

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah-satu negara dengan catatan fenomena gempa terbanyak di dunia. Dilansir dari hasil monitoring gempa bumi oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), telah terjadi 10.789 kali aktivitas gempa bumi di wilayah Indonesia selama tahun 2023 dengan berbagai magnitude dan kedalaman. Hal ini dikarenakan Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng tektonik besar, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Berdasarkan Teori Pelat Tektonik, dalam kasus ini lempeng-lempeng tersebut bergerak saling bertumbukan yang mengakibatkan terkumpulnya energi potensial yang besar. Ketika daerah pertemuan tidak mampu lagi untuk menahan energi yang terakumulasi, maka terjadilah pelepasan energi secara besar-besaran. Fenomena ini mengakibatkan getaran tanah yang biasa disebut dengan gempa tektonik (Malissa, 2010).

Pada tahun 2021, terjadi gempa di barat laut Larantuka, NTT dan berpusat di 112 kilometer yang berada pada garis Bujur 7.59 dan Lintang 122.26 dengan kekuatan magnitudo 7,5 dan terjadi 308 kali gempa susulan. Ketua tim survey BMKG Sulawesi Selatan mengatakan bahwa titik episentrum gempa yang terjadi di Laut Flores tersebut merupakan sesar atau patahan baru yang ditemukan oleh BMKG. Sesar atau patahan ini diberi nama Assambi Kalaotoa karena letaknya yang berada disekitar Pulau Kalaotoa. Sesar ini ditemukan setelah tidak aktif selama lebih dari 100 tahun. Sesar ini diperkirakan memiliki panjang 180 kilometer dengan jenis patahan mendatar ke kanan. Dengan ditemukannya sesar Assambi Kalaotoa ini tentu menambah tingkat kemungkinan terjadinya gempa di area sekitarnya, khususnya di Kepulauan Selayar yang tidak jauh dari lokasi sesar ditemukan.

Pulau Selayar merupakan pulau yang terletak di bagian selatan Provinsi Sulawesi Selatan. Pulau Selayar termasuk sebagai salah-satu lokasi terdampak gempa bumi pada 2021 lalu. Pulau selayar mengalami kerusakan baik pada struktur hingga infrastruktur jalan dan bangunan. Sebanyak 16.593 warga harus mengungsi dikarenakan kerusakan parah akibat gempa bumi. Lebih dari 230 rumah mengalami kerusakan hingga menyebabkan banyak keluarga di Kepulauan Selayar harus kehilangan tempat tinggal.

Selain sesar Assambi Kalaotoa, ada beberapa sesar lain yang juga mengancam Kepulauan Selayar. Sesar tersebut yakni sesar Selayar, Matano, Walanae, Makassar *Thrust*, Lawanopo, dan Flores *Backarc Thrust*. Berdasarkan hal ini, maka perlu dilakukan analisis mengenai bahaya kegempaan yang mengancam Pulau Selayar. Salah-satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis bahaya kegempaan adalah metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA). Metode DSHA memiliki kelebihan yakni mudah digunakan untuk memprediksi gerakan gempa pada skenario terburuk sehingga bagus untuk diaplikasikan pada konstruksi yang sangat membahayakan jika terjadi kerusakan, seperti bangunan pembangkit listrik.

Penelitian ini sangat mengedepankan aspek penyelidikan tanah, sebab tanah memberikan efek pembesaran (amplifikasi) atau penurunan (de-amplifikasi) pada rambatan gelombang gempa. Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai tingkat bahaya gempa bumi di Kepulauan Selayar Provinsi Sulawesi Selatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dalam penelitian ini dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana persebaran nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) pada lapisan dangkal dari patahan aktif terhadap Kepulauan Selayar dengan menggunakan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA).
2. Bagaimana persebaran nilai intensitas gempa (dalam skala MMI) yang diakibatkan patahan aktif terhadap Kepulauan Selayar.

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui besar nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) pada lapisan dangkal dari patahan aktif terhadap Kepulauan Selayar menggunakan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA).
2. Untuk mengetahui besar nilai intensitas gempa (dalam skala MMI) yang diakibatkan patahan aktif terhadap Kepulauan Selayar.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai besar nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) pada lapisan dangkal dari patahan aktif terhadap Kepulauan Selayar menggunakan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA).
2. Memberikan informasi mengenai besar nilai intensitas gempa (dalam skala MMI) yang diakibatkan patahan aktif terhadap Kepulauan Selayar.

1.5 Batasan Masalah

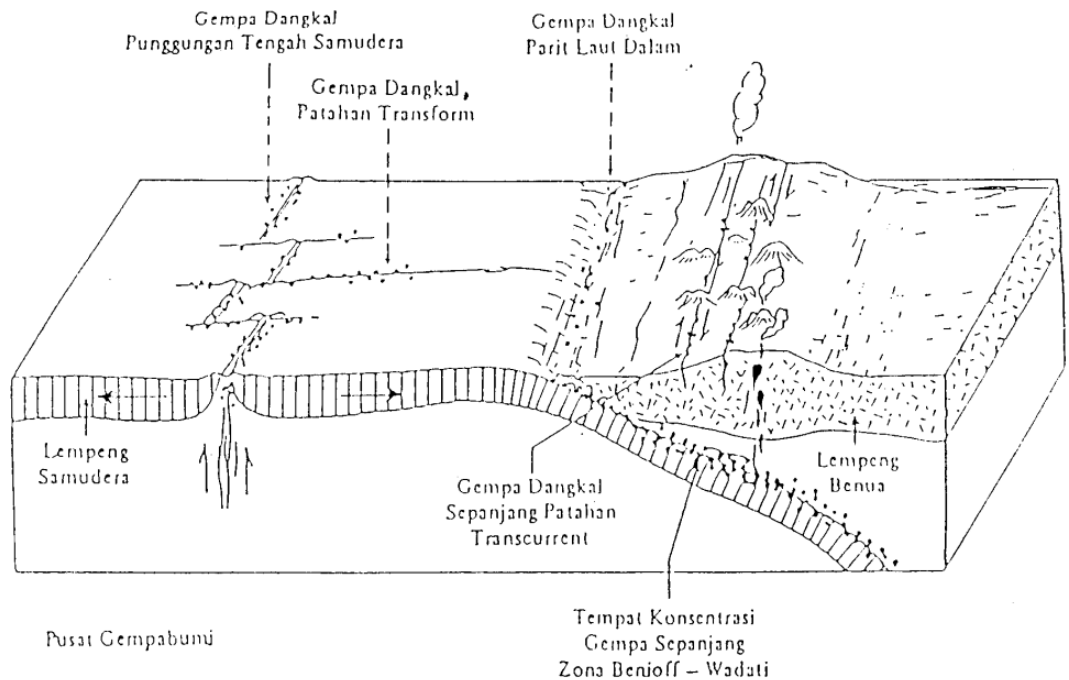
Dalam penelitian ini, perlu dibuat batasan masalah agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yakni :

1. Penelitian ini dianalisis di Kepulauan Selayar, Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Sesar/patahan dalam radius 300 km dari Kepulauan Selayar pada Peta Sumber Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017.
3. Penelitian ini menggunakan metode pendekatan *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) untuk menganalisis bahaya kegempaan di Kepulauan Selayar.

1.6 Teori

1.6.1 Definisi Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran bumi yang dihasilkan oleh percepatan energi yang dilepaskan kemudian menyebar ke segala arah dan menghasilkan gelombang seismic. Gempa bumi terjadi ketika batuan di kerak bumi mengalami tekanan oleh pergerakan lempeng-lempeng yang menjadi landasan benua. Lempengan yang dimaksud adalah lempeng samudera dan lempeng benua. Ketika kedua lempeng bergesekan dan bertumbukan maka akan menghasilkan gelombang kejut yang kemudian kita rasakan sebagai gempa bumi.



Gambar 1. Proses terjadinya gempa akibat pergesekan lempeng (Katili, 1986)

Dari gambar di atas, dapat dilihat lempeng samudera ketika bertumbukan dengan lempeng benua pada area tumbukan (subduksi) akan bergerak menyusup ke bawah. Gerakan lempeng itu akan mengalami perlambatan akibat bergesekan dengan kerak bumi dan menyebabkan akumulasi energy di area patahan dan area subduksi. Akibatnya, di sekitar area tersebut terjadi tekanan, tarikan, dan geseran. Ketika batas elastisitas lempeng terlampaui, maka terjadilah patahan batuan yang diikuti oleh lepasnya energy secara tiba-tiba. Proses tersebut mengakibatkan getaran partikel ke segala arah yang disebut gelombang gempa bumi dan mengakibatkan terjadi bencana gempa bumi di area sekitar tumbukan lempeng.

