

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Geologi Regional

Pulau Sumatera adalah hasil dari proses tumbukan antara benua Eurasia dari arah utara lempeng dan samudera Indo-Australia yang berasal dari arah bagian selatan. Dari proses tersebut keduanya menghasilkan zona subduksi yang disertai juga aktivitas lempeng dengan mekanisme *strike slip fault* di bagian sesar Sumatera dan Mentawai.

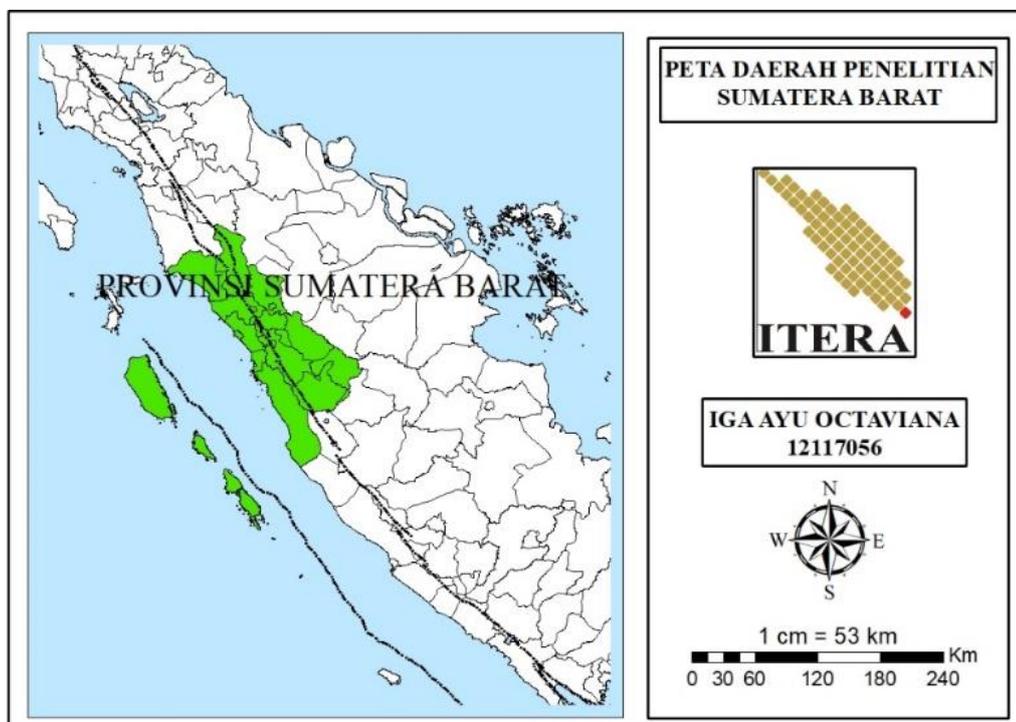
Umumnya, susunan tektonik di Sumatera terdiri atas tiga sistem tektonik yang berupa zona subduksi antara lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia, Sesar Mentawai dan Sesar Sumatera. Sesar Sumatera memiliki panjang  $\pm 1.900$  km terbentang dari Banda Aceh hingga ke Teluk Semongko di sebelah selatan provinsi Lampung. Sesar ini terletak sejajar dengan palung atau zona subduksi pengaruh dari pertemuan Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. Terdapat 19 segmen sesar, adapun pada wilayah Sumatera Barat terdapat 7 diantaranya, oleh karena itu wilayah Sumatera Barat berpotensi dengan tingkat kerentanan seismik yang cukup tinggi. Sumber seismik pada wilayah Sumatera Barat yang memiliki potensi dampak merusak adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Sumber seismik wilayah Sumatera Barat (Irsyam, et al., 2010)

No.	Segmen Sesar	<i>Sense Mechanism</i>	<i>Slip Rate</i> (mm/tahun)	<i>Mmaks</i>	<i>Top</i>	<i>Bottom</i>	<i>Dip</i> (°)	<i>L</i> (km)
1	Angkola	<i>Strike-Slip</i>	6.0	7.7	3	20	90	160
2	Barumun	<i>Strike-Slip</i>	6.5	7.5	3	20	90	125
3	Sumpur	<i>Strike-Slip</i>	14.0	6.9	3	20	90	35
4	Sianok	<i>Strike-Slip</i>	14.0	7.4	3	20	90	90
5	Sumani	<i>Strike-Slip</i>	14.0	7.1	3	20	90	60
6	Suliti	<i>Strike-Slip</i>	14.0	7.4	3	20	90	95
7	Siulak	<i>Strike-Slip</i>	14.0	7.2	3	20	90	70

Pada bagian pantai barat Sumatera dan sekitarnya termasuk daerah rentan dengan bahaya gempa bumi. Hal tersebut karena pada wilayah Sumatera Barat terletak  $\pm 250$  km di bagian timur zona subduksi Sumatera dengan pergerakan mencapai 40-70 mm per tahun. Wilayah pada batas lempeng termasuk daerah dengan seismitas aktif, sehingga sering terjadi gempa bumi tektonik yang disebabkan karena pergerakan lempeng-lempeng tersebut.

Sumatera barat secara fisiografi terbagi atas tiga zona meliputi daerah dataran rendah, daerah pegunungan vulkanik, dan daerah bukit tersier. Pada daerah pegunungan vulkanik terletak memanjang pada bagian tengah provinsi dari utara hingga ke selatan. Wilayah perbukitan lipatan tersier terletak membentang pada bagian timur pegunungan vulkanik. Wilayah dataran rendah terdapat pada bagian barat pada Sumatera Barat. Dapat dilihat peta daerah penelitian (**Gambar 2.1**).



