

**ANALISIS TINGKAT KERENTANAN WILAYAH GEMPABUMI JALUR SESAR
SIANOK KOTA BUKITTINGGI**

SKRIPSI

*Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Sains*



GHINNA RAHMATANIA

15136083

Pembimbing:

Drs. Helfia Edial, MT
NIP. 19650426 199001 1 004

**PROGRAM STUDI GEOGRAFI
JURUSAN GEOGRAFI
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2019**

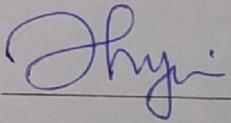
**ANALISIS TINGKAT KERENTANAN
WILAYAH GEMPABUMI JALUR SESAR SIANOK
KOTA BUKITTINGGI**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar sarjana sains (S1)



**OLEH:
GHINNA RAHMATANIA
15136083/2015**

Pembimbing	: Drs. Helia Edial, MT	1 _____
Ketua Tim Penguji	: Ahyuni, ST, M.Si	2  _____
Anggota Penguji	: Triyatno, S.Pd, M.Si	3 _____

**PROGRAM STUDI GEOGRAFI
JURUSAN GEOGRAFI
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2019**



UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS ILMU SOSIAL
JURUSAN GEOGRAFI

Jalan. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang – 25131 Telp 0751-7875159

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ghinna Rahmatania
NIM/BP : 15136083/2015
Program Studi : Geografi
Jurusan : Geografi
Fakultas : Ilmu Sosial

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul :

“ANALISIS TINGKAT KERENTANAN WILAYAH GEMPABUMI JALUR SESAR
SIANOK KOTA BUKITTINGGI” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan
merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat dari
karya orang lain maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai
dengan syarat hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di instansi Universitas Negeri Padang maupun
di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai
anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui Oleh,
Ketua Jurusan Geografi

Dr. Arie Yulfa, M.Sc
NIP. 19800618 200604 1 003

Padang, November 2019
Saya yang menyatakan



Ghinna Rahmatania
NIM. 15136083/2015

ABSTRAK

Ghinna Rahmatania. 2019. “Analisis Tingkat Kerentanan Wilayah Gempabumi Jalur Sesar Sianok Kota Bukittinggi”

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: 1) Bahaya gempabumi di Kota Bukittinggi, dan 2) Kerentanan wilayah terhadap gempabumi di Kota Bukittinggi.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan data yang digunakan adalah data sekunder. Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini berupa data yang didapat dari pihak instansi ataupun berupa peta yang diolah. Pihak instansi yang terkait adalah BMKG, BPS, dan Kecamatan yang ada di Kota Bukittinggi. Data yang diperlukan pada penelitian ini berupa data kejadian gempabumi di wilayah penelitian waktu kejadian, kedalaman gempa, titik episentrum, kekuatan gempa, data kependudukan berupa jumlah penduduk, jenis kelamin, kelompok umur, data penduduk miskin dan data penduduk cacat.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa wilayah Bahaya gempabumi pada penelitian ini dipengaruhi oleh faktor fisik berupa percepatan tanah maksimum (*PGA*), jarak patahan, jenis batuan, dan kemiringan lereng. Klasifikasi bahaya gempabumi terdapat dalam tiga kelas, yaitu kelas bahaya rendah memiliki tipe bahaya A yang tersebar di bagian utara Kota Bukittinggi, bahaya sedang memiliki tipe bahaya B dan C yang tersebar hampir merata Kota Bukittinggi dan bahaya tinggi memiliki tipe bahaya D dan E yang tersebar di bagian barat Kota Bukittinggi. Kerentanan wilayah terhadap gempabumi pada penelitian ini terbagi menjadi tiga klasifikasi, yaitu kerentanan wilayah rendah yang tersebar di bagian utara hingga bagian selatan Kota Bukittinggi, kerentanan wilayah sedang yang tersebar di bagian utara Kota Bukittinggi dan kerentanan wilayah tinggi tersebar di bagian tengah Kota Bukittinggi.

Kata Kunci : Gempabumi, Bahaya, Kerentanan Wilayah.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Panyayang, penulis haturkan puji syukur atas kehadirat-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi dengan judul “*Analisis Tingkat Kerentanan Wilayah Gempabumi Jalur Sesar Sianok Kota Bukittinggi*” dengan baik.

Skripsi ini merupakan salah satu untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan program strata satu (S1) pada Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang. Dalam penyelesaian skripsi ini penulis tidak lepas dari bimbingan, bantuan dan pengarahan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan rasa hormat dan terimakasih kepada :

1. Kepada orang tua tercinta, Ayahanda Masrizal dan Ibunda Ermaneli, serta saudara-saudari ku (Jhanter Rizki Prima, Linthy Mawaddah dan Finisha Erza Rizka) atas do'a, semangat dan dukungan baik moril maupun materil sehingga bisa seperti sekarang ini.
2. Bapak Drs. Helfia Edial MT sebagai pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran kepada penulis dalam melaksanakan penulisan dan penelitian.
3. Ibu Ahyuni, ST, M.Si sebagai penguji yang telah memberikan saran dan masukkan kepada penulis untuk kesempurnaan skripsi penulis.
4. Bapak Triyatno, S.Pd, M.Si sebagai penguji yang telah memberikan saran dan masukkan kepada penulis untuk kesempurnaan skripsi penulis.

5. Seluruh dosen Geografi yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis
6. Teman- teman seperjuangan Atanasius Bima Yudhana dan Idris Afandy yang telah menemani dan membantu dalam melaksanakan penelitian.
7. Teman-teman seperjuangan Lucia Nita Sri Ratna, Sonia, Zulfariani, Riang Wirastin Harefa, Cakra Haji, dan Elsi Agusri Dewi yang selalu memberi dukungan dan semangat kepada penulis.
8. Serta rekan-rekan seperjuangan Geografi Universitas Negeri Padang, yang telah dan selalu memberi dukungan dan inspirasi yang berharga bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari kesalahan dan masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari kesempurnaan skripsi ini. Besar harapan semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan pemikiran dan ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Padang, November 2019

Ghinna Rahmatania

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Landasan Teori.....	6
1. Gempabumi	6
2. Zona Sesar Sumatera	10
3. Gempabumi Merusak	14
4. Pengukuran Kekuatan Gempabumi	14
5. Intensitas Gempa	15
6. Percepatan Tanah Maksimum	17
7. Geologi	20
8. Lereng	23
9. Bahaya Gempabumi	24
10. Kerentanan Terhadap Gempabumi.....	26
B. Kerangka Konseptual	33
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	35
B. Waktu dan Tempat Penelitian	35
C. Alat dan Bahan Penelitian	37
D. Variable Penelitian	37
E. Teknik Pengumpulan Data.....	38
F. Teknik Pengolahan Data	38
G. Teknik Analisis Data.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	50
1. Gambaran Umum Daerah Penelitian.....	50
2. Kemiringan Lereng	54
3. Geologi	58

4. Nilai Percepatan Tanah Maksimum (<i>PGA</i>)	63
5. Kerentanan	75
B. Pembahasan	99
1. Bahaya Gempabumi	99
2. Kerentanan Wilayah Gempabumi	100
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	104
B. Saran	105
DAFTAR PUSTAKA	106
LAMPIRAN	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sketsa Pertemuan Lempeng Tektonik.....	7
Gambar 2. Jalur Patahan Aktif Sumatera.....	11
Gambar 3. Empat Segmen Patahan Aktif Di Sumatera Barat.....	12
Gambar 4. Kerangka Konsep.....	34
Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian Kota Bukittinggi.....	36
Gambar 6. Diagram Alir.....	49
Gambar 7. Peta Kemiringan Lereng Kota Bukittinggi.....	57
Gambar 8. Peta Jarak dari Patahan/Sesar Kota Bukittinggi.....	61
Gambar 9. Peta Jenis Batuan Kota Bukittinggi.....	62
Gambar 10. Peta Percepatan Tanah Maksimum (PGA) Magnitudo 6,3 SR.....	71
Gambar 11. Peta Percepatan Tanah Maksimum (PGA) Magnitudo 5,6 SR.....	72
Gambar 12. Peta Percepatan Tanah Maksimum (PGA) Magnitudo 4 SR.....	73
Gambar 13. Peta Percepatan Tanah Maksimum (PGA).....	74
Gambar 14. Peta Kerentanan Sosial Kota Bukittinggi.....	94
Gambar 15. Peta Kerentanan Fisik Kota Bukittinggi.....	95
Gambar 16. Peta Indeks Kerentanan Kota Bukittinggi.....	98
Gambar 17. Peta Bahaya Kota Bukittinggi.....	102
Gambar 18. Peta Kerentanan Wilayah Gempabumi Kota Bukittinggi.....	103

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Intensitas Gempabumi Skala MMI	16
Tabel 2. Urutan Keresistenan Kelompok Batuan	21
Tabel 3. Jarak Suatu Wilayah Terhadap Zona Sesar	23
Tabel 4. Parameter Penyusun Dan Skoring Kerentanan Sosial	31
Tabel 5. Parameter Penyusun Dan Skoring Kerentanan Fisik	32
Tabel 6. Variabel Penelitian	37
Tabel 7. Pembobotan	45
Tabel 8. Klasifikasi Nilai Kemampuan	45
Tabel 9. Nilai Kemampuan, Bobot Dan Skor Untuk Kestabilan Wilayah	46
Tabel 10. Klasifikasi Percepatan Dan Gravitasi PGA	47
Tabel 11. Modifikasi Klasifikasi Percepatan Gravitasi & PGA	47
Tabel 12. Jumlah Penduduk Kota Bukittinggi	76
Tabel 13. Tingkat Kepadatan Penduduk Kota Bukittinggi	77
Tabel 14. Jumlah Penduduk Menurut Kelompok Umur	79
Tabel 15. Rasio Ketergantungan Penduduk Kota Bukittinggi	80
Tabel 16. Jumlah Penduduk Laki-Laki dan Perempuan Kota Bukittinggi	82
Tabel 17. Tingkat <i>Sex Ratio</i> Penduduk Kota Bukittinggi	83
Tabel 18. Jumlah Penduduk Miskin Kota Bukittinggi	84
Tabel 19. Tingkat Rasio Miskin Kota Bukittinggi	85
Tabel 20. Jumlah Penduduk Cacat Kota Bukittinggi	86
Tabel 21. Tingkat Rasio Penduduk Cacat Kota Bukittinggi	87
Tabel 22. Jumlah Rumah di Kota Bukittinggi	92
Tabel 23. Jumlah Fasilitas Umum di Kota Bukittinggi	93
Tabel 24. Kelas Skoring Indeks Kerentanan Kota Bukittinggi	96
Tabel 25. Kelas Indeks Bencana Gempabumi	97

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan suatu wilayah yang memiliki aktivitas kegempaan yang sangat tinggi. Hal ini karena Indonesia merupakan daerah pertemuan 3 lempeng tektonik besar, yaitu Lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Lempeng Pasifik. Lempeng indo-Australia bertabrakan dengan Lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatera, Jawa dan Nusa Tenggara, sedangkan Lempeng Pasifik di utara Irian dan Maluku Utara.

