

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. GEOLOGI LINGKUNGAN

Pada hakekatnya, perencanaan pengembangan suatu wilayah adalah menetapkan kelayakan wilayah tersebut untuk menerima perubahan fungsi sesuai dengan bobot dan kemampuannya (Prayoga, 2008). Perubahan fungsi ini memerlukan analisis tentang kemampuan lahan untuk menerima perubahan, serta kesesuaian lahan akan fungsinya yang baru. Penggunaan lahan yang sudah ada atau sedang dilakukan tentu saja akan mempengaruhi penggunaan lahan yang akan direncanakan untuk masa mendatang. Apabila penggunaan lahan yang sekarang sudah tepat atau sesuai, penggunaan lahan selanjutnya tinggal menyesuaikan dan melestarikannya. Apabila terdapat penggunaan lahan yang belum sesuai dengan sumber daya yang ada atau terdapat benturan dalam penggunaan lahan, maka harus dicari penggunaan lahan terbaik berdasarkan keuntungan yang diperoleh, Sitorus (1985). Dengan kata lain kemampuan dan daya dukung geologi lingkungan harus dicari yang paling sesuai terhadap penggunaan lahan tersebut.

Geologi lingkungan dapat diartikan sebagai penerapan informasi geologi dalam pembangunan terutama untuk meningkatkan kualitas lingkungan dan untuk meminimalkan degradasi lingkungan sebagai akibat perubahan-perubahan yang terjadi dari pemanfaatan sumberdaya alam (Noor, 2005). Pakar kebumihan yang lain, Hadiwidjoyo (1994) menyatakan Geologi tatalingkungan merupakan pengetahuan

tentang geologi yang berhubungan dengan pengumpulan, pembahasan dan penerapan data dan asas geologi untuk mengatasi permasalahan yang timbul akibat permukiman dan penggunaan alam lingkungan, termasuk juga penggunaan sejauh mungkin ruang dan sumber bahan yang susut dengan cepat, dan menekan sejauh mungkin akibat merugikan karena ulah manusia di bumi. Senada dengan hal itu, Montgomery (2011) menyatakan bahwa geologi lingkungan adalah pengetahuan geologi yang diaplikasikan kepada kehidupan. Pengetahuan geologi yang sangat terkait dengan lingkungan di sekitar makhluk hidup, dan pengaruh timbal baliknya terhadap makhluk hidup tersebut, dengan memahami proses proses geologi, pengaruh bencana terhadap aktivitas manusia, aspek geologi terhadap polusi dan persoalan pembuangan limbah, serta alternatif solusi pemecahannya.

Reichard (2011), menyatakan bahwa geologi lingkungan adalah prinsip dalam geologi dan pengetahuan yang digunakan untuk mengkaji permasalahan yang bersumber dari interaksi antara manusia dan lingkungan geologi. Sedangkan menurut Keller (2008), geologi lingkungan diartikan sebagai aplikasi dari informasi geologi untuk semua spektrum interaksi antara orang – orang dan lingkungan fisik, terutama untuk membantu dalam menyelesaikan konflik penggunaan lahan, untuk meminimalisir degradasi lingkungan, dan untuk memaksimalkan hasil yang menguntungkan dengan menggunakan kondisi alam dan lingkungan yang sudah dimodifikasi Naki dkk (2017), menyatakan bahwa geologi lingkungan didefinisikan sebagai sebuah disiplin ilmu saintifik yang berkecimpung dalam bahasan mengenai interaksi antara manusia dan lingkungan geologi.

Secara garis besar, kedua hal tersebut (manusia dan lingkungan) secara simultan saling mempengaruhi. Sebagai gambaran, bencana alam yang terjadi di lingkungan seperti gempa bumi, gunung meletus, tsunami, dan beberapa bencana lain secara langsung maupun tidak langsung berdampak pada kehidupan manusia. Di sisi lain, aktivitas manusia mampu memberikan dampak kepada lingkungan seperti pada tanah, air, udara, dan lain sebagainya. Selain aktivitas langsung seperti pencemaran lingkungan dan perusakan alam; pertumbuhan penduduk secara tidak langsung berpengaruh terhadap keseimbangan alam, yang sangat penting untuk diperhatikan dalam kajian geologi lingkungan.

Menurut Isnawan dkk (2017), dipaparkan bahwa geologi lingkungan merupakan bagian penting dari geologi yang sangat berguna untuk kehidupan manusia secara langsung, yakni dengan memahami karakteristik dari lingkungan, akan dapat menentukan kondisi dan kelayakan lingkungan sebagai sarana kehidupan nantinya.

