sim 4.35^{\circ}\text{S}$), segmen Manna ($4.35^{\circ}\text{S} \sim 3.8^{\circ}\text{S}$), segmen Musi ($3.65^{\circ}\text{LS} \sim 3.25^{\circ}\text{LS}$), segmen Ketaun ($3.35^{\circ}\text{LS} \sim 2.75^{\circ}\text{LS}$), segmen Dikit ($2.75^{\circ}\text{LS} \sim 2.3^{\circ}\text{LS}$), segmen Siulak ($2.25^{\circ}\text{LS} \sim 1.7^{\circ}\text{LS}$), segmen Sulitii ($1.75^{\circ}\text{LS} \sim 1.0^{\circ}\text{LS}$), segmen Sumani ($1.0^{\circ}\text{LS} \sim 0.5^{\circ}\text{LS}$), segmen Sianok ($0.7^{\circ}\text{LS} \sim 0.1^{\circ}\text{LU}$), segmen sumpur (equator – 0.3°LU), segmen Barumun ($0.3^{\circ}\text{LU} \sim 1.2^{\circ}\text{LU}$), segmen Angkola ($0.3^{\circ}\text{LU} \sim 1.8^{\circ}\text{LU}$), segmen Toru ($1.2^{\circ}\text{N} \sim 2.0^{\circ}\text{N}$), segmen Renun ($2.0^{\circ}\text{LU} \sim 3.55^{\circ}\text{LU}$), segmen Tripa ($3.2^{\circ}\text{LU} \sim 4.4^{\circ}\text{LU}$), segmen Aceh ($4.4^{\circ}\text{N} \sim 5.4^{\circ}\text{LU}$), dan segmen Seulimeum ($5.0^{\circ}\text{LU} \sim 5.9^{\circ}\text{LU}$) (Natawidjaja, 2002). Di Provinsi Sumatera Barat, jalur sesar ini terbagi kedalam empat segmen, yaitu segmen suliti, segmen sumani, segmen sianok, dan segmen sumpur. Dua segmen diantaranya, yaitu segmen sumani dan segmen sianok terdapat di daerah penelitian.

Kedua segmen patahan yang terdapat dalam daerah penelitian ini ,pada masalah mengalami *offset* atau saling berhimpitan sejajar. Kemudian segmen – segmen patahan tersebut terus bergerak akibat adanya pergerakan lempeng. Hal ini dapat dibuktikan dari terbentuknya danau singkarak, yang merupakan hasil evolusi sesar normal dari graben singkarak yang terbentuk karena segmen patahan yang saling berhimpitan tersebut (gambar 6). Segmen – segmen patahan tersebut terus bergerak hingga saat ini, sehingga menimbulkan aktifitas tektonik di daratan berupa aktifitas gempa bumi yang biasanya bersifat merusak dan memiliki kedalaman yang dangkal. Pada gambar 6, Lebar danau mewakili besarnya

pergeseran (offset) pada segmen Sianok dan Sumani. Lalu Profil E menunjukkan geometri graben pada saat ini.



Gambar 6. Hipotesis pergerakan sesar normal dari graben singkarak

Sumber : Sieh dan Natawidjaja, 2000

Daerah – daerah yang berada pada jalur patahan aktif, merupakan daerah yang sangat berpotensi dilanda bencana gempa bumi. Hal ini dikarenakan jalur – jalur patahan tersebut dapat menjadi sumber gempa di daratan, karena pergeseran antar bidang atau ikut mengalami guncangan yang kuat akibat pengaruh dari sumber gempa yang terjadi pada daerah yang lain. Sebagai variabel kerentanan, maka dalam penelitian ini dilakukan pengklasifikasian wilayah menurut jarak terhadap patahan aktif yang terdapat di Kabupaten Tanah Datar. Klasifikasi dilakukan dengan mem-*buffer* jalur patahan aktif setiap 0.5 Km dan membaginya ke dalam 5 klasifikasi, yaitu 0 – 0.5 Km, 0.5 – 1.0 Km, 1.0 – 1.5 Km, 1.5 – 2.0 Km, dan lebih jauh dari 2.0 Km. Dasar pembagian ini dilakukan dengan melihat penelitian terdahulu dan panduan mitigasi gempa bumi D.I Yogyakarta yang

dikeluarkan oleh BAKORNAS PB pada tahun 2007. Semakin dekat jaraknya dengan jalur patahan aktif, maka suatu daerah akan semakin rentan.

Tabel 4.1 Luas wilayah berdasarkan jarak dari patahan aktif

Jarak dari Patahan (Km)	Luas (km ²)	Persentase (%)
0 - 0.5	82.44	6.60
0.5 - 1.0	85.22	6.82
1.0 - 1.5	83.20	6.66
1.5 - 2.0	83.44	6.68
> 2.0	908.17	73.25
Total Luas	1242.46	100

Sumber : Pengolahan Data, 2010

Pada Tabel 4.1, Luas wilayah pada masing masing *buffer* jarak patahan memiliki luasan yang hampir sama, kecuali pada luas wilayah dengan jarak *buffer* lebih dari 2.0 Km terhadap jalur patahan aktif. Dilihat dari sebaran patahan aktif yang terdapat di Kabupaten Tanah Datar (Peta 4), jalur – jalur patahan terdapat di sekitar barat daya daerah penelitian, melalui danau singkarak lalu terus ke arah utara di Kecamatan Batipuh Selatan, Kemudian Kecamatan Batipuh, lalu ke Kecamatan X Koto. Jalur patahan juga terdapat di timur laut daerah penelitian, berada di sepanjang kecamatan Sungayang dan Salimpaung.

4.2.2 Stratigrafi dan Jenis Batuan

Daerah penelitian termasuk ke dalam Peta Geologi Lembar Padang dan Lembar Solok yang dipetakan oleh Kastowo dan G.W Leo , (1995). Jenis batuan wilayah ini, terdiri dari kelompok batuan gunung api dan intrusi, sedimen dan malihan (lihat peta 3a). Dalam kerangka geologi regional daerah Kabupaten Tanah Datar termasuk ke dalam Cekungan Ombilin yang terbentuk akibat pensesaran bongkah (blok) terhadap batuan dasar. Pensesaran tersebut terjadi pada Awal Tersier yang menyebabkan terbentuknya struktur "graben". Selanjutnya bagian-bagian graben ini pada Awal Tersier mulai diisi oleh endapan klastika

kasar di bagian pinggir, sedangkan di bagian tengah terbentuk semacam danau yang kemudian diisi oleh endapan klastika halus.

Sedimentasi dalam Cekungan Ombilin telah diketahui secara luas berkat pemetaan geologi bersistem untuk seluruh Pulau Sumatra. Cekungan Ombilin terletak pada bagian tengah jalur Pegunungan Barisan yang terbentuk pada Awal Tersier dan mengandung batuan sedimen mencapai ketebalan 4.600 m serta diendapkan pada lingkungan darat atau danau sampai laut dangkal.P.H. Silitonga dan Kastowo, (1995) di dalam Peta Geologi Lembar Solok membagi batuan Pra-Tersier yang menjadi batuan dasar Cekungan Ombilin menjadi Formasi Kuantan, Formasi Silungkang, Formasi Tuhur, Granit, Diorit dan Granodiorit, sedangkan batuan Tersier yang mengisinya dari bawah keatas dibedakan menjadi Formasi Brani yang menjememari dengan Formasi Sangkarewang, Anggota Bawah Formasi Ombilin, Anggota Atas Formasi Ombilin dan Kelompok Vulkanik.

Tabel 4.2 Stratigrafi Daerah Kabupaten Tanah Datar

Endapan Permukaan	Batuan Vulkanik dan Intrusi	Umur	
Qal Qas Qat Qf	Qtt		
Batuan Sedimen	Qama Qpt Qatg Qast Qamg		Kuartener
Qtpu	QJwt OTau		
Tpm	QJwt		Pliosen
Tpl	Qtt Ts		
Tmou Tol Tmtu Tmol Tmtl Tml			Miosen
Tos Tob			Oligosen
Batuan Metamorf	g gd qd qp		Trias
Tits Titf			
Pd PCks PCkl PCkq	Ps d		Perm dan Karbon

Sumber : Peta Geologi Lembar Padang dan Solok, PSG, 1995

Berikut ini adalah rincian dari jenis batuan yang terdapat di Kabupaten Tanah Datar

1. Batuan gunung api dan Intrusi
 - a. Tuf Batuapung dan Andesit (Basal) (Qpt); tuf batuapung umumnya terdiri dari serabut – serabut gelas dan 5 hingga 80% fragmen – fragmen batuapung putih (hampir tidak mengandung mineral – mineral mafik), berukuran garis tengah 1 hingga 20 cm; agak kompak. Setempat terdapat lapisan – lapisan kerikil yang terdiri dari komponen kuarsa, batuan gunung api, dan batugamping. Setempat bongkah – bongkah obsidian dan "pitchstone" berwarna kelabu kemerahan sampai kecoklatan baik yang masih segar maupun yang sudah lapuk. Endapan tuf ini mungkin berasal dari erupsi terakhir kaldera maninjau atau erupsi celah yang hubungannya dengan jalur sesar besar sumatera (wasterveld, 1953). Hubungan dilapangan menunjukkan bahwa Qhpt terletak di atas Qpt.
 - b. Andesit dari Gunung Marapi (Qama); hasil-hasil Gunung Marapi dianggap yang termuda, karena gunung Marapi mempunyai kegiatan pada masa sejarah dan mempunyai fumarola-fumarola yang giat ; juga tuf lapili Marapi menutupi tuf (Qpt) sebelah utara Baso ; ini menunjukkan bahwa setidaknya beberapa hasil gunungapi Marapi adalah lebih muda daripada tuf batuapung.
 - c. Andesit dari Gunung Singgalang (Qast) Hasil-hasil dari Singgalang dan Tandikat dianggap pertengah dalam umur antara Qama dan Qamj, karena Tandikat tercatat erupsinya pada masa sejarah, tetapi sekarang tidak menunjukkan kegiatan fumarola; bukti lapangan tidak didapat
 - d. Aliran yang tak teruraikan (QTau) : Lahar, fanglomerat dan endapan-endapan koluvium yang lain.
 - e. Tuf Kristal yang telah mengeras (QTt)
 - f. Andesit (Basal Tersier) Awal (Ta) : Mendasari G. Sirabungan dan beberapa bukit-bukit yang lebih rendah di sebelah timurnya. Suatu contoh dari G. Sirabungan adalah breksi mikro dengan fenokris plagioklas (An_{42-67}), horeblendanya yang telah teroksidasi dan berubah, hipersten, augit, dan biotit, disamping fragmen-fragmen basal olivin dan mungkin batuan

gunungapi yang lain; pada masa dasar mikrolit plagioklas dan afanitik. Andesit ini sementara dianggap tersier sebab ditutupi oleh batuan sedimen tersier (Tsc dan Tpc)

- g. Tuf Batuapung (Qpt) : Batu apung di dalam matriks kaca kelaran.
- h. Andesit Gunung Marapi (Qama) : Breksi andesit sampai basal, bongkah lava, lapili, tuf, aglomerat dan endapan lahar.
- i. Andesit Gunung Malintang (Qamg) : Breksi andesit sampai basal, aglomerat, pecahan lava berongga, endapan lahar dan lava.
- j. Granit (g) : Susunannya berkisar dari leuco-granit sampai monzonit kuarsa.
- k. Diorit Kuarsa (qd) : Diorit kuarsa, holokristalin.
- l. Kuarsa Porfir (qp) : Kuarsa porfir, dengan fenokris kuarsa dan felspar.
- m. Diabas, Basal (d) : batuan beku yang terbentuk dari lelehan gabbro

2. Batuan Malihan

- a. Batugamping Perem (Pl) : Batu gamping pejal, berongga, berwarna putih, kelabu dan kemerahan, mengandung sisipan tipis batu sabak, filit, serpih, terkarsikan dan kuarsit. Pada umumnya membentuk topografi kasar berpunggung tajam.
- b. Batuan Malihan Perem (Ps) : Filit, batu sabak, hornfels dan grewak mika. Filit berwarna kelabu kebiruan sampai biru tua. Batu sabak berwarna kelabu kebiruan sampai biru muda dan coklat. Grewak mika dan tuf terdapat sebagai sisipan dalam batu sabak. Satuan ini diterobos oleh instrusi granit kapur dan tersier.
- c. Anggota Kuarsit Batuan Perem (Pq) : Kompak, rijangan, kelabu sampai kecoklatan. Setempat mengandung urat-urat kuarsa, pirit dan sisipan-sisipan batu lanau kelabu tua dan berlapis baik, grewak yang terubah dan batuan gunung api. Beberapa singkapan batuan gunung api tersebut mengalami propilitisasi dan klorotisasi.
- d. Batuan Organik Miosen (Tmgr) : Stok, berkomposisi antara granit dan diorit kuarsa. Contoh dari tengah stok yang besar di sebelah timur Kayutanam dan sebelah selatan Padangpanjang adalah granit (kuarsa +

mikropertit mikrolin + Plagioklas An_{5-30} + sedikit biotit), sedangkan contoh dari bagian utara stok adalah diorit kuarsa (plagioklas An_{28-35} + kuarsa + sedikit mikrolin klorit sekunder dan epidot). Kaolinisasi dan serisitisasi pada plagioklas, adanya epidot serta klorit dan singkapan yang yang terkarsikan dan terpiritkan, menunjukkan adanya ubahan hidrotermal yang berarti pada stok tersebut. Berbeda dengan stok yang mendasari Bukit Karang. Di sini didapatkan diorit kuarsa yang tidak berubah dengan komposisi plagioklas An_{20-58} , kuarsa, horeblenda dan biotit. Stok-stok granit ini sementara ditentukan berumur tersier.