Indonesia adalah Negara dengan potensi bencana (*hazard potency*) yang tinggi yang dibagi dalam kelompok potensi bahaya utama (*main hazard*) dan potensi bahaya ikutan (*collateral hazard*). Potensi bahaya utama berasal dari lokasi Indonesia yang merupakan kawasan pertemuan 3 lempeng tektonik dengan gunung berapi aktif terbahaya, dataran tinggi yang rawan longsor, dan kawasan pantai yang rawan tsunami. Guncangan tanah yang terjadi pada setiap kejadian gempabumi dapat dianalisis melalui percepatan getaran tanah (PGA) pada suatu wilayah. Besar kecilnya nilai percepatan getaran tanah tersebut menjadi faktor yang dapat menunjukkan tingkat bahaya bencana gempabumi (BNPB, 2016)

Berdasarkan peta seismik dunia, diketahui bahwa wilayah Indonesia memiliki tingkat kerawanan gempa yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan negara-negara lainnya. Hal tersebut disebabkan posisi Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng besar yang terus menerus bergerak (Naryanto dan Wisyanto, 2005).

Pergerakan lempeng-lempeng tektonik tersebut menjadi generator utama terjadinya gempa bumi tektonik Indonesia dan akibatnya Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai tingkat kegempaan yang tinggi di dunia (Santoso, 2005).

Kerentanan adalah suatu kondisi yang ditentukan oleh faktor-faktor atau proses fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan yang mengakibatkan menurunnya kemampuan dalam menghadapi bahaya. Seberapa besar masyarakat, bangunan, pelayanan atau suatu daerah akan mendapatkan kerusakan atau terganggu oleh dampak suatu bahaya tertentu, yang bergantung pada kondisinya, jenis material bangunan dan infrastruktur, serta kedekatannya kepada suatu daerah yang berbahaya atau rawan bencana. Pada setiap bencana yang ditimbulkan memiliki tingkat kerentanan yang berbeda-beda. Tingkat kerentanan adalah suatu hal penting yang diketahui sebagai salah satu faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya bencana, karena bencana baru akan terjadi bila “bahaya” terjadi pada “kondisi yang rentan”.

Karakteristik gempa bumi dapat menimbulkan bencana, pada umumnya akibat dari pergerakan sesar aktif dengan magnitudo yang tidak terlalu besar tetapi memiliki kedalaman yang dangkal (Supartoyo dan Surono, 2008).

Keberadaan Sesar Sianok berada di sekitar Kota Bukittinggi, Sesar Sianok memiliki panjang patahan ± 90 Km dan pergeseran patahan berkisar 23 mm/tahun. Kota Bukittinggi termasuk kota yang rawan gempa bumi darat yang bersumber dari patahan Sesar Sianok. Pada Sesar Sianok ini pernah terjadi gempa bumi besar pada

tanggal 6 Maret 2007 dengan magnitudo momen (M_w) 5,8. (Buletin Geofisika, 2016)

Kota Bukittinggi adalah kota yang tumbuh dan berkembang di sepanjang jalur patahan aktif Sumatera yang lebih di kenal dengan Ngarai Sianok. Diperkirakan patahan ini bergeseran 11 cm per tahun. Kota ini juga dikelilingi oleh dua buah gunung berapi, yaitu Gunung Singgalang dan Gunung Marapi. Kondisi ini menyebabkan secara alamiah Kota Bukittinggi menghadapi bahaya gempa bumi. Hingga kini, dapat dijumpai permukiman masyarakat kota di pinggir Ngarai Sianok. Bahkan, pada beberapa titik, bibir Ngarai Sianok berjarak sangat dekat dari rumah-rumah penduduk.

Secara demografi wilayah Kota Bukittinggi memiliki tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 1,68 persen per tahun dengan jumlah total kepadatan penduduk 5.024 jiwa/ Km^2 . Daerah dengan kepadatan penduduk tinggi berada di Kecamatan Guguk Panjang dengan kepadatan penduduk sebanyak 7.137 jiwa per km^2 , diikuti Kecamatan Aur Birugo Tigo Baleh, sebanyak 4.728 jiwa per km^2 dan Kecamatan Mandiangin Koto Selayan sebanyak 3.989 jiwa per km^2 (Badan Pusat Statistik Kota Bukittinggi, 2018).

Berdasarkan uraian latar belakang diatas peneliti tertarik mengambil judul **“Analisis Tingkat Kerentanan Wilayah Gempabumi Jalur Sesar Sianok Kota Bukittinggi”**

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka identifikasi masalah dalam penelitian ini dapat sebagai berikut:

1. Gempabumi yang merusak.
2. Pergerakan sesar aktif memiliki kedalaman dangkal dan dapat menimbulkan bencana.
3. Bahaya gempabumi pada jalur sesar Sianok di Kota Bukittinggi.
4. Kerentanan wilayah terhadap gempabumi pada jalur sesar sianok.
5. Kota Bukittinggi memiliki kepadatan penduduk yang tinggi.

C. Batasan Masalah

Sesuai dengan latar belakang masalah dan identifikasi masalah di atas, maka penelitian ini perlu dibatasi agar penelitian lebih terfokus. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Wilayah bahaya bencana gempabumi pada jalur sesar Sianok Kota Bukittinggi.
2. Kerentanan wilayah terhadap gempabumi pada jalur sesar Sianok Kota Bukittinggi.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

3. Bagaimana sebaran wilayah bahaya gempabumi pada jalur sesar Sianok Kota Bukittinggi?

4. Bagaimana kerentanan wilayah terhadap gempabumi pada jalur sesar Sianok Kota Bukittinggi?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui sebaran wilayah bahaya gempabumi pada jalur sesar Sianok Kota Bukittinggi.
2. Mengetahui kerentanan wilayah terhadap gempabumi pada jalur sesar Sianok Kota Bukittinggi.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui sebaran bahaya gempabumi pada jalur sesar Sianok Kota Bukittinggi.
2. Dapat mengetahui kerentanan wilayah terhadap gempabumi pada jalur sesar Sianok Kota Bukittinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Gempabumi

a. Pengertian Gempabumi

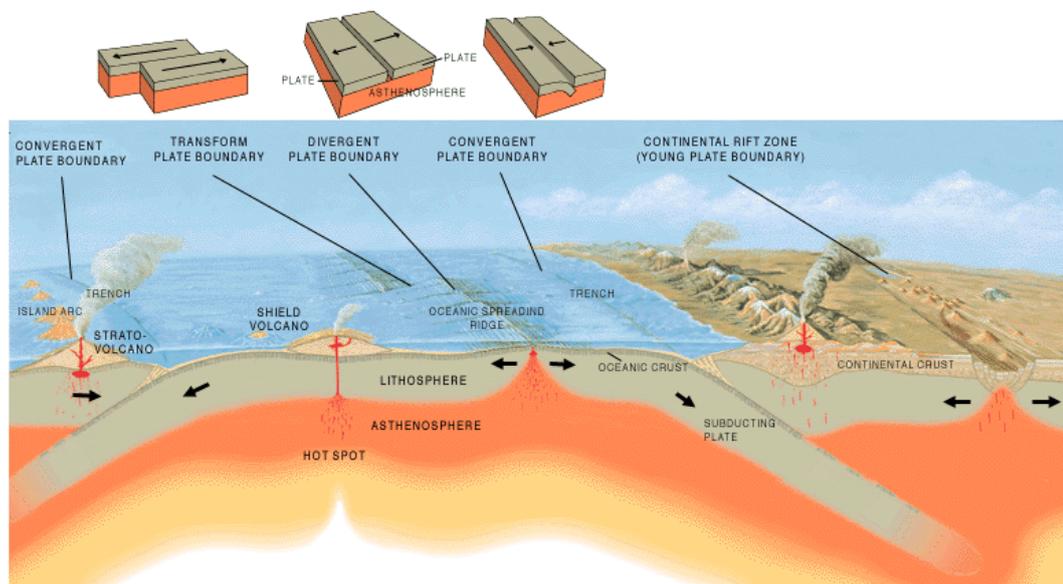
Gempabumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba. Gempabumi bisa disebabkan pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Energi yang dihasilkan di pancarkan ke segala arah berupa gelombang seismik sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (BMKG, 2012). Gempabumi diukur dengan menggunakan alat seismometer. *Moment magnitude* adalah skala paling umum dimana gempabumi terjadi untuk seluruh dunia. Getaran gempabumi dinyatakan dalam Skala Richter (SR). Ilmuwan yang mempelajari tentang gempabumi disebut dengan seismologist dan alat yang digunakan seismologist untuk mengukur setiap getaran yang terjadi disebut seismograf.

b. Penyebab Terjadinya Gempabumi

Menurut teori lempeng tektonik, permukaan bumi terpecah menjadi beberapa lempeng tektonik besar. Lempeng tektonik adalah segmen keras kerak bumi yang mengapung di atas astenosfer yang cair dan panas. Oleh karena itu, maka lempeng tektonik ini bebas untuk bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Daerah perbatasan lempeng-lempeng tektonik, merupakan tempat-tempat yang memiliki kondisi yang aktif, yang menyebabkan gempabumi, gunung berapi dan pembentukan dataran tinggi. Teori lempeng tektonik merupakan kombinasi dari

teori sebelumnya yaitu Teori Pergerakan Benua (*Continental Drift*) dan Pemekaran Dasar Samudera (*Sea Floor Spreading*).