Batasan dari ruang lingkup dalam mengkaji geologi lingkungan secara umum menurut Keller (2008) mengacu pada beberapa aspek berikut:

1. Pertumbuhan populasi manusia (*Human Population Growth*)
2. Kestinambungan/Keberlanjutan (*Sustainability*)
3. Bumi sebagai Suatu Sistem (*Earth as A System*)
4. Proses di Bumi yang Berbahaya (*Hazardous Earth Processes*)
5. Pengetahuan dan Nilai Saintifik (*Scientific knowledge and values*)

Lingkup pertama yang dijadikan acuan adalah masalah perubahan angka populasi manusia yang nilainya selalu positif alias bertumbuh. Hal ini lebih lanjut memicu

adanya peningkatan permasalahan lingkungan, yakni semakin banyak manusia yang berkembangbiak dan bertumbuh, maka semakin intensif aktivitas yang dilakukan. Aktivitas apapun mulai dari pemanfaatan lahan, eksploitasi sumberdaya, hingga kemajuan teknologi secara signifikan mempengaruhi kondisi lingkungan ke arah yang cenderung negatif. Semakin banyak populasi yang bertambah, semakin banyak sumberdaya yang dibutuhkan, dan kebutuhan teknologi yang menuntut lebih banyak sumberdaya yang diambil, sehingga semakin besar gangguan lingkungan yang akan ditimbulkan.

Lingkup kedua adalah kesinambungan lingkungan. Kesinambungan dapat diartikan sebagai pengembangan sumberdaya yang menjamin generasi mendatang tetap dapat menikmati dalam jumlah yang setara. Definisi lain adalah jenis pengembangan yang memperhatikan aspek ekonomi secara berkelanjutan, tidak membahayakan lingkungan, dan juga kondisi sosial.

Lingkup ketiga adalah memahami bahwa bumi tempat berpijak adalah sebuah sistem. Sistem sendiri adalah segala bagian dari alam semesta yang dapat kita pilih untuk dikaji. Hampir semua sistem mengandung beberapa bagian yang membentuk sebuah fungsi yang apabila terjadi perubahan pada satu komponen akan membawa dampak atau perubahan pada komponen lainnya. Sebagai gambaran, komponen dalam sistem bumi kita antara lain air, tanah, atmosfer, dan manusia. Kesemua komponen tersebut apabila bekerja secara normal dan stabil akan menjaga keseluruhan sistem dari bumi tetap berlangsung.

Lingkup keempat adalah proses bumi yang berbahaya atau dapat menimbulkan bencana maupun kerusakan. Kerusakan yang ditimbulkan bumi dalam bentuk

bencana alam hakikatnya adalah proses alamiah yang bekerja secara normal di Bumi. Proses yang merusak tersebut dapat juga berasal dari aktivitas manusia itu sendiri seperti penebangan liar, pembakaran hutan, pembukaan lahan pertanian, dan urbanisasi.

Lingkup kelima adalah pengetahuan dan nilai saintifik hasil penelitian yang dilakukan secara implisit dapat membantu dalam menyelesaikan masalah lingkungan. Seberapa jauh masalah lingkungan dapat dipecahkan dapat menggambarkan seberapa besar kita menilai keberadaan lingkungan itu sendiri dan pengaruhnya terhadap manusia.

Peranan ilmu geologi dalam proses pengembangan sebuah wilayah adalah sebagai penyedia data geologi lingkungan. Data geologi diperlukan untuk memberikan informasi guna mendukung persiapan dan pelaksanaan perencanaan dan peraturan dalam sebuah proses pengembangan wilayah. Proses pengembangan wilayah membutuhkan sarana informasi yang tepat mengenai sumber daya alam, kuantitas dan kualitasnya serta potensi bencana alam. Informasi ini menjadi sangat penting dalam proses penataan wilayah, karena (Christina, 1997 dalam Prayoga, 2008) :

1. Kemampuan daya dukung lingkungan alam ditentukan oleh kondisi atau karakteristik sumberdaya alam yang terdiri dari unsur – unsur utama yaitu air, tanah, mineral dan batuan.
2. Pada dasarnya informasi geologi adalah informasi fisik ruang yang merupakan salah satu penentu pola pemanfaatan ruang suatu wilayah. Kondisi geologi sebagai sumberdaya alam merupakan potensi juga

mengandung kendala yang perlu dikaji secara mendalam dalam proses perencanaan tata ruang.

Dalam analisis geologi pengembangan wilayah, harus dilakukan secara langsung ke lapangan atau dikenal sebagai metoda langsung, sehingga perlu dikaji beberapa kriteria geologi guna menunjang proses Analisis Geologi Pengembangan Wilayah.