- e. Granit Kapur (Kgr) : bersusunan lenco-granit sampai monzonit kuarsa. Umumnya bertekstur feneritik-porfiritik, setempat pegmatit.
 - f. Formasi Brani (Tlts) : Konglomerasi dengan sisipan batu pasir.
 - g. Anggota Batugamping (Tltl) : Batu gamping pasiran, batu gamping konglomerat.
 - h. Anggota Filit dan Serpih Formasi Kuantan (PCks) : Serpih dan filit, sisipan batu sahak, kuarsit, batu lanau, rijang dan aliran lava.
 - i. Anggota Batugamping Formasi Kuantan (PCkl) : Batu gamping batu sabak, filit, serpih terkarsikan dan kuarsit.
3. Batuan Sedimen
- a. Anggota Atas Formasi Ombilin (Tmou) : lempung dan napal dengan sisipan batupasir, konglemerat mengandung kapur dan berfosil
 - b. Anggota Bawah Formasi Ombilin (Tmol) : batupasir kuarsa mengandung mika sisipan arkose, serpih lempungan, konglomerat kuarsa dan batubara
 - c. Batugamping Karang (Tml) : batu gamping
 - d. Formasi Sangkarewang (Tos) : Serpih, napalan, batu pasir arkose dan breksi andesit
 - e. Aluvium Sungai (Qal) : lempung , pasir, krikil, bongkahan batuan beku, kuarsit

4.2.3 Kerentanan Batuan Terhadap Goncangan

Tingkat Kerentanan Batuan akan berpengaruh terhadap kestabilan suatu daerah terhadap guncangan saat terjadi gempa bumi. Daerah yang memiliki

batuan dengan susunan yang kompak, akan lebih stabil dibandingkan daerah dengan batuan yang tidak kompak (*unconsolidated sedimen*). Dalam melakukan klasifikasi kerentanan batuan, dilakukan dengan cara melihat sifat – sifat batuan tersebut, terutama kekompakannya. Dalam hal ini, tingkat kerentanan batuan disusun berdasarkan kelompok batuan yaitu batuan sedimen, batuan beku, dan malihan.

Tingkat kerentanan diberi nilai penskalaan dengan nilai 7 pada kelompok batuan sedimen yang berarti sangat rentan, kemudian nilai 5 pada kelompok batuan beku yang berarti cukup rentan, dan nilai 3 pada kelompok batuan malihan. Semakin tinggi kriteria penilaian, maka akan semakin rentan terhadap kerentanan gempa bumi, yang berarti akan semakin besar pengaruhnya terhadap bahaya guncangan. Untuk rincian pengklasifikasian kerentanan batuan dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Kelompok batuan berdasarkan tingkat kerentanan

No	FORMASI	SANDI	kelompok	skala	luas (km ²)
1	Granit Lassi	Kgr	malihan	3	277.49
2	Anggota Batugamping	PCKl			
3	Anggota Filit dan Serpih	PCKs			
4	Batugamping	Pl			
5	Quartzite Member	Pq			
6	Permian Metamorphic Rocks	Ps			
7	Anggota Batugamping	TlTl			
8	Anggota Batusabak dan Serpih	TlTs			
9	Batuan Granitik Miosen	Tmgr			
10	Diabas, Basal	d	beku	5	724.98
11	Granit	g			
12	Andesit Gunung Marapi	Qama			
13	Andesit Gunung Malintang	Qamg			
14	Andesit Dari G. Singgalang and T	Qast			
15	Diorit Kuarsa	qd			
16	Kuarsa Porphyry	Qp			
17	Tufa Batuapung dan Andesit (Basa	Qpt			
18	Aliran Yang Tak Teruraikan	QTau			
19	Lithic Crystal Tuff	QTt			
20	Batuan Gunungapi Kuarter	Qv			
21	Andesit - Basal	Ta			

No	FORMASI	SANDI	kelompok	skala	luas (km ²)
22	Alluvium	Qal	sedimen	7	235.39
23	Batugamping Karang	Tml			
24	Anggota Bawah	Tmol			
25	Anggota Atas	Tmou			
26	Formasi Brani	Tob			

Sumber : Pengolahan Data, 2010

Dari hasil pengolahan data terhadap kelompok batuan, untuk mendapatkan wilayah dengan batuan rentan dapat dilihat pada Tabel 4.3 serta Peta 3b.

Kelompok batuan yang merupakan kategori sangat rentan, yaitu batuan sedimen memiliki luas yang paling rendah, dengan wilayah sebaran di bagian utara danau singkarak, kemudian tersebar di sebagian besar kecamatan Tanjung Emas dan Padang Ganting, serta terdapat pula di bagian utara kecamatan Sungayang.

Untuk wilayah cukup rentan, yang merupakan kelompok batuan beku terdapat disebagian besar daerah Kabupaten Tanah Datar. Wilayah ini memiliki luasan terbesar yaitu sebesar 724.98 Km². Sebarannya terdapat di seluruh Kecamatan Lima Kaum, Sungai Tarab, Batipuh dan X Koto, yang terdapat di bagian utara Kabupten Tanah Datar. Terdapat pula di bagian timur Kabupaten Tanah Datar, yang berada di sebagian Kecamatan Tanjung Emas, Padang Ganting, Lintau Buo dan Lintau Buo Utara.

Wilayah dengan kelompok batuan yang rentan, yaitu kelompok batuan malihan teradapat di bagian barat daya Kabupaten Tanah Datar, serta di bagian utara Kabupaten Tanah Datar yang meliputi sebagian kecamatan Tanjung Baru, Salimpaung, dan Sungayang.

4.3 Lereng Kabupaten Tanah Datar

Tanah Datar bertopografi dataran tinggi yang bergunung dan berbukit-bukit. Dataran lebih sedikit bila dibanding perbukitan. Perbukitan tersebut banyak mengalami pelapukan, sewaktu – waktu dapat mengakibatkan longsor. Bukit tersebut akan lebih mudah longsor dengan curah hujan yang tinggi dan aktifitas gempa (BAPPEDA Kabupaten Tanah Datar, 2009). Mengingat aktifitas sesismik yang tinggi akibat yang akan ditimbulkan gempa akan semakin besar.

Lereng merupakan sudut yang dibentuk oleh permukaan tanah dengan bidang horizontal, dan dinyatakan dalam persen (%), yang dibuat dengan mengukur jarak transis (jarak antara dua garis kontur pada peta topografi). Dalam penelitian ini, digunakan data SRTM dari BAKOSURTANAL tahun 2007 dengan resolusi 30 meter untuk membuat tingkat ketererengan pada Kabupaten Tanah Datar.

Variabel ini, merupakan bagian dari faktor kerentanan lingkungan, dimana setiap kelasnya menunjukkan tingkat lereng yang rentan terhadap bahaya gempa bumi. Klasifikasi yang digunakan berdasarkan klasifikasi yang dibuat oleh sandy, 1998. Dibagi kedalam 5 kelas, yaitu : 0 – 2 %, 2 – 8 %, 8 – 25 %, 25 – 40 %, dan lebih dari 40%. Semakin curam lereng, akan menunjukkan tingkat kerentanan yang semakin tinggi terhadap gempa bumi.

Berdasarkan wilayah ketererengan, daerah Kabupaten Tanah Datar memiliki variasi ketererengan yang sangat beragam. Hal ini karena kondisi topografinya yang berbukit – bukit. Rincian luas lereng dapat dilihat pada tabel 4.3, hampir setiap kelas lereng memiliki luas yang merata, dengan luas wilayah lereng tertinggi seluas 274,58 Km² yaitu pada wilayah dengan ketererengan 25 – 40 %.

**Tabel. 4.4 Luas Wilayah Kemiringan tanah (Lereng)
Kabupaten Tanah Datar**

Lereng	Kelas Tingkat Kerentanan	Luas (Km²)	Persentasi (%)
0 – 2 %	1	262.27	21.11
2 – 8 %	2	233.97	18.83
8 – 25 %	3	250.06	20.13
25 – 40 %	4	274.58	22.10
> 40 %	5	221.58	17.83
Total Luas		1242.46	100.00

Sumber : data SRTM resolusi 30 meter dari BAKOSURTANAL

Untuk sebarannya, dapat dilihat pada lampiran Peta 6. Dalam Peta 6, dapat terlihat bahwa sebaran tingkat ketererengan sangat curam yaitu lebih 40 % terdapat

di bagian barat laut yang merupakan bagian dari Gunung Marapi. Serta terdapat pula di bagian barat danau singkarak, karena bentuk topografinya yang berbukit – bukit (Lampiran foto 6). Pada wilayah – wilayah yang datar, tersebar di bagian tengah daerah penelitian, yang terdapat di kecamatan Lima Kaum dengan luas 262 Km². Wilayah ini digunakan sebagai wilayah permukiman dan merupakan pusat pemerintahan Kabupaten Tanah Datar.

4.4 Penduduk

Penduduk menjadi salahsatu variabel utama dalam melakukan analisis risiko bencana, karena sebuah fenomena alam dapat disebut bencana jika mengakibatkan kerugian pada manusia. Oleh karena itu, dalam penelitian ini juga digunakan variabel kepadatan penduduk dalam aspek kerentanan sosial penduduk.

Distribusi penduduk menurut kecamatan, tampak untuk beberapa kecamatan memiliki jumlah penduduk yang cukup banyak. Dari 14 kecamatan yang ada, 6 kecamatan diantaranya memiliki jumlah penduduk diatas 30 ribu jiwa. Kecamatan – kecamatan tersebut adalah kecamatan Batipuh, Lima Kaum, Lintau Buo Utara, Rambatan, Sungai Tarab, dan X Koto. Namun jika jumlah penduduk dibandingkan dengan luas wilayah masing – masing kecamatan, akan didapatkan kecamatan dengan kepadatan tertinggi, yaitu kecamatan Lima Kaum yang mencapai 1204 jiwa per Km². Sedangkan kecamatan yang memiliki kepadatan penduduk terendah berada di Kecamatan Batipuh Selatan dengan kepadatan penduduk 96 jiwa per Km². Rician kepadatan penduduk dalam setiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.6 Kepadatan penduduk perkecamatan Kabupaten Tanah Datar

No.	Kecamatan	luas daerah (Km ²)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan (jiwa/Km ²)
1	Batipuh	96.52	31.475	326
2	Batipuh Selatan	114.50	11.026	96
3	Lima Kaum	28.82	34.702	1.204
4	Lintau Buo	109.20	15.623	143
5	Lintau Buo Utara	181.74	35.512	195
6	Padang Garing	68.52	13.980	204
7	Pariangan	55.28	21.295	385
8	Rambatan	93.45	33.716	361
9	Salimpaung	56.95	21.185	372
10	Sungai Tarab	78.62	33.670	428
11	Sungayang	68.23	16.916	248
12	Tanjung Baru	24.59	13.367	544
13	Tanjung Emas	119.43	21.479	180
14	X Koto	146.63	39.878	272
		1242.46	303.946	245

Sumber : BPS Kabupaten Tanah Datar, 2007

Berdasarkan sebarannya, digunakan Peta distribusi kepadatan penduduk (*population density*) yang dikeluarkan oleh United Nation Institute Training and Research (UNITAR) sebuah lembaga Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) yang aktif dalam penelitian kebencanaan. Data tersebut dikeluarkan pada tahun 2007 saat terjadi gempa di solok pada tanggal 6 maret 2007, dengan data penduduk yang digunakan adalah data tahun 2004.