**Gambar 2.1** Peta daerah penelitian (Sumber : Modifikasi peta *basemap* Q-GIS)  
Warna hijau menunjukkan provinsi Sumatera Barat, pada garis hitam merupakan patahan.

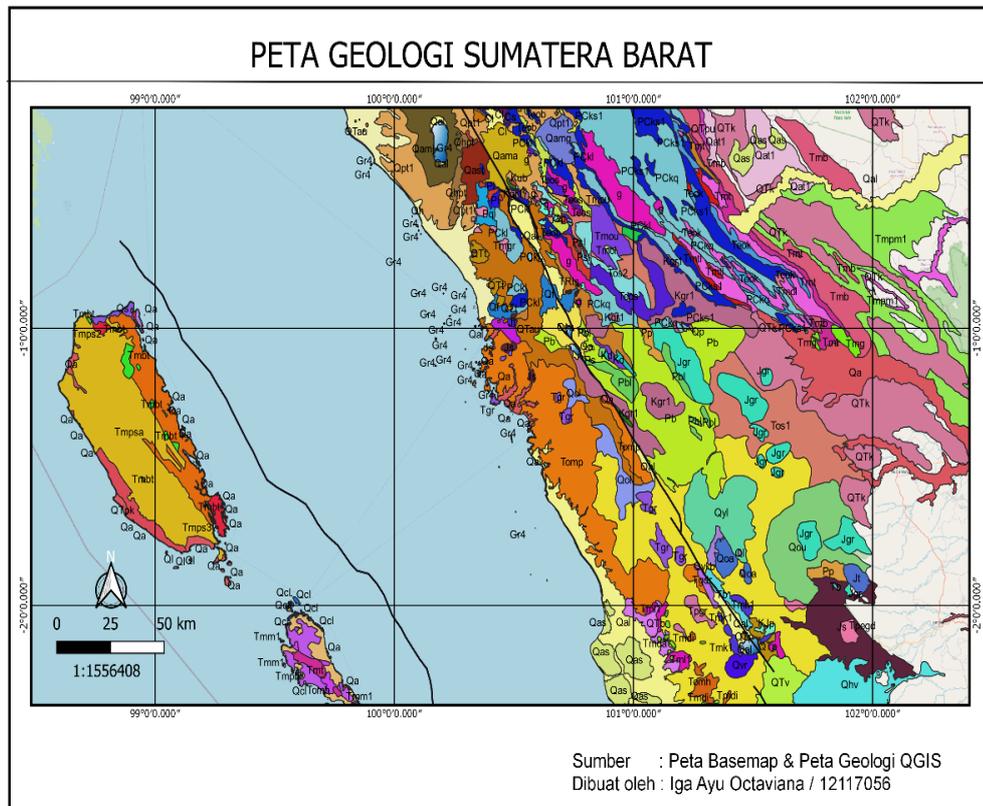
## 2.2 Geologi Daerah Penelitian

Provinsi Sumatera Barat terletak pada koordinat  $00.54^{\circ}$  LU –  $30.30^{\circ}$  LS dan  $98.36$  –  $101.53$  BT dengan total luas wilayah  $\pm 42.297,30$  km<sup>2</sup>, memiliki 19

kabupaten/kota. Adapun batas wilayah provinsi Sumatera Barat, yaitu batas sebelah utara provinsi Riau dan Sumatera Utara, batas sebelah selatan dan barat yaitu Samudera Hindia, batas sebelah timur yaitu provinsi Bengkulu dan Jambi.

Untuk topografi Sumatera Barat meliputi variasi datar, bergelombang, dan berbukit-bukit hingga pegunungan yang memiliki ketinggian 2 hingga 927 meter dari permukaan laut. Terdapat 18 gunung, adapun gunung api yang masih aktif ialah Marapi, Tandikat, dan Talang. Selain itu juga terdapat 256 sungai besar/kecil.

Sumatera Barat secara geologis terletak pada wilayah pertemuan antara dua lempeng tektonik atau zona subduksi lempeng di laut sebelah barat Kepulauan Mentawai dan zona patahan Sumatera yang berada di sepanjang Bukit Barisan (Karim, 2011). **Gambar 2.2** merupakan peta geologi daerah penelitian berdasarkan lembar Padang dan Solok beserta formasi batuan yang dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.



**Gambar 2.2** Peta geologi daerah penelitian  
(Sumber : Modifikasi peta basemap dan peta geologi Q-GIS)  
Pada garis hitam menunjukkan patahan.

**Tabel 2.2** Legenda kode farmasi batuan di Sumatera Barat

Simbol	Umur	Nama Batuan / Formasi
G	Trias	Granit
Gr4	Jura	Batuan Terobosan
Qtta	Kuarter	Andesit dan Tuff
Cl	Karbon	Batuan Karbonat Karbon
Ta	Neogen	Andesit-Basal
Tmvam	Neogen	Formasi Batuan
Qv	Kuarter	Batuan Gunung Api Kuarter
Cs	Karbon	Batuan Malihan Karbon
Tmgr	Neogen	Formasi Barisan
Pbl	Permo Karbon	Formasi Barisan
Pb	Permian	Batugamping
Muwl	Pra Tersier	Sedimen Jura
Kgr1	Kapur	Granit Kapur
Qa	Kuarter	Aluvial
Ql	Kuarter	Formasi Solok
Ps	Permo Karbon	Batuan Malihan Perem
Psl	Permo Karbon	Formasi Silungkang
Pub	Trias	Formasi Bohorok
Qcl	Kuarter	Batugamping Korai
Qh	Kuarter	Alluvium
Qhpt	Kuarter	Tuff Batuapung Hornblenda
Qoa	Kuarter	Formasi Painan
Qp	Kuarter	Alluvium Tua
Qpt1	Kuarter	Formasi Totolan
Qamj	Kuarter	Andesit dari Kaldera Danau Maninjau

