



**ANALISIS PERIODE ULANG GEMPA BUMI SEBAGAI
MITIGASI BENCANA MENGGUNAKAN METODE
LIKELIHOOD BERDASARKAN DATA GEMPA
YOGYAKARTA**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Program Studi Fisika

oleh

Nur Asifa Rostiani Kusumawati

4211415028

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang berjudul “Analisis Periode Ulang Gempa Bumi sebagai Mitigasi Bencana menggunakan Metode *Likelihood* berdasarkan Data Gempa Yogyakarta” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang ujian skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Februari 2020

Pembimbing



Dr. Khumaedi, M.Si.

NIP 196306101989011002

PERNYATAAN

Dengan ini, saya

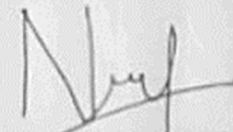
Nama : Nur Asifa Rostiani Kusumawati

NIM : 4211415028

Program studi : Fisika S1

Menyatakan bahwa skripsi berjudul *Analisis Periode Ulang Gempa Bumi sebagai Mitigasi Bencana menggunakan Metode Likelihood berdasarkan Data Gempa Yogyakarta* ini benar-benar karya saya sendiri bukan jiplakan dari karya orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang atau pihak lain yang terdapat dalam skripsi ini telah dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Atas pernyataan ini, saya secara pribadi siap menanggung risiko/sanksi hukum yang dijatuhkan apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini.

Semarang, Februari 2020



Nur Asifa Rostiani K.
NIM 4211415028

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul *Analisis Periode Ulang Gempa Bumi sebagai Mitigasi Bencana menggunakan Metode Likelihood berdasarkan Data Gempa Yogyakarta* karya Nur Asifa Rostiani Kusumawati 4211415028 ini telah dipertahankan dalam Ujian Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang pada tanggal 28 Februari 2020 dan disahkan oleh Panitia Ujian.

Semarang, 28 Februari 2020

Panitia



Penguji I,

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP 196807141996031005

Sekretaris,

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP 196807141996031005

Penguji II,

Dr. Upik Nurbaiti, M.Si.
196708141991022001

Dosen Pembimbing,

Dr. Khumaedi, M.Si.
NIP 196306101989011002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Man shabara zhafira. Siapa yang bersabar akan beruntung. Jangan risaukan penderitaan hari ini, jalani saja dan lihatlah apa yang akan terjadi di depan. Karena yang kita tuju bukan sekarang, tapi ada yang lebih besar dan prinsipil, yaitu menjadi manusia yang telah menemukan misinya dalam hidup (Ahmad Fuadi, Negeri 5 Menara)

Pasang niat kuat, berusaha keras dan berdoa khusyuk, lambat laun, apa yang kalian perjuangkan akan berhasil. Ini sunatullah-hukum Tuhan (Ahmad Fuadi, Negeri 5 Menara)

PERSEMBAHAN

Untuk Ayah, Mama, Nurul, Ican, dan Naila

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Periode Ulang Gempa Bumi sebagai Mitigasi Bencana menggunakan Metode *Likelihood* berdasarkan Data Gempa Yogyakarta”. Semoga skripsi ini dapat berguna dan diridhoi oleh Allah SWT. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu Program Studi Fisika di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang untuk memperoleh gelar Sarjana Sains.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Dr. Suharto Linuwih, M.Si. selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah memberikan dukungan dan bantuannya selama penyusunan skripsi ini.
2. Drs. Imam Sumpono, M.Si. selaku dosen wali yang senantiasa memantau dan memberi motivasi selama masa perkuliahan.
3. Dr. Khumaedi, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah sabar dan ikhlas meluangkan waktunya untuk selalu memberi bimbingan, arahan, dan saran selama penyusunan skripsi ini.
4. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Geofisika Yogyakarta, yang telah memberikan data sekaligus mengizinkan penulis untuk menggunakan sebagai bahan skripsi ini.
5. Mama dan Ayah yang memenuhi segala kebutuhan dan menjadi motivasi terbesar untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
6. Afif Sa’Roni yang ikhlas membantu berbagai hal selama proses penyusunan skripsi.
7. Iim, Tia, dan Rina yang setia dan selalu memotivasi untuk menyelesaikan skripsi agar segera pulang ke rumah.
8. Azizah, Eva, Kukuh, Rosi, Wening, dan Zunita yang menjadi teman bercerita tentang apapun dan sudah seperti keluarga selama di perantauan.

9. Keluarga besar KSR PMI Unit UNNES, terutama angkatan XXXI yang menjadi saudara dan bagian dari pengalaman selama di perantauan.
10. Teman-teman Fisika 2015 (sughoi) yang telah menjadi teman berjuang yang menghibur selama masa perkuliahan.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan dalam berbagai hal agar skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis memohon maaf apabila masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, dan hanya Allah SWT yang dapat memberi balasan bagi seluruh pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini bermanfaat dan berguna bagi bidang ilmu terkait.

Semarang, Februari 2020

Penulis

ABSTRAK

Kusumawati, N. A. R. (2020). *Analisis Periode Ulang Gempa Bumi sebagai Mitigasi Bencana Menggunakan Metode Likelihood berdasarkan Data Gempa Yogyakarta*. Skripsi, Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Khumaedi, M.Si.

Kata kunci: gempa bumi, magnitudo, periode ulang, mitigasi.

Gempa bumi merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia. Banyak daerah-daerah di Indonesia yang memiliki potensi bencana tersebut, salah satunya adalah Daerah Istimewa Yogyakarta. Salah satu pemicu Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki potensi terjadinya gempa bumi yaitu karena adanya sesar Opak. Gempa bumi yang terjadi dapat menimbulkan kerugian berupa kerusakan bangunan dan juga korban jiwa, sehingga dibutuhkan cara untuk meminimalisir kerugian-kerugian tersebut.

Tujuan pokok dari penelitian ini adalah mengetahui periode ulang gempa bumi pada daerah penelitian, sehingga hasil yang didapatkan mampu menjadi salah satu bahan mitigasi bencana gempa bumi yang akhirnya dapat meminimalisir kerugian akibat bencana. Agar dapat mengetahui periode ulang gempa bumi, maka harus mengetahui indeks seismisitas, parameter seismik (nilai a), dan parameter tektonik (nilai b) terlebih dahulu.

Penelitian ini menggunakan data gempa bumi Daerah Istimewa Yogyakarta periode 1921 sampai dengan 2018 yang bersumber dari BMKG Stasiun Geofisika Yogyakarta. Data penelitian yang diperoleh berupa waktu kejadian, episenter, hiposenter, dan magnitudo gempa. Data gempa bumi yang ada diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu zona 1 dan zona 2. Zona 1 merupakan bagian yang letaknya berada pada koordinat $7,34^{\circ}$ – $9,441^{\circ}$ LS hingga $109,75^{\circ}$ – $116,06^{\circ}$ BT sedangkan zona 2 berada pada koordinat $10,08^{\circ}$ – $12,216^{\circ}$ LS hingga $109,75^{\circ}$ – $116,06^{\circ}$ BT. Data yang sudah diklasifikasikan berdasarkan zona akan dikelompokkan lagi berdasarkan magnitudonya, yaitu $M \geq 5$; $\geq 5,5$; ≥ 6 ; $\geq 6,5$; dan ≥ 7 .