Pada peta tersebut, dapat diketahui dimana saja lokasi konsentrasi penduduk berdasarkan tingkat kepadatannya. Kriteria kepadatan yang digunakan didapatkan dari klasifikasi yang dibuat oleh UNITAR, yaitu 0 – 50 Jiwa/Km², 51 – 100 Jiwa/Km², 101 – 500 Jiwa/Km², 501 – 2500 Jiwa/Km², dan 2501 – 5000 Jiwa/Km². Semakin tinggi jumlah orang per kilometer persegi, akan menunjukkan semakin besar risiko potensi korban jiwa yang akan ditimbulkan ketika terjadi bencana gempa bumi. Luasan dari masing – masing kriteria distribusi kepadatan penduduk dapat dilihat pada Tabel 4.6 dengan penyajian distribusi kepadatan penduduk pada Peta 5

Tabel 4.7 Luas Distribusi Kepadatan Penduduk Kabupaten Tanah Datar

Distribusi Kepadatan Penduduk	Luas (Km²)	Persentasi (%)
0 - 50	609.63	49.07
51 - 100	237.15	19.09
101 - 500	352.11	28.34
501 - 2500	36.73	2.96
2501 - 5000	6.84	0.55
Total Luas	1242.46	100.00

Sumber : Pengolahan Data, 2010

Dari data tersebut, didapati luas klasifikasi distribusi kepadatan penduduk tertinggi yaitu 2501 – 5000 jiwa/Km² hanya sebesar 6.84 Km² atau sekitar 0,55 persen dari luas total Kabupaten Tanah Datar. Sebaran dari distribusi kepadatan penduduk tertinggi ini, terkonsentrasi di ibukota Kabupaten Tanah Datar, yaitu Batusangkar yang terdapat di Kecamatan Lima Kaum. Lokasi sebaran klasifikasi ini, juga terdapat di Kecamatan Salimpaung dan Lintau Buo Utara.

Pada kondisi di lapangan, distribusi kepadatan penduduk ini berasosiasi dengan jaringan jalan, dan penggunaan lahan. Permukiman – permukiman penduduk berada di cenderung berada di sepanjang jaringan jalan Kabupaten Tanah Datar. Pada wilayah yang memiliki kepadatan penduduk 0 – 50 jiwa/Km² kenyataan dilapangan dapat berupa sawah, atau gunung seperti di bagian barat laut Kabupaten Tanah Datar, yang merupakan kawasan Gunung Marapi.

4.5 Sejarah kegempaan di Sumatera Barat

Pada garis besarnya sumatera barat secara keseluruhan merupakan jalur utama gempa besar yang dinamakan jalur mediterania. Gempa yang terjadi di sumatera barat mempunyai kedalaman mulai dari 0 – 300 km. Gempa – gempa yang dangkal pada umumnya terjadi di darat, berasosiasi dengan jalur patahan aktif. Untuk sebaran gempa bumi pada daerah penelitian tersaji pada lampiran Peta 2.

Berdasarkan data Katalog Gempa bumi Merusak Indonesia yang diterbitkan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, BMKG, dan hasil penelusuran data pada media elektronik, tercatat telah terjadi 5 kali kejadian Gempa bumi merusak yang terjadi di darat dan 4 diantaranya berada di sekitar Kabupaten Tanah Datar.

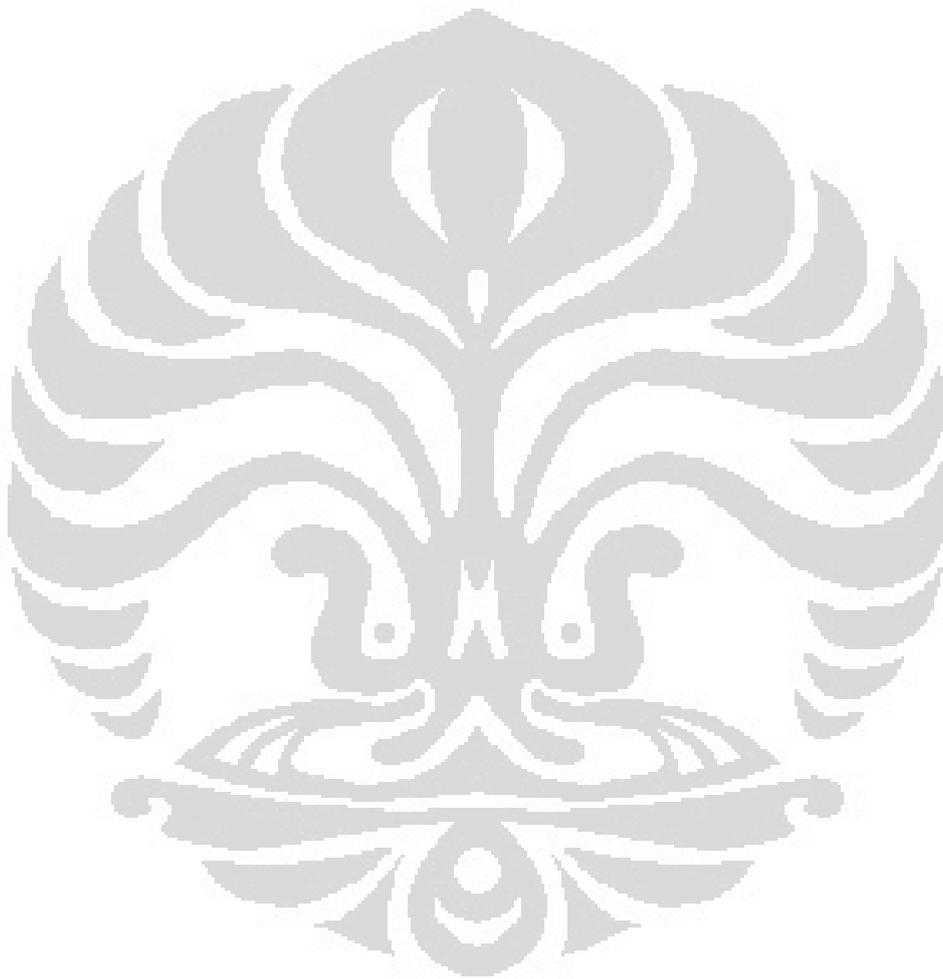
Gempa bumi merusak yang terjadi di darat melanda pertamakali terjadi pada 28 Juni 1926 Terjadi gempa pada episenter 0.7° LS – 100.6° BT, dengan kekuatan 7.8 Skala Richter. Hampir semua rumah mengalami kerusakan dan beberapa orang yang diketemukan meninggal di danau Singkarak. Terasa pada pusat gempa dengan skala VIII – IX MMI. Lebih dari 354 orang meninggal dunia, serta terjadi keretakan tanah di Padang Panjang, Krambil dan Simabur.

Kejadian Gempa bumi Merusak kedua terjadi pada 9 Juni 1943 di Singkarak. Kekuatan pada pusat gempa sebesar 7.7 Skala Richter dengan skala MMI VIII – IX. Terjadi sesar sepanjang ± 60 Km antara Danau Singkarak dan Danau Diatas, serta terjadi Sesar normal ± 2 meter. Jalan bergeser di Salayao ± 2 – 3 meter.

Kejadian Gempa bumi merusak ketiga terjadi pada 25 Januari 2003, di Kabupaten Agam dengan kedalaman 12 Km. Skala kekuatan gempa sebesar 3,3 Skala Richter, yang bernilai III – IV MMI. Terjadi kerusakan ringan ± 80 bangunan di Lubuk Durian, Damar, Simik Air, Jorong Paladangan, Kanagarian Malalak, Kecamatan IV Koto, Kabupaten Agam. Rumah – rumah mengalami keretakan dinding dan kolom.

Kejadian Gempa bumi merusak keempat terjadi pada 16 Februari 2004 Gempa terjadi pada jam 21 44 30.0 WIB dengan episenter 0.5° LS – 100.39° BT berkekuatan 5.6 SR dan kedalaman 16 Km, gempa terasa di pusatnya dengan skala V – VI MMI yakni di Pitalah dan Gunung Rajo 6 org meninggal, 10 org luka-luka, 70 rumah rusak, listrik mati sekitar 30 menit di Kab. Tanah Datar. Kerusakan melanda desa Pitalak, Gunung Rajo, Nagari Pitala, Paninggahan, Kec. Batipuh, Kab. Tanah Datar. Terjadi longsor di Gunung Rajo, Paninjauan. Terjadi retakan jalan antara Gunung Rajo – Padang. Getaran gempa terasa kuat di Padang, Pariaman, Padang Panjang, Bukittinggi, Solok, Sawah Lunto, Sijunjung, Agam, dan Batusangkar.

Kejadian Gempa bumi merusak kelima terjadi pada 6 maret 2007 dengan epicentrum berada di $0.536^{\circ}\text{LS} - 100,498^{\circ}\text{BT}$. Gempa bumi terjadi pada kedalaman 30 Km dengan kekuatan 6.3 Skala Richter yang mengakibatkan kerusakan terjadi pada skala VII MMI. Akibat dari kejadian gempa bumi ini, 72 orang meninggal dunia dan 803 orang luka – luka. Ratusan rumah roboh dan ribuan bangunan rusak. terjadi retakan tanah , likuifaksi dan kelongsoran.



BAB 5

HASIL dan PEMBAHASAN

5.1 Nilai PGA Kabupaten Tanah Datar

Percepatan gelombang gempa yang sampai di permukaan bumi disebut juga *Peak Ground Acceleration* (PGA), merupakan gangguan yang perlu dikaji untuk setiap gempa bumi, kemudian dipetakan agar bisa memberikan pengertian tentang efek paling parah yang pernah dialami suatu lokasi (Fauzi, 2000 dalam Nurmalia, 2008). Semakin besar nilai PGA yang pernah terjadi disuatu tempat, maka akan semakin besar guncangan yang dialami daerah tersebut. Nilai PGA yang didapatkan, akan merepresentasikan bahaya guncangan tanah (*ground shaking*) yang dapat menyebabkan besarnya tingkat kerusakan yang ditimbulkan gempa bumi yang mungkin terjadi.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kejadian gempa bumi merusak yang melanda Kabupaten Tanah Datar Provinsi Sumatera Barat yang merupakan gempa bumi dangkal dengan titik epicentrum berada di darat pada tanggal 6 maret 2007. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus empiris PGA Kanai seperti yang telah dipaparkan pada metode penelitian (contoh perhitungan lihat lampiran 5). Untuk sebaran titik perhitungan, tersaji pada Peta 7a

Perhitungan dilakukan pada 42 titik yang dibuat berdasarkan grid setiap koordinat 5 menit di Kabupaten Tanah Datar yang dapat dilihat pada (Lampiran 8). Nilai PGA yang digunakan dari hasil perhitungan adalah nilai maksimum dari setiap kejadian. Besarnya nilai PGA yang terjadi di setiap kecamatan, dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Nilai PGA Kabupaten Tanah Datar

Kecamatan	Lokasi Absolut		PGA (gals)	Kecamatan	Lokasi Absolut		PGA (gals)
	Lintang	Bujur			Lintang	Bujur	
Batipuh	-0.491	100.459	200.23	Rambatan	-0.526	100.570	205.34
Batipuh Selatan	-0.596	100.464	190.68	Salimpaung	-0.347	100.550	105.52
Lima Kaum	-0.462	100.565	180.92	Sungai Tarab	-0.405	100.540	183.92
Lintau Buo	-0.497	100.777	70.13	Sungayang	-0.386	100.615	120.92
Lintau Buo Utara	-0.402	100.733	60.16	Tanjung Baru	-0.312	100.536	120.01
Padang Ganting	-0.531	100.712	120.91	Tanjung Emas	-0.484	100.653	190.21
Pariangan	-0.450	100.502	208.54	X Koto	-0.451	100.388	60.85