1.6.2 Kepulauan Selayar

Kepulauan Selayar merupakan sebuah kepulauan yang terletak di Kabupaten Kepulauan Selayar, Sulawesi Selatan, Indonesia. Kepulauan Selayar merupakan kumpulan pulau yang terpisah dari daratan Sulawesi Selatan dengan luas sekitar 2000 km² yang membentang dari utara ke selatan antara Pulau Sulawesi dan Pulau Takabonerate. Gugusan pulau di Kepulauan Selayar berjumlah 130 pulau, 7 diantaranya kadang tidak terlihat saat air sedang pasang. Secara geografis,

Kepulauan Selayar terletak pada koordinat $5^{\circ}42'$ - $7^{\circ}35'$ lintang selatan dan $120^{\circ}15'$ - $122^{\circ}30'$ bujur timur.

a. Kondisi Geologi Kepulauan Selayar

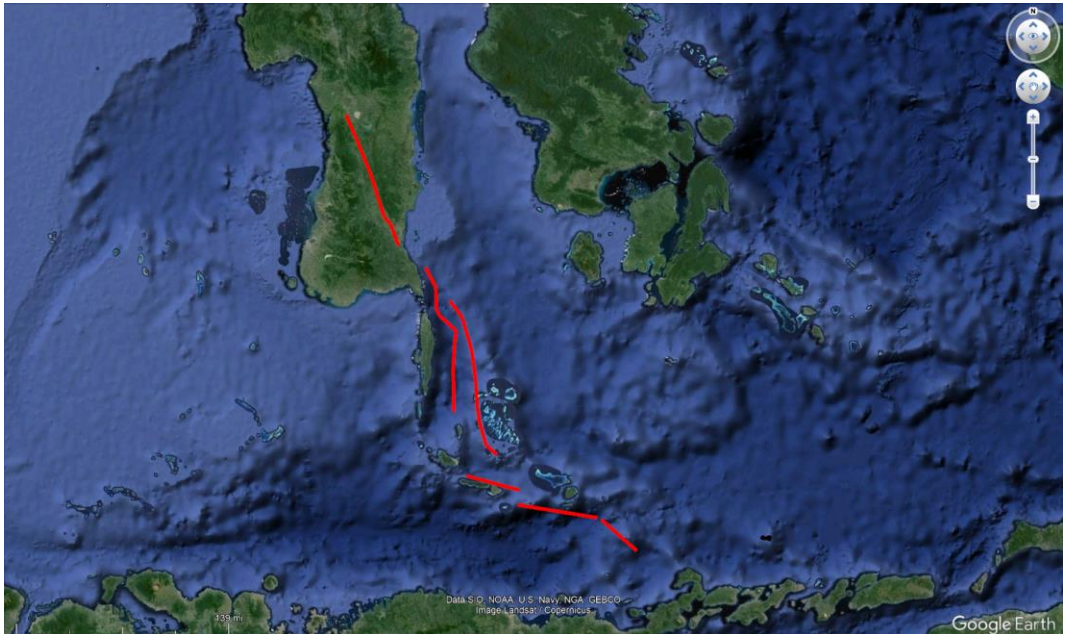
Kondisi geologi Pulau Selayar merupakan lanjutan dari wilayah geologi Sulawesi Selatan bagian timur yang tersusun oleh jenis batuan sediment. Struktur geologi Pulau Selayar menunjukkan struktur dan penyebaran batuan berarah utara – selatan dan miring melandai ke Barat. Sedangkan pantai timur umumnya terjal dan langsung berbatasan oleh laut dalam yang cenderung merupakan jalur sesar/patahan. Adapun stratigrafi batuan di Kabupaten Kepulauan Selayar terdiri dari :

- Endapan alluvial dan endapan pantai terdiri dari kerikil pasir, lempung, lumpur, dan batu gamping cral (Qac).
- Satuan formasi Selayar walanae mencakup batu gamping, batu pasir, batu lempung, konglomerat dan tufa (tmpr) yang terdapat di sisi barat hingga ujung Pulau Selayar.
- Satuan formasi batuan gunung api camba, meliputi breksi, lava, konglomerat, dan tufa yang terdapat pada bagian selatan Pulau Selayar.
- Formasi camba, terdiri batuan sediment laut berseling dengan batuan gunung api (tme) terdapat pada sepanjang pantai timur Pulau Selayar.
- Formasi walanae, terdiri dari batu pasir, konglomerat, tufa, batu danau, batu gamping, napal (tmpv) terdapat pada ujung bawah pantai barat Pulau Selayar.

Karakteristik Kepulauan Selayar terdiri dari batuan induk vulkanik yang terbentuk oleh pertemuan jalur pegunungan muda sirkum mediterranea dan sirkum pasifik, yang membentuk daratan Selayar adalah batuan yang cukup mengandung unsur hara yang dibutuhkan tanaman, oleh tenaga oksigen yang berlangsung lama, batuan tersebut lapuk membentuk tanah yang subur ini oleh pengaruh tenaga oksigen dapat berubah menjadi tanah karang seperti tanah laterit.

b. Sejarah Kegempaan Kepulauan Selayar

Kepulauan Selayar memiliki tingkat resiko gempa bumi yang tinggi karena berada pada daerah sesar/patahan aktif, yakni sesar walanae (arah barat laut pulau), sesar selayar (arah timur pulau), sesar naik busur belakang flores (arah selatan pulau), dan sesar terbaru yang ditemukan setelah gempa Selayar pada tahun 2021 adalah sesar kalaotoa (arah tenggara pulau).

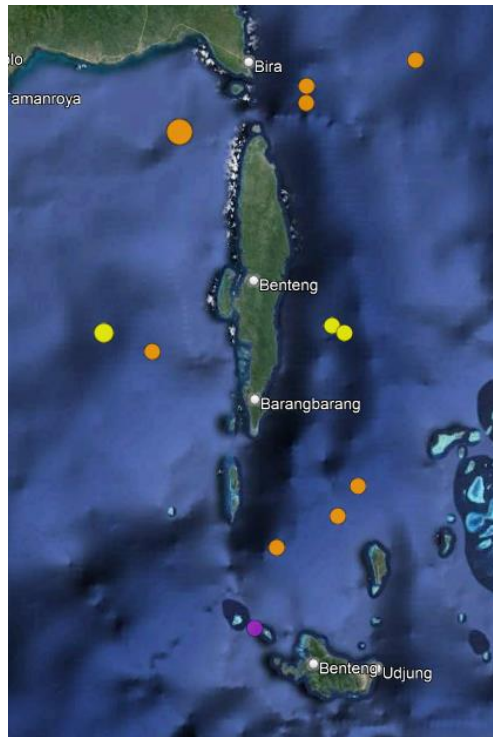


Gambar 2. Peta sesar/patahan aktif di sekitar Kepulauan Selayar

Dalam kurun waktu 100 tahun, setidaknya telah terjadi 13 aktifitas gempa bumi di Kepulauan Selayar dengan pusat gempa yang berbeda-beda. Berikut data kejadian gempa Kepulauan Selayar 100 tahun terakhir :

Tabel 1. Data kejadian gempa di Kepulauan Selayar dalam kurun waktu 100 tahun

Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Place
1935-06-33 T15:48:36	-5.757	120.292	15	6.2	70 km S of Sinjai, Indonesia
1986-02-21 T18:28:59	-6.254	120.108	47.2	5.3	125 km S of Sinjai, Indonesia
1989-10-21 T18:03:54	-6.979	120.488	441.4	4.4	180 km NNE of Labuan Bajo, Indonesia
2012-12-17 T21:02:35	-6.232	120.674	46.5	4	131 km SSE of Sinjai, Indonesia
2012-12-18 T08:27:06	-6.250	120.705	51.7	4.8	134 km SSE of Sinjai, Indonesia
2018-10-17 T06:40:33	-5.641	120.606	10	4,2	69 km SE of Sinjai, Indonesia
2020-12-02 T03:33:50	-5.683	120.605	10	4.2	73 km SSE of Sinjai, Indonesia
2021-03-08 T07:13:17	-5.575	120.875	10	4.5	85 km SE of Sinjai, Indonesia
2021-12-14 T11:20:42	-	-	10	7.4	112 km Northwest
2022-01-27 T13:20:01	-6.656	120.741	10	4.8	174 km SSE of Sinjai, Indonesia
2022-01-30 T21:37:51	-6.779	120.541	10	4.7	185 km S of Sinjai, Indonesia
2022-04-30 T13:04:59	-6.701	120.692	10	4.8	181 km SSE of Sinjai, Indonesia
2024-01-27 T01:47:26	-6.299	120.228	10	4.2	129 km S of Sinjai, Indonesia



Gambar 3. Peta titik sumber kejadian gempa di Kepulauan Selayar dalam waktu 100 tahun (USGS)

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa gempa yang terjadi di sekitar Kepulauan Selayar memiliki kekuatan gempa berkisar $3 < \text{Mag} < 8$. Dapat dilihat juga pada Gambar 4 bahwa hampir semua titik sumber gempa berada di sekitar sesar/patahan yang ada di Kepulauan Selayar.