Periode ulang gempa bumi pada zona 1 dengan magnitudo ≥ 5 ; $\geq 5,5$; ≥ 6 ; $\geq 6,5$; dan ≥ 7 berturut-turut adalah 1,25; 4,35; 10; 50; dan 188,7 tahun. Periode ulang gempa bumi pada zona 2 dengan magnitudo ≥ 5 ; $\geq 5,5$; ≥ 6 ; $\geq 6,5$; dan ≥ 7 berturut-turut adalah 5,556; 11,4; 22,73; 45,45; dan 90,91 tahun.

DAFTAR ISI

	Halaman
PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
PERNYATAAN	ii
PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB	
I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gelombang Seismik	6
2.2 Gempa Bumi	9
2.3 Parameter Seismik (nilai <i>a</i>).....	15
2.4 Parameter Tektonik (nilai <i>b</i>)	15
2.5 Periode Ulang Gempa Bumi	17
2.6 Metode <i>Likelihood</i>	17
2.7 Mitigasi Gempa Bumi	18

III	METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1	Tahap Penelitian	19
3.2	Diagram Alir Penelitian	21
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1	Hasil	22
4.2	Pembahasan	24
V	PENUTUP.....	31
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran.....	31
	DAFTAR PUSTAKA.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Skala Intensitas Gempa Bumi BMKG	16
4.1 Parameter Keaktifan Gempa Bumi	23
4.2 Nilai Indeks Seismisitas dan Periode Ulang Gempa	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Penjalaran Gelombang Seismik.....	6
2.2 Perambatan Gelombang P	7
2.3 Perambatan Gelombang S	8
2.4 Perambatan Gelombang Rayleigh	9
2.5 Perambatan Gelombang Love	10
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
4.1 Peta Seismisitas Daerah Penelitian.....	22
4.2 Grafik Kejadian Gempa Bumi Zona 1.....	29
4.3 Grafik Kejadian Gempa Bumi Zona 2.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Tugas Pembimbing.....	38
2. Surat Tugas Penguji.....	39
3. Surat Pemberian Data Gempa dari BMKG Yogyakarta.....	40
4. Data Gempa Bumi Daerah Penelitian Tahun 1921-2018.....	41
5. Analisa Data Gempa Bumi Zona 1.....	46
6. Analisis Data Gempa Bumi Zona 2.....	48

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah

Indonesia secara geografis merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Benua Eurasia, Pasifik, dan Indo-Australia. Lempeng Benua Indo-Australia yang relatif bergerak ke arah utara, Lempeng Pasifik yang relatif bergerak ke arah barat, dan Lempeng Eurasia yang relatif bergerak ke arah barat serta satu lempeng mikro yaitu Lempeng Filipina (Pasau & Tanauma, 2011; Sari, 2016).

Pada bagian selatan dan timur Indonesia terdapat sabuk vulkanik yang memanjang dari Pulau Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, dan Sulawesi yang sisinya berupa pegunungan vulkanik tua dan dataran rendah yang sebagian didominasi oleh rawa-rawa. Kondisi tersebut sangat berpotensi sekaligus rawan bencana seperti letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami, banjir, dan tanah longsor. Wilayah Indonesia memiliki tingkat kerawanan gempa bumi yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan negara lainnya (Naryanto & Wisyanto, 2005). Data menunjukkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi di dunia, lebih dari sepuluh kali lipat tingkat kegempaan di Amerika Serikat (Afryan, 2017).

Pergerakan Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia mengakibatkan zona selatan Jawa sebagai salah satu daerah yang memiliki tingkat kegempaan yang cukup tinggi. Zona selatan Jawa sangat rawan gempa bumi akibat dari aktivitas tumbukan lempeng dan juga aktivitas sesar-sesar lokal di daratan. Kondisi tektonik semacam ini menjadikan zona Selatan Jawa sebagai kawasan seismik aktif (Daryono, 2009).

Posisi Indonesia yang diapit oleh lempeng-lempeng tektonik menjadikan negara ini rawan terhadap berbagai bencana. Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan baik oleh faktor alam dan atau nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia,

kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis (Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007).

Salah satu bencana alam yang cukup sering terjadi di Indonesia adalah gempa bumi. Gempa bumi dinyatakan sebagai guncangan tanah yang disebabkan oleh pelepasan energi kulit bumi secara tiba-tiba. Setiap kejadian gempa bumi menghasilkan guncangan tanah yang dapat diidentifikasi melalui nilai kekuatan gempa yang terukur. Semakin besar kekuatan gempa bumi di suatu tempat, semakin besar pula bahaya ataupun tingkat risiko gempa bumi yang mungkin terjadi.

Sebagian besar wilayah Indonesia memiliki tingkat kegempaan yang relatif tinggi, salah satunya adalah wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Salah satu yang menjadikan Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai daerah rawan gempa bumi adalah karena adanya keberadaan Sesar Opak. Sesar Opak merupakan sesar yang berada di sekitar Sungai Opak dengan lebar zona sesar ini diperkirakan sekitar 2,5 km (Muryanto dkk., 2018, Sulaeman dkk., 2008). Berdasarkan hasil kajian deformasi koseismik menyimpulkan bahwa sesar penyebab gempa bumi Yogyakarta 27 Mei 2006 adalah sesar jenis sinistral dengan panjang 18 km, lebar 10 km, dan berada di sebelah timur 3-4 km dari lokasi Sesar Opak yang biasa digambarkan pada peta geologi (Abidin dkk., 2009).

Gempa bumi Yogyakarta pada Mei tahun 2006 adalah gempa tektonik yang memakan banyak korban yang pernah mengguncang provinsi tersebut. Gempa bumi dengan kekuatan 5,9 itu mengguncang Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan sebagian Provinsi Jawa Tengah kurang lebih selama 57 detik. Kejadian gempa bumi ini memakan hingga ribuan korban jiwa dan ribuan bangunan rata oleh tanah. Gempa tersebut menghasilkan daya rusak yang cukup kuat karena beberapa faktor, yaitu antara lain kekuatan gempa, jenis gempa, dan kondisi tanah yang dilewati gempa. Kekuatan gempa tersebut diatas 5, sehingga termasuk gempa yang berskala kuat. Gempa ini juga tergolong “perusak” karena termasuk jenis gempa dangkal, yaitu hanya berkedalaman 17 km di bawah permukaan tanah. Selain itu, kondisi tanah di daerah Yogyakarta dan sekitarnya merupakan endapan vulkanik yang rapuh sehingga gempa ini mengakibatkan banyak kerusakan (Hamdani, 2015).