Sumber : Pengolahan data, 2010

Pada Tabel 5.1, terlihat bahwa nilai α terbesar berturut – turut terdapat pada kecamatan Pariangan, Rambatan dan Batipuh dengan Nilai Percepatan Tanah lebih dari 200 gals. Nilai Percepatan Tanah (α) terkecil terdapat pada kecamatan X Koto sebesar 60.85 gals. Dengan kisaran nilai α (PGA) pada daerah Kabupaten Tanah Datar tersebut, maka untuk melihat pola sebarannya, nilai – nilai tersebut diklasifikasikan kedalam 5 kelas nilai PGA dengan rentang nilai 50 gals. Hasil pengklasifikasian tersebut kemudian disajikan dalam bentuk peta nilai PGA Kabupaten Tanah Datar untuk dapat melihat sebaran nilai PGA secara spasial (lihat Peta 7b). Luas dan persentase dari masing – masing nilai PGA tersebut disajikan dalam Tabel 5.2

Tabel 5.2 Klasifikasi nilai PGA dan Luasannya

PGA	Luas (Km ²)	Persentase (%)
< 50 gals	13.90	1.12
50 – 100 gals	449.33	36.16
100 - 150 gals	269.70	21.71
150 - 200 gals	370.04	29.78
> 200 gals	139.49	11.23
Total	1242.46	100.00

Sumber : Pengolahan data, 2010

Wilayah dengan nilai PGA kurang dari 50 gals merupakan wilayah dengan luasan terkecil dengan luas 13.90 Km² (1.12%). Wilayah ini secara keseluruhan terdapat pada bagian timur Kabupaten Tanah Datar, yang merupakan daerah administratif Kecamatan Lintau Buo Utara. Wilayah dengan nilai PGA 50 – 100 gals mempunyai luas wilayah sebesar 449.33 Km² (36.16 %) yang merupakan luasan nilai PGA tertinggi. Wilayah ini terdapat pada bagian paling timur dan bagian paling barat daerah penelitian. Berikutnya, wilayah dengan nilai PGA 100 – 150 gals memiliki luasan sebesar 269.70 Km² (21.71 %) dengan pola sebaran berada di bagian barat dan timur daerah penelitian, serta terdapat pula di bagian selatan, di sekitar danau Singkarak. Wilayah dengan nilai PGA 150 – 200 gals memiliki luasan 370.04 Km² (29.78 %) berada di bagian tengah daerah penelitian. Wilayah ini memanjang dari bagian utara hingga selatan daerah penelitian. Lalu pada wilayah dengan nilai PGA lebih besar dari 200 gals dengan luasan 139.49 Km² (11.23%), terdapat pada bagian tengah dari daerah penelitian. Secara keseluruhan, nilai PGA di wilayah penelitian ini semakin besar nilainya dari bagian tengah daerah penelitian, yang merupakan pusat gempa, lalu semakin kecil nilainya barat dan timur daerah penelitian (lihat Peta 7b).

Pola sebaran wilayah PGA jika dideskripsikan berdasarkan daerah administratif kecamatan, maka wilayah nilai PGA tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut: wilayah nilai PGA kurang dari 50 gals, terdistribusi di seluruh kecamatan Lintau Buo Utara, yang berada di bagian tenggara kecamatan. Wilayah dengan nilai PGA 50 – 100 gals, terdistribusi pada sebagian besar kecamatan Lintau Buo, Lintau Buo Utara, Sungayang, Salimpaung, X Koto bagian barat, Berikutnya untuk wilayah PGA dengan nilai 100 – 150 terdapat di sebagian besar kecamatan Tanjung Baru, Salimpaung, Sungayang, Padang Ganting Koto, Batipuh, Pariangan, Lima Kaum, Tanjung Emas, Lintau Buo Utara dan sebagian kecil di kecamatan Batipuh Selatan yang berada di bagian barat daya Kecamatan. Pada klasifikasi nilai PGA 150 – 200, tersebar di sebagian besar Kecamatan Batipuh Selatan, Rambatan, Tanjung Emas dan Padang Ganting.. Wilayah dengan nilai PGA tertinggi, yaitu lebih besar dari 200 gals, terdapat pada sebagian besar Kecamatan Pariangan, Tanjung Emas, Rambatan, serta sebagian kecil pada Kecamatan Lima Kaum.

Dengan melihat hasil dari pola sebaran Nilai PGA tersebut, menunjukkan bahwa daerah Kabupaten Tanah Datar merupakan daerah yang sangat besar menerima getaran seismik . Daerah yang menerima getaran seismik semakin tinggi nilainya dibagian tengah kemudian semakin mengecil untuk daerah sekelilingnya yang berada jauh dari pusat gempa. Dengan melihat sebaran dari nilai PGA tersebut, dapat menggambarkan potensi bahaya guncangan tanah yang sangat besar yang diterima oleh Kabupaten Tanah Datar.

5.2 Pembuatan Zona risiko bencana gempa bumi

5.2.1 Pembobotan dan Pembuatan Matriks Tingkat Risiko Gempa Bumi

Untuk mendapatkan bobot dari setiap variabel dilakukan dengan metode PHA, dengan penghitungannya dilakukan melalui software “expert choice 2000”. Hasil perhitungan menghasilkan data dengan konsistensi rasio sebesar 0.053. dengan nilai konsistensi tersebut, artinya pendapat dari empat orang narasumber adalah konsisten sehingga dapat digunakan untuk melakukan tahap selanjutnya, yaitu pembobotan variable – variable yang digunakan. Dalam hal ini, bobot yang dihasilkan dari setiap variable yang digunakan di sajikan dalam tabel 5.3

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan PHA dengan software expert choice

No.	Aspek	Variabel	Bobot (%)
1.	Bahaya Guncangan Tanah	PGA	30,14
2.	Kerentanan Fisik Lingkungan	Kerentanan Batuan	17,40
3.	Kerentanan Fisik Lingkungan	Jarak Dari Patahan Aktif	19,35
4.	Kerentanan Fisik Lingkungan	Lereng	05, 25
5.	Kerentanan Sosial Kependudukan	Distribusi Kepadatan Penduduk	27,86
Jumlah			100

Sumber : Pengolahan data, 2010

Dari Tabel 5.3, didapatkan bahwa Variabel Nilai PGA memiliki Bobot yang tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai PGA sangat berpengaruh terhadap Kajian risiko. Prioritas berikutnya, adalah distribusi kepadatan penduduk. Hal ini dikarenakan dalam kajian risiko, manusia menjadi faktor yang amat penting menerima dampak dari bencana yang terjadi. Dalam hal ini, di representasikan dalam bentuk distribusi kepadatan penduduk. Prioritas berikutnya dari pembobotan ini adalah Jarak dari Patahan Aktif. Patahan aktif sangat mempengaruhi bahaya guncangan tanah yang terjadi karena dapat menjadi sumber gempa, atau memperbesar efek guncangan dari sebuah kejadian gempa bumi. Prioritas selanjutnya adalah tingkat kekerasan batuan. Batuan yang solid dan struktur yang kompak, akan lebih stabil dibandingkan dengan batuan yang lunak dan tidak terkonsolidasi dengan baik. Prioritas terakhir dari pembobotan dengan PHA ini adalah lereng. Sebagai variabel dari kerentanan fisik lingkungan, lereng dapat berpengaruh pada kemungkinan terjadinya longsor saat terjadi gempa bumi. Namun kejadian longsor itupun juga sangat dipengaruhi oleh tingkat kekerasan dan umur batuan, serta besarnya guncangan yang terjadi. Sehingga pembobotan lereng menjadi prioritas dengan nilai terkecil.

Berdasarkan *crunch and release model*, bahwa risiko adalah jumlah dari bahaya (*hazard*) dan kerentanan (*vulnerability*). Untuk itu, dibuat matriks penilaian terhadap masing – masing kelas dari variable – variable yang digunakan dan kemudian dibuat klasifikasi tingkat risiko berdasarkan nilai penjumlahan aspek bahaya (*hazard*) dan rentan (*vulnerability*). Pada penelitian ini dibuat 5 klasifikasi tingkat risiko gempa bumi untuk memberikan informasi detail daerah yang memiliki risiko gempa bumi sangat tinggi, sampai risiko sangat rendah yang dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Matriks risiko bencana gempa bumi.

No	Variabel	Aspek	Kriteria	Bobot (%)	Skala	Nilai			
1	Bahaya (Hazard)	Bahaya guncangan tanah (<i>ground shaking</i>) gempa Bumi	Peak Ground Acceleration (PGA)	>870 gals	30.14	5	1.507		
				850 – 870 gals		4	1.2056		
				830 – 850 gals		3	0.9042		
				810 – 830 gals		2	0.6028		
				< 810 gals		1	0.3014		
2	Kerentanan (<i>Vulnerability</i>)	Fisik Lingkungan	Kelompok Batuan	Batuan Sedimen	17.4	7	1.218		
				Batuan Beku		5	0.87		
			Batuan Malihan	3	0.522				
			Jarak dari patahan	0 - 0.5 km	19.35	5	0.9675		
				0.5 – 1 km		4	0.774		
				1 – 1.5 km		3	0.5805		
				1.5 – 2 km		2	0.387		
				> 2 km		1	0.1935		
				Lereng		> 40%	5.25	5	0.2625
						25 – 40 %		4	0.21
			8 – 25 %		3	0.1575			
			2 – 8 %		2	0.105			
			Sosial Kependudukan	Kepadatan Penduduk	27.86	2501 – 5000 jiwa/km ²	5	1.393	
						501 – 2500 jiwa/km ²	4	1.1144	
						101 – 500 jiwa/km ²	3	0.8358	
						51 – 100 jiwa/km ²	2	0.5572	
				0 – 50 jiwa/km ²	1	0.2786			
				< 2%	1	0.0525			
					2	0.105			
					3	0.1575			
4	0.21								

Sumber : Pengolahan Data, 2010

dari hasil perhitungan, dihasilkan selang sebesar 0,800 dengan N_{minimum} sebesar 1,000 dan N_{maksimum} sebesar 5,000. Kemudian berdasarkan nilai maksimum dan minimum, serta lebar selang yang dihasilkan, maka penetapan kelas risiko gempa bumi adalah sebagai berikut :

Kelas risiko sangat rendah (K1) dengan selang bobot nilai	: 1,000 – 1,800
Kelas risiko rendah (K2) dengan selang bobot nilai	: 1,801 – 2,600
Kelas risiko sedang (K3) dengan selang bobot nilai	: 2,601 – 3,400
Kelas risiko tinggi (K4) dengan selang bobot nilai	: 3,401 – 4,200
Kelas risiko sangat tinggi (K5) dengan selang bobot nilai	: 4,201 – 5,000

5.2.2 Zona Risiko Bencana Gempa Bumi Kabupaten Tanah Datar

Setelah melakukan penilaian terhadap masing – masing kelas dari setiap variabel, lalu melakukan proses *weighted overlay*, dan pengklasifikasian berdasarkan nilai kelas risiko. Kemudian direalisasikan kedalam peta wilayah risiko bencana gempa bumi untuk mengetahui sebarannya secara spasial (lihat peta 8). Luas dan persentase dari masing – masing kelas risiko tersebut disajikan pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Luasan wilayah risiko bencana gempa bumi

Risiko	Luas (Km ²)	Persen (%)
Sangat Rendah	226.47	18.17
Rendah	290.87	23.34
Sedang	273.35	21.93
Tinggi	288.61	23.15
Sangat Tinggi	167.17	13.41
Total	1242.46	100.00

Dari Tabel 5.5 diatas didapatkan daerah hasil klasifikasi tingkat risiko bencana gempa bumi kabupaten tanah datar. Jika sebaran tingkat risiko ini dideskripsikan secara administratif, maka sebaran kelas tingkat risiko sangat tinggi, mempunyai luasan hanya 85.50 Km²(6,88 %) dari luas total yang berada di bagian selatan Kabupaten Tanah Datar, yaitu kecamatan Lintau Buo Utara, kecamatan Padang Ganting dan kecamatan Batipuh Selatan. Untuk kelas tingkat risiko tinggi, luasnya mencapai 238.41 Km²(19.19 %) yang menyebar di kecamatan Lintau Buo, Tanjung Emas, Batipuh, Batipuh Selatan dan X Koto. Berikutnya untuk wilayah risiko dengan kategori sedang memiliki luas 310,39

Km² (24,98 %), tersebar dominan di bagian selatan Kabupaten Tanah Datar, dan terdapat di seluruh Kecamatan. Klasifikasi Wilayah Risiko Rendah, merupakan wilayah yang terluas di Kabupaten ini sebesar 356.72 Km² (28,71%). Tersebar di bagian utara kabupaten Tanah Datar yang terdapat di Kecamatan X Koto, Batipuh, Pariangan, Sungai Tarab, Sungayang, Lintau Buo Utara, Salimpaung, dan Tanjung Baru. Klasifikasi terakhir, yaitu wilayah risiko sangat rendah sebesar 251.44 Km² (20,24%) terdapat di bagian utara dan timur Kabupaten Tanah Datar yaitu Kecamatan Sungai Tarab, Pariangan, Batipuh, X Koto dan Lintau Buo Utara. Wilayah ini memiliki tingkat risiko yang sangat rendah karena merupakan daerah pegunungan, yaitu Gunung Marapi.