### 2.3 Gempa bumi

Gempa adalah kejadian bergetarnya atau terjadinya guncangan bumi akibat pergeseran atau pergerakan lapisan batuan yang berlangsung secara tiba-tiba karena terjadi aktivitas lempeng tektonik. Aktivitas lempeng tektonik tersebut yaitu pergerakan oleh lapisan batuan yang kemudian menghasilkan energi lalu energi tersebut diberikan ke segala arah berupa gelombang gempa bumi. Apabila gelombang tersebut telah sampai di permukaan bumi, maka menimbulkan getaran

yang mampu menyebabkan kerusakan di permukaan bumi meliputi infrastruktur dan bangunan serta menyebabkan korban jiwa (Sunarjo, et al., 2012). Kejadian gempa bumi yang datang mendadak serta mengejutkan mampu terjadi dimana dan kapan saja. Gerakan pada batas lempeng terjadi secara lambat serta tidak bisa dirasakan oleh manusia tetapi mengalami pergerakan yaitu 0-15 cm tiap tahun (Sunarjo, et al., 2012).

### 2.3.1 Jenis Gempa bumi

1. Berdasarkan penyebab gempa bumi (Bolt, 1978):
  - a. Gempa Tektonik (*Tectonic Earthquake*)  
Gempa yang terjadi akibat adanya pelepasan energi yang terdapat pada lempeng tektonik akibat aktivitas lempeng.
  - b. Gempa Vulkanik (*Volcanic Earthquake*)  
Gempa yang disebabkan oleh kegiatan gunung api akibat panas dan tekanan dari dalam bumi.
  - c. Gempa Runtuhan (*Collapse Earthquake*)  
Gempa bumi lokal akibat terjadinya runtuhnya di dalam gua atau tambang yang memicu getaran pada tanah. Getaran yang terjadi relatif memiliki intensitasnya kecil namun getaran mirip dengan gempa.
  - d. Gempa Ledakan (*Explosion Earthquake*)  
Gempa yang terjadi karena ledakan yang bersumber dari dalam tanah, contohnya uji coba pada bom nuklir.
2. Berdasarkan kedalaman fokus gempa bumi (Fowler, 1990):
  - a. Gempa dangkal (*shallow*), gempa dengan kedalaman < 70 km.
  - b. Gempa menengah (*intermediate*), gempa dengan kedalaman < 300 km.
  - c. Gempa dalam (*deep*), gempa dengan kedalaman >300 km atau 450 km.
3. Berdasarkan waktunya gempa bumi menurut Ginanjar (2008) dapat dikelompokkan :
  - a. Gempa utama (*mainshock*)  
Gempa yang terjadi pertama kali akibat deformasi dari pergerakan antar lempeng.
  - b. Gempa susulan (*aftershock*)

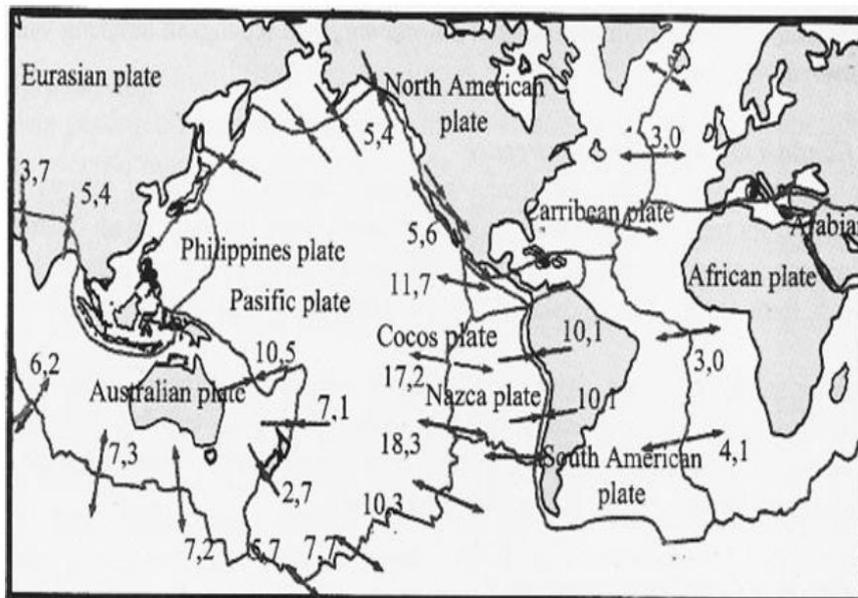
Gempa yang terjadi sesudah gempa utama terjadi, yang berarti kedua, ketiga, dan selanjutnya pada lokasi sama dengan gempa utama.

c. Gempa pendahuluan (*foreshock*)

Gempa yang terjadi lebih awal atau sebelum terjadinya gempa utama, biasanya cenderung *magnitude* lebih kecil dan berlokasi sama dengan gempa utama.

## 2.4 Teori Lempeng Tektonik

Teori lempeng tektonik merupakan teori yang dikembangkan dari teori *continental drift* yaitu mengatakan dimana *lithosphere* merupakan lapisan yang tidak berkelanjutan dan pecah-pecah. Hal tersebut akibat adanya penyusutan bumi yang berasal dari proses pendinginan lapisan *lithosphere* pada masa pembentukan lapisan di dalam bumi. Pecahnya lapisan *lithosphere* yang tidak teratur terletak pada bagian yang relatif lemah sehingga mengakibatkan *lithosphere* terdapat adanya lempeng-lempeng *lithosphere* atau yang dikatakan lempeng tektonik (Pawirodikromo, 2012).