1.6.3 Peak Ground Acceleration (PGA)

PGA adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gempa bumi. Sudah sejak lama nilai percepatan tanah maksimum dijadikan salah satu parameter untuk menyatakan kekuatan suatu gempa bumi. Percepatan tanah akibat gempa bumi itu akan menunjukkan gaya inersia yang akan bekerja pada massa struktur. PGA sering kali dipecah menjadi komponen horizontal dan vertikal. PGA horizontal umumnya lebih besar dibandingkan PGA dalam arah vertikal, namun ini tidak selalu benar terutama di dekat gempa bumi besar. PGA adalah parameter penting (juga dikenal sebagai ukuran intensitas) untuk rekayasa gempa, dasar desain gerakan tanah gempa sering didefinisikan dalam istilah PGA.

Percepatan getaran tanah ini dapat berbeda-beda pada setiap lokasi tergantung pada karakteristik gempa (jarak dari hiposenter dan kedalaman gempa) dan karakteristik geologi di lokasi-lokasi tersebut. Informasi PGA yang akurat penting dalam penilaian resiko gempa bumi karena dapat memberikan informasi tentang seberapa besar intensitas getaran tanah yang mungkin akan terjadi di suatu daerah selama gempa. Nilai PGA yang lebih tinggi menunjukkan bahwa intensitas getaran tanah selama gempa bumi akan lebih besar, yang berarti struktur dan bangunan di daerah tersebut harus didesain lebih kuat agar dapat bertahan dan tidak runtuh akibat getaran tersebut. PGA juga merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengkategorikan tingkat keparahan gempa bumi, seperti yang diukur oleh Skala Intensitas Gempa dan Skala Magnitudo Moment. Oleh karena itu, pengukuran PGA di berbagai lokasi sangat penting dalam penelitian seismik dan mitigasi risiko bencana gempa bumi.

1.6.4 Besar Kekuatan Gempa

Besar kekuatan suatu gempa secara umum dapat diukur dengan menggunakan 3 skala, yakni :

a. Berdasarkan energi yang dilepaskan pada pusat gempa

Biasanya disebut dengan Magnitudo atau Skala Richter. Magnitudo menunjukkan besaran atau jumlah energi yang dilepaskan pada suatu pusat gempa (*Hypocenter*) yang dapat diukur dengan *seismograf*. Magnitudo pertama kali didefinisikan oleh *Charles Richter* tahun 1935, sehingga kini dikenal sebagai *Skala Richter*. Gempa dengan skala 3 magnitudo atau lebih biasanya hampir tidak terlihat, dan gempa dengan skala magnitudo 7 biasanya lebih berpotensi menyebabkan kerusakan serius di daerah yang luas, tergantung pada kedalaman gempa. Gempa bumi terbesar bersejarah besarnya telah lebih dari 9, meskipun tidak ada batasan besarnya.

b. Berdasarkan tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh gempa

Biasanya disebut dengan *Intensity* (intensitas), digunakan dalam menentukan kuatnya getaran tanah akibat suatu gempa dengan melihat respon orang atau bangunan yang terasa atau terjadi pada saat gempa berlangsung pada lokasi tertentu. Intensitas gempa dikenalkan oleh *boen* tahun 2002 kemudian dinyatakan secara sederhana, merupakan derajat kerusakan akibat gempa bumi atau intensitas maksimum yang dihasilkan oleh gempa tersebut. Umumnya menggunakan skala

intensitas menurut tingkat kerusakan atau yang dirasakan manusia. Salah satu skala intensitas yang dikenal adalah *MMI (Modified Mercalli Intensity)* digunakan sejak tahun 1956. Persamaan untuk menghitung intensitas gempa dapat menggunakan persamaan dari Murphy & O'Brien seperti di bawah :

$$MMI = 2.86 \log (PGA) + 1.24 \quad (2.1)$$

Tabel 2. Skala menurut Modified Mercalli Intensity (MMI)

Skala	Keterangan	PGA (gals)	PGA (g)	S-Wave	
				(%g)	(g)
I	Tidak dirasakan kecuali oleh beberapa orang dalam keadaan tenang			<0,17	0,0017
II	Dirasakan oleh beberapa orang yang diam, terutama di lantai-lantai atas bangunan. Benda-benda ringan digantung bergoyang				
III	Dengan jelas terasa diruangan terutama dilantai-lantai atap bangunan, namun banyak yang tidak menyadari terjadi gempa. Kendaraan yang sedang berdiri sedikit bergoyang. Getaran seperti truk yang sedang melintas.			0,17-1,4	0,0017-0,014
IV	Pada siang hari dirasakan oleh banyak orang didalam rumah. Beberapa dirasakan juga diluar rumah. Pada malam hari beberapa orang terbangun. Piring, jendela dan pintu bergetar, dinding berderik. Terasa seperti truk yang menabrak bangunan. Mobil dan motor yang sedang diam, terlihat bergiyang.	14,7-19,6	0,015-0,02	1,4-3,9	0,014-0,039
V	Dirasakan oleh hampir semua	29,4-	0,03-	3,9-	0,039-

	orang, banyak yang terbangun. Piring, jendela dsbnya pecah. Plester bangunan retak-retak dibagian kecil banguna. Benda-benda yang tidak stabil terbalik.	39,2	0,04	9,2	0,092
VI	Dirasakan oleh semua orang, banyak yang ketakutan dan berlarian keluar. Beberapa furnitur berat bergeser. Plester-plester dinding berjatuh dan ceor bong asap mengalami kerusakan ringan.	58,8-68,8	0,06-0,07	9,2-18	0,092-0,18
VII	Semua orang berlarian keluar. Kerusakan ringan pada bangunan dengan struktur standar, namun sangat besar pada bangunan dengan struktur jelek. Gempa dirasakan juga oleh orang yang naik kendaraan	98-147	0,10-0,15	18-34	0,18-0,34
VIII	Kerusakan ringan pada bangunan yang berstruktur khusus, kerusakan sedang pada struktur standar dan runtuh pada struktu jelek. Cerobong asap pabrik dan monumen roboh. Furnitur berat terlempar. Pasir dan lumpur tersebur keluar, menyebabkan air keruh.	245-294	0,25-0,30	34-65	0,34-0,65
IX	Kerusakan besar terjadi pada bangunan yang kokoh. Rangka-rangka bangunan biasa terlepas dari pondasinya, kerusakan besar pad bangunan kuat dengan sebagian banunan roboh. Pondasi bangunan bergeser. Taah retak-retak. Pipa bawah tanah pecah	490-539	0,50-0,56	65-124	0,65-1,24
X	Bangunan kuat dari kayu rusak, sebagian bangunan kayu da berkerangka serta pondasinya rusak. Retak-retak besar ditanah. Rel melengkung.	>560	>0,6	>124	>1,24

	Terjadi longsor.				
XI	Hanya sedikit bangunan kayu yang masih berdiri. Jembata rusak. Retakan-retakan lebar pada tanah				
XII	Kerusakan total. Gelombang terlihat dipermukaan tanah. Pemandangan menjadi gelap. Benda-benda terlempar				

c. Berdasarkan nilai percepatan batuan dasar maksimum

Data PGA merupakan data gempa yang diperlukan untuk kepentingan *design* bangunan. Untuk mengetahui besarnya PGA, bisa dihitung dari besarnya magnitudo dan kedalaman gempa, kemudian dengan rumus atenuasi yang kinisudah berkembang hingga beberapa generasi . Gerakan tanah yang terjadi pada lapisan bawah tanah atau batuan padat, karakteristiknya dijelaskan menggunakan parameter amplitudo yaitu percepatan tanah maksimum, kecepatan tanah maksimum dan pergeseran maksimum. PGA dinyatakan dalam satuan percepatan gravitasi (*Gravitational Acceleration* = gal) atau cm/s^2 . Nilai percepatan tanah maksimum yang dihasilkan menunjukkan tingkat resiko bencana yang terjadi. Dua metode untuk menentukan nilai PGA, yaitu melalui pengukuran alat (*accelerograf*) dan perhitungan empiris. Pendekatan metode empiris tidak selalu benar, namun cukup memberikan gambaran umum tentang percepatan tanah maksimum.