5.3 Analisis Risiko Bencana Gempa bumi di Kabupaten Tanah Datar

Secara global, daratan di pulau sumatera, terutama pada daerah – daerah yang dilalui jalur patahan semangko merupakan daerah – daerah yang memiliki risiko sangat tinggi. Karena dipengaruhi oleh pergerakan lempeng tektonik dan pergerakan sesar, sehingga memiliki aktifitas seismik yang tinggi. Dalam melakukan analisis ini, tingkat risiko gempa bumi yang didapatkan dari matriks risiko gempa bumi akan dibahas berdasarkan daerah administrasi kecamatan. Hal ini didasarkan pada kebijakan penanggulangan bencana yang dilakukan berdasarkan wilayah administratif.

Tingkat risiko yang didapatkan, dihubungkan dengan kejadian gempa bumi pada tanggal 30 september 2009. Gempa berkekuatan besar yang mengguncang wilayah Sumatera Barat dengan kekuatan *magnitude* 7.6 SR yang berpusat di lokasi 0,84 LS – 99,65 BT. Gempa terjadi pada kedalaman 71 km dan terletak 57 km barat daya dari Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat. Hal ini dilakukan untuk menunjukkan korelasi antara wilayah risiko gempa bumi dengan fakta kejadian bencana gempa bumi. Tingkat risiko setiap kecamatan yang terdapat di Kabupaten Tanah Datar, dapat dilihat pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Tingkat risiko gempa bumi per kecamatan

No.	Kecamatan	Persentase Tingkat Risiko					Total (%)
		Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	
1	Batipuh	0.27	23.83	35.17	32.18	8.56	100.00
2	Batipuh Selatan	4.98	21.28	24.42	31.22	18.10	100.00
3	Limo Kaum	0.00	0.03	4.85	41.82	53.30	100.00
4	Lintau Buo	27.93	42.07	13.65	7.81	8.54	100.00
5	Lintau Buo Utara	67.52	28.97	2.47	0.93	0.11	100.00
6	Padang Ganting	12.79	22.99	19.02	24.63	20.57	100.00
7	Pariangan	0.02	0.79	24.00	30.02	45.17	100.00
8	Rambatan	1.17	3.99	27.40	36.84	30.60	100.00
9	Salimpaung	5.48	16.29	40.50	34.19	3.54	100.00
10	Sungai Tarab	0.08	2.76	47.31	43.56	6.29	100.00
11	Sungayang	16.01	24.52	29.55	17.93	11.98	100.00
12	Tanjung Baru	13.89	36.54	31.50	17.89	0.19	100.00
13	Tanjung Emas	0.39	17.00	17.66	42.10	22.86	100.00
14	X Koto	25.36	45.63	19.93	7.32	1.76	100.00

Sumber : pengolahan data, 2010

Risiko Sangat Tinggi

Berdasarkan Tabel 5.6 diatas, dapat diketahui bahwa kecamatan yang berisiko paling tinggi adalah kecamatan padang ganting dengan luas wilayah sebesar 25.04 persen dari luas administrasi kecamatan. Wilayah yang memiliki risiko sangat tinggi pada kecamatan ini terletak di bagian barat daerah kecamatan. Berdasarkan jenis batuanannya, daerah ini terdiri dari jenis batuan Kuarsa Porfir (Qp) yang memiliki kategori lunak atau tidak terkonsolidasi dengan baik, dan kategori batuan sedang. Daerah ini tidak dilalui oleh jalur patahan aktif secara langsung, dengan jarak dari patahan aktif lebih besar dari 2 Km. menurut distribusi kepadatan penduduknya, daerah ini memiliki kategori distribusi kepadatan penduduk mulai dari kurang dari 50 jiwa/Km² hingga kategori ditribusi kepadatan penduduk 501 – 2500 jiwa/Km². Wilayah terpadat terdapat pada bagian utara daerah administrasi kecamatan Padang Ganting. Untuk wilayah lereng pada kecamatan ini, merupakan daerah yang memiliki tingkat kelerengan beragam mulai dari 0 hingga lebih besar dari 40 %. Tingginya tingkat risiko pada kecamatan ini paling dominan disebabkan karena berdasarkan nilai PGA yang

berada di kabupaten tanah datar, daerah ini berada pada daerah dengan nilai pga yang sangat tinggi, yaitu lebih besar dari 870 gals.

Berdasarkan fakta kejadian gempa bumi 30 september 2009, daerah ini tidak mengalami kerusakan bangunan walaupun memiliki risiko yang sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena tipe bangunan yang terdapat di wilayah ini adalah merupakan tipe bangunan dengan konstruksi yang baik. Yaitu bangunan tidak berat di bagian atas, dengan menggunakan atap seng.



Foto 1. Bangunan dengan konstruksi baik

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2009)

Risiko Tinggi

Untuk wilayah dengan klasifikasi risiko tinggi, terdapat di kecamatan batipuh selatan, dengan luas persentasi risiko tinggi mencapai 48,45 %. Berdasarkan jenis batuanannya, daerah ini memiliki jenis batuan yang sangat beragam yang tersebar di bagian selatan. Dengan batuan yang dominan adalah Aliran yang tak teruraikan (Qtau). Batuan ini merupakan batuan ekstrusive yang masuk kategori batuan keras. Kecamatan ini dilalui oleh jalur patahan aktif. Dari variabel distribusi kepadatan penduduk, pada kecamatan ini kepadatan penduduk terdistribusi di sekitar Danau Singkarak. Tingkat kelerengan di Kecamatan Batipuh Selatan di dominasi oleh lereng yang memiliki kemiringan $> 40\%$. Untuk nilai PGA, Kecamatan ini memiliki nilai PGA yang sangat tinggi yaitu > 870 gals pada bagian selatan Kecamatan. Lalu didominasi pada nilai 850 – 870 gals di bagian tengahnya.

Berdasarkan fakta pada kejadian Berdasarkan fakta kejadian gempa bumi 30 september 2009, pada kecamatan ini tidak terdapat kerusakan bangunan maupun korban jiwa. Hal ini disebabkan karena struktur batuan yang kokoh karena merupakan batuan beku ekstrusive yang menjadikan daerah ini stabil



Foto 2. Batuan Terobosan Pada kecamatan Batipuh Selatan

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2009)

Risiko Sedang

Berikutnya untuk daerah dengan wilayah klasifikasi risiko sedang, berada pada kecamatan limo kaum, yang memiliki persentasi luas wilayah risiko sedang hingga 73.20 % dari luas daerah kecamatan. Berdasarkan jenis batuan, daerah ini terdiri dari jenis batuan Andesit Gunung Marapi (Qama) dan Tufa Batuapung dan Andesit (Qpt) yang memiliki kategori batuan keras. Daerah ini tidak dilalui oleh jalur patahan aktif secara langsung, dengan jarak dari patahan aktif lebih besar dari 2 Km. menurut distribusi kepadatan penduduknya, daerah ini memiliki kategori distribusi kepadatan penduduk yang sangat padat dengan ditribusi kepadatan penduduk 2501 – 5000 jiwa/Km². Hal ini terjadi karena kecamatan ini merupakan letak dari ibukota Kabupaten Tanah Datar, yaitu Batusangkar. Untuk wilayah lereng pada kecamatan ini, merupakan daerah yang datar dengan kemiringan kurang dari 2 %. Berdasarkan nilai PGA, daerah ini berada pada daerah dengan nilai pga yang tinggi, yaitu lebih 830 – 850 gals.

Berdasarkan fakta kejadian gempa bumi 30 september 2009, daerah ini tidak mengalami kerusakan bangunan ataupun korban jiwa.

Risiko Rendah

Pada wilayah klasifikasi risiko rendah, terdapat pada daerah administrasi Kecamatan Sungayang dengan luas wilayah sebesar 43,30 % dari luas daerah kecamatan. Berdasarkan jenis batuan, daerah ini memiliki jenis batuan yang terdiri dari Tuf Batuapung dan Andesit(Qpt) dan diorit kuarsa (Qd). Batuan ini merupakan batuan gunung api dan intrusif yang masuk kategori batuan keras. Kecamatan ini dilalui oleh jalur patahan aktif. Dari variabel distribusi kepadatan penduduk, pada kecamatan ini kepadatan penduduk terdistribusi di sebelah barat

kecamatan. Tingkat kelerengan di Kecamatan Sungayang memiliki tingkat kemiringan yang datar di sebelah barat dan curam di sebelah timur. Untuk nilai PGA, Kecamatan ini memiliki nilai PGA 810 – 830 gals pada bagian tengah Kecamatan. Serta terdapat pula wilayah PGA dengan nilai < 810 gals pada wilayah bagian utara.

Berdasarkan fakta pada kejadian Berdasarkan fakta kejadian gempa bumi 30 september 2009, pada kecamatan ini terdapat kerusakan bangunan rumah dengan jumlah 2 unit rusak sedang dan 1 unit rusak ringan.

Risiko Sangat Rendah

Dari persentase luasan risiko perkecamatan, didapatkan pula daerah dengan wilayah klasifikasi risiko sangat rendah yang terdapat di kecamatan Tanjung Baru. Berdasarkan jenis batuannya, daerah ini terdiri dari jenis batuan Anggota Batugamping Formasi Quantan (PCKl) yang merupakan anggota batuan malihan dengan kategori sangat keras. Daerah dipengaruhi oleh jalur patahan aktif dengan jarak 1 km dari patahan aktif. menurut distribusi kepadatan penduduknya, daerah ini memiliki kategori distribusi kepadatan penduduk cukup padat 101 – 500 Jiwa/Km². Untuk wilayah lereng pada kecamatan ini, merupakan daerah yang berbukit dengan kemiringan < 2 % hingga 8 – 25 %. Berdasarkan nilai PGA, daerah ini berada pada daerah dengan nilai pga yang rendah, yaitu kurang dari 810 gals.

Berdasarkan fakta kejadian gempa bumi 30 september 2009, daerah ini tidak mengalami kerusakan bangunan ataupun korban jiwa.