**Gambar 2.3** Arah dan kecepatan aktivitas lempeng tektonik (Pawirodikromo, 2012). Tanda panah merupakan arah pergerakan lempeng dan angka menunjukkan kecepatan suatu lempeng.

## 2.5 Seismic Hazard Analysis

*Hazard* sebagai bahaya atau ancaman, dapat diartikan potensi bahaya yang berasal dari interaksi pada suatu fenomena alam ekstrim dengan lingkungan manusia.

Bahaya gempa ialah bahaya yang terjadi akibat adanya kejadian gempa yang memiliki resiko yaitu suatu kemungkinan terjadi kerugian meliputi korban jiwa dan materi akibat terjadinya suatu kejadian bencana alam. Resiko yang ditimbulkan berkaitan dengan kejadian dan kerugian yang ditimbulkannya (Sunardi, 2013).

Tujuan analisis seismik *hazard* agar dapat menentukan suatu batas intensitas suatu gempa di suatu wilayah penelitian dengan mengacu pada besaran kemungkinan yang melampaui pada periode tertentu. Hasil dari analisis seismik *hazard* yaitu meliputi percepatan maksimum, respon spectra, dan waktu sejarah terjadinya gempa. Adapun dalam analisis *seismic hazard* terdapat dua metode diantaranya deterministik (*Deterministic Hazard Analysis*) dan probabilistik (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) (Irsyam, et al., 2010). Pada metode deterministik, skenario terjadinya gempa telah ditentukan yang dapat berupa kejadian gempa dengan kekuatan tertentu yang akan terjadi di suatu wilayah. Untuk metode probabilistik yaitu dengan memperhatikan faktor ketidakpastian yang meliputi kekuatan gempa, waktu, dan lokasi terjadinya gempa bumi (Sunardi, 2013). Seismik *hazard* menggunakan metode probabilistik ditafsir lebih logis dari metode deterministik.

### **2.5.1 Metode DSHA (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*)**

Metode DSHA atau deterministik yaitu metode yang melakukan pembentukan terjadinya suatu gempa pada batuan dasar melalui perhitungan kejadian gempa di wilayah gempa dan besar gempa tertentu (Purbandini, 2017). Secara umum metode DSHA terdapat empat tahap. Adapun pada tahap pertama yaitu mengidentifikasi sumber-sumber gempa seperti lokasi, sejarah gempa, mekanisme terjadinya gempa, geometri sumber serta parameter gempa yang meliputi frekuensi kejadian gempa berulang dan magnitudo terbesar. Tahap selanjutnya yaitu melakukan penentuan skenario parameter pada tiap sumber gempa yang terdapat di dekat wilayah penelitian yang membuat dampak di wilayah penelitian seperti magnitudo maksimum dan wilayah terjadinya gempa terdekat terhadap wilayah penelitian. Lalu pada tahap selanjutnya yaitu mengaitkan parameter sumber gempa dengan parameter gerakan tanah di

wilayah penelitian memakai fungsi atenuasi. Terakhir yaitu melakukan penentuan terhadap parameter gempa sesuai skenario dengan parameter pergerakan tanah paling besar (*worst case scenario*) (Irsyam, et al., 2010).

Metode DSHA diterapkan sebagai estimasi percepatan tanah pada konstruksi yang memiliki potensi bahaya apabila timbul suatu kerusakan, seperti pada Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), bendungan besar, dan konstruksi yang dekat sesar aktif (Irsyam, et al., 2010). Kelebihan pada metode DSHA dapat digunakan dengan mudah dalam prediksi pada skenario terburuk. Adapun kekurangan menggunakan metode DSHA yaitu metode ini tidak memperhatikan kemungkinan kejadian gempa dan efeknya terhadap ketidakpastian dalam analisis (Kramer, 1996).

### 2.5.2 Metode PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*)

Metode PSHA merupakan metode probabilistik dengan prinsip yaitu analisisnya menggunakan banyak skenario, dan tidak hanya bersumber dari parameter seismik yaitu pergerakan tanah terbesar. Pada metode ini, didasarkan pada keterangan dari fungsi distribusi probabilitas yang memakai ketidakpastian dari lokasi, skala, serta frekuensi kejadian gempa untuk memperoleh level resiko kejadian gempa pada lokasi penelitian (Purbandini, 2017). Pada metode ini faktor ketidakpastian bisa diidentifikasi, diperkirakan, serta digabungkan menggunakan pendekatan yang rasional agar diperoleh keterangan yang lebih lengkap mengenai kejadian gempa pada suatu lokasi penelitian.

Berdasarkan **Gambar 2.4** terdapat empat tahap diantaranya mengidentifikasi sumber gempa, mengkarakterisasi sumber gempa, pemilahan fungsi atenuasi, serta melakukan perhitungan seismik *hazard*. Untuk teori probabilitas total dinyatakan pada persamaan 2.1 :