Beberapa faktor lain penyebab timbulnya banyak korban akibat bencana gempa bumi adalah karena kurangnya pengetahuan masyarakat tentang bencana dan kurangnya kesiapsiagaan masyarakat dalam mengantisipasi bencana tersebut. Gempa bumi merupakan fenomena alam yang tidak satu manusia ataupun alat yang mampu meramalkan secara akurat kapan bencana tersebut akan datang atau terjadi. Padahal secara geologis hampir semua daerah di Indonesia ini tidak ada yang luput dari risiko gempa bumi tektonik. Tetapi dengan adanya data kegempaan di masa lalu, tempat-tempat yang berpotensi dan berisiko terhadap gempa bumi dapat diketahui. Secara teoritis gempa bumi memang dapat diprediksi, namun para peneliti mengalami kesulitan karena beberapa hal, diantaranya yaitu terbatasnya kondisi pengamatan terutama peralatannya, tidak periodiknya aktivitas gempa bumi, ketidaktentuannya proses gempa bumi, dan luasnya daerah jangkauan (Hartini, 2009).

Untuk dapat mengantisipasi bencana gempa bumi di suatu daerah, maka harus mengetahui periode ulang kejadian gempa bumi tersebut. Periode ulang gempa bumi dapat diperoleh dengan mengetahui nilai parameter keaktifan gempa bumi yaitu a menyatakan keadaan seismisitas dan b menyatakan keadaan tektonik. Metode yang dapat digunakan untuk menghitung parameter keaktifan gempa bumi salah satunya adalah metode *Likelihood* (Budiman dkk., 2011).

Minimnya pengetahuan masyarakat mengenai mitigasi bencana khususnya gempa bumi, dan relatif tingginya tingkat kegempaan di wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, sehingga peneliti bermaksud untuk melakukan analisis mengenai periode ulang gempa bumi di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan data kegempaan di masa lalu wilayah tersebut.

Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya yang terletak pada koordinat $5,8^{\circ}$ – $12,216^{\circ}$ LS hingga $106,73^{\circ}$ – $116,06^{\circ}$ BT ini merupakan batas wilayah daerah yang akan dicari periode ulang gempanya.

Informasi mengenai periode ulang gempa bumi menjadi hal yang cukup penting bagi masyarakat yang hidup di wilayah rawan gempa bumi seperti di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, sehingga hasil gambaran aktivitas gempa

bumi dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan dengan baik untuk mereduksi efek dari gempa bumi tersebut.

Gempa bumi yang selama ini terjadi sangat merugikan masyarakat. Bangunan, harta benda, bahkan nyawa hilang dalam sekejap karena kurangnya kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana gempa bumi. Walaupun manusia tidak dapat menghindari suatu bencana, namun diharapkan dapat meminimalisir korban jiwa dan kerugian harta benda yang terjadi akibat dari gempa bumi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana cara mengetahui periode ulang gempa bumi di suatu daerah?
- b. Bagaimana cara menghitung parameter keaktifan gempa bumi suatu daerah?
- c. Apakah data periode ulang gempa bumi dapat dijadikan sebagai informasi mengenai mitigasi bencana?

1.3 Batasan Masalah

- a. Data gempa bumi yang digunakan pada penelitian ini adalah data gempa Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 1921 sampai dengan 2018.
- b. Batas wilayah yang akan dicari periode ulang gempanya terletak pada koordinat $7,34^{\circ}$ – $12,216^{\circ}$ LS hingga $106,73^{\circ}$ – $116,06^{\circ}$ BT.
- c. Periode ulang gempa bumi dapat diketahui dengan menggunakan metode *likelihood*.

1.4 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui periode ulang gempa bumi pada daerah yang diteliti.
- b. Mengetahui parameter keaktifan gempa bumi pada daerah yang diteliti.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai periode ulang gempa bumi yang terjadi di wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, sehingga ada kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat agar dapat mengurangi tingkat kerugian dan kerusakan akibat dari bencana gempa bumi tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi, dan bagian akhir skripsi.

1. Bagian pendahuluan skripsi, terdiri dari halaman judul, abstrak, halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.
2. Bagian isi skripsi, terdiri atas lima bab yang meliputi:
 - BAB 1. Pendahuluan, berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.
 - BAB 2. Kajian pustaka, berisi teori-teori pendukung penelitian
 - BAB 3. Metodologi penelitian, berisi tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan, langkah kerja, dan diagram alir penelitian.
 - BAB 4. Hasil penelitian dan pembahasan, dalam bab ini dibahas tentang hasil penelitian yang telah dilakukan.
 - BAB 5. Penutup, berisi tentang simpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran yang berkaitan dengan penelitian.
3. Bagian akhir skripsi, berisi referensi yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan skripsi dan lampiran penelitian.

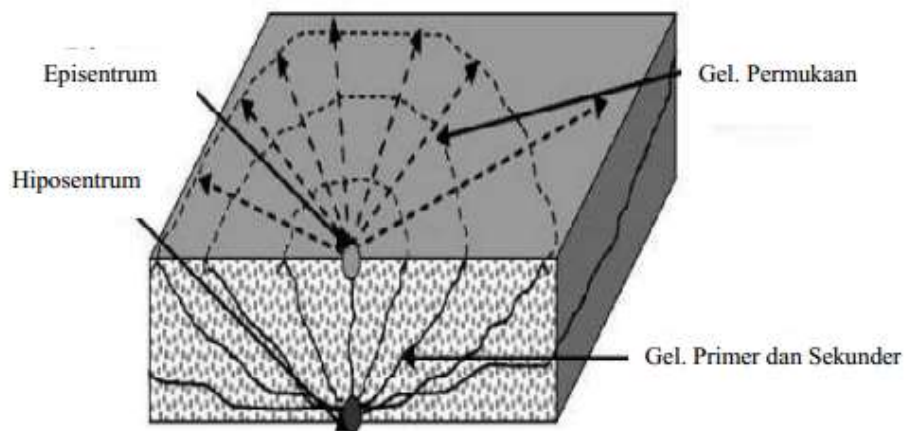
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang merambat melalui bumi. Perambatan gelombang ini bergantung pada sifat elastisitas batuan. Gelombang seismik dapat ditimbulkan dengan dua metode, yaitu metode aktif dan metode pasif. Gelombang seismik termasuk dalam gelombang elastik karena medium yang dilalui bersifat elastik (bumi).

Gelombang seismik adalah gelombang elastik yang merambat dalam bumi. Bumi sebagai medium gelombang terdiri dari beberapa lapisan batuan yang antar satu lapisan lainnya mempunyai sifat fisis yang berbeda. Ketidak-kontinuan sifat medium ini menyebabkan gelombang seismik yang merambatkan sebagian energinya dan akan dipantulkan serta sebagian energi lainnya akan diteruskan ke medium di bawahnya seperti yang terdapat dalam Hukum Snellius (Telford dkk., 1976). Penjalaran gelombang seismik ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Penjalaran Gelombang Seismik (Sumber: Beiser & Arthur, 1999)

Penjalaran gelombang tersebut diawali dari hiposentrum yang terletak di dalam lapisan bumi. dari hiposentrum muncul gelombang primer dan sekunder yang dirambatkan ke segala arah. Episentrum adalah suatu titik atau garis di permukaan bumi yang tepat berada di atas hiposentrum. Episentrum juga

merupakan titik atau garis di mana getaran pertama kali muncul atau terjadi di permukaan bumi. dari episentrum kemudian gelombang permukaan dirambatkan secara horizontal ke segala arah.