KESIMPULAN

Berdasarkan kondisi tingkat wilayah risiko gempabumi pada daerah Kabupaten Tanah Datar, yang berada pada jalur sesar aktif patahan semangko, diperoleh hasil bahwa tingkat risiko yang paling tinggi terdapat pada Kecamatan Limo Kaum dan tingkat risiko terendah terdapat pada Kecamatan Lintau Buo Utara. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya nilai percepatan gerakan tanah (α) yang memiliki nilai tinggi pada daerah yang dekat dengan sumber gempa. Kemudian variabel lainnya yang sangat berpengaruh terhadap tingkat risiko adalah distribusi kepadatan penduduk. Semakin besar kepadatan penduduk, maka akan semakin besar potensi kerugian dan korban jiwa yang terjadi

Hubungan wilayah risiko gempabumi pada kabupaten tanah datar dengan fakta kejadian gempabumi merusak pada gempabumi 6 maret 2007 adalah, pada wilayah risiko sangat tinggi, terdapat korban jiwa dan kerusakan bangunan yang cukup banyak. Pada wilayah risiko yang sangat rendah tidak didapatkan korban jiwa, namun terdapat kerusakan bangunan yang sangat banyak. Hal ini dikarenakan variabel konstruksi bangunan yang kurang baik

Daftar Pustaka

- Adawiyah, R.2008.*Pola Wilayah Bahaya Likuifaksi di Propinsi D.I Yogyakarta (Studi Kasus Gempa Bumi Yogyakarta 27 Mei 2006)*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi FMIPA Universitas Indonesia:Depok.
- Akmam, L D, Kemal, 2006. *Studi Karakteristik Fisis Sumber Gempa Bumi di Wilayah Sumatera Barat*. Padang: Jurusan Fisika FMIPA UNP
- Bemmelen, R. W V. 1970. *The Geology of Indonesia Vol. 1A General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes Second Edition*. The Hague: Government Printing.
- Budiono, B. 2008. *Rekayasa Kegempaan*. Penerbit ITB.
- Brotospito, Kirbani Sri; Tiara Prasetya; Ferry Markus Widigdo.2006. *Percepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta 1943-2006*.Yogyakarta:Jurnal Geofisika.
- Edwiza, D, Sri Novita.2008.*Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intesitas Seismeik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai*.Padang:Jurnal Teknik No.29 Vol.2
- Fauzi .2006. *Daerah Rawan Gempa Tektonik di Indonesia (kenapa selalu ada kerusakan?)*.
<http://www.reindo.co.id> diakses pada tanggal 1 September 2009, pukul 06.10 WIB
- Fellman, J D, Arthur Getis, Judith Getis.2003, *Human Geography Landscapes of Human Activities*. Mc Graw Hill
- Guswanto. 2005. *Kajian Wilayah Rawan Gempa Bumi dan Tsunami di Indonesia Dengan Tehnologi Sistem Infomasi Geografi*. Jakarta:BMKG
- Harjadi, P, J, Prih dkk. 1997. *Potensi Gempa Bumi di Daerah Selat Sunda dan Sekitarnya*. Jurnal Alami (air, lahan, lingkungan dan mitigasi bencana) Mitigasi Bencana Gempa Bumi, volume 2/1997, (3): 18-22
- Harmantyo, D.2005. *Geografi Bencana Gempa dan Gelombang Tsunami*. Jurnal Alami. Vol 10 No 2 th.2005.22-28
- Hidayat, Nur dan Eko Widi Santoso. 1997. *Gempa Bumi dan Mekanismenya*. Jurnal Alami (air, lahan, lingkungan dan mitigasi bencana) Mitigasi Bencana Gempa Bumi, volume 2/1997, (3): 50-52.
- Ibrahim, Gunawan dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan Seismologi*.Jakarta:BMKG
- Ismail, S. 1980. *Pendahuluan Seismologi*. Jakarta : Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Kartono, Hari, Sugeng Rahardjo, I Made Sandy. 1998. *Essensi Pembangunan Wilayah dan Penggunaan Tanah Berencana*.Depok: Departemen Geografi FMIPA UI. 91
- Katili, J. A, P. Marks.1989. *Geologi*. Jakarta: Departemen Urusan Research Nasional
- Kertapati, Engkon K. *Aktivitas Gempabumi di Indonesia*.
- Lillesand, T M, Ralph W. Kiefer.1990.*Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*.Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Magetsari, Noer Azis Dr. Ir, Chalid Idham Abdullah Dr. Ir, Budi Brahmantyo, M.Sc, Ir. *Geologi Fisik*. Bandung: ITB
- Munir, Moch. 2006. *Geologi Lingkungan*. Malang : Bayumedia Publishing.
- Naryanto, Heru Sri. 2005. *Zonasi Kerusakan, Analisis Kegempaan dan Mitigasi Bencana Pasca Gempa Nias, Sumatera Utara 28 Maret 2005*. Jurnal Alami. Vol 10 No 2 th.2005.1-12.
- Natawidjaja, D. H.2008.*Evaluasi Bahaya Patahan Aktif, Tsunami dan Goncangan Gempa*.Laboratorium Riset Bencana Alam Geoteknologi-LIPI
- Natawidjaja, D. H., et al. 2007c, *West Sumatra earthquake of March 6. 2007*, EERI Special Report.

- Natawidjaja, D H. 2002. *Neotectonics of the Sumatran fault and Paleogeodesy of the Sumatran Subduction Zone*. Thesis California Institute of Technology. 21-22
- Noor, D. 2006. *Geologi Lingkungan*. Yogyakarta:Graha Ilmu.137 – 152
- Nurmala, C.2008. *Model Analisis Risiko Kegempaan Daerah Sukabumi, Jawa Barat*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi FMIPA Universitas Indonesia:Depok
- Oktariadi, O. 2009. *Penentuan Peringkat Bahaya Tsunami dengan Metode Analytical Hierarchy Process (studi kasus : Wilayah Pesisir Kabupaten Sukabumi)*. Jurnal. Bandung: Pusat Lingkungan Geologi, Badan Geologi.
- Paripurno, ET.2001.*Perkembangan Geodinamika Indonesia Dalam Kaitannya Dengan Geodinamika Regional*. Geological Engineering.
<http://geo-01.blogspot.com/2006/08/perkembangan-geodinamika-indonesia.html>, diakses pada tanggal 1 September 2008, 20: 40 WIB
- Putra, A N H.2009.*Identifikasi Tingkat Risiko Bencana Tsunami dan Variasi Spasialnya*.Thesis Program Magister Departemen Geografi FMIPA UI:Depok
- Saaty, T L. 1991. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*. Jakarta : PT. Pustaka Binaman Pressindo.
- Sandy, I M.1996. *Republik Indonesia Geografi Regional*.Jurusan Geografi FMIPA UI. PT Indograph Bakti:Jakarta
- Sengaji, Ernawati, Bisman N. 2009. *Pemetaan Tingkat Resiko Tsunami di Kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur*.E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol.1, No.1. 48-61.
<http://itk.fpik.ipb.ac.id/> diakses pada 5 September 2009 pukul 13:35
- Siswoyo.1998. *Aktivitas Gempa Bumi Tektonik di Pulau Bali dan Lombok*.Skripsi Sarjana Departemen Geografi FMIPA Universitas Indonesia:Depok
- Supartoyo dan Surono. 2008. *Katalog Gempa Bumi Merusak di Indonesia Tahun 1629-2007*. Bandung : Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Supartoyo. 2006. *Laporan Pemetaan Zona Keretakan Gempa Bumi Daerah Sukabumi, Jawa Barat*. Bandung:PVMBG
- Tim DRR PPMU ERA BAPPENAS-BAPEDA DIY-UNDP.2008. *Metode Pemetaan Risiko Bencana DIY*. Yogyakarta: BAPPEDA DIY
- Triyono, R.2007. *Clustering Sumber Gempa Bumi Daerah Sumatera dan Sekitarnya*. Jakarta. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 6-7, 11-13
- Wati, I A K. 2010. *Analisa Pengurangan Resiko Bencana Gempa Bumi (Gempa-gempa Besar yang Merusak di Selat Sunda) pada kasus Kawasan Industri Kota Cilegon*. Jakarta : Laporan Kerja pada Program Pendidikan Diploma III, Jurusan Geofisika, Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Wikantika, Ketut, Farid M. Rahman, dan Andri Hernandi.2005.*Analisis Distribusi Penduduk Dengan Citra Satelit*.Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV
<http://oc.its.ac.id/jurusan.php?fid=3&jid=5>. diakses pada tanggal 1 september 2008, pukul 20.11 WIB
- Wisyanto.2006. *Bencana Gempa Bumi di Daerah Selatan Sunda dan Urgensi Penanganannya*. Jurnal Alami Vol 11 No.2. 26 – 30

Lampiran 1 : Tabel Daerah Administrasi Kabupaten Tanah Datar

No.	Kecamatan	Nagari	No.	Kecamatan	Nagari
1	X Koto	Tambangan	7	Tanjung Emas	Saruaso
		Jaho			Pagaruyung
		Singgalang			Koto Tengah
		Panyalaian			Tanjung Barulak
		8	Padang Ganting	Paninjauan	Atar
				Aie Angek	Padang Ganting
				Koto Baru	Buo
				Pandai Sikek	Pangian
				Koto Laweh	Taluak
2	Batipuh	Tanjung Barulak	10	Lintau Buo Utara	Tigo Jangko
		Bango Tanjung			Tanjuang Bonai
		Pitalah			Balai Tengah
		Gunung Rajo			Batu Bulek
		Batipuh Baruah			Labuak Jantan
		Batipuh Ateh			Tepi Selo
		Sabu			Sungai Patai
		Andaleh			Tanjuang
3	Batipuh Selatan	Sumpur	11	Sungayang	Sungayang
		Guguk Malalo			Andaleh Baruh Bukik
		Batu Taba			Minangkabau
		Padang Laweh Malalo			Sungai Tarab
4	Pariangan	Sawah Tengah	12	Sungai Tarab	Rao Rao
		Sungai Jambu			Kumango
		Tabek			Koto Baru
		Batu Basa			Koto Tuo
		Pariangan			Simpuruik
		Simabur			Gurun
5	Rambatan	Simawang	13	Salimpaung	Pasie Laweh
		Rambatan			Talang Tengah
		Padang Magek			Padang Laweh
		III Koto			Sepayang
6	Lima Kaum	Balimbing	14	Tanjuang Baru	Lawang Mandahiliang
		Cubadak			Salimpaung
		Lima Kaum			Situmbuak
		Baringin			Sumanik
		Parambahan			Tabek Patah
Labuah	Tanjuang Alam				
					Barulak

Lampiran 2 : Hasi Perhitungan PHA dengan Software Expert Choice 2000

6/28/2010 8:57:56 AM

Page 1 of 1

Model Name: gempa

Verbal Assessment

PGA

Compare the relative importance with respect to: Goal: risiko bencana gempa bumi

Kepadatan Penduduk

	PGA	Kepadatan Penduduk	lereng	kelompok batuan	jarak dari patahan aktif
PGA		1.23693	5.00997	1.93434	1.73205
Kepadatan Penduduk			5.59508	1.0	2.4323
lereng				1.14082	2.73556
kelompok batuan					2.23607
jarak dari patahan aktif	Incon: 0.05				

6/28/2010 8:59:15 AM

Page 1 of 1

Model Name: gempa

Priorities with respect to:
Goal: risiko bencana gempa bumi

Combined



Lampiran 3 : Contoh Kuisoner PHA

**KUESIONER PENELITIAN
Proses Hierarki Analitik (PHA)
ANALISIS RISIKO BENCANA GEMPA BUMI PADA JALUR PATAHAN
SEMANGKO DI KABUPATEN TANAH DATAR**

Nama Mahasiswa : Khairul Amri
Jurusan : Departemen Geografi FMIPA UI
NPM : 0304060436

Nama Responden :
Instansi :
Jabatan :
Petunjuk :

1. Berilah tanda (X) pada kolom skor yang sesuai untuk penilaian tingkat kepentingan berkaitan dengan penentuan tingkat risiko suatu daerah terhadap suatu kejadian gempa bumi
2. Skor yang digunakan terdiri dari 1-9 dengan kriteria sebagai berikut :

Tingkat kepentingan	Definisi
1	Sama penting
3	Sedikit lebih penting
5	Sangat penting
7	Jelas lebih penting
9	Mutlak lebih penting
2, 4, 6, 8	Apabila ragu-ragu antara dua nilai yang berdekatan

Sumber : Saaty (1993)

1. Untuk menentukan tingkat risiko gempa bumi pada suatu daerah, faktor – faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - a. Peak Ground Acceleration (PGA)
 - b. Distribusi Kepadatan Penduduk
 - c. Lereng
 - d. Kelompok Batuan Berdasarkan tingkat Kekerasan
 - e. Jarak dari Pusat Gempa (epicenter)
 - f. Jarak dari Patahan Aktif (segmen semangko)
 Berdasarkan tingkat kepentingan dan hubungannya dengan tingkat risiko suatu daerah terhadap kejadian gempa bumi, faktor-faktor tersebut dapat disusun dalam suatu table perbandingan antar faktor tersebut.

Bandingkan masing-masing faktor berkaitan dengan hubungannya terhadap Risiko Gempa Bumi terhadap suatu daerah.