Adapun kriteria tersebut antara lain :

1. Kondisi bentang alam yang sesuai
2. Kondisi tanah yang mampu mendukung fisik bangunan.
3. Kualitas dan kuantitas cadangan air.
4. Keadaan lahan dan lereng yang stabil bagi gerakan massa tanah dan batuan.
5. Wilayah yang bebas dari bencana kebumihan.

Pengembangan wilayah pada hakikatnya adalah langkah-langkah yang ditempuh didasarkan pada permasalahan suatu wilayah secara keseluruhan dan beranjak dari ciri (karakteristik) perkembangan sosial ekonomi wilayah, bukan dari masalah sektoral. Namun pengembangan wilayah tidak bisa terlepas dari pembangunan sektoral, sebab upaya pengembangan wilayah disusun kerangkanya dengan pelaksanaan dan pengisian oleh pembangunan sektoral. Apabila pengembangan wilayah dilakukan tanpa suatu kerangka, maka kemungkinan pembangunan sektoral akan berdiri sendiri dan tidak memberikan hasil yang optimal bagi pembangunan wilayah keseluruhan (komprehensif), (Firman T, 1997, dalam Ma'rif 1998)

2.2. PESISIR

Wilayah pesisir merupakan wilayah peralihan antara daratan dan perairan laut. Pada wilayah laut, pesisir merupakan wilayah perairan paparan benua (*continental shelf*), pada batas terjauh terpengaruh oleh proses-proses alami di daratan ke laut, misalnya sedimen, aliran air tawar, banjir, dan lainnya yang dihitung dari garis pantai pada saat surut terendah, serta daerah-daerah laut yang dipengaruhi oleh kegiatan-kegiatan manusia di daratan. Pada wilayah darat, wilayah pesisir mencakup wilayah daratan yang masih terkena pengaruh hidroklimat laut yakni pasang-surut, intrusi air asin, angin laut (Puryono dkk., 2019).

Batas wilayah pesisir menurut Dahuri dkk (2008):

1. Batas wilayah pesisir ke arah darat pada umumnya adalah jarak antara arbitrer dan rata-rata pasut tinggi (*Mean High Tide*) dan batas ke arah laut, sesuai dengan yuridiksi di masing-masing provinsi
2. Untuk Kepentingan pengelolaan, batas wilayah pesisir terdiri dari
 - a) Wilayah perencanaan (*Planing Zone*): sebaiknya meliputi daerah daratan (hulu) apabila terdapat kegiatan manusia (pembangunan) yang dapat memberikan dampak secara nyata pada wilayah pesisir
 - b) Wilayah Pengaturan (*regulation zone*)
 - c) Wilayah pengelolaan keseharian (*day-to-day management*)
3. Batas ke arah darat pada suatu wilayah pesisir dapat berubah-ubah, seperti contohnya negara bagian California pada tahun 1972, batas wilayah pesisirnya sejauh 1000 m dari garis rata-rata pasut tinggi, kemudian sejak

tahun 1977 batas tersebut menjadi batas arbitrer yang bergantung pada isu pengelolaan

Wilayah pesisir merupakan wilayah pertemuan antara daratan dan lautan, ke arah darat meliputi bagian daratan, baik yang kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi oleh sifat-sifat dari laut, misalnya pasang surut, angin laut, dan perembesan air asin. Ke arah laut, wilayah pesisir masih dipengaruhi oleh sifat-sifat yang berasal dari daratan misalnya sedimentasi dan aliran air tawar, maupun yang disebabkan karena kegiatan manusia yang ada di darat, misalnya pengggundulan hutan, dan adanya pencemaran. Jadi, garis batas wilayah pesisir sebenarnya tidak ada, dan masih dipengaruhi oleh kondisi setempat. Sebagai contoh, ada beberapa daerah pesisir yang landau dengan sungai yang besar seperti: Sungai Kapuas (Kalimantan Barat), sungai Mahakam (Kalimantan Timur), dan sungai Musi (Sumatera Selatan), beberapa wilayah ini mempunyai garis batas pesisir yang jauh dari pantai. Pada suatu tempat yang mempunyai pantai yang curam, maka langsung berbatasan dengan laut dalam dan wilayah pesisirnya akan sempit (Supriharyono, 2007).