Gelombang seismik yang merambat melalui interior bumi disebut gelombang badan atau *body wave*, sedangkan yang merambat melalui permukaan bumi disebut gelombang permukaan atau *surface wave*.

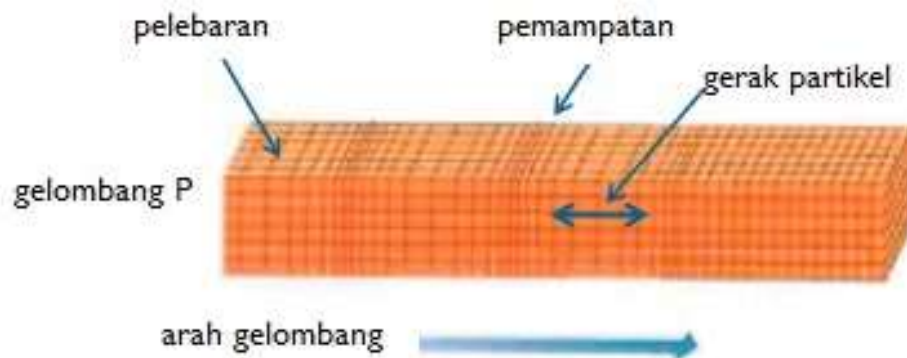
2.1.1 Gelombang Badan

Gelombang badan adalah gelombang yang menjalar dalam media elastik dan arah perambatannya ke seluruh bagian di dalam bumi. Berdasarkan gerak partikel pada media dan arah penjarannya gelombang dapat dibedakan menjadi gelombang P dan gelombang S.

2.1.1.1 Gelombang Primer

Gelombang primer (P) atau gelombang longitudinal adalah gelombang pusat yang memiliki kecepatan paling tinggi dibandingkan dengan gelombang S. Dapat merambat melalui medium padat, cair, dan gas, sehingga menembus inti bumi.

Gelombang ini merupakan gelombang longitudinal partikel yang merambat bolak balik dengan arah rambatnya. Gelombang ini terjadi karena adanya tekanan, dan karena memiliki kecepatan tinggi gelombang ini memiliki waktu tiba terlebih dahulu daripada gelombang S. Kecepatan gelombang P (V_p) adalah $\pm 5 - 7$ km/s di kerak bumi, > 8 km/s di dalam mantel dan inti bumi, $\pm 1,5$ km/s di dalam air, dan $\pm 0,3$ km/s di udara (Wahyuni dkk., 2017).

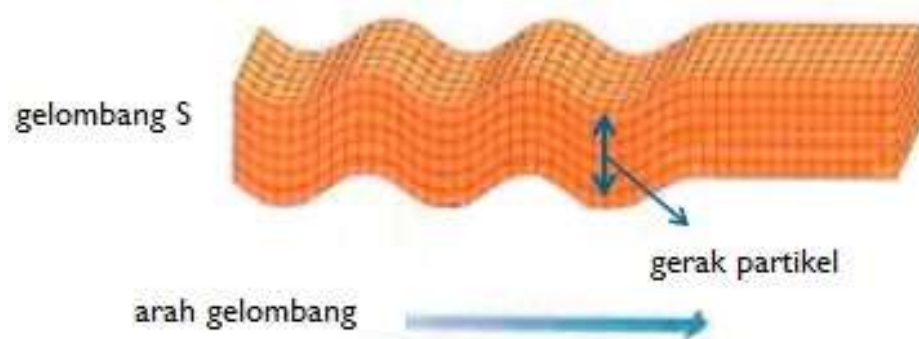


Gambar 2. 2 Perambatan Gelombang P (Sumber: Onajite, 2014)

2.1.1.2 Gelombang Sekunder

Gelombang sekunder (S) atau disebut juga gelombang transversal. Gelombang ini memiliki kecepatan yang lebih lambat dibandingkan dengan gelombang P dan hanya dapat merambat pada medium padat saja. Gelombang S tegak lurus terhadap arah rambatnya.

Gelombang S adalah salah satu gelombang badan yang memiliki gerak partikel tegak lurus terhadap arah rambatnya serta waktu tibanya setelah gelombang P. Gelombang ini tidak dapat merambat pada fluida, sehingga pada inti bumi bagian luar tidak dapat terdeteksi sedangkan pada inti bumi bagian dalam mampu dilewati. Kecepatan gelombang S (V_S) adalah $\pm 3 - 4$ km/s di kerak bumi, $> 4,5$ km/s di dalam mantel bumi, dan $2,5 - 3,0$ km/s di dalam inti bumi (Hidayati, 2010).



Gambar 2. 3 Perambatan Gelombang S. (Sumber: Onajite, 2014)

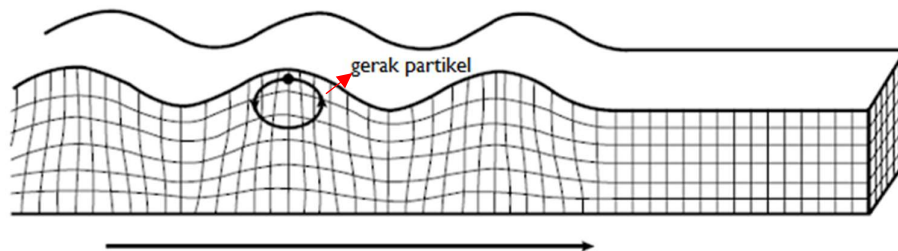
2.1.2 Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan merupakan salah satu gelombang seismik selain gelombang badan. Gelombang ini berada pada batas permukaan medium. Berdasarkan pada sifat gerakan partikel media elastik, gelombang permukaan merupakan gelombang yang kompleks dengan frekuensi yang rendah dan amplitudo yang besar, yang menjalar akibat adanya efek *free surface* dimana terdapat perbedaan sifat elastik (Susilawati, 2008).

2.1.2.1 Gelombang Rayleigh

Gelombang Rayleigh adalah gelombang yang menjalar di permukaan bumi dengan pergerakan partikelnya menyerupai elips. Karena menjalar di permukaan, amplitudo gelombang rayleigh akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Dalam rekaman seismik, gelombang rayleigh dicirikan dengan amplitudonya yang besar dan frekuensinya yang rendah.

Gelombang Rayleigh merupakan jenis gelombang permukaan yang memiliki kecepatan (V_R) adalah $\pm 2,0 - 4,2$ km/s di dalam bumi. arah rambatnya bergerak tegak lurus terhadap arah rambat dan searah bidang datar (Hidayati, 2010).