1.6.5 Kecepatan Gelombang Permukaan (Vs30)

Respon batuan terhadap getaran gelombang seismik yang melewatinya akan berbeda-beda, tergantung pada jenis batuan. Karakter respon batuan tersebut dapat menunjukkan spesifik dari jenis suatu batuan. Berdasarkan fakta empiris, dapat diketahui bahwa antara satu tempat dengan tempat yang lain memiliki karakteristik dinamik tanah yang berbeda-beda.

Penentuan kelas tanah didasarkan pada kecepatan gelombang permukaan (VS30). Penetapan jenis tanah yaitu antara tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak dapat ditentukan dengan kecepatan rambat gelombang geser (VS). Nilai VS30 ini bergantung pada kondisi fisik batuan sehingga dapat diprediksi berdasarkan parameter geologi dan morfologi. Elevasi atau ketinggian berhubungan erat dengan kekerasan batuan. Pelapukan berlangsung secara intensif pada puncak bukit sedangkan sedimentasi berada pada tingkat yang paling rendah. Sebaliknya pada

suatu cekungan, pelapukan berada pada tingkat paling rendah dan pengendapan atau sedimentasi mencapai tingkat maksimum.

Secara sederhana dapat dikatakan bahwa batuan yang berada di puncak bukit merupakan batuan yang keras dan tahan terhadap pelapukan, sedangkan cekungan yang berada di daerah yang lebih rendah merupakan endapan muda yang lunak. Gunung dan bukit berumur tersier atau lebih tua berperan sebagai sumber material sedimen.

Tabel 3. Klasifikasi tanah berdasarkan NEHRP

Site class	Soil Profile Name	Average Properties in Top 100 feet (as per 2000 IBC section 1615.1.5) Soil Shear Wave Velocity, V_s	
		Feet/Second	Meters/Second
A	Hard Rock	$V_s > 5000$	$V_s > 1524$
B	Rock	$2500 < V_s \leq 5000$	$762 < V_s \leq 1524$
C	Very dense soil and soft rock	$1200 < V_s \leq 2500$	$366 < V_s \leq 762$
D	Stiff soil profile	$600 < V_s \leq 1200$	$183 < V_s \leq 366$
E	Soft soil profile	$V_s < 600$	$V_s < 183$

1.6.6 Magnitudo Gempa

Magnitudo gempa bumi adalah ukuran kekuatan gempa bumi yang menggambarkan besarnya energy seismik yang dipancarkan oleh sumber gempa. Pengukuran gempa secara kuantitatif mulai diperkenalkan sejak ditemukannya alat untuk mengukur *ground motion* yang timbul saat gempa terjadi. Hal ini menyebabkan adanya tipe magnitude yang dihitung untuk suatu *event* dapat beragam dari satu penulis ke penulis lainnya. Namun, dalam analisis *a-value* dan *b-value* untuk pemutakhiran peta gempa di Indonesia diperlukan satu tipe data magnitude yang sama yakni data magnitude momen M_w yang tidak tersedia untuk setiap *event*. Untuk itu, diperlukan suatu konversi yang menghubungkan beragam tipe magnitude seperti M_s , M_b , dan M_L kedalam magnitude momen.

- Magnitude Lokal Richter (M_L)

Magnitude lokal richter adalah skala magnitude yang diperkenalkan oleh Charles Richter pada tahun 1933 berdasarkan pengukuran menggunakan seismometer Wood-Anderson untuk gempa-gempa dangkal dan lokal sebagai logaritma (basis 10) amplitude maksimum (dalam micrometer) yang terukur oleh seismometer Wood-Anderson yang berada pada jarak 100 km episenter gempa. Skala Richter ini merupakan skala paling umum yang digunakan, tetapi terbatas hanya untuk gempa-gempa lokal saja. Konversi magnitude M_L ke M_w tidak dilakukan karena hasil plot menunjukkan hasil yang hampir sebanding di antara keduanya dan dianggap magnitude lokal (M_L) dapat mempresentasikan magnitude momen (M_w).

- Magnitude Gelombang Permukaan (M_s)

Magnitude gelombang permukaan dikembangkan karena keterbatasan skala magnitude lokal (M_L) yang tidak mendeskripsikan secara jelas jenis gelombang gempa yang terukur. Skala magnitude gelombang permukaan sangat sesuai untuk pengukuran gempa pada jarak yang jauh dimana perambatan gelombang gempa didominasi oleh gelombang permukaan. Hal ini disebabkan karena gelombang badan sudah tidak terdeteksi pada jarak yang jauh. Skala magnitude ini diperkenalkan oleh Gutenberg Richter (1963) berdasarkan amplitude gelombang permukaan Rayleigh pada periode 20 detik dengan persamaan sebagai berikut :

$$M_s = \log A + 1,66 \log \Delta + 2 \quad (2.2)$$

Dimana A adalah perpindahan tanah maksimum (dalam micrometer) dan Δ adalah jarak episenter dari seismometer yang diukur dalam derajat. Konversi magnitude dari M_s ke M_w dilakukan dengan membuat persamaan garis lurus dari plot antara M_s dan M_w . Persamaan konversi diperoleh dari 6.718 kejadian gempa yang sama-sama memiliki M_s dan M_w . Rentang plot dibagi menjadi dua bagian yaitu kurang dari 6,1 dan lebih dari sama dengan 6,1 yang merupakan titik belok kurva. Persamaan konversi yang didapat adalah seperti pada persamaan (2.2) dan persamaan (2.3) di bawah ini :

Untuk rentang magnitude $2,8 \leq M_s \leq 6,1$ dengan R^2 0,8013

$$M_s = 0,6016M_s + 2,476 \quad (2.3)$$

Untuk rentang magnitude $6,1 \leq M_s \leq 8,7$ dengan R^2 0,8013

$$M_s = 0,9239M_s + 0,5671 \quad (2.4)$$

- Magnitude Gelombang Badan (M_b)

Untuk gempa-gempa dalam dengan kedalaman episenter lebih dari 70 km dimana gelombang sudah tereduksi, ukuran gempa lebih sesuai dinyatakan dengan skala magnitude gelombang badan. Magnitude gelombang badan diperkenalkan oleh Gutenberg pada 1945 mengukur gempa berdasarkan amplitude dari beberapa siklus gelombang yang tidak terpengaruh oleh kedalaman (Bolt, 1989). Skala magnitude gelombang permukaan dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$M_b = \log A - \log T + 0,01\Delta + 5,9 \quad (2.5)$$

dimana A adalah amplitude momen (dalam micrometer) dan T adalah periode gelombang (umumnya sebesar 1 detik). Magnitude ini umumnya digunakan untuk mengukur gempa-gempa *interpolate*. Konversi magnitude dari M_b ke M_w dilakukan dengan membuat persamaan garis lurus dari plot antara M_b dan M_w . Persamaan konversi didapat dari 19.162 kejadian gempa yang sama-sama memiliki M_b dan M_w . Dengan membagi rentang plot menjadi dua bagian yaitu kurang dari 3,7 dan lebih dari sama dengan 3,7.

Untuk rentang magnitude $3,7 \leq M_b \leq 8,2$ dengan $R^2 = 0,6975$

$$M_w = 1,0107M_b + 0,0801 \quad (2.6)$$

1.6.7 Analysis Seismic Hazard

Analysis Seismic Hazard mencakup perkiraan kuantitatif dari guncangan dasar tanah pada sebuah daerah tertentu. *Seismic Hazard* dapat dianalisa secara *deterministic* dengan mengasumsikan sebuah skenario gempa, atau secara *probabilistic*, dimana ketidakpastian pada besarnya ukuran gempa, lokasi, dan waktu kejadian gempa kemudian diperhitungkan secara pasti (Anbazhagan, 2011).