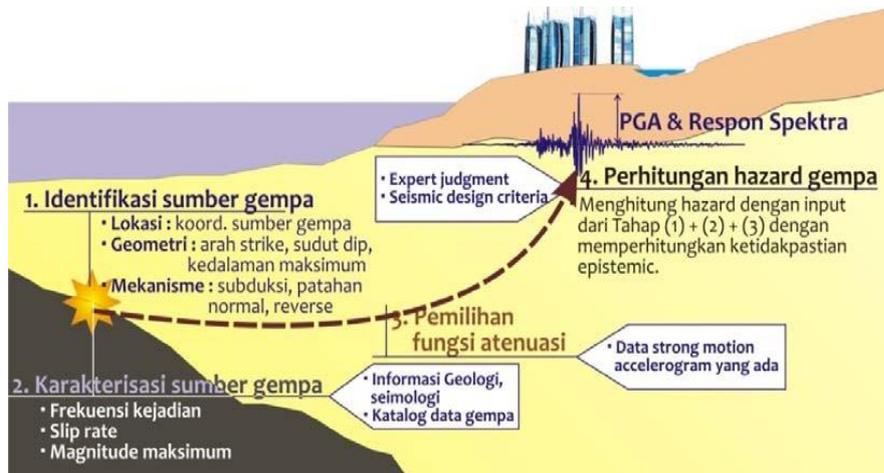
$$H(a) = \sum v_i \iint P[A \geq a | m, r] f_{R|Mi(r,m)} dr dm \quad (2.1)$$

Keterangan :

$v_i$  : *annual rate* (magnitudo lebih besar terhadap nilai batas  $M_{oi}$ ) pada sumber gempa I.

$f_{M_i}^{(m)}$  dan  $f_{R_i | M_i}(r, m)$  : fungsi kepadatan probabilitas magnitudo dan jarak.

$P[A \geq a | m, r]$  : probabilitas gempa dimana magnitudo  $m$  dan jarak  $r$  dengan percepatan maksimum  $A$  di wilayah yang lebih tinggi dari  $a$ .



(A) IDENTIFIKASI SUMBER	(B) KARAKTERISASI SUMBER	(C) PEMILIHAN FUNGSI ATENUASI	(D) PERHITUNGAN PROBABILITAS TERLAMPAUI

Gambar 2.4 Tahapan metode PSHA memperoleh PGA (Irsyam, et al., 2010)

Tahapan analisis gempa menggunakan metode PSHA untuk *Peak Ground Acceleration* (PGA) menurut Reiter 1990 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017):

1. Mengidentifikasi masing-masing sumber gempa yang mempengaruhi suatu daerah, melakukan karakterisasi sumber gempa, dan membuat model sumber gempa.

2. Melakukan perhitungan parameter seismik pada tiap sumber gempa meliputi parameter a-b dan jumlah kejadian berdasarkan riwayat gempa.
3. Memperhitungkan probabilitas magnitudo sesuai parameter poin 2 dengan tujuan agar dapat melakukan prediksi kemungkinan pada tiap sumber yang berpotensi terjadi gempa dengan magnitudo gempa tertentu pada periode waktu tertentu, biasanya dalam satu tahun.
4. Memperhitungkan distribusi probabilitas jarak sesuai ketentuan poin 1, dibantu dengan data-data pengukuran dan pencitraan.
5. Melakukan perhitungan percepatan maksimum pada suatu wilayah menggunakan fungsi atenuasi akibat kejadian gempa yang mungkin akan terjadi pada tiap titik sumber gempa dengan berbagai magnitudo.
6. Menentukan ketidakpastian kejadian gempa, besaran, dan percepatan maksimum lokasi untuk mendapatkan probabilitas terlampauinya pada jangka waktu tertentu.

### 2.5.3 *B-value*

*B-value* merupakan salah satu konstanta yang diambil dari persamaan hubungan antara magnitudo dan jumlah gempa oleh persamaan atau relasi Gutenberg-Richter tahun 1944. Hubungan antara magnitudo dan frekuensi terjadinya gempa adalah untuk penentuan besaran parameter seismik dan tektonik pada suatu daerah.

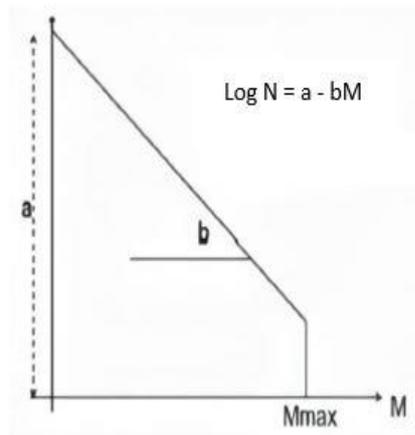
Adapun persamaan linearnya yaitu

$$\text{Log } N = a - bM \quad (2.2)$$

dengan N merupakan jumlah gempa dan M merupakan magnitudo. Secara fisis, konstanta b adalah parameter seismotektonik dari suatu wilayah. *B-value* berhubungan dengan kerentanan batuan. Tingkat kerentanan menunjukkan daya tahan batuan menghadapi *stress* yang disebabkan oleh tenaga endogen penyebab gempa bumi. Umumnya *b-value* bernilai mendekati 1. Semakin kecil *b-value* pada suatu daerah penelitian, maka daerah tersebut terindikasi berpeluang terjadinya gempa bumi dengan magnitudo besar, karena adanya

*stress* yang tinggi pada daerah tersebut, dan begitupun sebaliknya (Nurana, et al., 2017).

Gutenberg-Richter mendefinisikan mengenai laju tahunan rata-rata terlampaui ( $\lambda_m$ ). Selanjutnya nilai logaritma  $\lambda_m$  digambarkan terhadap magnitudo  $M$ , sehingga hasilnya grafik yang menunjukkan hubungan yang mendekati linier seperti pada **Gambar 2.5**.



**Gambar 2.5** Hubungan  $a$  dan  $b$ -value menurut grafik Gutenberg-Richter (Gutenberg & Richter, 1944)

Menurut Thant (2010), Tingkat seismisitas pada suatu wilayah tinggi jika nilai  $a$  besar, apabila pada  $b$ -value semakin besar maka frekuensi magnitudo besar akan berkurang dari frekuensi magnitudo kecil.