Lapisan paling atas bumi, yaitu litosfir, merupakan batuan yang relatif dingin dan bagian paling atas berada pada kondisi padat dan kaku. Di bawah lapisan ini terdapat batuan yang jauh lebih panas yang disebut dengan mantel bumi. Lapisan ini sedemikian panasnya sehingga tidak dalam keadaan kaku, sehingga dapat bergerak sesuai dengan proses pendistribusian panas yang kita kenal sebagai aliran konveksi. Lempeng tektonik merupakan bagian dari litosfir padat dan terapung di atas mantel bumi ikut bergerak satu sama lainnya.. ada tiga kemungkinan pergerakan satu lempeng tektonik relatif terhadap lempeng lainnya, yaitu apabila kedua lempeng saling menjauhi (*divergen*), saling mendekati (*konvergen*) dan saling geser (*transform*).



Gambar 1. Sketsa pertemuan lempeng tektonik,
Sumber: Thomson 2006

Umumnya, gerakan ini berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia namun terukur sebesar 0-15 cm pertahun. Kadang-kadang, gerakan

lempeng ini macet dan saling mengunci, sehingga terjadi penggumpalan energi yang berlangsung terus sampai pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak lagi kuat menahan gerakan tersebut sehingga terjadi pelepasan mendadak yang kita kenal sebagai gempa bumi.

c. Parameter Gempabumi

Hasil rekaman getaran permukaan tanah yang diakibatkan oleh gempa bumi baik analog maupun digital disebut seismograf. Hasil rekaman tersebut dapat memberikan informasi parameter pokok mengenai gempa bumi yang terjadi di suatu tempat. Parameter pokok gempa bumi tersebut meliputi:

- a. Waktu kejadian gempa bumi (*origin time*)
- b. Posisi lintang dan bujur (*latitude/longitude*) episenter (titik pada permukaan bumi yang terletak vertical diatas pusat gempa / (hiposenter).
- c. Kedalaman pusat gempa bumi (kedalaman hiposenter). Sering disebut juga dengan istilah *focal depth*.
- d. Kekuatan gempa bumi (*magnitudo*)

Parameter *origin time*, episenter, dan hiposenter disebut sebagai parameter kinematik, karena untuk menentukannya hanya diperlukan waktu penjalaran gelombang. Sedangkan parameter kekuatan gempa bumi (*magnitude*) berkaitan dengan energi yang dipancarkan oleh sumber gempa disebut sebagai parameter dinamik, karena untuk menentukannya hanya diperlukan pengukuran amplitude dan periode.

d. Jenis Gempabumi

Gempabumi berdasarkan sumber kegempaanannya dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu :

- a. Gempa Vulkanik, gempabumi ini terjadi akibat adanya aktivitas magma yang biasa terjadi sebelum gunung berapi meletus. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan terjadinya ledakan yang juga akan menimbulkan gelombang seismik.
- b. Gelombang Tektonik, gempabumi ini terjadi disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng-lempeng tektonik yang mempunyai kekuatan yang sangat bervariasi. Gempabumi ini banyak menimbulkan kerusakan atau bencana alam di permukaan bumi, getaran gempabumi yang kuat mampu menjalar keseluruh bagian bumi.
- c. Gempabumi runtuh, gempabumi ini biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun daerah pertambangan, jenis gempabumi ini jarang terjadi dan bersifat local.
- d. Gempabumi buatan, gempabumi buatan adalah getaran pada bumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir atau palu yang dipukulkan di permukaan bumi untuk kegiatan eksplorasi.

Gempabumi berdasarkan kedalamannya dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu (Irman Sonjaya, 2008).

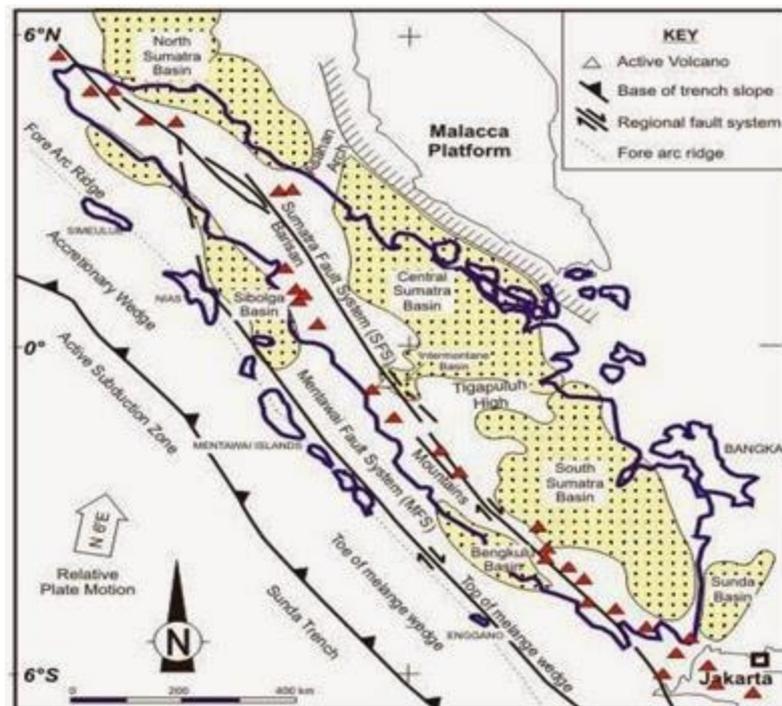
- a. Gempabumi dangkal, gempabumi dangkal adalah gempabumi yang hiposenternya berada kurang dari 50 km di permukaan bumi. Di Indonesia gempabumi dangkal letaknya terpancar di sepanjang sesar aktif dan patahan

aktif. Gempabumi dangkal menimbulkan kerusakan besar dan semakin besar.

- b. Gempabumi menengah, gempabumi menengah adalah gempabumi yang hiposenternya berada diantara 50-300 km di bawah permukaan bumi. Di Indonesia gempabumi menengah terbentang sepanjang Sumatera sebelah Barat, Jawa sebelah Selatan, selanjutnya Nusa Tenggara antara Sumbawa dan Maluku, akhirnya sepanjang Teluk Tomini, Laut Maluku ke Filipina. Gempabumi menengah dengan focus kurang dari 150 km di bawah permukaan masih dapat menimbulkan kerusakan.
- c. Gempabumi dalam, gempabumi dalam adalah gempabumi yang hiposenternya berada lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi. Di Indonesia gempabumi dalam berada di Laut Jawa, Laut Flores, Laut Banda dan Laut Sulawesi. Gempabumi dalam tidak membahayakan.

2. Zona Sesar Sumatera

Sistem sesar Sumatera terjadi akibat adanya lempeng Indo-Australia yang menabrak bagian barat pulau Sumatera secara miring, sehingga menghasilkan tekanan dari pergerakan ini. Karena adanya tekanan ini, maka terbentuklah sesar Sumatera yang membentang mulai dari Aceh sampai Lampung.

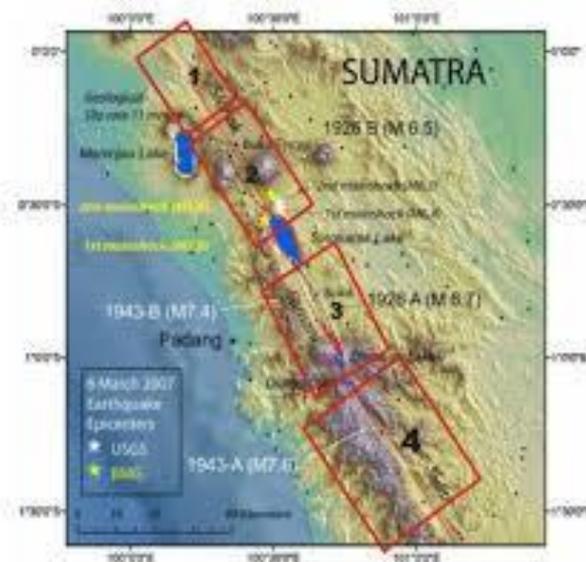


Gambar 2. Jalur Patahan Aktif Sumatera
Sumber: Darman & Sidi, 2000

Sesar Sumatera merupakan sesar strike slip berarah dekstral yang terdiri dari 20 segmen utama sepanjang tulang punggung Sumatera (Sieh and natawidjaja).

Jalur patahan Sumatera bisa dikenal dari kenampakan bentang alam disepanjang jalur. Jalur patahan di Sumatera ditandai oleh kenampakan bukit-bukit kecil, di sepanjang patahan pergeseran alur-alur sungai, dan danau-danau yang terjadi karena pergeseran bumi. Jalur patahan sepanjang ± 1900 Km ini melintasi pegunungan pulau Sumatera sepanjang Bukit Barisan. Sejarah mencatat sudah cukup banyak kejadian gempabumi dengan magnitude besar yang terjadi disekitar patahan besar Sumatera yang tercatat dengan kurun waktu 200 tahun terakhir.

Di Provinsi Sumatera Barat terbagi menjadi 4 (empat) segmen patahan aktif yang merupakan bagian dari system patahan besar Sumatera, antara lain:



Gambar 3. Empat segmen patahan aktif di Sumatera Barat
Sumber: Wahyu Triyoso and Natawidjaja, 2000

1. Segmen Sumpur ($0.1^{\circ}\text{N} \sim 0.3^{\circ}\text{N}$)

Segmen Sumpur terletak di daerah Rao, Lubuk Sikaping Kabupaten Pasaman, segmen Sumpur memiliki panjang patahan ± 35 Km dan pergeseran segmen Sumpur berkisar 24 mm/tahun. Segmen Sumpur melewati Kota Lubuk sikaping, pada segmen Sumpur belum pernah ada kejadian gempa bumi besar.