Jika dikaitkan dengan proyeksi skenario sumber dan level magnitudo tertentu, cara menguantifikasi bahaya kegempaan untuk satu titik tertentu, pendekatan estimasi bahaya kegempaan dilakukan dengan skenario *deterministic*

1.6.8 Teori Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA)

Metode DSHA dilakukan dengan mempertimbangkan skenario yang meliputi asumsi mengenai kejadian gempa dengan magnitude tertentu yang akan terjadi pada lokasi yang telah ditetapkan. Metode ini umumnya digunakan untuk menghitung percepatan gempa pada perencanaan bangunan vital strategis dengan pertimbangan akan sangat membahayakan jika terjadi kerusakan akibat guncangan gempa. Metode DSHA umumnya diaplikasikan untuk mengestimasi percepatan

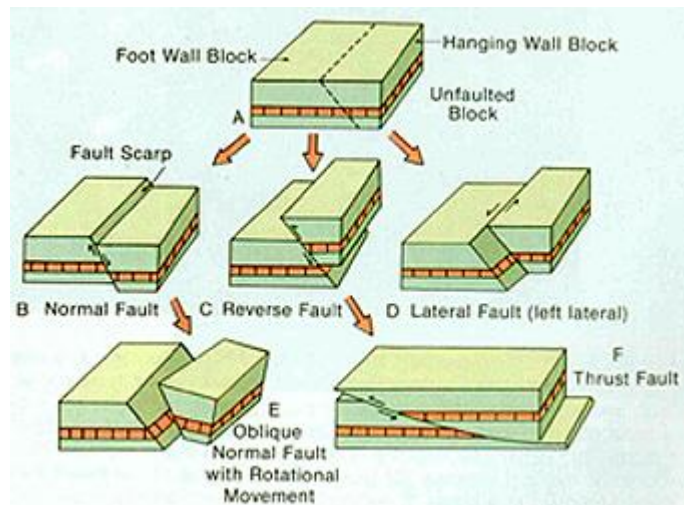
gempa untuk konstruksi yang sangat membahayakan jika terjadi kerusakan seperti bangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), bendungan besar, konstruksi yang dekat dengan sesar/patahan aktif, dan untuk keperluan *emergency response*. Kelebihan metode ini adalah mudah digunakan untuk memprediksi gerakan gempa pada skenario terburuk. Sementara itu, kelemahan metode ini adalah tidak mempertimbangkan probabilitas terjadinya gempa dan pengaruh berbagai ketidakpastian yang terkait dalam analisis. Ada empat tahapan proses dalam metode DSHA seperti berikut.

1. Mengidentifikasi sifat dan lokasi sumber-sumber gempa

Jalur (patahan) atau area yang menjadi sumber gempa di suatu daerah diperlukan untuk pemodelan pada tahap pengidentifikasian dan karakteristik gempa ini akan mencakup ketentuan-ketentuan sumber gempa dan potensinya. Patahan adalah retakan atau zona retakan antara dua bongkahan batuan. Keberadaan patahan ini menjadikan kedua blok batuan bisa bergerak satu sama lain, gerakan batuan ini bias begitu cepat, yaitu dalam bentuk gempa. Pada suatu kejadian gempa, batuan pada salah satu sisi patahan tergelincir dengan tiba-tiba pada bongkahan batuan lainnya. Permukaan patahan dapat berupa bidang horizontal, vertikal, atau memiliki sudut yang tidak teratur di antara kedua bongkahan.

Berdasarkan pergerakan kedua blok batuan tersebut menyebabkan arah gerak blok batuan di sepanjang bidang patahan. Sudut patahan terhadap permukaan (disebut sebagai dip) dan arah gelinciran sepanjang patahan dipakai geologis untuk membedakan jenis-jenis patahan. Patahan yang bergerak di sepanjang arah bidang dip disebut sebagai patahan dip-slip. Patahan ini dapat dibagi dalam dua jenis yaitu normal (sesar turun) dan *reverse fault* (sesar naik).

Patahan yang bergerak horizontal disebut sebagai patahan *strike-slip* (sesar geser) dan dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu *right-lateral* (sesar lateral kanan) dan *left-lateral* (sesar lateral kiri). Patahan yang bergerak di sepanjang arah dip dan juga bergerak horizontal disebut patahan *oblique-slip* (sesar miring).



Gambar 4. Arah gerak batuan pada berbagai macam patahan

a. Patahan Normal (*Normal Fault*)

Patahan normal atau sesar normal merupakan patahan yang mempunyai arah gerak blok batuan yang mengikuti arah gaya berat batuan yang menuju ke arah bawah sepanjang bidang patahan.

b. Patahan Berlawanan (*Reverse Fault*)

Patahan berlawanan adalah patahan yang arah gerak blok batuan bergerak ke atas berlawanan dengan arah gerak patahan normal. Patahan jenis ini biasanya terjadi di daerah tertekan. Jika sudut dip sangat landau, patahan berlawanan ini sering disebut sebagai patahan *thrust*. Perbedaan patahan berlawanan dan *thrust fault* lebih kepada besar sudut kemiringan dari bidang sesarnya. Apabila landai (<10 deg) maka disebut *thrust fault*, dan apabila (>10 deg) maka disebut patahan berlawanan.

c. Patahan Geser (*Strike Slip*)

Patahan geser adalah patahan dimana kedua blok batuan bergeser satu sama lain dalam arah horizontal. Patahan tipe ini dibagi menjadi dua, yakni patahan *right-lateral* atau *left-lateral* tergantung dari arah gerakan bongkahan batuan.

d. Patahan Celah Miring (*Oblique Slip*)

Patahan celah miring atau yang disebut dengan *oblique slip fault* merupakan jenis patahan kombinasi, yakni kombinasi antara patahan normal dan patahan geser. Sehingga pergerakan batuan terjadi secara naik atau turun dan mengalami pergerakan horizontal ke kanan ataupun ke kiri. Patahan ini terjadi disebabkan

adanya gaya tekan dari atas maupun bawah dan juga gaya samping yang diberikan oleh batuan.

2. Menentukan jarak sumber gempa ke titik tinjau

Dalam tahap mendesain suatu skenario kekuatan getaran gempa, sangat berpengaruh pada jarak dari sumber gempa ke lokasi yang ditinjau. Kekuatan gempa akan berkurang seiring bertambahnya jarak gempa ke titik yang ditinjau.

Pada tahap menentukan jarak dari lokasi titik yang ditinjau ke sumber gempa, jarak yang dihitung adalah jarak terdekat antara titik lokasi yang sedang ditinjau. Jarak tersebut akan digunakan untuk persamaan atenuasi.

3. Menentukan *Controlling Earthquake*

Penentuan *controlling earthquake* mencakup mengenai evaluasi nilai PGA. Percepatan tanah maksimum merupakan dampak gelombang gempa bumi di lokasi yang ditinjau yang ditentukan oleh perbedaan jarak sumber pada lokasi yang ditinjau. Dengan mengetahui nilai kekuatan gempa maksimum dari suatu patahan dan jarak terdekat sumber patahan ke lokasi yang ditinjau, maka kita dapat mengestimasi percepatan horizontal dengan menggunakan rumus persamaan atenuasi.

Faktor jarak pusat gempa ke lokasi yang ditinjau sangat mempengaruhi besar atau kecilnya daya guncang di permukaan tanah. Getaran suatu gempa akan terus berkurang seiring dengan bertambahnya jarak menjauhi episentrum gempa yang terjadi. Para ahli saat ini telah mengembangkan persamaan regresi tentang hubungan jarak dengan getaran yang ditimbulkan oleh gempa.