#### 2.5.4 Identifikasi Sumber Gempa

Zona sumber gempa merupakan wilayah dengan kesamaan derajat gempa, atau memiliki kemungkinan terjadinya suatu gempa yang sama di masa yang akan datang. Data utama untuk pemodelan sumber gempa adalah *seismogenic zones*, *focal mechanisme*, *earthquake catalogues*, dan peta patahan aktif. Data geometri dari suatu sumber gempa antara lain bentuk, kedalaman, sudut kemiringan (*dip*) berhubungan dengan perhitungan jarak dari site ke sumber gempa. Menurut Asrurufak tahun 2010, terdapat batasan pada pemodelan zona sumber gempa yaitu:

1. Kedalaman dibatasi sampai 300 km.
2. Radius jarak ke wilayah penelitian maksimum sampai 500 km, kecuali pada gempa yang disebabkan subduksi, radius jarak sampai ke 1000 km.
3. Fungsi atenuasi yang dipakai berdasarkan karakteristik dan model sumber gempa di wilayah Indonesia.

Penelitian ini terdapat tiga sumber yang dipakai diantaranya sumber gempa sesar, subduksi, dan *background* (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).

1. Model sumber gempa sesar (*fault*)

Model sumber gempa sesar diidentifikasi berdasarkan geometri *fault* tersebut. Perhitungannya yaitu dengan memasukkan jarak dari site ke *hypocenter*, dimana jarak tersebut membutuhkan data *dip* sesar yang digunakan untuk perhitungan probabilitas. Parameter yang digunakan pada model ini meliputi *slip rate*, *dip*, panjang dan lebar sesar. Data parameter didapatkan berdasarkan referensi pada Peta Bahaya Gempa Indonesia.

2. Model sumber gempa subduksi (*megathrust*)

Pada sumber gempa subduksi diperoleh berdasarkan data seismotektonik. Parameter yang digunakan diantaranya lokasi subduksi meliputi koordinat *latitude* dan *longitude*, *rate*, *b-value*, dan kedalaman dari area subduksi yang berasal dari data gempa. Mengacu pada Asrurifak tahun 2010, batas kedalaman maksimum sumber gempa sampai 50 km untuk *Megathrust*, sedangkan untuk kedalaman >50 km untuk *Benioff* oleh sumber gempa *deep background*.

3. Model sumber gempa *background* (*Gridded Seismicity*)

Pada sumber gempa ini dipakai untuk melakukan estimasi *rate* gempa kecil hingga sedang yang akan datang di daerah sesar dan gempa-gempa acak di luar sesar. Pada model sumber gempa *background*, prediksi gempa lebih besar kemungkinan terjadi di daerah sekitar gempa-gempa kecil hingga sedang yang telah terjadi. Pembagian gempa *background* yaitu *shallow background* dengan kedalaman 0-50 km dan empat interval *deep background* dengan masing-masing interval kedalaman yaitu 50-100 km, 100-150 km, 150-200 km, dan 200-300 km.

### 2.5.5 Fungsi Atenuasi

Fungsi atenuasi terdiri atas suatu fungsi yang menghubungkan parameter gempa di wilayah penelitian yang terdiri dari magnitudo, jarak, dan parameter pergerakan tanah. Fungsi ini telah diturunkan berdasarkan data gempa pada wilayah penelitian, salah satunya menggunakan data *time history*. Data *time history* didapatkan dari *acceleograph* saat terjadinya gempa.

Di wilayah Indonesia, pencatatan *time history* sangat kecil, sehingga untuk pemakaian fungsi atenuasi menggunakan turunan dari negara lain. Adapun penentuannya sendiri menggunakan kesamaan yang dilihat dari keadaan kondisi geologi dan tektoniknya (Sunardi, 2013). Hal penting pemilahan fungsi atenuasi yaitu sesuai dengan model sumber yang digunakan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi atenuasi (Hutapea, 2009)

1. Jarak episenter
2. Kondisi lapisan kulit bumi yang dilalui gelombang gempa
3. Tipe mekanisme sumber gempa pada wilayah penelitian
4. Kondisi tanah lokal di sekitar wilayah penelitian

Persamaan fungsi atenuasi yang digunakan di Indonesia berdasarkan pengembangan peta *hazard* gempa tahun 2010 pada tiap sumber gempa (Irsyam, et al., 2010).