2. Segmen Sianok ($0.7^{\circ}\text{S} \sim 0.1^{\circ}\text{N}$)

Segmen Sianok berada di sekitar Kota Bukittingi, segmen Sianok memiliki panjang patahan ± 90 Km dan pergeseran patahan berkisar 23 mm/tahun, Kota Bukittingi termasuk kota yang rawan gempa bumi darat yang bersumber dari patahan Segmen Sianok. Pada Segmen Sianok pernah terjadi gempa bumi besar pada tanggal 6 maret 2007 dengan magnitude momen (M_w) : 5.8.

3. Segmen Sumani ($1.0^{\circ}\text{S} \sim 0.5^{\circ}\text{S}$)

Segmen Sumani terletak di sebelah selatan Danau Singkarak, tepatnya berada di Kabupaten Solok, apabila melewati Kecamatan Sumani banyak ditemukan bukit-bukit kecil disepanjang jalan, hal ini menandakan disanalah segmen sumani berada. Patahan segmen Sumani memiliki panjang patahan ± 60 Km dan pegeseran patahannya berkisar 23 ± 3 mm/tahun. Pada Segmen Sumani pernah terjadi besar pada tahun 1926 dengan magnitudo momen 6.7, dan kini Segmen Sumani belum menunjukkan aktifitasnya kembali.

4. Segmen Suliti ($1.75^{\circ}\text{S} \sim 1.0^{\circ}\text{S}$)

Segmen Suliti terletak di daerah Alahan Panjang, Kabupaten Solok Selatan, Segmen Suliti ini melewati Danau Diatas dan Danau Dibawah, Segmen Suliti mempunyai panjang patahan sekitar 25 Km dan pergeserannya berkisar 23 ± 5 mm/tahun.

Selain dari 4 (empat) segmen patahan yang ada di Sumatera Barat ini ada 3 (tiga) segmen lagi yang bagian ujung segmennya berada di perbatasan wilayah Sumatera Barat dan ini dapat juga mempengaruhi aktifitas kegempaan di wilayah Sumatera Barat yaitu : segmen Angkola, segmen Barumun dan segmen Siulak. Segmen Angkola ujung selatannya berada di dekat Lembah Batang Pasaman, begitu juga segmen Barumun bagian selatan segmen ini berada di perbatasan Sumatera Barat, Pasaman. Sedangkan segmen Angkola overlap dengan segmen Suliti di wilayah Solok Selatan (Buletin Geofisika, 2016).

3. Gempabumi Merusak

Pembentukan lempeng-lempeng yang ada di Indonesia banyak menimbulkan gempabumi merusak. Di Indonesia dikenal dua tipe gempabumi yang merusak.

Kedua tipe tersebut meliputi:

- a. Tipe pertama untuk gempa-gempa yang dekat dengan batas-batas lempengan di parit dan tempat-tempat lainnya.
- b. Tipe kedua untuk gempa-gempa yang terjadi pada jarak tertentu dari batas penunjaman dan terletak pada kerak bumi dangkal di daratan atau di laut.

Umumnya termasuk patahan aktif (Kertapati, 2006: 51).

Tidak semua pusat gempabumi yang terjadi dimasukkan dalam kejadian gempabumi merusak. Kejadian gempabumi yang menimbulkan korban jiwa dan kerusakan bangunan digolongkan sebagai gempabumi merusak meskipun magnitudonya tidak besar.

Parameter gempabumi merusak meliputi: nama gempabumi (diambil nama lokasi yang mengalami bencana), tanggal kejadian, koordinat pusat gempabumi, kedalaman, magnitudo, skala Mercalli (MMI) serta keterangan korban dan kerusakan bangunan (Supartoyo dan Suroso, 2007: 54-55).

4. Pengukuran Kekuatan Gempabumi

Besarnya energi yang dilepaskan oleh sumber gempabumi dinamakan magnitudo. Tingkat besar kecilnya gempabumi dapat dihitung melalui alat pencatat gempabumi yaitu seismograf. Satuan besarnya gempa (energi yang dilepaskan) biasanya dipergunakan skala Richter, skala Mercalli digunakan untuk menentukan

intensitas gempa. Sebuah seismograf mencatat waktu kedatangan gelombang seismic di beberapa stasiun yang terletak di permukaan bumi.

Berdasarkan kedalaman terjadinya gempabumi, maka gempabumi dapat diklasifikasikan menjadi dangkal, sedang dan dalam. Dalam parameter gempabumi, yang tercatat adalah waktu kejadian gempabumi, lokasi episenter, kedalaman (jarak antara episenter dan hiposenter), kekuatan, dan intensitas (Munir, 2003).

Dalam pengukuran besarnya gempa selain dengan melihat magnitudonya juga dapat dilakukan dengan melihat intensitasnya. Untuk mendapatkan skala yang bersifat kualitatif ini dilakukan dengan melihat bagaimana keadaan geologi, kedalaman gempa, jarak dari episentrum, serta antara episentrum dan lokasi gempa. Skala Mercalli dengan demikian sangat subjektif sehingga tidak banyak digunakan dibandingkan Skala Richter yang sangat populer (Winardi, 2006).

5. Intensitas Gempa

Intensitas gempabumi pada suatu tempat diklasifikasikan berdasarkan efek yang terlihat akibat gempa yang terjadi. Intensitas gempabumi digunakan untuk mengukur tingkat getaran tanah berdasarkan kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa. Gempa besar yang terjadi dapat menyebabkan perubahan pada susunan alami permukaan bumi atau kerusakan berat pada struktur buatan manusia seperti bangunan, jembatan, dan bendungan. Gempa kecil pun dapat menyebabkan ketidakseimbangan bahkan kerusakan pada bangunan, jika konstruksi atau penggunaan material pada bangunan tersebut buruk.

Intensitas gempabumi dinyatakan dalam bentuk skala Mercally yang biasa disebut MMI (*Modified Mercally Intensity*). Skala ini diusulkan oleh G. Mercalli

pada tahun 1902 yang berisi 12 tingkatan dari akibat yang ditimbulkan gempa bumi, dimulai dari yang lemah sampai yang kuat (tabel 2.2). Terdapat hubungan secara empiris dari nilai percepatan tanah maksimum dengan skala intensitas dalam MMI, seperti diberikan oleh persamaan Wald (1999) berikut ini :

$$IMM = 3,6 \log a - 1,66$$

Dengan IMM adalah intensitas gempa menurut skala MMI dan a menyatakan percepatan tanah maksimum. Berdasarkan skala intensitas gempa bumi, dapat diketahui juga besarnya tingkat resiko kawasan rawan bencana gempa bumi di suatu daerah.

Tabel 1. Intensitas gempa bumi skala MMI (*Modified Mercally Intensity*)

Tingkat kerawanan	Skala MMI	Rentang nilai MMI	Deskripsi <i>effect</i> yang dirasakan
Rendah	I	0,50 – 1,49	Getaran tidak dirasakan kecuali dalam keadaan hening, dan hanya dirasakan oleh beberapa orang.
	II	1,50 – 2,50	Getaran dirasakan oleh beberapa orang yang tinggal diam, lebih-lebih di rumah tingkat atas. Benda-benda ringan yang digantung terlihat bergoyang.
	III	2,51 – 3,49	Getaran dirasakan di rumah tingkat atas. Terasa getaran seakan ada truk lewat, lamanya getaran dapat ditentukan.
	IV	3,50 – 4,50	Pada siang hari dirasakan oleh orang banyak dalam rumah, di luar oleh beberapa orang, kendaraan yang sedang berhenti bergerak dengan jelas. Pada malam hari orang terbangun, piring dan gelas dapat pecah, jendela dan pintu berbunyi.
Menengah	V	4,51 – 5,49	Getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk, jendela kaca dan plester dinding pecah, barang-barang terpelanting, pohon-pohon tinggi tampak bergoyang
	VI	5,50 – 6,50	Getaran dirasakan oleh semua penduduk, kebanyakan terkejut dan lari ke luar, kadang-kadang meja kursi bergerak,

			plester dinding dan cerobong asap pabrik rusak. Terjadi kerusakan ringan.
	VII	6,51 – 7,49	Semua orang ke luar rumah, kerusakan ringan pada rumah-rumah dengan bangunan dan konstruksi yang baik. Cerobong asap pecah atau retak-retak. Guncangan terasa oleh orang yang naik kendaraan.
	VIII	7,50 – 8,50	Kerusakan ringan pada bangunan-bangunan dengan konstruksi yang kuat. Retak-retak pada bangunan yang kuat. Banyak kerusakan pada bangunan yang tidak kuat. Dinding dapat lepas dari kerangka rumah, cerobong asap pabrik-pabrik dan monumen-monumen. Meja kursi terlempar, air menjadi keruh, orang naik sepeda motor terasa terganggu.
Tinggi	IX	8,51 – 9,49	Kerusakan pada bangunan yang kuat, rangka-rangka rumah menjadi tidak lurus, banyak lubang-lubang karena retak-retak pada bangunan yang kuat. Rumah tampak bergeser dari pondasinya, pipa-pipa dalam tanah putus
	X	9,50 – 10,50	Bangunan dari kayu yang kuat rusak, rangka-rangka rumah lepas dari pondasinya, tanah longsor di sekitar sungai dan tempat-tempat yang curam saat terjadi air bah
	XI	10,51 – 11,49	Bangunan-bangunan kayu sedikit yang tetap berdiri, jembatan rusak. Pipa dalam tanah tidak dapat dipakai sama sekali, tanah terbelah, rel melengkung sekali.
	XII	11,50 – 12,50	Hancur sama sekali. Gelombang tampak pada permukaan tanah, pemandangan menjadi gelap, benda-benda terlempar ke udara.

Sumber : Wald, Lowrie, 2007

6. Percepatan Getaran Tanah Maksimum (α)

Percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Percepatan getaran tanah adalah nilai percepatan getaran tanah yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempa bumi. Nilai percepatan tanah dihitung berdasarkan

magnitudo dan jarak sumber gempa yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan, serta nilai periode dominan tanah daerah tersebut.