Gambar 2. 4 Perambatan Gelombang Rayleigh (Sumber: Kearey dkk., 2002)

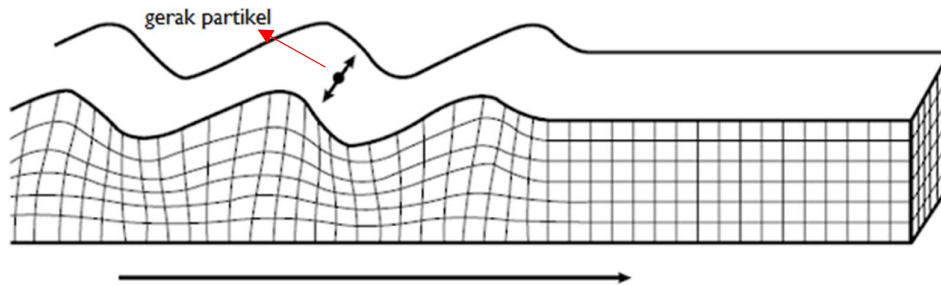
2.1.2.2 Gelombang Love

Gelombang love merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal yang merupakan gelombang sekunder horizontal, dan penjalarannya paralel dengan permukaannya (Gadallah & Fisher, 2009). Arah rambat partikelnya bergetar melintang terhadap arah penjalarannya. Gelombang love merupakan gelombang transversal, kecepatan gelombang ini di permukaan bumi (V_L) $\pm 2,0 - 4,4$ km/s (Hidayati dkk., 2014).

2.2 Gempa Bumi

Gempa bumi adalah proses yang berkaitan dengan pecahnya batuan secara tiba-tiba di sepanjang retakan atau patahan yang berada pada medan sesar di kerak bumi dan litosfer. Jika tegangan melebihi nilai maksimum, akumulasi energi akan dilepaskan dalam bentuk gelombang seismik (Ruff, 2002; Zoback, 2007; Zang & Stephansson, 2010; Vavrycuk, 2015). Gempa bumi berhubungan dengan serangkaian gerakan

gelombang atau getaran yang merambat di dalam bumi, dari satu pusat yang letaknya juga berada di dalam bumi (Munir, 2003).



Gambar 2. 5 Perambatan Gelombang Love

Gempa bumi merupakan gejala alamiah yang berupa gerakan guncangan atau getaran tanah yang ditimbulkan oleh adanya sumber-sumber getaran tanah akibat terjadinya patahan atau sesar akibat aktivitas tektonik, letusan gunung api akibat aktivitas vulkanik, hantaman benda langit (misalnya meteor dan asteroid), dan/atau ledakan bom akibat ulah manusia (BNPB, 2012).

Deformasi batuan terjadi akibat adanya tekanan (*stress*) dan tarikan (*strain*) pada lapisan bumi. Tekanan atau tarikan yang terus-menerus menyebabkan daya dukung pada batuan akan mencapai pada batas maksimum dan mulai terjadi pergeseran dan akhirnya terjadi patahan secara tiba-tiba. Gempa bumi akan terjadi apabila ada penumpukan energi pada batas lempeng bersifat konvergen (bertumbukan), divergen (saling menjauh), dan transform (berpapasan) atau pada patahan dan blok batuan tersebut tidak mampu menahan batas elastisitasnya, sehingga energi yang tersimpan akan dilepaskan dalam bentuk rangkaian gelombang seismik yang dikenal sebagai gempa bumi (Supartoyo & Surono, 2008).

Dampak dari suatu kejadian gempa bumi tergantung dari magnitudo, jarak pusat gempa bumi terhadap lokasi pemukiman, dan kedalaman pusat gempa bumi. kejadian gempa bumi yang terletak di darat dengan kedalaman dangkal dan dekat dengan pemukiman berpotensi mengakibatkan bencana meskipun magnitudonya tidak terlalu besar (Hidayati dkk., 2014).

2.2.1 Jenis Gempa Bumi

Jenis gempa bumi dapat dibedakan berdasarkan penyebab terjadinya dan kedalamannya.

a. Berdasarkan Penyebab

- 1) Gempa tektonik, yaitu gempa bumi yang berasal dari pergeseran lapisan-lapisan batuan sepanjang bidang sesar di dalam bumi.
- 2) Gempa vulkanik, yaitu gempa bumi yang berasal dari gerakan magma karena aktivitas gunung berapi.
- 3) Gempa longsor atau runtuh, yaitu gempa bumi yang terjadi karena aktivitas runtuh pada daerah pertambangan atau daerah tanah longsor.
- 4) Gempa tumbukan, yaitu gempa bumi yang terjadi karena tumbukan meteor atau asteroid yang jatuh ke permukaan bumi.
- 5) Gempa buatan, yaitu getaran gempa bumi yang terjadi karena adanya aktivitas manusia di kulit bumi yang menyebabkan getaran yang cukup kuat.

b. Berdasarkan Kedalaman

- 1) Gempa bumi dalam
Gempa bumi dalam adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi (di dalam kerak bumi). Gempa bumi dalam pada umumnya tidak terlalu berbahaya
- 2) Gempa bumi menengah
Gempa bumi menengah adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada antara 60 km sampai 300 km di bawah permukaan bumi. Gempa bumi menengah pada umumnya menimbulkan kerusakan ringan dan getarannya lebih terasa.
- 3) Gempa bumi dangkal
Gempa bumi dangkal adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada kurang dari 60 km di bawah permukaan bumi. Gempa bumi ini pada umumnya menyebabkan kerusakan yang besar.

2.2.2 Mekanisme Gempa Bumi

Secara umum, ada tiga jenis patahan atau sesar menurut mekanismenya, yaitu sesar naik (*thrust fault atau reverse fault*), sesar mendatar atau sesar geser (*strike slip*), dan sesar normal (*normal fault*).

Gempa terjadi ketika suatu batuan patah, baik itu patah naik, patah dan bergeser, maupun patah turun. Patahan tersebut terjadi karena batuan mengalami tekanan ataupun tarikan secara terus menerus. Apabila elastisitas batuan sudah jenuh, maka batuan akan patah untuk melepaskan energi dari tekanan dan tarikan tersebut. Disaat menerima tekanan, batuan akan terbelokkan, dan setelah melepaskan energinya batuan akan kembali ke bentuk semula. Peristiwa ini dikenal dengan istilah *elastic rebound theory*.

2.2.3 Magnitudo Gempa Bumi

Magnitudo gempa adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya energi seismik yang dipancarkan oleh sumber gempa. Besaran ini akan berharga sama, meskipun dihitung dari tempat yang berbeda. Skala yang kerap digunakan untuk menyatakan magnitudo gempa ini adalah Skala Richter.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tidak lagi menggunakan satuan Skala Richter untuk menyatakan kekuatan gempa bumi. BMKG mengganti penyebutan kekuatan gempa bumi dari Skala Richter (SR) menjadi Magnitudo (M) sejak 2008. Skala Richter (SR) merupakan satuan yang sebenarnya sebutan apresiasi kepada Charles Richter yang merupakan penemu tipe magnitudo lokal pada tahun 1935 di California, Amerika Serikat (Hermawan, 2019).

Selain Skala Richter, ada beberapa definisi magnitudo yang dikenal dalam kajian gempa bumi, yaitu M_s yang diperkenalkan oleh Gutenberg menggunakan fase gelombang permukaan gelombang Rayleigh, m_b (*body waves magnitudo*) diukur berdasar amplitudo gelombang badan, baik gelombang P maupun S.