**Tabel 2.3** Penggunaan fungsi atenuasi yang digunakan pada wilayah Indonesia (Irsyam, et al., 2010)

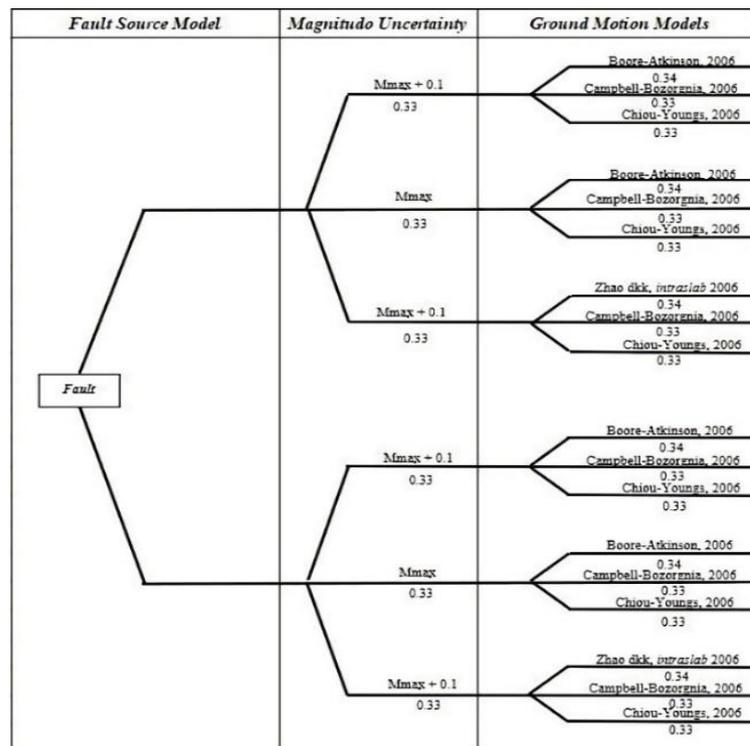
Model Sumber Gempa	Fungsi Atenuasi
<i>Background</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Atkinson-Boore, Cascadia (Atkinson and Boore, 2003)</li><li>2. Geomatrix, slab seismicity rock (Youngs et al, 1997)</li><li>3. Zhao et al., intraslab (Zhao et al.,2006)</li></ol>
<i>Fault</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Boore-Atkinson, NGA (Boore and Atkinson, 2007)</li><li>2. Campbell-Bozorgnia, NGA (Campbell and Bozorgnia, 2006)</li><li>3. Chiou-Youngs, NGA (Chiou and Youngs, 2006)</li></ol>

Subduksi

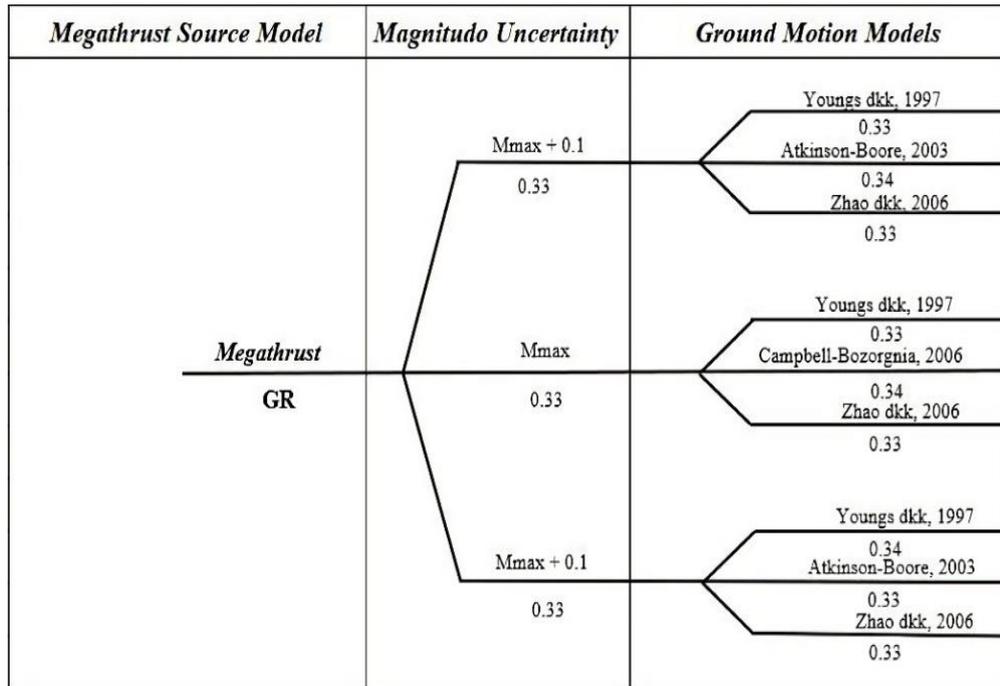
1. Geomatrix, subduction (Youngs et al., 1997)
2. Atkinson-Boore, BC Rock & Global Source (Atkinson & Boore., 1995)
3. Zhao et al., with variable Vs-30 (Zhao et al., 2006)

### 2.5.6 Logic Tree

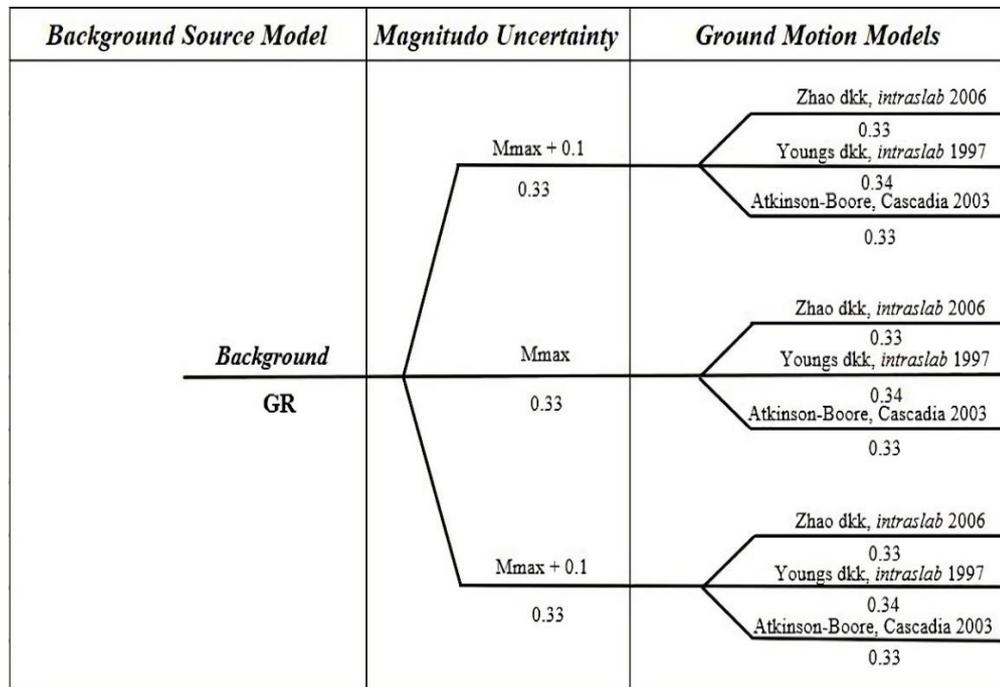
*Logic tree* merupakan suatu metode yang digunakan dalam memperhitungkan semua ketidakpastian saat menentukan parameter-parameter metode PSHA. Adapun parameter-parameternya meliputi pemilihan *recurrence model*, fungsi atenuasi, *recurrence rate*, dan magnitudo maksimum. Pada pendekatan ini, diberikan bobot pada masing-masing alternatif saat penentuan parameter yang menggambarkan tingkat kepercayaan terhadap parameter yang dipakai (Mahesworo, 2008). Pendekatan *logic tree* dapat menggunakan beberapa alternatif model agar memperoleh gambaran presentase keakuratan relatif terhadap suatu model lainnya yaitu dengan cara menentukan faktor bobot. Pada **Gambar 2.6**, **Gambar 2.7**, dan **Gambar 2.8** merupakan model untuk sumber gempa *background*, patahan, dan subduksi.