Kolom kiri	Diisi bila sama penting	Diisi jika faktor pada kolom kiri lebih penting dibandingkan faktor pada kolom kanan								Diisi jika faktor pada kolom kanan lebih penting dibanding faktor pada kolom kiri								Kolom kanan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	
PGA																		Kepadatan Penduduk
PGA																		Lereng
PGA																		Kel Batuan
PGA																		Epicenter
PGA																		Jarak dari Patahan aktif

Kolom kiri	Diisi bila sama penting	Diisi jika faktor pada kolom kiri lebih penting dibandingkan faktor pada kolom kanan								Diisi jika faktor pada kolom kanan lebih penting dibanding faktor pada kolom kiri								Kolom kanan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kepadatan Penduduk																		Lereng
Kepadatan Penduduk																		Kel Batuan
Kepadatan Penduduk																		Epicenter
Kepadatan Penduduk																		Jarak dari Patahan aktif

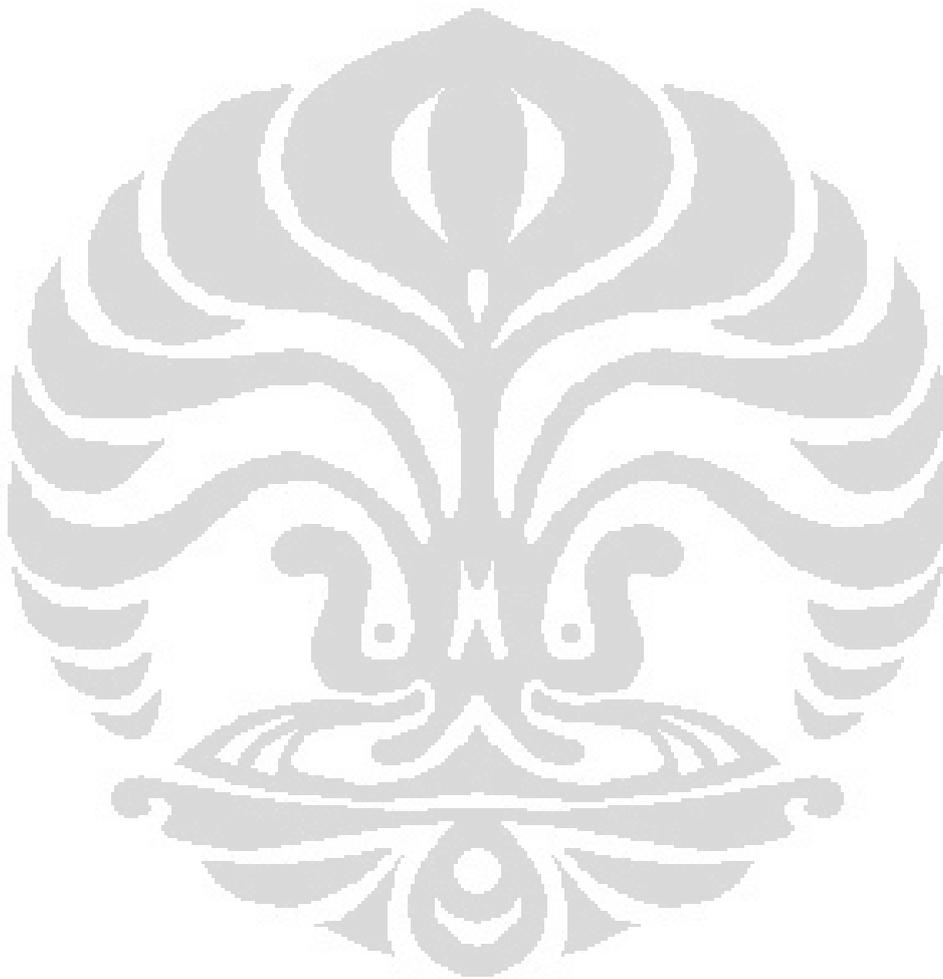
Kolom kiri	Diisi bila sama penting	Diisi jika faktor pada kolom kiri lebih penting dibandingkan faktor pada kolom kanan								Diisi jika faktor pada kolom kanan lebih penting dibanding faktor pada kolom kiri								Kolom kanan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	
Lereng																		Kel Batuan
Lereng																		Epicenter
Lereng																		Jarak dari patahan aktif

Kolom kiri	Diisi bila sama penting	Diisi jika faktor pada kolom kiri lebih penting dibandingkan faktor pada kolom kanan								Diisi jika faktor pada kolom kanan lebih penting dibanding faktor pada kolom kiri								Kolom kanan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kelompok Batuan																		Epicenter
Kelompok Batuan																		Jarak dari Patahan aktif

Kolom kiri	Diisi bila sama penting	Diisi jika faktor pada kolom kiri lebih penting dibandingkan faktor pada kolom kanan								Diisi jika faktor pada kolom kanan lebih penting dibanding faktor pada kolom kiri								Kolom kanan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	
Epicenter																		Jarak dari Patahan aktif

Terimakasih Atas Bantuan yang Bapak / Ibu berikan. Semoga dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan, terutama pada penanganan bencana



Lampiran 4 : Hasil perhitungan pada *plug-ins* AHP 1.1 di software Arcgis 9.3

[Criteria & LayerSource (clsfd.)]

pga pga
 penduduk penduduk
 lereng lereng
 kekerasan kekerasan
 jarak4 jarak4

[Preference Matrix]

	pga	penduduk	lereng	kekerasan	jarak4
pga	1	1.23593	5.00997	1.93434	1.73205
penduduk	0.8091	1	5.59508	1	2.4323
lereng	0.1996	0.1787	1	0.2415	0.3656
kekerasan	0.517	0.517	1	4.14082	1
jarak4	0.5774	0.4111	2.73556	2.23607	1

[*****AHP results*****]

[Eigenvalues]

5.2434
 0.037
 0.037
 -0.1587
 -0.1587

[Eigenvector of largest Eigenvalue]

0.6166
 0.5699
 0.1074
 0.3559
 0.3959

[criteria weights]

0.3014 (pga)
 0.2786 (penduduk)
 0.0525 (lereng)
 0.174 (kekerasan)
 0.1935 (jarak4)

[consistency ratio CR]

0.0543

(Revision of preference values is recommended if CR > 0.1)

Lampiran 5 : Contoh Perhitungan PGA

Kabupaten Tanah Datar pernah dilanda gempa bumi pada 12 September 2007 episenter $2,62^{\circ}\text{LS}-100,84^{\circ}\text{BT}$, magnitudo 8.1 SR, dan kedalaman fokus 35 km. Nilai PGA di titik sampel $3^{\circ}\text{LS} - 98,5^{\circ}\text{BT}$ adalah

Diketahui:

$$\begin{aligned} L_X &= 3 & \lambda_E &= 100,84 \\ \lambda_X &= 98,5 & M &= 8,1 \\ L_E &= 2,62 \end{aligned}$$

1. Menghitung Jarak Episenter

$$\begin{aligned} \cos \Delta &= \cos L_E \cos L_X + \sin L_E \sin L_X \cos (\lambda_E - \lambda_X) \\ &= \cos 2,62 \cos 3 + \sin 2,62 \sin 3 \cos (100,84 - 98,5) \\ &= 0,9810 \end{aligned}$$

$$\Delta \text{ dalam derajat} = 0,39^{\circ}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ dalam km} &= \Delta \text{ dalam derajat} \times 111,11 \\ &= 0,39 \times 111,11 \\ &= 44,18 \text{ km} \end{aligned}$$

2. Menghitung intensitas di hiposenter

$$\begin{aligned} I_0 &= 1,5 (M - 0,5) \\ &= 1,5 (8,1 - 0,5) \\ &= 11,4 \end{aligned}$$

3. Menghitung intensitas di titik X

$$\begin{aligned} I &= (I_0 \cdot \exp^{-b \cdot \Delta}) \\ &= (11,4 \times 2,786^{-0,0021 \times 44,18}) \\ &= 10,366 \end{aligned}$$

4. Menghitung nilai PGA di titik X

$$\begin{aligned} \log \alpha &= (I / 3) - 0,5 \\ &= (10,366 / 3) - 0,5 \\ &= 2,955 \\ \alpha &= 902,439 \end{aligned}$$

Lampiran 6 : Kriteria Kerusakan Bangunan

No	Kategori Kerusakan	Kriteria Kerusakan	Uraian
1	Rusak Berat	Bangunan roboh atau sebagian besar komponen struktur rusak	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan roboh total • Atap runtuh • Sebagian besar kolom, balok, dan/ atau atap rusak • Sebagian besar dinding dan langit-langit roboh • Instalasi listrik rusak total • Pintu/jendela rusak total
2	Rusak Sedang	Bangunan masih berdiri, sebagian kecil komponen struktur rusak dan komponen arsitektural rusak	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan masih berdiri • Sebagian rangka atap patah • Balok kolom sebagian kecil patah • Sebagian dinding rusak • Sebagian penutup/rangka langit-langit lepas • Sebagian instalasi listrik rusak/terputus • Pintu/jendela rusak sebagian
3	Rusak Ringan	Bangunan masih berdiri, tidak ada kerusakan struktur, hanya terdapat kerusakan komponen	<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan masih berdiri • Retak-retak pada dinding plesteran • Penutup atap/genteng lepas • Sebagian penutup langit-langit rusak • Sebagian instalasi rusak • Instalasi listrik rusak sebagian • Pintu/jendela rusak sebagian

Sumber : Departemen Perhubungan Umum Kabupaten Tanah Datar, 2009

Lampiran 7 : Tabel Kerusakan Fasilitas Umum Pada Gempabumi 6 maret 2007

NO	KECAMATAN	NAGARI	RUSAK		
			BERAT	SEDANG	RINGAN
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	X KOTO	Koto Laweh	12	1	0
		Panyalaian	12	9	2
		Aie angek	11	2	0
		Koto Baru	7	9	0
		Jaho	13	3	2
		Singgalang	6	4	0
		Tambangan	2	0	1
		Pandai sikek	0	9	3
		Paninjauan	16	11	3
		Jumlah	79	48	11
2	Batipuh	Gunung rajo	8	6	1
		Andaleh	4	9	4
		Sabu	3	2	6
		Pitalah	3	2	5
		Batipuh baruah	9	12	0
		Baipuh ateh	5	25	0
		Bungo tanjuang	9	16	0
		Tanjung barulak	12	18	0
		Jumlah	53	84	15

Sumber : BAPPEDA Provinsi Sumatera Barat, 2008

Lampiran 8 : Tabel Jumlah Korban Jiwa perkecamatan pada gempa bumi 6 maret 2007

Batipuh	Kecamatan	meninggal	Luka Berat	Luka Ringan
1	Batipuh	0	4	7
2	Batipuh Selatan	0	4	8
3	Limo Kaum	4	12	52
4	Lintau Buo	0	0	0
5	Lintau Buo Utara	0	0	0
6	Padang Ganting	0	0	10
7	Pariangan	2	3	5
8	Rambatan	0	3	6
9	Salimpaung	2	6	18
10	Sungai Tarab	0	1	2
11	Sungayang	0	0	0
12	Tanhung Baru	0	0	0
13	Tanjung Emas	3	5	21
14	X Koto	1	10	38

Sumber : BAPPEDA Provinsi Sumatera Barat, 2008

Lampiran 9 : Tabel Perhitungan PGA Tanggal 6 Maret 2007

No	Tanggal	OT	Lat	Long	Depth	Mag	Lat	Long	Δ^2 derajat	Δ derajat	Δ km	R ²	R	T	pga	I
1	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.25	100.3333	0.08539	0.29	32.44	2141.08	46.27	1.50	56.03	4.74
2	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.3333	100.3333	0.05234	0.23	25.40	1733.93	41.64	2.00	55.86	4.73
3	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.4166	100.3333	0.03318	0.18	20.22	1497.77	38.70	2.20	58.64	4.81
4	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.5	100.3333	0.02789	0.17	18.54	1432.62	37.85	1.00	89.52	5.48
5	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.583	100.3333	0.03644	0.19	21.19	1537.95	39.22	1.24	76.76	5.24
6	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.666	100.3333	0.05876	0.24	26.91	1813.04	42.58	1.35	66.01	5.00
7	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.25	100.4166	0.06456	0.25	28.20	1884.39	43.41	1.50	61.03	4.88
8	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.3333	100.4166	0.03151	0.18	19.70	1477.24	38.43	1.50	71.65	5.13
9	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.4166	100.4166	0.01234	0.11	12.33	1241.08	35.23	1.20	89.64	5.49
10	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.5	100.4166	0.00706	0.08	9.32	1175.93	34.29	1.00	101.63	5.69
11	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.583	100.4166	0.01560	0.12	13.87	1281.26	35.79	0.26	188.69	6.67
12	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.666	100.4166	0.03793	0.19	21.62	1556.35	39.45	1.20	77.43	5.25
13	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.25	100.5	0.05760	0.24	26.64	1798.69	42.41	0.50	109.04	5.80
14	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.3333	100.5	0.02455	0.16	17.39	1391.54	37.30	0.50	129.02	6.06
15	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.4166	100.5	0.00539	0.07	8.15	1155.38	33.99	0.25	205.55	6.81
16	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.5	100.5	0.00010	0.01	1.11	1090.23	33.02	0.25	213.23	6.86
17	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.583	100.5	0.00865	0.09	10.32	1195.56	34.58	0.55	135.60	6.14
18	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.666	100.5	0.03098	0.18	19.54	1470.66	38.35	0.20	196.80	6.74
19	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.25	100.583	0.06449	0.25	28.19	1883.57	43.40	1.20	68.26	5.05
20	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.3333	100.583	0.03144	0.18	19.68	1476.42	38.42	1.25	78.52	5.28
21	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.4166	100.583	0.01228	0.11	12.30	1240.26	35.22	0.50	138.93	6.18
22	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.5	100.583	0.00699	0.08	9.28	1175.11	34.28	0.25	203.35	6.79
23	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.583	100.583	0.01554	0.12	13.84	1280.44	35.78	0.75	111.14	5.83
24	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.666	100.583	0.03786	0.19	21.60	1555.53	39.44	0.75	97.97	5.63
25	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.25	100.6666	0.08536	0.29	32.43	2140.67	46.27	1.20	62.65	4.92