Percepatan getaran tanah maksimum adalah nilai percepatan getaran tanah yang tersebar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gempabumi. Semakin besar nilai PGA yang pernah terjadi di suatu tempat, maka semakin besar bahaya dan resiko gempabumi yang mungkin terjadi. Efek primer gempabumi adalah kerusakan struktur bangunan baik yang berupa gedung, perumahan rakyat, gedung bertingkat, fasilitas umum, monument, jembatan dan infrastruktur 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 percepatan tanah di lokasi bangunan akibat getaran suatu gempabumi. Faktor yang merupakan sumber kerusakan dinyatakan dalam parameter percepatan tanah sehingga data PGA akibat getaran gempabumi pada suatu lokasi menjadi penting untuk menggambarkan tingkat bahaya gempabumi di suatu lokasi tertentu.

Periode dominan tanah merupakan getaran tanah yang sangat kecil dan kontinyu yang bersumber dari berbagai macam getaran seperti lalu lintas, angin, aktivitas manusia dan lain sebagainya. Secara teoritis besarnya frekuensi dominan atau periode getaran tanah atau batuan merupakan cerminan kondisi fisik tanah atau batuan tersebut. Tanah atau batuan yang lunak dan lepas akan mempunyai periode dominan getaran yang panjang (frekuensi dominan tanah rendah, begitu juga sebaliknya). Dalam teknik kegempaan, batuan yang lebih lunak mempunyai resiko lebih tinggi bila digoncang gelombang gempabumi, karena mengalami factor

amplifikasi yang lebih besar dibandingkan dengan batuan yang lebih kompak (Pusat Survey Geologi, 2007).

Nilai PGA dihitung berdasarkan magnitudo dan jarak sumber gempabumi yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan. Beberapa Negara termasuk Indonesia belum memiliki rumusan empiris yang sesuai dengan kondisi geologi Indonesia. Hal ini dikarenakan minimnya rekaman nilai percepatan tanah yang dimiliki. Saat ini BMKG masih merintis pembuatan dan pengembangan rumusan empiris untuk wilayah Indonesia.

Rumusan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumusan empiris Mc. Guire (1963). Rumusan empiris Mc. Guire untuk menentukan nilai menggunakan magnitudo gelombang permukaan maka rumusan empirisnya sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{472,3 \times 10^{0,278 M}}{(R + 25)^{1,301}}$$

α = percepatan tanah (gal)

M = magnitudo gelombang permukaan (SR)

R = jarak hiposenter (km)

Dimana $R = \sqrt{\Delta^2 + H^2}$ dengan Δ adalah jarak episenter (km) dan H adalah kedalaman sumber gempabumi (km).

Berdasarkan tektonik Pulau Sumatera bahwa rumusan empiris Mc. Guire sesuai dengan kondisi patahan Sumatera. Hal ini dikarenakan rumusan ini pernah digunakan untuk menentukan nilai PGA yang terjadi akibat gempabumi di California Selatan tepatnya di patahan *San Andreas*. Karakteristik kondisi patahan *San Andreas* sama dengan patahan Sumatera khususnya Sumatera Barat.

7. Geologi

Kerak bumi terdiri dari aneka ragam jenis batuan. Batuan merupakan material yang membentuk litosfir maupun kerak bumi, terdiri dari mineral-mineral, terbentuk di alam dan tidak hidup. Dalam batuan terekan proses-proses geologi yang telah terjadi pada masa pembentukkan batuan tersebut. Jenis-jenis batuan ini dapat mempengaruhi bentuk muka bumi, tiap batuan memiliki corak, bentuk, warna serta cara terjadinya yang berbeda-beda. Bahan terbentuk dari kombinasi antara satu atau lebih mineral (Sapiie dkk, 2006).

a. Pengelompokan Batuan

Untuk memudahkan membedakan batuan, dibuatlah klasifikasi secara sederhana yaitu:

1. Batuan beku, terbentuk dari magma yang mendingin dan membeku
2. Batuan sedimen, merupakan batuan yang terbentuk dari sedimen yang diendapkan (di darat atau dalam air) dan setelah mengalami proses geologi menjadi batuan sedimen
3. Batuan metamorfosa atau batuan malihan yaitu batuan yang telah mengalami perubahan karena tekanan atau suhu yang tinggi. Perubahannya menjadi batuan metamorfosa, atau batuan malihan tanpa melalui pelelehan (Sapiie dkk,2006).

Batuan terbentuk dari macam-macam mineral, yang dikenal dengan mineral pembentukan batuan. Beberapa mineral utama pembentuk batuan yang umum dijumpai dalam batuan-batuan:

1. Bataun beku: feldspar, mika, amfibol, piroksen, olivine dan kuarsa.
2. Batuan sedimen: kuarsa, kalsit, amfibol, lempung, halit, gypsum, dan feldspar.

3. Batuan metamorf: kuarsa, feldspar, amfibol, piroksen, mika, gamet, dan chlorit.

Menurut Pedoman Penataan Ruang dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.21/PRT/M/2007, sifat fisik batuan merupakan pencerminan dari kondisi kekuatan batuan di dalam menerima beban dan tekanan. Semakin kuat suatu batuan di dalam menerima beban dan tekanan, maka akan semakin stabil terhadap kemungkinan longsor dan amblasan, terutama pada saat terjadi guncangan kawasan rawan gempabumi.

1. Urutan pertama menunjukkan kelompok batuan yang relatif kompak, lebih resisten terhadap gempa dan stabil terhadap kemungkinan longsor dan amblasan. Urutan selanjutnya nilai kemampuannya semakin mengecil.

Kelompok batuan tersebut yaitu:

- a. Andesit, granit, diorit, metamorf, breksi vulkanik, aglomerat, breksi sedimen dan konglomerat.
- b. Batupasir, tuf kasar, batulanau, arkose, greywacke dan batugamping
- c. Pasir, lanau, batulumpur, napal, tuf halus, dan serpih
- d. Lempung, lumpur, lempung organik dan gambut.

Tabel 2. Urutan Keresistenan Kelompok Batuan

Kelompok Batuan	Urutan
Andesit, granit, diorit, metamorf, breksi vulkanik, aglomerat, breksi sedimen dan konglomerat.	1
Batupasir, tuf kasar, batulanau, arkose, greywacke dan batugamping	2
Pasir, lanau, batulumpur, napal, tuf halus, dan serpih	3
Lempung, lumpur, lempung organik dan gambut.	4

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.21/PRT/M/2007

b. Jarak Patahan/Sesar

Struktur dapat dilihat dari posisi dan susunan batuan di bumi. Struktur yang ada seperti sesar yang berarti diskontinuitas yang terjadi karena gaya tektonik pada batuan dan menunjukkan gejala pergeseran. Dalam struktur geologi, deformasi yang terjadi akibat gaya tektonik dikelompokkan sebagai struktur sekunder dan dibedakan dari struktur yang terbentuk pada saat atau sebelum batuan terbentuk yang dinamakan struktur primer. Rekahan pada batuan dimana terjadi pergeseran di sepanjang rekahan dinamakan sesar, patahan atau fault. Meskipun gerakan sesar besar sampai beberapa kilometre, tetapi jarak tersebut merupakan jumlah dari gerakan mendadak yang kecil-kecil. Setiap gerak mendadak dapat menimbulkan gempa. Pergerakan mendadak pada litosfir biasanya disertai gempabumi (Sapiie dkk,2006).

Struktur geologi merupakan pencerminan seberapa besar suatu wilayah mengalami “deraan” tektonik. Semakin rumit struktur geologi yang berkembang di suatu wilayah, maka menunjukkan bahwa wilayah tersebut cenderung sebagai wilayah yang tidak stabil. Beberapa struktur geologi yang dikenal adalah berupa kekar, lipatan dan patahan/sesar (Dapartemen Pekerjaan Umum. 2007).

Seperti yang telah dijelaskan, maka selanjutnya dilakukan suatu pengkajian terhadap pengelompokkan struktur geologi yaitu dengan melihat jarak terhadap zona sesar yang merupakan acuan kestabilan wilayah. Menurut peraturannya, semakin jauh suatu wilayah dari zona sesar maka wilayah tersebut semakin stabil. Struktur geologi dengan jarak kurang 100 m dianggap sebagai zona tidak stanil, sementara anantara 100 m – 1000 m dianggap sebagai zona kurang stabil dan lebih

dari 1000 m diklasifikasikan sebagai zona stabil (Dapartemen Pekerjaan Umum, 2007).

Table 3. Jarak Suatu Wilayah Terhadap Zona Sesar

Jarak dari patahan/fault	Keterangan
<100m	Zona tidak stabil
100 – 1000 m	Zona kurang stabil
>1000 m	Zona stabil

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.21/PRT/M/2007

8. Lereng

Kemiringan lereng dapat memberikan gambaran tingkat stabilitas terhadap kemungkinan terjadinya longsor atau runtuh tanah dan batuan, terutama, pada saat terjadi kawasan rawan gempa bumi. Semakin terjal lereng maka potensi untuk terjadinya gerakan tanah dan batuan akan semakin besar, walaupun jenis batuan yang menempatinnya cukup berpengaruh untuk tidak terjadinya longsor.

Informasi kemiringan lereng yang dipakai untuk zonasi kerawanan bencana ini memakai klasifikasi lereng yang dibuat oleh Van Zuidam (1988), yaitu:

- a. 0° - 2° (0%-2%) : datar (*almost flat*)
- b. 3° - 4° (3%-7%) : landai (*gently sloping*)
- c. 5° - 8° (8%-15%) : miring (*sloping*)
- d. 9° - 16° (16%-30%) : agak curam (*moderately steep*)
- e. 17° - 35° (31%-70%) : curam (*steep*)
- f. 36° - 55° (71%-140%) : sangat curam (*very steep*)
- g. $>55^{\circ}$ (>140%) : terjal (*extremely steep*)

Wilayah dengan kemiringan lereng antara 0% hingga 15% akan stabil terhadap kemungkinan longsor, sedangkan di atas 15% potensi untuk terjadi

longsor pada kawasan rawan gempa bumi akan semakin besar (Dapartemen Pekerjaan Umum, 2007).