Gelombang P atau gelombang primer adalah salah satu dari dua jenis gelombang seismik, sering juga disebut gelombang tanah (dinamakan demikian karena merambat di dalam tanah) adalah gelombang yang ditimbulkan oleh gempa

bumi dan terekam oleh seismometer. Nama tersebut terutama berasal dari fakta bahwa jenis gelombang ini memiliki kecepatan paling tinggi dibandingkan gelombang-gelombang seismik lainnya dan pertama kali tiba pada setiap stasiun pengukuran seismik, dimana jenis gelombang berikutnya yang datang dinamakan gelombang S atau gelombang sekunder. Hal ini berarti bahwa partikel-partikel yang berada di dalam tanah (tubuh dari bumi) memiliki vibrasi-vibrasi sepanjang atau sejajar dengan arah perambatan energi dari gelombang yang merambat tersebut.

2.2.3.1 Magnitudo Lokal

Magnitudo lokal pertama kali diperkenalkan oleh Richter di awal tahun 1930-an dengan menggunakan data kejadian gempa bumi di daerah California. Nilai amplitudo yang digunakan untuk menghitung magnitudo lokal adalah amplitudo maksimum gerakan tanah (dalam mikro) yang tercatat oleh seismograf torsi Wood-Anderson, yang mempunyai periode natural = 0,8 sekon, magnifikasi (perbesaran) = 2800, dan faktor redaman = 0,8. Jadi persamaan magnitudo lokal tidak dapat diterapkan di luar California dan data amplitudo yang dipakai harus yang tercatat oleh jenis seismograf di atas.

2.2.3.2 Magnitudo Gelombang Badan

Magnitudo gempa yang diperoleh berdasar amplitudo gelombang badan (P atau S) disimbolkan dengan m_b . Dalam prakteknya (di USA), amplitudo yang dipakai adalah amplitudo gerakan tanah maksimum dalam mikron yang diukur pada tiga gelombang yang pertama dari gelombang P (seismogram periode pendek, komponen vertikal), dan periodenya adalah periode gelombang yang mempunyai amplitudo maksimum tersebut.

2.2.3.3 Magnitudo Gelombang Permukaan

Magnitudo yang diukur berdasar amplitudo gelombang permukaan disimbolkan dengan m_s . Secara praktis (di USA) amplitudo gerakan tanah yang dipakai adalah amplitudo maksimum gelombang permukaan, yaitu gelombang Rayleigh dan periodenya diukur pada gelombang dengan amplitudo maksimum tersebut.

2.2.4 Parameter Gempa Bumi

Parameter gempa bumi merupakan informasi yang berkaitan dengan kejadian gempa bumi. Parameter gempa bumi meliputi waktu kejadian (*origin time*), lokasi episenter, kedalaman sumber gempa bumi, dan magnitudo.

a. Waktu kejadian gempa bumi (*origin time*)

Waktu kejadian gempa bumi (*origin time*) adalah waktu terlepasnya akumulasi tegangan (*stress*) yang berbentuk penjalaran gelombang gempa bumi dan dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinate*).

b. Episenter

Episenter adalah titik di permukaan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari hiposenter atau fokus gempa bumi. Lokasi episenter dibuat dalam sistem koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur.

c. Kedalaman sumber gempa bumi

Kedalaman sumber gempa bumi adalah jarak hiposenter dihitung tegak lurus dari permukaan bumi. Kedalaman dinyatakan oleh besaran jarak dalam satuan kilometer/ (km).

d. Magnitudo

Magnitudo gempa bumi adalah parameter gempa bumi yang berhubungan dengan besarnya kekuatan gempa bumi di sumbernya. Jadi pengukuran magnitudo yang dilakukan di tempat yang berbeda, harus menghasilkan harga yang sama walaupun gempa bumi yang dirasakan di tempat-tempat tersebut tentu berbeda.

e. Intensitas gempa bumi

Intensitas gempa bumi merupakan ukuran gempa bumi yang oertama kali digunakan untuk menyatakan besar gempa bumi sebelum manusia dapat mengukur besarnya gempa bumi dengan alat. Ukuran ini dapat diketahui dengan cara melakukan pengamatan langsung efek gempa bumi terhadap manusia, struktur bangunan dan lingkungan pada suatu lokasi tertentu.

Intensitas gempa bumi dinyatakan dalam skala Mercally yang biasa disebut MMI (*Modified Mercally Intensity*). Skala gempa bumi MMI bersifat kualitatif, skala intensitas ini sangat subjektif dan bergantung pada lokasi di mana gempa terjadi. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) menetapkan skala intensitas gempa bumi terbaru yang disesuaikan dengan wilayah Indonesia seperti dijelaskan pada Tabel 2.1.

2.3 Parameter Seismik (nilai a)

Nilai a menunjukkan keaktifan seismik pada suatu daerah. Keaktifan seismik juga dipengaruhi oleh tingkat kerapuhan batuan. Menurut Hariani (2018) tingkat seismisitas pada suatu daerah yang sedang diamati bergantung dari periode pengamatan, luas daerah pengamatan, dan seismisitas pada daerah tersebut.

Semakin besar nilai a pada suatu daerah berarti daerah tersebut memiliki aktivitas seismik yang tinggi, sebaliknya untuk nilai a yang rendah berarti aktivitas seismiknya juga rendah (Nuannin, 2006; Rusdin, 2009).

2.4 Parameter Tektonik (nilai b)

Secara teori b -value merupakan parameter keadaan tektonik suatu daerah di mana terjadi gempa bumi tergantung dari sifat batuan setempat dan berdasarkan hasil penelitian para ahli sebelumnya menyatakan bahwa nilai b yang tinggi memiliki tingkat kerapuhan batuan yang tinggi dan daya tahan batuan terhadap *stress* rendah, sedangkan b -value yang kecil berarti kecil pula tingkat kerapuhan batuan dan daya tahan batuan terhadap *stress* besar (Priadi & Arifin, 2017). Banyak ahli mengatakan bahwa nilai b bergantung pada karakter tektonik dan tingkat *stress* atau struktur material suatu wilayah (Rohadi, 2009; Rachmawati, 2014).

nilai b adalah parameter tektonik suatu daerah, dimana terjadi gempa bumi dan tergantung dari sifat batuan setempat. Dengan kata lain nilai b adalah parameter tektonik yang menunjukkan jumlah relatif dari getaran yang kecil hingga besar.

Nilai b secara teoritis tidak bergantung pada periode pengamatan, tetapi hanya bergantung pada sifat tektonik dari gempa bumi sehingga dapat dianggap sebagai suatu parameter karakteristik suatu gempa bumi untuk daerah tektonik aktif.