**Gambar 2.6** Model *logic tree* untuk sumber gempa patahan (Irsyam, et al., 2010)



**Gambar 2.7** Model *logic tree* untuk sumber gempa subduksi (Irsyam, et al., 2010)



**Gambar 2.8** Model *logic tree* untuk sumber gempa *background* (Irsyam, et al., 2010)

### 2.5.7 Resiko Gempa

Resiko gempa merupakan kemungkinan terlampauinya kejadian gempa bumi dengan intensitas tertentu selama suatu masa bangunan. Intensitasnya berupa

kecepatan, percepatan, lama guncangan, dan mempunyai periode ulang rata-rata tertentu.

Adapun persamaan resiko gempa bumi :

$$R_n = 1 - (1 - R_a)^N \quad (2.3)$$

$$T = \frac{1}{R_a} \quad (2.4)$$

dengan keterangan :

$R_n$  = resiko gempa bumi

$R_a$  = resiko per tahun

$N$  = masa guna bangunan

$T$  = periode ulang rata-rata gempa bumi ( $1/R_a$ )

Hubungan antara resiko gempa bumi tiap tahun, masa guna bangunan dapat dihitung menggunakan **persamaan 2.3** serta digunakan untuk kepentingan dalam rekayasa kegempaan (Agency, 1998).

Pada peraturan terbaru, yaitu tentang bangunan Internasional terhadap bangunan tahan gempa dimana telah menggunakan peta bahaya gempa dengan resiko terlampaui 2% dengan masa bangunan 50 tahun atau periode ulang gempa 2.475 (Pangaribuan, 2019).

**Tabel 2.4** Hubungan parameter resiko gempa bumi (Susilo & Zulkarnain, 2013)

<i>Annual</i>	T (Periode)	Rn (Resiko	N (Masa guna
<i>Rate</i>	(tahun)	Gempa)	bangunan)
		(%)	(tahun)
0.0021050	475	10	50
0.0004040	2475	2	50
0.0002020	4950	2	100

### **2.5.8 Peak Ground Acceleration (PGA)**

Percepatan tanah maksimum adalah suatu besaran dengan nilai terbesar percepatan tanah di suatu lokasi yang disebabkan karena terjadinya gempa bumi pada suatu periode tertentu. Yang menyebabkan besar dan kecil suatu nilai PGA adalah kondisi geologi tanah dengan derajat kepadatan tanah pada wilayah tersebut. Jika nilai PGA semakin kecil maka kondisi tanah pada wilayah cenderung semakin padat, hal tersebut sesuai dengan kondisi yang ada jika terdapat bangunan pada kondisi struktur tanah padat, seperti saat terjadinya gempa bumi di Bengkulu tahun 2000 dengan kekuatan 7.3 SR terjadi kerusakan yang lebih ringan dibandingkan pada bangunan pada struktur tanah yang kurang padat (Hadi et al., 2012). Suatu besaran yang nilainya dihitung di suatu lokasi penelitian berdasarkan kejadian gempa bumi dengan nilai terbesar merupakan percepatan tanah maksimum. Selain itu, PGA juga dapat digunakan sebagai bagian dari perencanaan bangunan tahan gempa.

Percepatan tanah merupakan percepatan gelombang dengan satuan  $\text{cm/detik}^2$  (gal) yang tiba di permukaan bumi dan diukur menggunakan *acceleograph*. Percepatan tanah pada suatu massa bangunan dipengaruhi oleh faktor yaitu kekuatan dan kedalaman sumber gempa bumi, jarak sumber gempa ke wilayah penelitian, dan lainnya. Apabila nilai magnitudo semakin besar, maka akan semakin besar juga energi yang dihasilkan oleh sumber gempa bumi, sehingga berpotensi terjadi bencana yang semakin besar dan memberikan pengaruh terhadap tingkat kerusakan suatu bangunan (Pangaribuan, 2019).

Apabila nilai PGA semakin besar maka resiko gempa bumi yang terjadi akan semakin besar. PGA tidak selalu menjadi pedoman tetapi dapat memberikan gambaran mengenai kerusakan gempa bumi pada suatu wilayah dengan resiko yang tinggi. Tingkat resiko terjadinya gempa bumi pada suatu wilayah dapat digambarkan dengan menggunakan data percepatan tanah maksimum atau PGA (Edwiza, 2008).