Fungsi atenuasi telah banyak berkembang dalam kurun waktu dua decade terakhir. Hal ini dipicu oleh tersedianya data-data *strong motion* dari kejadian-kejadian gempa yang terjadi. Pada analisa bahaya kegempaan biasanya dapat dilakukan dengan cara *deterministic* ataupun *probabilistic*. Adapun persamaan atenuasi telah banyak dikembangkan saat ini seperti :

- Abrahamson & Silva (2008)

Abrahamson dan Silva mengembangkan atenuasi PGA menjadi atenuasi PSA yang berdasarkan pada data gempa dan parameter-parameter tertentu. Data gempa yang dipakai semuanya termasuk gempa dangkal (*shallow crustal earthquakes*). Setelah mengalami proses regresi secara bertahap maka rumusan atenuasi dari Abrahamson dan Silva dinyatakan dalam :

$$\ln S_{a(g)} = f_1(M_1 R_{rup}) + Ff_3(M) + HWf_4(M_1 R_{rup}) + Sf_5(pga_{rock}) \quad (2.7)$$

Dimana, $S_a(g)$ adalah spektra percepatan dalam (g), R_{rup} ialah jarak terdekat ke bidang rupture (km), M ialah magnitude momen, F ialah suatu koefisien untuk menandai *style of faulting* yang dipakai ($F=1$ untuk *reverse fault*, $F=0,5$ untuk *oblique fault*, dan $F=0$ untuk tipe patahan yang lain), HW adalah suatu *dummy variable* ($HW=1$ untuk site di *hinging wall* dan $HW=0$ untuk site di *footing wall*) untuk memperhitungkan pengaruh parameter *hinging ataupun footing wall*, dan S ialah *dummy variable* untuk kelas site ($S=0$ untuk batu dan tanah dangkal dan $S=1$ untuk tanah dalam).

- Persamaan GMPE Atkinson dan Boore Worldwide Data (2003)

Peta bahaya gempa Indonesia tahun 2010 menggunakan persamaan GMPE Atkinson dan Boore Worldwide Data untuk menganalisis PGA di sumber gempa yang berada di area subduksi *deep background* dan subduksi *interface*. Atkinson dan Boore Worldwide Data menggabungkan database respon spektra dari ratusan catatan gempa dari seluruh dunia dengan momen magnitude $M=5$ sampai dengan $M=8,3$. Parameter dan fungsi atenuasi Atkinson dan Boore dinyatakan dalam :

$$\log_y = f_n(M) + C_3h + C_4R - g \log R + C_5SIS_c + C_6SIS_D + C_7SIS_E \quad (2.8)$$

dimana,

M : momen magnitude

f_n : $C_1 + C_2 M$

h : kedalaman sumber gempa dalam km, bila $h > 100$ maka $h = 100$ km

R : $\sqrt{D_{fault}^2 - \Delta^2}$

Δ : $0,00724 \times 10^{0,507M}$

S_c : 1 untuk NEHRP tanah tipe B ($360 < V_s < 760$), 0 untuk tanah lain

S_D : 1 untuk NEHRP tanah tipe C ($180 < V_s < 360$), 0 untuk tanah lain

S_E : 1 untuk NEHRP tanah tipe D ($V_s < 180$), 0 untuk tanah lain

g : $10^{(1,2-0,13M)}$ untuk *interface*, $10^{(0,301-0,01M)}$ untuk *intraslab*

sl : 1 untuk $PGA_{TX} \leq 100 \frac{cm}{dt^2}$ atau frek ≤ 1 Hz

$$1 - \frac{(f-1)(PGA_{TX}-100)}{400} \text{ untuk } 100 \leq PGA_{TX} \leq 100 \frac{cm}{dt^2} \text{ atau } 1 \text{ Hz} \leq f \leq 2 \text{ Hz}$$

$$1 - (f-1) \text{ untuk } PGA_{TX} \leq 100 \frac{cm}{dt^2} \text{ atau frek } \leq 1 \text{ Hz}$$

$$1 - \frac{PGA_{TX}-100}{400} \text{ untuk } 100 \leq PGA_{TX} \leq 100 \frac{cm}{dt^2} \text{ atau } 1 \text{ Hz} \leq f \leq 2 \text{ Hz}$$

$$0 \text{ untuk } PGA_{TX} \leq 100 \frac{cm}{dt^2} \text{ atau frek } \leq 1 \text{ Hz}$$

- Campbell – Bozorgnia (2008) NGA

Persamaan GMPE kedua sumber gempa pada *shallow crustal (strike slip, reverse, dan fault)* di peta bahaya gempa Indonesia 2010 adalah Campbell-Bozorgnia. Terdapat 64 kejadian gempa utama yang menjadi basis persamaan, gempa-gempa tersebut memiliki rating magnitude 4,3 – 7,9 dengan *rupture radius* 0,1-199 km, dengan total jumlah data 1561. Bentuk umum dari persamaan Campbell-Bozorgnia dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\ln Y = f_{mag} + f_{dia} + f_{flt} + f_{hng} + f_{site} + f_{sed} \quad (2.9)$$

- Persamaan GMPE Chiou-Youngs (2014) NGA untuk gempa *fault* dan *shallow background*.

Persamaan GMPE Chiou-Youngs merupakan pengembangan dari persamaan tahun 2008. Data yang digunakan untuk pengembangan ini sejumlah 20.000 data dari 243 kejadian gempa yang terjadi di California, Jepang, New Zealand, Taiwan, dan Turki dengan magnitude antara 3,1 – 7,6. Model GMPE Chiou-Youngs ini diturunkan untuk percepatan tanah puncak (PGA) dan percepatan spektra dengan redaman 5% dengan menggunakan rentang periode 0,01 sampai 10 detik. Persamaan GMP Chiou-Youngs dapat dinyatakan dengan :

$$\begin{aligned} \ln(SA_{1130ij}) = & c_1 + c_{1a}F_{RVi} + c_{1b}F_{NMi} + c_7(Z_{TORi} - 4) + c_2(M_i - 6) \\ & + \frac{C_2 - C_3}{C_n} \ln(1 + e^{c_n(C_M - M_i)}) \\ & + C_4 \ln(R_{RUPij} + C_5 \cosh(C_6(M_i - C_{HM}, 0)_{max})) \\ & + (C_{4a} - C_4) \ln\left(\sqrt{R_{RUPij}^2 + C_{RB}^2}\right) \\ & + \left\{C_{Y1} + \frac{C_{Y2}}{\cosh((M_i - C_{Y3}, 0)_{max})}\right\} \cdot R_{RUPij} \\ & + c_3 \cdot \cos^2 \delta_1 \cdot \tanh\left(\frac{R_{RUPij}}{2}\right) \tan^{-1}\left(\frac{W_i \cos \delta_1}{2(Z_{TORi} + 1)}\right) \frac{1}{\pi/2} \left\{1 \right. \\ & \left. - \frac{R_{JBij}}{R_{RUPij} + 0.001}\right\} + \tau \cdot Z_f \end{aligned} \quad (2.10)$$

Dimana,

R_{RUP} : jarak terdekat ke bidang *rupture* (km)

R_{JB} : jarak Joiner-Boore (km)

δ : sudut *dip rupture*

OW : lebar *rupture* (km)

Z_{TOR} : lebar *rupture* (km)

F_{RV} : 1 untuk $30^\circ \leq \lambda \leq 150^\circ$; 0 untuk mekanisme lain

F_{NM} : 1 untuk $-120^\circ \leq \lambda \leq -60^\circ$; 0 untuk mekanisme lain

λ : sudut *rake*

V_{s30} : kecepatan geser rata-rata untuk kedalaman tanah 30 m paling atas

τ : standar error untuk *inter-event*

σ : standar error untuk *intra-event*

- Idris, dkk (2014) NGA

Pada persamaan Idris, dkk hanya kerak dangkal gempa bumi yang dipertimbangkan dalam proyek NGA. Terdapat 3.551 data dari 173 kejadian gempa utama dan gempa susulan yang digunakan untuk mengembangkan persamaan ini. Terdapat beberapa catatan yang dikecualikan dalam perhitungan NGA *Flatfile* yaitu :

1. Catatan di ruang bawah gedung manapun
2. Catatan di bendungan puncak, jari kaki, atau penyangga
3. Catatan di lantai pertama gedung bertingkat tiga atau lebih tinggi

Maka, jumlah rekam jejak *flatfile* berkurang menjadi 3.319 yang diperoleh di 125 kerak dangkal bumi. *Flatfile* mencakup nilai PA dan dihitung percepatan pseudo-absolut PAA (T) untuk $T = 0,01$ detik. Nilai PAA (T) untuk $T = 0,01$ detik berkisar 0 sampai 2% lebih besar dari nilai PGA. Berikut ialah persamaannya :

$$L_0[PAA(T)] = \alpha_1(T) + \alpha_2(T)M - [\beta_1(T)M]L_0(R_{rup} + 10) + (T)R_{rup} + (T)F \quad (2.11)$$

4. Menentukan parameter-parameter *ground motion*

Pada studi kasus yang sedang kami lakukan, tahap penentuan parameter *ground motion* ini mencakup gambaran dari PGA yang diharapkan pada lokasi tertentu. Kerusakan dan keruntuhan bangunan akibat gempa bumi terjadi karena bangunan tidak mampu mengantisipasi getaran tanah (*ground motion*), PGA yang ditimbulkannya. Besarnya getaran tanah akibat gempa bumi dipengaruhi oleh tiga hal yakni sumber gempa (*source*), jalur penjalaran gelombang (*path*), dan pengaruh kondisi tanah setempat (*site*). Dapat dipahami bahwa sumber gempa yang besar dan dekat akan menimbulkan getaran tanah yang besar pula.