No	Tanggal	OT	Lat	Long	Depth	Mag	Lat	Long	Δ^2 derajat	Δ derajat	Δ km	R ²	R	T	pga	I
26	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.3333	100.6666	0.05231	0.23	25.39	1733.52	41.64	1.15	73.68	5.17
27	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.4166	100.6666	0.03314	0.18	20.21	1497.36	38.70	0.75	100.44	5.67
28	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.5	100.6666	0.02786	0.17	18.53	1432.21	37.84	0.20	200.22	6.76
29	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.583	100.6666	0.03640	0.19	21.18	1537.54	39.21	0.25	170.99	6.51
30	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.666	100.6666	0.05873	0.24	26.90	1812.63	42.58	0.75	88.57	5.47
31	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.25	100.75	0.12010	0.35	38.47	2568.75	50.68	1.20	55.35	4.72
32	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.3333	100.75	0.08705	0.30	32.75	2161.60	46.49	1.20	62.24	4.91
33	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.4166	100.75	0.06789	0.26	28.92	1925.44	43.88	1.50	60.16	4.85
34	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.5	100.75	0.06260	0.25	27.77	1860.29	43.13	0.75	87.06	5.44
35	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.583	100.75	0.07115	0.27	29.61	1965.63	44.34	0.75	83.92	5.38
36	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.666	100.75	0.09348	0.31	33.94	2240.72	47.34	1.37	56.85	4.76
37	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.25	100.8333	0.16869	0.41	45.59	3167.42	56.28	0.50	74.20	5.19
38	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.3333	100.8333	0.13564	0.37	40.88	2760.27	52.54	0.25	115.42	5.89
39	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.4166	100.8333	0.11648	0.34	37.88	2524.11	50.24	1.50	50.10	4.56
40	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.5	100.8333	0.11119	0.33	37.01	2458.96	49.59	0.75	72.13	5.14
41	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.583	100.8333	0.11974	0.35	38.41	2564.29	50.64	0.75	70.09	5.10
42	6-Mar-2007	21:36:00	-0.49	100.5	33	6.4	-0.666	100.8333	0.14206	0.38	41.84	2839.38	53.29	0.75	65.35	4.98

Lampiran 10 : Riwayat Kejadian Gempabumi Merusak di Sumatera Barat

No.	Nama Gempa	Tanggal	Pusat Gempa	Kedalaman (KM)	Mag	Skala MMI	Kerusakan
1	Padang	1/10/1882	-	-		-	Di Padang terasa 3 kali guncangan kuat, terdengar suara gemuruh di bawah tanah di antara G. Talang & Marapi
2	Padang	26/8/1835	-	-		VII-VIII	Kerusakan ringan dan retakan bangunan di kota Padang
3	Mentawai (Tsunami)	1861	-	-		VIII	Tsunami di Kep. Mentawai
4	Siri Sori (Tsunami)	5/7/1904	-	-		VIII	Terjadi tsunami di Pantai Siri Sori
5	Padang Panjang	28/6/1926	0,7 ⁰ LS-100,0 ⁰ BT	-	7,8	VIII-IX	Lebih dari 354 orang meninggal. Bencana terjadi di daerah Danau Singkarak, Bukit Tinggi, Danau Maninjau, Padang Panjang, Kab. Solok, Sawah Lunto, dan Alahan Panjang. Gempa Susulan mengakibatkan kerusakan sebagian Danau Singkarak. Di Kab. Agam (bukit Tinggi-Bonjol) 472 rumah roboh di 25 lokasi, 57 orang meninggal, 16 orang luka berat. di Padang Panjang 2.383 rumah roboh, 247 orang meninggal. terjadi retakan tanah di Padang Panjang, kubu Krambil dan Simabur
6	Singkarak	9/6/1943	-	-	7,7	VIII-IX	Terjadi sesar sepanjang ± 60 km antara Danau Singkarak - Danau Diatas. Sesar normal ± 2 meter. Jalan bergeser di Salayo ± 2 - 3 meter.
7	Pasaman	8/3/1977	0,4 ⁰ LU - 99,7 ⁰ BT	22	5,5	VIII	Di Sinurat : 737 rumah, 1 pasar, 7 sekolah, 8 mesjid dan 3 kantor rusak. Di Talu 245 rumah, 3 rumah dan 8 mesjid rusak. Retakan tanah panjang ± 5 - 75 m

Lampiran 10 : Riwayat Kejadian Gempabumi Merusak di Sumatera Barat (Lanjutan)

No.	Nama Gempa	Tanggal	Pusat Gempa	Kedalaman (KM)	Mag	Skala MMI	Kerusakan
8	Padang	13/11/1981	1 ^o 4'LS - 100 ^o BT		5,4 SR	IV-V	Retakan dinding, lemari bergeser, kaca jendela pecah di Padang dan Painan
9	Padang	2/7/1991	1,068 ^o LS - 99,8 ^o BT		6,1 SR	VI	Kerusakan ringan bangunan di Padang. Getaran terasa di Padang Panjang hingga Singapura
10	Agam	25/01/2003	0,27 ^o LS - 100,28 ^o BT		3,3 SR	III-IV	Kerusakan ringan ± 80 bangunan di lubuk Durian, Damar, Simik Air, Jorong Paladangan Kanagarian Malalak, Kec. IV Koto, Kab. Agam, berupa : lepasnya plesteran dinding, retakan dinding & kolom. Gempa ini bersifat lokal. Gempa tektonik lokal ini diawali tgl 20 s/d 25-01-2003. Getaran terasa di Kota Pandang Panjang dan Malalak
11	Tanah Datar	16/2/2004 21:44:36 WIB	0,55 ^o LS - 100,3 ^o BT	33	5,6 Mw	V-VI	6 orang meninggal, 10 orang luka - luka, 70 rumah rusak, listrik mati sekitar 30 menit di Kab. Tanah Datar. Kerusakan melanda desa Pitalak, Gunung Rajo, Nagari Pitala, Paninggahan, Kec. Batipuh, kab. Tanah Datar. Terjadi longsor di Gunung Rajo dan Paninjauan. Terjadi retakan jalan antara Gunung Rajo - Padang. Getaran gempa terasa kuat di Padang, Pariaman, Padang Panjang, Bukittinggi, Solok, Sawah Lunto, Sijunjung, Agam, dan Batusangkar

Lampiran 10 : Riwayat Kejadian Gempabumi Merusak di Sumatera Barat (Lanjutan)

No.	Nama Gempa	Tanggal	Pusat Gempa	Kedalaman (KM)	Mag	Skala MMI	Kerusakan
12	Pesisir Selatan	22/2/2004 13:46:26 WIB	1,59 ⁰ LS - 100,4 ⁰ B T	43	6 Mw	IV-V	1 orang meninggal, 1 orang luka berat, 5 orang luka ringan, 151 bangunan & rumah rusak di Kab. Pesisir Selatan. 3 rumah roboh di Kec. Sutra. Wilayah bencana : KP Gunung Pauh, Kp Tarakan Paneh, Kenagarian Amping Parak, Kec. Sutra; Nagari Surantih, Nagari Tuik, Kec. Batang Kapas; Kp. Kapeh Panji, Kec. Bayang; Kp. Amang Pulaui, Kec. Koto XI Tarusan, Kec. IV Jurai, Kec. Lengayang, Kec. Ranah Pesisir & Kec. Linggo Sari Baganti.
13	Pesisir Selatan	9/4/2004 8:55:48 WIB	1,55 ⁰ LS - 100,5 ⁰ B T	42,6	5,5 Mw	IV-V	Beberapa rumah penduduk retak dinding di perbatasan Kota Padang dan Kab. Pesisir Selatan.
14	Padang	10/4/2005 17:29:13 WIB	1,62 ⁰ LS- 99,56 ⁰ B T	30	6,8 Mw	VI	Gedung IKIP Padang retak dinding dan kaca Pecah . Kerusakan beberapa bangunan dan rumah penduduk
15	Solok	7/3/2007 12:49:29 WIB	0,536 ⁰ LS - 100,498 ⁰ BT	30	6,3 Mw	VII	72 orang meninggal & 803 orang luka - luka di sumbar, sebagian besar di solok. Ratusan bangunan roboh & ribuan bangunan rusak. Terjadi retakan tanah, likuifaksi dan longsor.
16	Pesisir Selatan	13/9/2007 06:49:01 WIB	2,525 ⁰ LS - 100,964 ⁰ BT	10	7,9 Mw	VII	10 orang meninggal, 30 orang luka berat, 24 orang luka ringan, 26.369 bangunan (fasilitas umum, rumah ibadah, kantor pemerintah, sekolah, ruko dan rumah penduduk) rusak di Kab. Pesisir Selatan. Terjadi likuifaksi, longsor dan retakan tanah

Lampiran 10 : Riwayat Kejadian Gempabumi Merusak di Sumatera Barat (Lanjutan)

No.	Nama Gempa	Tanggal	Pusat Gempa	Kedalaman (KM)	Mag	Skala MMI	Kerusakan
18	Padang Pariaman	Rabu, 30 /9/2009 17:16:09 WIB	0,84 LS- 99.65 BT	71	7,6	VI- VII	goncangan gempabumi dapat dirasakan keras di Kota Padang (VII MMI) dan sempat menimbulkan kepanikan serta menyebabkan kerusakan berat pada beberapa bangunan. Getaran gempabumi juga terasa hingga Sibolga (VI MMI), Banda Aceh (III MMI), Pekanbaru (IV MMI), Singapura (III MMI), Kuala Lumpur (III MMI), Jakarta (II MMI). Menurut laporan penduduk, likuifaksi terjadi di Kota Padang dan Tiku, Kabupaten Agam. Menurut informasi dari BMG, gempabumi ini tidak memicu terjadinya tsunami

Sumber : PVMBG, 2008 dan BMKG, 2009

Lampiran 11: Foto – Foto Penelitian



Foto 1 : Contoh Rusak berat di batipuh.
3 Dinding rubuh, tiang balok patah

Sumber : BAPPEDA Kabupaten Tanah Datar, 2009



Foto 4: Posko Penanganan Bencana di Padang

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2009



Foto 2 : Contoh Rusak Sedang di batipuh

Sumber : BAPPEDA Kabupaten Tanah Datar



Foto 5: Contoh Batuan yang longsor akibat gempa 30 September 2009, lokasi di padang panjang

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2009



Foto 3 : Contoh Rusak Ringan

Sumber : BAPPEDA Kabupaten Tanah Datar

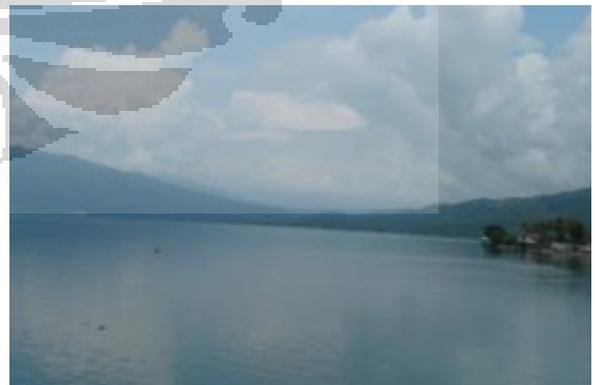


Foto 6 : Perbukitan di Danau Singkarak

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2009