Tabel 2. 1 Skala Intensitas Gempa Bumi BMKG

Skala SIG BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	TIDAK DIRASAKAN	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat	I-II	<2,9
II	Hijau	DIRASAKAN	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-V	2,9-88
III	Kuning	KERUSAKAN RINGAN	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, genteng bergeser ke bawah dan sebagian berjayuhan.	VI	89-167
IV	Jingga	KERUSAKAN SEDANG	Banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar genteng bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	168-564
V	Merah	KERUSAKAN BERAT	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	≥564

Sumber: (BMKG) <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg> [diakses

10 November 2019]

2.5 Periode Ulang Gempa Bumi

Prediksi periode ulang gempa bumi diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu jangka panjang (skala waktu 10 hingga 100 tahun), jangka menengah (skala waktu 1 hingga 10 tahun), dan jangka pendek (Hayakawa & Hobara, 2010).

Beberapa metode dapat menentukan kemungkinan bahwa gempa bumi yang akan terjadi dalam waktu yang ditentukan, kemungkinan ini didasarkan pada informasi tentang kejadian gempa di masa lalu di wilayah tertentu dan asumsi dasar bahwa aktivitas seismik di masa depan akan mengikuti pola aktivitas di masa lalu (Jafari, 2010).

2.6 Metode *Likelihood*

Metode *likelihood* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung parameter keaktifan gempa bumi. Metode ini memiliki keunggulan, di mana dalam menghitung secara statistik nilai parameter keaktifan gempa bumi, kelas interval magnitudo dapat diatur sedemikian rupa untuk menghindari kekosongan magnitudo pada kelas interval tertentu.

Dalam metode *likelihood*, nilai a dan b dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$b = \frac{\log e}{M - M_0} \quad (2.1)$$

dan

$$a = \log N + \log b \ln 10 + M_0 b \quad (2.2)$$

dengan M adalah magnitudo rata-rata gempa, M_0 adalah magnitudo minimum dan N adalah jumlah gempa dengan magnitudo lebih atau sama dengan 5,0. Menurut Peter (1965) indeks seismisitas gempa dengan magnitudo besar atau sama dengan 5,0 menggambarkan total kejadian gempa bumi rata-rata per tahun dan dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut

$$N = 10^{a' - M_0 b} \quad (2.3)$$

dengan $a' = a - \log(b \ln 10)$. Selanjutnya periode ulang gempa bumi (θ) dalam satuan tahun dan ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut

$$\theta = \frac{1}{N} \quad (2.4)$$

2.7 Mitigasi Gempa Bumi

Mitigasi adalah suatu proses berbagai tindakan pencegahan untuk meminimalkan dampak negatif bencana terhadap manusia, harta benda, infrastruktur, dan lingkungan. Kesiapan bencana mencakup peramalan dan pengambilan keputusan tindakan-tindakan pencegahan sebelum munculnya ancaman, di dalamnya meliputi pengetahuan tentang gejala munculnya bencana, gejala awal bencana, pengembangan dan pengujian secara teratur terhadap sistem peringatan dini, rencana evakuasi atau tindakan lain yang harus diambil selama periode waspada untuk meminimalisir kematian dan kerusakan fisik yang mungkin terjadi (Noor, 2013). Mitigasi mencakup perencanaan dan pelaksanaan tindakan-tindakan untuk mengurangi risiko yang terkait dengan bahaya-bahaya yang ditimbulkannya (Abdillah, 2010).

Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2008 Tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana). Dalam mitigasi bencana dilakukan tindakan-tindakan antisipatif untuk meminimalkan dampak dari bencana yang terjadi.

Usaha-usaha yang perlu dilakukan dalam mitigasi bencana gempa bumi untuk mencegah risiko gempa bumi dan korban berjatuh adalah dengan cara melakukan pemantauan peristiwa gempa, pemetaan sesar aktif untuk mengetahui sejarah keaktifan sesar sebagai perkiraan besarnya magnitudo gempa bumi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Periode ulang gempa bumi menggunakan metode *likelihood* pada zona 1 dengan magnitudo ≥ 5 ; $\geq 5,5$; ≥ 6 ; $\geq 6,5$; dan ≥ 7 berturut-turut adalah 1,25; 4,35; 10; 50; dan 188,7 tahun.
2. Periode ulang gempa bumi menggunakan metode *likelihood* pada zona 2 dengan magnitudo ≥ 5 ; $\geq 5,5$; ≥ 6 ; $\geq 6,5$; dan ≥ 7 berturut-turut adalah 5,556; 11,4; 22,73; 45,45; dan 90,91 tahun.
3. Nilai *a* (keadaan seismisitas) pada zona 1 dan zona 2 berturut-turut adalah 7,74 dan 4,37 yang menunjukkan aktivitas kegempaan di zona 1 lebih tinggi dibandingkan pada zona 2.
4. Nilai *b* (keadaan tektonik) pada zona 1 dan zona 2 berturut-turut adalah 1,09 dan 0,6 yang menunjukkan tingkat *stress* batuan pada zona 1 lebih rendah dibandingkan pada zona 2.
5. Indeks seismisitas gempa bumi pada zona 1 dengan magnitudo ≥ 5 ; $\geq 5,5$; ≥ 6 ; $\geq 6,5$; dan ≥ 7 berturut-turut adalah 0,8; 0,23; 0,10; 0,02; dan 0,0053.
6. Indeks seismisitas gempa bumi pada zona 2 dengan magnitudo ≥ 5 ; $\geq 5,5$; ≥ 6 ; $\geq 6,5$; dan ≥ 7 berturut-turut adalah 0,18; 0,08; 0,044; 0,022; dan 0,011.
7. Grafik kejadian gempa bumi pada zona 1 menunjukkan adanya perulangan gempa pada saat terjadi pola penurunan magnitudo.
8. Grafik kejadian gempa bumi pada zona 2 menunjukkan adanya perulangan kejadian gempa dalam kisaran 34 tahun.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk:

1. Dilakukan penelitian kembali beberapa tahun ke depan agar data gempa bumi yang digunakan lebih banyak lagi sehingga pola kegempaan lebih terlihat dan memiliki peluang hasil yang lebih baik dan akurat.