Demikian halnya kondisi tanah setempat berupa endapan sedimen tebal dan lunak juga akan menimbulkan fenomena amplifikasi yang memperbesar nilai getaran

tanah di permukaan. Selanjutnya, gelombang yang dihasilkan oleh getaran tanah maksimum merambat ke permukaan yang selanjutnya disebut dengan amplifikasi. Amplifikasi merupakan pembesaran gelombang tanah yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan, dengan kata lain gelombang tanah mengalami pembesaran jika merambat suatu medium awal yang dilaluinya.

1.6.9 Studi Penelitian Terdahulu

Studi penelitian terdahulu merupakan kajian literatur yang digunakan sebagai acuan dasar dalam pelaksanaan penelitian. Penelitian terlebih dahulu mempunyai peranan untuk memperluas dan memperdalam teori yang akan digunakan dalam kajian penelitian yang akan dilakukan. Studi penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Skripsi “Mikrozonasi Bahaya Kegempaan Kota Makassar Berbasis Data Seismik dan Data Geoteknik” oleh Ryan Rante (2015), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa percepatan getaran tanah maksimum di Kota Makassar, ketika terjadi gempa di sekitar Kota Makassar. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) yang nantinya hasil nilai dari PGA selanjutnya akan diolah dan didapatkan nilai respon spektrum untuk Kota Makassar. Penelitian ini juga menghasilkan mikrozonasi bahaya gempa, peta tersebut akan menampilkan daerah-daerah yang mengalami efek paling besar jika terjadi gempa di sekitar Kota Makassar.

2. Skripsi “Studi Percepatan Puncak Gempa Permukaan Tanah di Wilayah Makassar Menggunakan Aplikasi *Equivalent-Linier Earthquake Response Analysis* (EERA)” oleh Muh. Ali Husyain, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penelitian ini ialah untuk menganalisis percepatan gempa maksimum dengan menggunakan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) yang selanjutnya akan dilakukan analisa data perhitungan respon spektrum gempa pada kondisi tanah di wilayah Kota Makassar.

3. Skripsi “Studi Kasus Analisis Bahaya Kegempaan Kota Mamuju dengan Metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA)” oleh Cindy (2017), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penelitian ini untuk menganalisis bahaya kegempaan Kota Mamuju akibat dari patahan-patahan yang ada disekitar Kota Mamuju. Penelitian ini berfokus untuk mencari nilai PGA Kota Mamuju yang kemudian diolah untuk mendapatkan respon spektrum Kota Mamuju akibat dari patahan-patahan disekitarnya.

4. Skripsi “Deterministic Seismic Hazard Assesment Patahan Aktif di Wilayah Jawa Timur” oleh Augustika Ratna Salsabil (2018), Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran nilai PGA dan intensitas gempa di wilayah Jawa Timur dengan pendekatan metode DSHA. Penelitian ini menghasilkan peta zonasi penyebaran nilai PGA dan intensitas gempa di Jawa Timur dengan persamaan atenuasi.

1. Data sumber gempa (patahan) yang mempengaruhi Kepulauan Selayar. Pada penelitian ini diambil patahan dengan radius 300 km dari pusat lokasi penelitian.



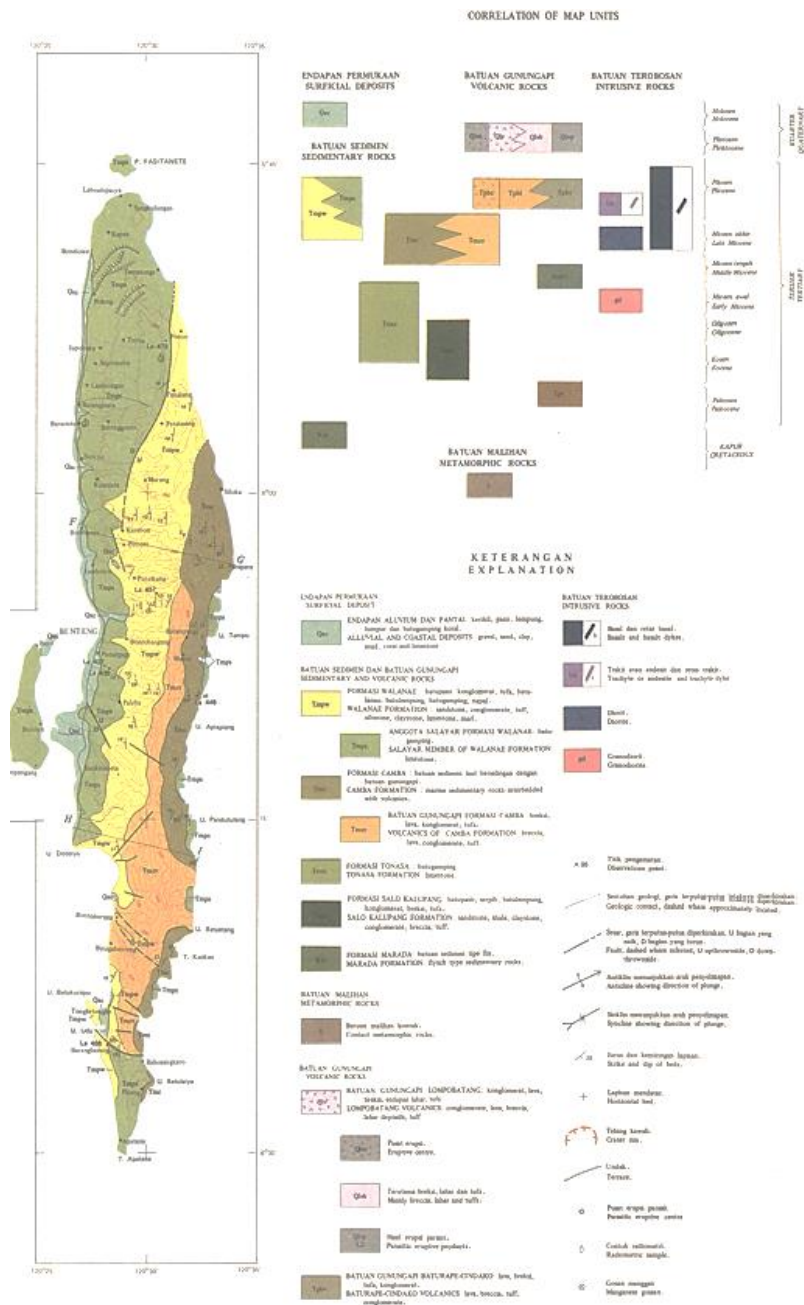
Gambar 6. Patahan-patahan yang mempengaruhi kejadian gempa di Kepulauan Selayar

Berdasarkan gambar di atas, berikut patahan-patahan yang digunakan dalam penelitian ini :

Tabel 4. Patahan-patahan di sekitar Kepulauan Selayar (radius 250 km)

No	Patahan	Slip rate (mm/yr)	Sense mechanisme	Mmax
1	Walanae <i>fault</i>	0,5	Strike-Slip	7,1
2	Selayar <i>fault</i> (west)	0,5	Normal	7,2
3	Selayar <i>fault</i> (east)	0,5	Normal	7,2
4	Kalaotoa <i>fault</i> (segmen 1)	-	Right-Lateral	7,3
5	Kalaotoa <i>fault</i> (segmen 2)	-	Right-Lateral	5,8
6	Kalaotoa <i>fault</i> (segmen 3)	-	Right-Lateral	4,6

2. Peta geologi Kepulauan Selayar



Gambar 7. Peta geologi Kepulauan Selayar (Kementrian ESDM)

Pada gambar di atas menggambarkan kondisi geologi dari Kepulauan Selayar yang memberikan informasi mengenai sebaran dan jenis serta sifat batuan serta

umurnya. Peta geologi ini memberikan informasi batuan yang selanjutnya akan digunakan untuk mendapatkan data tanah pada wilayah Kepulauan Selayar.

3. Nilai Vs30

Data Vs30 yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari *United State Geological Survey* (USGS). Format data dari USGS adalah *.tif*. Untuk mendapatkan nilai Vs30 maka dilakukan ekstrak nilai menggunakan *software* ArcGis.