9. Bahaya Gempabumi

Kawasan bahaya gempabumi ditetapkan dari hasil pengkajian terhadap daerah yang diindikasikan berpotensi terhadap bencana atau lokasi yang diperkirakan akan terjadi bencana atau dampak bencana. Pengkajian untuk menetapkan suatu kawasan yang disebut bahaya bencana gempabumi dapat dilihat dari kondisi fisiknya dengan data pendukung seperti jenis batuan, struktur geologi, kemiringan lereng, dan kemantapan tanah.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.21/PRT/M/2007 mengenai pedoman penataan ruang kawasan rawan letusan gunung api dan kawasan bahaya gempabumi, kawasan bahaya gempabumi dapat dibedakan menjadi enam tipe kawasan yang diuraikan sebagai berikut:

a. Tipe A

Kawasan ini berokasi jauh dari daerah sesar yang rentan terhadap getaran gempa. Kawasan ini juga dicirikan dengan adanya kombinasi saling melemahkan dari faktor dominan yang berpotensi untuk merusak. Bila intensitas gempa tinggi (*Modified Mercalli Intensity*) MMI) maka efek merusaknya diredam oleh sifat fisik batuan yang kompak dan kuat.

b. Tipe B

1. Faktor yang menyebabkan tingkat bahaya bencana gempa pada tipe ini tidak disebabkan oleh satu faktor dominan, tetapi disebabkan oleh

lebih dari satu faktor yang saling mempengaruhi, yaitu intensitas gempa tinggi dan sifat fisik batuan menengah.

2. Kawasan ini cenderung mengalami kerusakan cukup parah terutama untuk bangunan dengan konstruksi sederhana.

c. Tipe C

Terdapat paling tidak dua faktor dominan yang menyebabkan bahaya tinggi pada kawasan ini. Kombinasi yang ada antara lain adalah intensitas gempa tinggi dan sifat fisik batuan lemah atau kombinasi dari sifat fisik batuan lemah dan berada dekat zona sesar cukup merusak. Kawasan ini mengalami kerusakan cukup parah dan kerusakan bangunan dengan konstruksi beton terutama yang berada pada jalur sepanjang zona sesar.

d. Tipe D

1. bahaya gempa diakibatkan oleh akumulasi dua atau tiga faktor yang saling melemahkan. Sebagai contoh gempa pada kawasan dengan kemiringan lereng curam, intensitas gempa tinggi dan berada sepanjang zona sesar merusak, atau berada pada kawasan dimana sifat fisik batuan lemah, intensitas gempa tinggi, di beberapa tempat berada potensi landaan tsunami cukup merusak.
2. Kawasan ini cenderung mengalami kerusakan parah untuk segala bangunan dan terutama yang berada pada jalur sepanjang zona sesar.

e. Tipe E

1. Kawasan ini merupakan jalur sesar yang dekat dengan episentrum yang dicerminkan dengan intensitas gempa yang tinggi, serta di

beberapa tempat pada potensi landaan tsunami merusak. Sifat fisik batuan dan kelerengan lahan juga pada kondisk yang rentan terhadap goncangan gempa.

2. Kawasan ini mempunyai kerusakan fatal pada saat gempa

f. Tipe F

1. Kawasan ini berada pada kawasan landaan tsunami sangat rusak dan di sepanjang zona sesar sangat merusak, serta pada daerah dekat dengan episentrum dimana intensitas gempa tinggi. Kondisi ini diperparah dengan sifat fisik batuan lunak yang terletak pada kawasan morfologi curam sampai dengan sangat curam yang tidak kuat terhadap goncangan gempa.

2. Kawasan ini mempunyai kerusakan fatal pada saat gempa.

10. Kerentanan Terhadap Gempabumi

Kerentanan adalah suatu kondisi dari suatu komunitas atau masyarakat yang mengarah atau menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bencana (Peraturan Kepala BNPB Nomor 02 Tahun 2012). Menurut Peraturan Kepala BNPB Nomor 04 Tahun 2008. Kerentanan (vulnerability) adalah keadaan atau perilaku masyarakat yang menyebabkan ketidakmampuan menghadapi bahaya atau ancaman. Kerentanan gempabumi dapat dibagi menjadi tiga yaitu, kerentanan sosial, kerentanan fisik dan kerentanan ekonomi.

a. Kerentanan sosial

Kerentanan sosial kependudukan menggambarkan perkiraan tingkat kerentanan terhadap keselamatan/kesehatan penduduk, bila terjadi bahaya gempa.

1) Kepadatan penduduk

Kepadatan penduduk adalah perbandingan antara jumlah penduduk dengan luas wilayah yang dialami oleh penduduk di suatu wilayah yang dinyatakan dalam satuan jiwa/km². Penilaian kepadatan penduduk berpedoman pada kriteria Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012.

Semakin padat penduduk di suatu kawasan, maka akan semakin rentan akan bahaya gempabumi, karena besaran “obyek” atau jiwa yang terpapar akan semakin besar. Perhitungan tingkat kepadatan penduduk di Kota Bukittinggi dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kepadatan penduduk} = \frac{\text{Jumlah Penduduk}}{\text{Luas Wilayah (km}^2\text{)}}$$

2) Penduduk rentan

Merupakan kelompok usia penduduk yang rentan terhadap bahaya gempabumi. Kelompok usia ini dianggap memiliki kemampuan yang relative rendah untuk menyelamatkan diri dari bencana alam.

a) Rasio jenis kelamin

Menurut Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012, rasio jenis kelamin merupakan perbandingan jumlah penduduk laki-laki dengan jumlah penduduk perempuan dikali 100, yang dinyatakan dalam satuan persen (%). Penilaian jenis kelamin berpedoman pada kriteria Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012. Berikut adalah rumus untuk melakukan perhitungan rasio jenis kelamin:

$$\text{rasio jenis kelamin} = \frac{\text{Jumlah penduduk laki-laki}}{\text{jumlah penduduk perempuan}} \times 100$$

b) Rasio kelompok umur

Menurut Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012, rasio kelompok umur merupakan perbandingan jumlah penduduk usia non produktif (0-14 dan >64 tahun) dengan jumlah penduduk usia produktif (15-64 tahun) dikali 100, yang dinyatakan dalam satuan persen (%). Penilaian kelompok umur berpedoman pada kriteria Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012. Berikut adalah rumus untuk melakukan perhitungan rasio kelompok umur:

$$Rk_{tot} = \frac{P_{0-14} + P_{>64}}{P_{15-64}} \times 100$$

c) Rasio penduduk miskin

Menurut Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012, rasio penduduk miskin adalah perbandingan jumlah penduduk miskin dengan jumlah penduduk non miskin dikali 100, yang dinyatakan dalam satuan persen (%). Penilaian penduduk miskin berpedoman pada kriteria Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012.

Untuk menghitung rasio penduduk miskin dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Rasio\ miskin = \frac{Jumlah\ Penduduk\ Miskin}{Jumlah\ Penduduk\ Non\ Miskin} \times 100$$

d) Rasio penduduk cacat

Menurut Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012, rasio penduduk cacat adalah perbandingan jumlah penduduk cacat dengan jumlah penduduk non cacat dikali 100, yang dinyatakan dalam satuan persen

(%). Penilaian penduduk cacat berpedoman pada kriteria Peraturan Kepala BNPB No.2 Tahun 2012.

Untuk menghitung rasio penduduk cacat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rasio orang Cacat} = \frac{\text{Jumlah Penduduk Cacat}}{\text{Jumlah penduduk non cacat}} \times 100$$

Masing-masing parameter dihitung dengan menggunakan metode skoring sesuai Perka BNPB No.2 Tahun 2012 untuk memperoleh nilai kerentanan sosial.

Tabel 4. Parameter Penyusun Dan Skoring Kerentanan Sosial

Parameter	Bobot (%)	Kelas		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Kepadatan Penduduk	60	<5 jiwa/ha	5-10 jiwa/ha	>10 jiwa/ha
Kelompok Rentan				
Rasio Jenis Kelamin (10%)	40	<20%	20-40%	>40%
Rasio kelompok umur rentan (10%)				
Rasio penduduk miskin (10%)				
Rasio penduduk cacat (10%)				
$\text{Kerentanan Sosial} = (0,6 \times \text{Tingkat Kepadatan Penduduk}) + (0,1 \times \text{rasio Jenis Kelamin}) + (0,1 \times \text{rasio Kelompok Umur}) + (0,1 \times \text{rasio Penduduk Miskin}) + (0,1 \times \text{rasio Penduduk Cacat})$				

Sumber: Perka BNPB No.2 Tahun 2012

b. Kerentanan Fisik

Kerentanan fisik/infrastruktur menggambarkan perkiraan tingkat kerusakan terhadap fisik atau infrastruktur bila ada suatu faktor bahaya (*hazard*) tertentu. Kerentanan fisik ini berkaitan dengan keberadaan bangunan infrastruktur.

- 1) Bangunan Membuat rumah menjadi suatu kesatuan yang utuh, yang tidak bisa lepas atau runtuh saat terjadi gempa bumi baik dalam gaya horizontal maupun vertikal.

2) Fasilitas umum

- | | |
|------------|-------------------------|
| a) TK | g) Rumah Sakit |
| b) SD, SLB | h) Rumah Sakit Bersalin |
| c) SMP | i) Poliklinik, Polides |
| d) SMA/SMK | j) Puskesmas |
| e) PT | k) Pustu, Poskesdes |
| f) Ponpes | l) Posyandu, Poskesdes |

Masing-masing parameter dihitung dengan menggunakan metode skoring sesuai Perka BNPB No.2 Tahun 2012 untuk memperoleh nilai kerentanan fisik.