2. Data periode ulang gempa bumi yang dihasilkan dapat diserahkan kepada instansi terkait untuk ditinjau kembali agar dapat digunakan sebagai bahan prediksi dan mitigasi bencana gempa bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah. (2010). Analisis Keaktifan dan Resiko Gempa Bumi pada Zona Subduksi Daerah Pulau Sumatera dan Sekitarnya dengan Metode Least Square. Skripsi Fisika Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Abidin, H. Z., Andreas, H., Meilano, I., Gamal, M., Gumilar, I., & Abdullah, C. I. (2009). Deformasi Koseismik dan Pascaseismik Gempa Yogyakarta 2006 dari Hasil Survei GPS. *Jurnal Geologi Indonesia*, 4(4), 275-284.
- Afryan, S. (2017). Implementasi Kebijakan Peraturan Bupati Bandung Nomor 53 Tahun 2010 Tentang Rincian Tugas, Fungsi dan Tata Kerja Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Bandung dalam Manajemen Bencana. Skripsi Administrasi Publik Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). (2016). *Skala MMI (Modified Mercalli Intensity)*. Tersedia dari: <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg> (diakses 10 November 2019).
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2012). *Buku Saku Tanggap, Tangkas Tangguh Menghadapi Bencana*.
- Beiser & Arthur. (1999). *Konsep Fisika Modern* (Edisi keempat). Jakarta: Erlangga.
- Budiman, A., Nandia, R., & Gunawan, M. T. (2011). Analisis Periode Ulang dan Aktivitas Kegempaan pada Daerah Sumatera Barat dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmu Fisika*, 3(2), 55-61.
- Daryono, Sutikno, Sartohadi, J., Dulbahri, & Brotopuspito, K. S. (2009). Pengkajian Local Site Effect di Graben Bantul Menggunakan Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor. *Jurnal Kebencanaan Indonesia*, 2(1), 456-467.
- Elnashai, S. A., dan Sarno, D. L. (2008). *Fundamental of Earthquake Engineering*. Hongkong: Wiley.
- Farrel, J., Stephan, H., & Robert, B. S. (2009). Earthquake Swarm and b-value Characterization of the Yellowstone Volcano Tectonic System. *Jurnal of Volcanology and Geothermal Research*, 188(2009), 260-276.
- Gadallah, Mamdouh R., & Fisher, R. (2009). *Exploration Geophysics*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hamdani, F. (26 Juni 2015) Internet. 'Analisis Gempa Bumi Yogyakarta 27 Mei 2006'. Tersedia dari Kompasiana: https://www.kompasiana.com/fuad_a

[hamdani/550f430c8133111332bc61af/analisis-gempa-bumi-yogyakarta-27-mei-2006](https://doi.org/10.24127/hamdani/550f430c8133111332bc61af/analisis-gempa-bumi-yogyakarta-27-mei-2006) (diakses 13 Agustus 2019).

- Hariani. (2018). Karakteristik Tektonik dan Periode Ulang Gempa Bumi pada Sesar Matano Sulawesi Selatan. Skripsi Fisika Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Hartini, E. R. (2009). *Buku pintar Gempa*. Yogyakarta: Diva Press.
- Hayakawa, M., & Hobara, Y. (2010). Current Status of Seismo-electromagnetics for Short-term Earthquake Prediction. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 1(2), 115-155.
- Hermawan (15 November 2019) Internet. 'Perbedaan Skala Richter dan Magnitudo untuk Gempa'. Tersedia dari <https://www.tagar.id/perbedaan-skala-richter-dan-magnitudo-untuk-gempa> (diakses 20 Desember 2019).
- Hidayati, S. (2010). *Pengenalan Seismologi Gunung Api*. Bandung: Diklat Pelaksana Pemula Pengamat Gunungapi Baru, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Hidayati, S., Supartoyo, & Irawan, W. (2014). The influence of Fault Mechanism to the Aceh Tengah's Earthquake on July 2 2013. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 5(2), 79-91.
- Jafari, M. A. (2010). Statistical Prediction of the Next Great Earthquake Around Tehran, Iran. *Journal of Geodynamics*, 49(1), 14-18.
- Kearey, P., Brooks, M., & Hill, I. (2002). *An Introduction to Geophysical Exploration Third Edition*. Blackwell Science Ltd.
- Munir, M. (2003). *Geologi Lingkungan*. Malang: Bayu Media Publishing.
- Muryanto, R., Iqbal, T., & Bambang, K. C. (2018). Development and Definition of Prambanan Temple Deformation Monitoring Control Points. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 1(2), 81-86.
- Naryanto, H. S., & 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*, 10(2), 37-47.
- Noor, D. (2013). *Pengantar Mitigasi Bencana Geologi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Nuannin, P. (2006). The Potential of b-value Variation as Earthquake Precursor for Small and Large Events. Disertasi Fakultas Sains dan Teknologi Uppsala Universitet.

- Onajite, E. (2014). *Seismic Data Analysis Techniques in Hydrocarbon Exploration*. Oxford, UK: Elsevier's Science and Technology Rights Department.
- Pasau, G., & Tanauma, A. (2011). Pemodelan Sumber Gempa di Wilayah Sulawesi Utara Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2), 202-209.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008 Tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Peter, W. M. (1965). Statistical Analysis of Earthquake Occurrence in Japan. *BIISEE*, 2, 1-27.
- Priadi, R., & Arifin, J. (2017). Penentuan Nilai B-Value Untuk Identifikasi Kerentanan Batuan Dengan Mempertimbangkan Nilai Slowness Pada Wilayah Pidie Jaya. *Jurnal Fisika*, 7(1), 9-15.
- Rahmawati, N. H. (2014). Hubungan b value dengan Frekuensi Kejadian dan Magnitudo Gempa Bumi Menggunakan Metode Gutenberg-Richter di Sulawesi Tengah Periode 2008—2014. *Jurnal Fisika*, 3(2), 84-88.
- Rohadi, S. (2009). Studi Seismotektonik Sebagai Indikator Potensi Gempabumi di Wilayah Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 10(2), 111-120.
- Ruff, L. J. (2002). State of Stress within the Earth. *International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology, Part A*, 539-558.
- Rusdin, A. A. (2009). Analisa Statistik Seismisitas Sulawesi Selatan dan Sekitarnya (Tahun 1938-2008). Jakarta: Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Sari, Y. P. (2016). Studi Mitigasi Bencana Gempabumi dengan Pemetaan Mikrozonasi Daerah Makassar Sulawesi Selatan Menggunakan Data Mikrotremor berdasarkan Analisis HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). Skripsi Teknik Geofisika Universitas Lampung.
- Sulaeman, C., Dewi, L. C., dan Triyoso, W. (2008). Karakteristik Sumber Gempa Yogyakarta 2006 Berdasarkan Data GPS. *Jurnal Geologi Indonesia*, 3(1), 49-56.
- Supartoyo & Surono. (2008). Katalog Gempa Bumi Merusak di Indonesia tahun 1629-2007. PVMBG, Badan Geologi.
- Susilawati. (2008). Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa Pada Penelaahan Struktur Bagian Dalam Bumi. Sumatera Utara: USU e-Repository.
- Telford, M. W., Geldart, L. P., Sheriff, R.E., & Keys, D. A. (1976). *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press.

- Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana. Lembaran Negara RI Tahun 2007, No. 66. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Vavrycuk, V. (2015). *Earthquake mechanisms and Stress Field*. Czech Republik: Czech Academy of Sciences.
- Wahyuni, A., Ahmad, N. F., Nurhidayanti., Astuti, S., & Indah. (2017). Analisis Besar Kecepatan Gelombang Primer pada Stasiun BMKG Wilayah IV Makassar. *Jurnal Fisika dan Terapannya*, 4(2), 169-173.
- Wibowo, N. B., & Sembri, J. N. 2017. Analisis Seismisitas dan Energi Gempabumi di Kawasan Jalur Sesar Opak-Oyo Yogyakarta. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 7(2), 82 – 90.
- Zang, A., & Stephansson, O. (2010). *Stress Field of the Earth's Crust*. New York: Springer.
- Zoback, M. D. (2007). *Reservoir Geomechanics*. Cambridge: Cambridge University Press.