Gambar 8. Gambar peta Vs30 Kepulauan Selayar dengan format *.tif* (USGS, 2024)

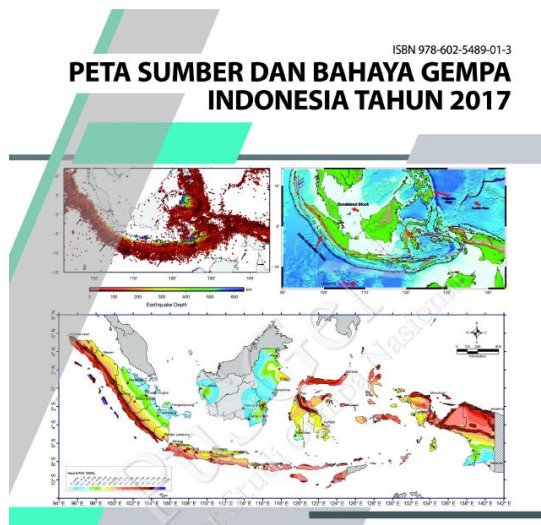
4. *Plotting* titik pengamatan/stasiun

Plotting titik pengamatan dilakukan pada *software* ArcGis dengan menggunakan inputan peta Kepulauan Selayar. Hal ini perlu dilakukan agar hasil pemetaan nilai PGA di setiap daerah di Kepulauan Selayar dapat diwakilkan oleh titik-titik tersebut. Hasil dari *plotting* ini menghasilkan 23 titik pengamatan yang tersebar di Kepulauan Selayar. Titik-titik inilah yang akan menjadi bahan untuk melakukan perhitungan jarak patahan. Titik-titik pengamatan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 9. Hasil plotting titik pengamatan yang tersebar di wilayah Kepulauan Selayar

5. Buku Peta Deagregasi Bahaya Gempa Indonesia 2017



Gambar 10. Sampul Buku Peta Deagregasi Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017

Buku ini menjadi salah-satu sumber data pada penelitian tugas akhir ini. Buku ini berisi tentang informasi mengenai sesar/patahan aktif yang ada di Indonesia lengkap dengan data-datanya. Selain itu, buku ini juga akan menjadi pembanding antara hasil yang didapatkan dari penelitian ini dengan yang tertera pada buku ini.

2.3 Peralatan yang digunakan

Adapun peralatan yang digunakan dalam mengerjakan penelitian tugas akhir ini yakni sebagai berikut :

1. Laptop Asus Intel Core I3 10th Generation. Ram 4GB
2. Printer
3. Perangkat lunak (*software*) terdiri dari :
 - a. Google Earth Pro
 - b. Microsoft Excel 2016
 - c. Microsoft Word 2016
 - d. ArcGis 3.1

2.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pada penelitian tugas akhir ini menggunakan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) yaitu :

1. Menentukan dan *plotting* titik pengamatan di wilayah Kepulauan Selayar.

Plotting titik pengamatan dilakukan pada *software* ArcGis dengan inputan data peta Kepulauan Selayar. *Plotting* dilakukan dengan metode *gridsand graticules wizard* pada *data frame properties*. Tipe yang digunakan adalah *Measured Grid* karena tipe ini akan membuat grid dengan unit jarak dan digunakan untuk peta dengan proyeksi UTM. Karena untuk perhitungan jarak dari patahan menuju titik pengamatan diperlukan koordinat UTM agar keluaran yang dihasilkan dalam bentuk meter.

2. Menentukan nilai Vs30 untuk setiap titik pengamatan.

Nilai VS30 yang diunduh melalui website USGS berbentuk peta raster, jadi jika diinputkan ke dalam *software* Arcgis tidak mengandung atribut. Maka untuk memunculkan atribut yang dimiliki harus melakukan ekstraksi nilai. Koordinat titik pengamatan dengan nilai VS30 harus disamakan, karena untuk memudahkan melihat nilai VS30 dilokasi yang sama dengan titik pengamatan. Peta raster VS30 diinputkan di *software* ArcGis. Kemudian menginputkan juga *shapefile* titik pengamatan. Setelah itu disamakan koordinatnya dengan menu *edit feature*. Untuk mengekstraksi nilai VS30, digunakan menu *Extract multi values to point* dengan input poin featuranya adalah *shapefile* titik pengamatan dan input rasternya adalah peta VS30 USGS. Setelah proses ekstraksi selesai, akan muncul nilai VS30

pada atribut tabel *shapefile* titik pengamatan yang jumlah dan lokasinya sesuai dengan poin titik pengamatan yang telah dibuat.

3. Menghitung jarak terdekat antara titik pengamatan dengan sumber gempa/patahan yang telah ditentukan.

Perhitungan jarak dilakukan menggunakan *software* Google Earth Pro. Selanjutnya adalah menentukan lokasi sumber gempa/patahan yang digunakan dalam penelitian ini. Setelah menentukan lokasi sumber patahan, maka *shapefile* yang berisi titik pengamatan yang telah dibuat, dimasukkan ke Google Earth Pro. Dengan menggunakan *tool ruler*, jarak antara titik pengamatan dengan sumber gempa bias diukur. Adapun jarak yang diambil adalah jarak terdekat antara titik pengamatan dan sumber gempa/patahan.

4. Menghitung nilai PGA untuk setiap titik pengamatan dengan menggunakan persamaan atenuasi.

Dalam analisa kegempaan, *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah ukuran bagaimana permukaan bumi bergetar (*accelerated*) di suatu daerah tertentu. Dalam penelitian ini, digunakan *software* Microsoft Excel yang didapatkan dari website USGS, dengan nama file *Next Generation Atteenuation* (NGA) *West 2 Horizontal* GMPEs. Dalam perhitungannya, digunakan 5 persamaan atenuasi yakni Abraham & Silva & Kamai 2014 (ASK14), Boore & Stewart & Seyhan & Atkinson 2014 (BSSA14), Campbell & Bozorgnia 2014 (CB14), Chiou & Youngs 2014 (CY14), dan Idriss 2014 (I14).

5. Menghitung nilai intensitas gempa untuk setiap titik pengamatan.

Intensitas gempa adalah tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh gempa. Dengan digunakan dalam menentukan kuatnya getaran tanah akibat suatu gempa dengan melihat respon orang atau bangunan yang terasa atau terjadi pada saat gempa berlangsung pada lokasi tersebut. Umumnya menggunakan skala intensitas menurut tingkat kerusakan atau yang dirasakan manusia. Salah-satu skala intensitas yang dikenal adalah MMI (*Modified Mercalli Intensity*). Perhitungan dilakukan menggunakan Microsoft Excel dengan memasukkan persamaan dari Murphy & O'brien. Adapun data yang dibutuhkan dalam perhitungan intensitas gempa ini adalah data nilai PGA di setiap titik pengamatan yang telah didapatkan dari perhitungan PGA dengan persamaan atenuasi sebelumnya.

6. Membuat peta persebaran nilai PGA dan intensitas gempa.

Pemetaan dilakukan menggunakan *software* ArcGis dengan metode interpolasi deterministic yaitu *Inverse Distance Weighting* (IDW) dalam geostatistika. Alasan digunakannya metode tersebut adalah karena histogram yang dihasilkan dari data nilai PGA tidak terdistribusi normal serta tidak bersifat kontinu. Maka tidak bias menggunakan metode *kriging* pada umumnya dalam pemetaan. Penggunaan metode IDW memiliki kelebihan pada prinsip interpolasinya. Data akan diarahkan untuk mencari titik data terdekat dalam interpolasinya, sehingga interpolasi bersifat lokal dengan akurasi nilai yang cukup bagus. Karena pemetaan ini bersifat fatal, dimana bertujuan untuk pemetaan bencana alam (gempa bumi), maka metode IDW adalah metode yang paling cocok untuk digunakan.

2.5 Analisa Data

Data-data yang telah dikumpulkan selanjutnya akan disesuaikan hasil dari nilai percepatan tanah maksimumnya dengan nilai PGA yang terdapat pada Buku Peta Deagregasi Bahaya Gempa Indonesia tahun 2022 di bagian peta bahaya gempa *deterministic* PGA di batuan dasar akibat sumber gempa sesar dangkal dengan 84 percentil. Dari hasil PGA yang telah didapatkan selanjutnya akan diolah menjadi respon spektrum Kepulauan Selayar.