Tabel 5. Parameter Penyusun Dan Skoring Kerentanan Fisik

Parameter	Bobot (%)	Kelas		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Rumah	40	<400 jt	400-800 jt	>800 jt
Fasilitas Umum	30	<500 jt	500 jt – 1 M	>1 M
Fasilitas Kritis	30	<500 jt	500 jt – 1 M	>1 M
Kerentanan Fisik = (0,4 x skor Rumah) + (0,3 x skor Fasum) + (0,3 x skor Faskris)				
Perhitungan nilai setiap parameter (kecuali rumah) dilakukan berdasarkan :				
<ul style="list-style-type: none"> • Pada kelas bahaya RENDAH memiliki pengaruh 0% • Pada kelas bahaya SEDANG memiliki pengaruh 50% • Pada kelas bahaya TINGGI memiliki pengaruh 100% 				
Perhitungan nilai parameter Rumah dilakukan berdasarkan :				
<ul style="list-style-type: none"> • Pada kelas bahaya RENDAH, jumlah rumah yang terdampak dikalikan 5 jt • Pada kelas bahaya RENDAH, jumlah rumah yang terdampak dikalikan 10 jt • Pada kelas bahaya RENDAH, jumlah rumah yang terdampak dikalikan 15 jt 				

Sumber: Perka BNPB No.2 Tahun 2012

c. Kerentanan Ekonomi

Kerentanan ekonomi terdiri dari parameter kontribusi PDRB dan lahan produktif. Nilai rupiah lahan produktif dihitung berdasarkan nilai kontribusi PDRB pada sector yang berhubungan dengan lahan produktif (seperti sector pertanian) yang dapat diklasifikasikan berdasarkan data penggunaan lahan.

Masing-masing parameter kerentanan ekonomi dihitung dengan menggunakan metode skoring sesuai Perka BNPB No.2 Tahun 2012 untuk memperoleh nilai kerentanan ekonomi.

Tabel 6. Parameter Penyusun Dan Skoring Kerentanan Ekonomi

Parameter	Bobot (%)	Kelas		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Lahan Produktif	60	<50 juta	50-200 juta	>200 juta
PDRB	40	<100 juta	100-300 juta	>300 juta
Kerentanan Ekonomi = (0,6 x skor Lahan Produktif) + (0,4 x skor PDRB)				

Sumber: Perka BNPB No.2 Tahun 2012

d. Indeks Kerentanan

Indeks kerentanan gempa bumi diperoleh dari hasil penggabungan skor kerentanan sosial, kerentanan fisik, dan kerentanan ekonomi dengan menggunakan bobot masing-masing komponen sebagai berikut:

$$IKG = (KS \times 40\%) + (KF \times 30\%) + (KE \times 30\%)$$

Keterangan :

IKG = Indeks Kerentanan Gempabumi

KS = Kerentanan Sosial

KF = Kerentanan Fisik

KE = Kerentanan Ekonomi

Setelah mengetahui bahaya suatu wilayah terhadap kejadian gempa bumi, maka selanjutnya akan dilihat kerentanannya. Wilayah yang bahaya terhadap bencana gempa berpotensi untuk mengalami kerentanan terhadap bencana gempa bumi. Dalam sebuah perencanaan mitigasi, maka penilaian kerentanan merupakan aspek penting dimana upaya mitigasi ini perlu ditergetkan pada lokasi dan komponen kegiatan masyarakatnya (BPPN, 2009).

Hunian yang padat serta kumuh (biasanya memiliki kualitas konstruksi bangunan yang buruk, walaupun jenis bahan bangunannya tidak begitu bahaya jika runtuh) dan juga tingkat pendapatan keluarga penghuninya tidak cukup kuat untuk menanggung biaya perbaikan dan lainnya, maka ini dapat disebut sebagai kerawanan yang tinggi atau rentan terhadap kerugian. Salah satu indikator yang digunakan dalam penentuan kerawanan ini adalah indikator sosial yang menggunakan kepadatan penduduk sebagai penentunya (Departemen Pekerjaan Umum, 2009).

Faktor kerentanan menggambarkan tingkat kemudahan dan keparahan ketersingkapan suatu kota yang dipengaruhi oleh tingkat bencana tertentu. Kerentanan sosial terutama berkaitan dengan keberadaan kelompok-kelompok masyarakat yang rentan terhadap bencana, kepadatan penduduk dan rumah tangga, keberadaan lembaga-lembaga masyarakat setempat dan tingkat kemiskinan. Berdasarkan hasil pengkajian kerentanan menunjukkan bahwa kelompok masyarakat yang memiliki tingkat kerentanan tinggi adalah anak-anak (<5 tahun), orang tua atau jompo (≥ 65 tahun), orang yang sedang sakit, orang cacat, wanita hamil, masyarakat yang tinggal di daerah berkepadatan tinggi dan masyarakat yang tinggal di daerah bahaya seperti di lereng gunung berapi, pembangkit (pengujian) tenaga nuklir, di tepi pantai, tanah longsor dan lain-lain (Departemen Pekerjaan Umum, 2009).

Blaikie et al (1994) berpendapat bahwa yang paling rentan adalah mereka yang merasa paling sulit untuk merekonstruksi mata pencaharian mereka setelah bencana dimana yang miskin lebih menderita bahaya daripada orang kaya. Cutter

membagi tiga tema dalam penelitian kerentanan dimana salah satunya adalah kerentanan tempat. Kerentanan tempat ini merupakan kombinasi dari paparan bahaya dan sosial dalam geografis tertentu. (dalam Kumpulainen, 2006).

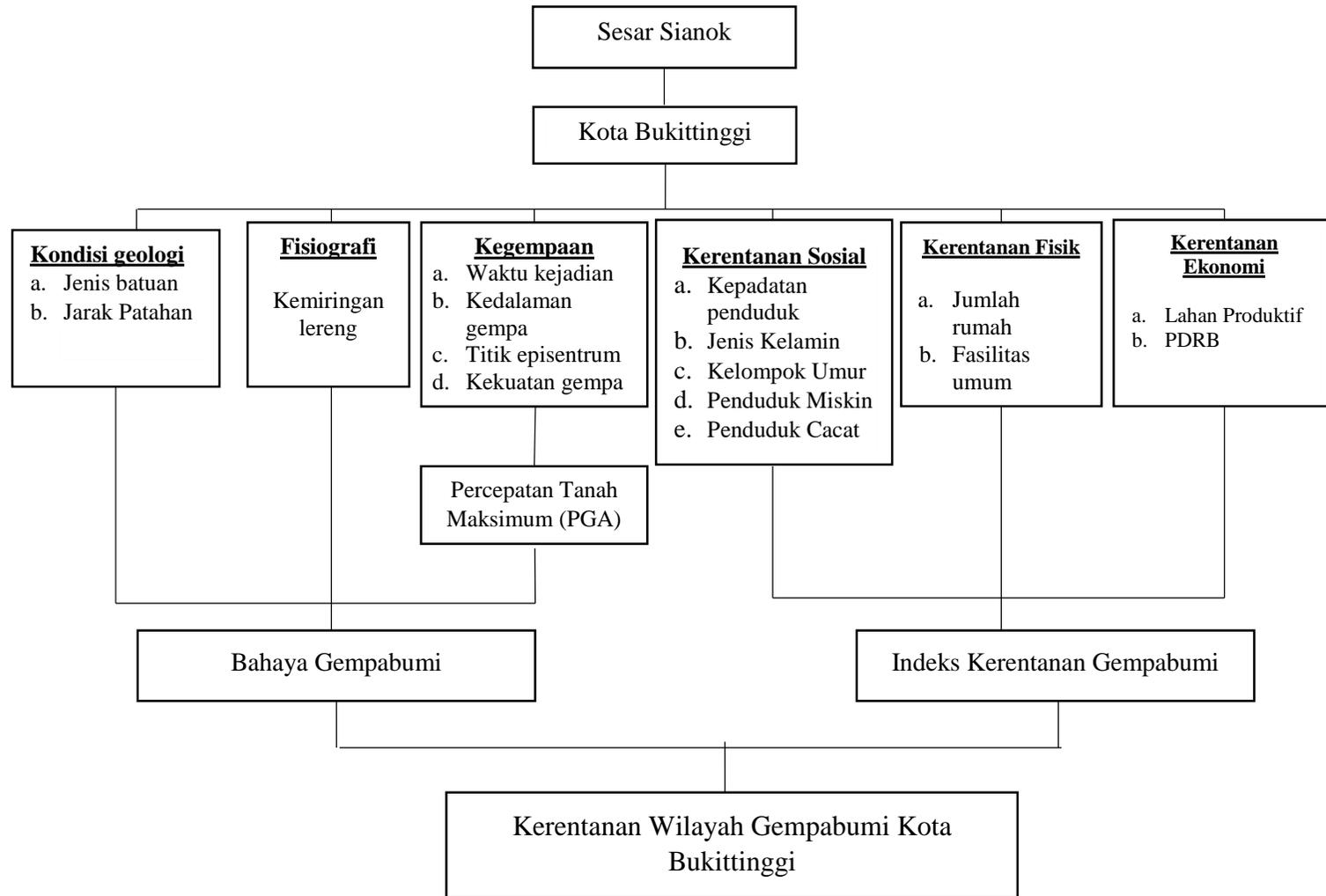
“..Place vulnerability shape by physical an sosial factors..” (David, Yi Chang dan Hsiao, Huan C J). kutipan kalimat tersebut menjelaskan bahwa kerentanan tempat terbentuk oleh faktor fisik dan faktor sosial dalam hal ini faktor fisik yang digunakan adalah wilayah kerawanan yang dilihat dari faktor-faktor penentunya dan juga faktor sosial seperti kependudukan dan kepadatan bangunan. Pembobotan dan menggabungkan indikator yang layak serta membuat indeks kerentanan yang terintegrasi dan peta kerentanan terintegrasi dapat menggambarkan kerentanan suatu wilayah (Kumpulainen, 2006).

Secara umum, jika sekelompok masyarakat yang lingkungan dan kehidupannya berisiko, tinggal dan bekerja di daerah padat dengan persepsi dan kesadaran terhadap bencana rendah, tidak ada lembaga pendukung yang memadai (kantor atau institusi penanggulangan bencana) maka akumulasi dari faktor-faktor ini akan menghasilkan suatu tingkat kerentanan yang tinggi (Dapartemen Pekerjaan Umum, 2009).

B. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual merupakan bagian yang menggambarkan alur pemikiran penelitian dalam memberikan penjelasan kepada orang lain. Untuk memecahkan suatu masalah dengan jenis, sistematis, terarah diperlukan teori-teori yang mendukung. Kerangka konseptual menunjukkan alur penelitian yaitu Kerentanan Wilayah Gempabumi Jalur Sesar Sianok Kota Bukittinggi.

Kerangka konseptual dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu penentuan wilayah bahaya gempabumi dan indeks kerentanan, sehingga menghasilkan kerentanan wilayah terhadap gempabumi di Kota Bukittinggi. Wilayah bahaya gempabumi terbentuk dari kondisi fisik di wilayah Kota Bukittinggi sedangkan indeks kerentanan terbentuk dari kondisi sosial, fisik dan ekonomi. Wilayah bahaya gempabumi merupakan hasil *overlay* dari kondisi fisik seperti kondisi geologi berupa jenis batuan, kemiringan lereng, serta kegempaan yang ditunjukkan dalam sebaran nilai PGA maksimum di setiap titik. Sebaran nilai tersebut akan diinterpolasi sehingga menghasilkan variasi pola sebaran nilai PGA berdasarkan klasifikasi. Penentu kondisi sosial dan fisik bangunan dan ekonomi terdiri atas kependudukan, kelompok rentan, jumlah rumah dan jumlah fasilitas umum, keluarga miskin (kondisi ekonomi). Kondisi fisik dan sosial tersebut akan membentuk kerentanan wilayah terhadap gempabumi di Kota Bukittinggi. Berikut adalah kerangka konseptual penelitian ini:



Gambar 4. Kerangka Konseptual

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisa yang diperoleh dari penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Bahaya gempabumi di Kota Bukittinggi lebih dipengaruhi oleh faktor fisik berupa PGA, jarak patahan, jenis batuan, dan kelerengan. Wilayah bahaya gempabumi terbagi menjadi tiga klasifikasi yaitu bahaya rendah (Tipe A) dengan luas sebesar 24,01 hektar tersebar di bagian utara Kota Bukittinggi. Wilayah dengan bahaya sedang dengan memiliki tipe bahaya B seluas 737,971 hektar dan tipe bahaya C seluas 1310,718 hektar tersebar hampir merata di Kota Bukittinggi, dan bahaya tinggi dengan memiliki tipe bahaya D seluas 395,737 hektar dan tipe E seluas 47,353 hektar tersebar di bagian barat Kota Bukittinggi.
2. Kerentanan wilayah terhadap gempabumi di Kota Bukittinggi terbagi menjadi tiga klasifikasi yaitu kerentanan rendah, sedang dan tinggi. Kerentanan wilayah gempabumi tinggi memiliki luas wilayah sebesar 1107,6 hektar atau 43% dari luas Kota Bukittinggi, wilayah tersebut tersebar di bagian barat hingga bagian tengah Kota Bukittinggi. Kerentanan wilayah gempabumi sedang memiliki luas wilayah sebesar 1181 hektar atau 46% dari luas Kota Bukittinggi, wilayah tersebut sedikit tersebar hampir merata di Kota Bukittinggi. Kerentanan wilayah gempabumi rendah memiliki luas wilayah sebesar 235 hektar atau 9% dari luas Kota Bukittinggi wilayah tersebut tersebar di bagian utara Kota Bukittinggi.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disampaikan saran untuk peneliti selanjutnya, yaitu:

1. Perlu diadakannya penyuluhan tentang bencana gempabumi dan sosialisasi Tata Ruang Wilayah yang mempunyai wilayah rawan bahaya gempabumi dan perlu diperhatikannya perencanaan pembangunan bahwa sebaiknya bangunan harus memenuhi syarat teknik bangunan tahan gempa yang mengacu pada kondisi wilayah rawan bahaya gempabumi.
2. Dari kesimpulan diatas sangat penting untuk membangun suatu database di sekitar daerah sesar Sianok yang bersifat global dan dapat diakses oleh semua masyarakat sehingga dapat menyampaikan setiap potensi bencana di daerahnya sebelum diadakan pengkajian lanjutan. Melakukan pengaturan terhadap pembangunan di wilayah kerentanan gempabumi untuk memperketat persyaratan mendirikan bangunan sebagai upaya mengurangi indeks kerugian dari kerentanan fisik. Perlu diperhatikannya perencanaan pembangunan bahwa sebaiknya bangunan harus memenuhi syarat teknik bangunan tahan gempa.

Salah satu saran utama dari penulis yaitu perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap analisis kerentanan wilayah gempabumi untuk bisa diperoleh data tingkat kerentanan wilayah gempabumi di wilayah terdampak letusan dari gunung Merapi, gunung Singgalang. Hal ini dilakukan agar rekomendasi terkait penelitian bencana yang dihasilkan bisa lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bulletin Geofisika. 2016. BMKG Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang.
- BPPN. 2009. "*Rencana Aksi Rehabilitasi dan Rekontruksi Wilayah Pasca Bencana Gempa Bumi di Provinsi Jawa Barat dan Kabupaten Cilacap Provinsi Jawa Tengah*". Jakarta.
- Darman, H., dan Sidi, F.H., 2000, An Outline of The Geology of Indonesia, *Indonesian Association of Geologists*, Jakarta.
- David, Yi Chang dan Hsiao, Huan C J. 2007. Establishing Hazards Of Place Model of Vulnerability- A Case of Flood in the Shijih City Taiwan. 2nd International Conference on Urban Disaster Reduction November 27-29, 2007. Taiwan.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2007. Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Letusan Gunung Berapi dan Kawasan Rawan Gempa Bumi Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.21/prt/ m/2007. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum.2009. Pedoman Perencanaan Umum Pembangunan Infrastruktur di Kawasan Rawan Tsunami Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 06/PRT/M/2009. Jakarta
- Kertapati, E. K. 2006. "*Aktifitas Gempabumi Di Indonesia Perspektif Regional Pada Karakteristik Gempabumi Merusak*". Bandung. Departemen Energy Dan Sumber Daya Mineral Badan Geologi Pusat Survey Geologi.

- Kumpulainen, S. 2006. “*Vulnerability concepts in hazard and risk assessment. Natural and technological hazards and risks affecting the spatial development of European regions*”. Geological Survey of Finland, Special Paper 42, 65–74, 2 figures, 1 table, 1 map.
- Lowrie, William. 2007. *Fundamentals of Geophysics*. New York: Cambridge University Press.
- Marlisa, Dwi Pujiastuti., dan Rachmad Billyanto. 2016. “*Analisis Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Barat*”. Padang: Universitas Andalas.
- Malik, Y. 2009. “*Penentuan Tipologi Kawasan Rawan Gempabumi Untuk Mitigasi Bencana di Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung*”. Jurnal.
- Munir, M. 2003. “*Geologi Lingkungan*”. Bayumedia Publishing. Malang.
- Mukhlis, M. 2010. “*Penangana Bencana Berjangka Panjang*”. Universitas Negeri Lampung. Lampung
- Naryanto, H S dan Wisyanto. 2005. Kajian Dan Analisis Potensi Bencana Tsunami Konfigurasi Pantai Serta Mitigasi Bencana Di Pantai Selatan Jawa Timur: Belajar Dari Pengalaman Bencana Tsunami Banyuwangi Tahun 1994. Jurnal alami. Vol 10 No 2 th. 2005. Jakarta.
- Nazir, Moh. 2013. Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia
- Pasau, Guntur, Maria Daurina Bobanto., Dolfie P. Pandara. 2018. “*Model Percepatan Tanah Maksimum Di Kota Manado Menggunakan Metode Donovan Dan Mc.Guire*”. Manado: Universitas Sam Ratulangi.

- Pramono, S. (2003). *Perhitungan percepatan tanah maksimum daerah Bengkulu dan sekitarnya*. Tugas Akhir. Jakarta: Departemen Perhubungan Badan Pendidikan dan Latihan Perhubungan Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Romadiana, Dwi, Syafriani, dan Andiyansyah Z. Sabarani. 2018. "*Analisis Nilai Percepatan Tanah Maksimum Di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Persamaan Empiris Mc.Guire, SI and Midorikawa Dan Donovan*". Padang: Universitas Negeri Padang.
- S. Irman Sonjaya. 2008. "*Pengenalan Gempa Bumi*". Workshop ASEAN Regional Climates Validation Models. Yogyakarta
- Santoso, E.W. 2005. "*Penataan ruang kota meulaboh pasca gempabumi dan tsunami 26 desember 2004*". Usulan rekomendasi. Jurnal air, lahan, lingkungan dan mitigasi bencana. P3TPSLK BBPT. Jakarta.
- Sari, Meita Aulia. 2016. "*Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum Dan Intensitas Gempabumi Di Kawasan Jalur Sesar Sungai Oyo Yogyakarta*". Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sapiie, B. 2006. "*Geologi Fisik*". ITB. Bandung.
- Sieh, K., dan Natawidjaja, D., 2000, Neotectonics of the Sumatran Fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 105, No. B12, page 28, 295 – 28, 326.
- Soeriaatmadja, R.E, 1989. "*Pengembangan Analisis Resiko Bencana Alam Sebagai Bagian Dari PP 29/1986 Tentang AMDAL (Analisis Mengenai Dampak*

Lingkungan)". Publikasi Khusus Geologi Kuartar Kaitannya Dengan Bencana Alam No. 8.

Subardjo, Gunawan Ibrahim. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta: BMKG

Sugiyono. 2012. "*Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*". Bandung: Alfabeta.

Supartoyo, dan Surono. 2009. "*Kegempaan Di Wilayah Jawa Barat Dan Kejadian Gempabumi Jawa Barat Selatan Tanggal 2 September 2009*". Jurnal Gunung Api & Mitigasi Bencana Geologi Vol.1 Nomor 2. Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral Badan Geologi Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.

Thomson. 2006. *Geology of the Oceans*. Utah: Cole Publishing Company.

Wald d. J., Quitoriano V., Heaton T. H., and Kanamori H. 1999. *Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California*. Earthquake Spectra, 15, No.3.

Winardi, A. 2006. "*Gempa Jogja, Indonesia & Dunia*". Gramedia. Jakarta.96 hal.