Wilayah pesisir merupakan daerah peralihan laut dan daratan. Kondisi tersebut menyebabkan wilayah pesisir mendapatkan tekanan dari berbagai aktivitas dan fenomena di darat maupun di laut. Fenomena yang terjadi di daratan antara lain abrasi, banjir dan aktivitas yang dilakukan oleh masyarakat yaitu pembangunan permukiman, pembabatan hutan untuk persawahan, pembangunan tambak dan sebagai yang pada akhirnya memberi dampak pada ekosistem pantai (Pinto Z, 2014). Zona pesisir berada pada pengaruh lingkungan bumi dan lingkungan laut

sedangkan sumberdaya pesisir dan lautan berada diantara lingkungan bumi, laut dan aktivitas manusia. Sepertiga dari zona pesisir, dimana sumberdaya pesisir dan lautan berada sangat dekat dengan aktivitas manusia serta rentan terhadap perubahan. Tekanan yang sering terjadi di wilayah pesisir menurut Noor (2011), adalah:

1. Sebagai lahan tempat pembuangan limbah yang berasal dari aktivitas manusia dan juga pembuangan limbah laut seperti tumpahan minyak.
2. Tekanan penduduk, lebih dari 50% penduduk dunia tinggal di wilayah pesisir dan dua pertiga kota-kota yang populasinya sangat tinggi berada 60 kilometer dari garis pantai
3. Konflik kepentingan yang terjadi di daratan pesisir dan sumberdaya lautan yang dimanfaatkan antara beberapa sektor pembangunan.
4. Degradasi dari sistem pesisir dan sistem sumberdaya pesisir, seperti deforestasi hutan bakau, kerusakan terumbu karang yang menggunakan bahan peledak dan bahan kimia, penambangan pasir laut, pembendungan sungai, dan sebagainya.

US Comission on Marine Science, Engineering and Resources (CERC, 1969 dalam Noor 2011), wilayah pesisir dapat didefinisikan sebagai:

1. Wilayah yang berupa daratan kering dan ruang laut yang berdekatan (air dan daratan *submergence*) dimana ekologi daratan secara langsung berdampak pada ekologi ruang lautan.
2. Suatu wilayah yang mempunyai lebar area yang bervariasi yang dibatasi oleh benua dan dataran laut.

3. Secara fungsional, wilayah pesisir adalah suatu antarmuka yang luas lahan dan air, dimana produksi, konsumsi, dan proses pertukaran terjadi pada intensitas yang sangat tinggi.
4. Secara ekologi, wilayah pesisir adalah suatu area aktifitas biokimia yang dinamis akan tetapi kapasitasnya terbatas didalam mendukung berbagai bentuk kebutuhan manusia.
5. Secara geografis, batas daratan dari zona pesisir adalah sangat diperlukan karena tidak jelas (samar-samar).
6. Laut mungkin berdampak jauh ke arah daratan dari laut dengan intrusi air laut ke bawah tanah.

2.3. GEMPABUMI

Berdasarkan Undang–undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, didefinisikan bahwa Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Sedangkan bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempabumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Bencana alam pada dasarnya adalah proses alami. Proses-proses ini menjadi berbahaya ketika orang tinggal atau bekerja di daerah di mana mereka terjadi (Keller, 2008).

Gempabumi adalah getaran dalam bumi yang terjadi sebagai akibat dari terlepasnya energi yang terkumpul secara tiba-tiba dalam batuan yang mengalami perubahan bentuk (Noor, 2005). Secara umum, berdasarkan kejadiannya gempabumi terbagi menjadi dua jenis, yaitu gempabumi tektonik dan gempabumi vulkanik. Gempabumi tektonik adalah gerakan atau hentakan bumi secara tiba-tiba akibat pelepasan energi yang terakumulasi disebabkan oleh tumbukan lempeng litosfer, pergeseran sesar dari lepasan akumulasi energi di dalam bumi yang sifatnya sangat merusak, untuk suatu jangka waktu tertentu yang berasal dari suatu wilayah yang terbatas dan menyebarkan dari satu titik ke segala arah dengan peringatan dini yang sangat kecil (Thene, 2016). Gempabumi dapat diidentifikasi sebagai rambatan gelombang pada masa batuan/tanah yang berasal dari hasil tumbukan lempeng, letusan gunungapi, atau longsoran massa batuan/tanah. Hampir seluruh kejadian gempa berkaitan dengan suatu patahan, yaitu satu tahapan deformasi batuan atau aktivitas tektonik dan dikenal sebagai gempa tektonik. Sebaran pusat-pusat gempa (*epicenter*) di dunia tersebar di sepanjang batas-batas lempeng (*divergent, convergent, maupun transform*). Oleh karena itu, terjadinya gempabumi sangat berkaitan dengan teori tektonik lempeng.

Penyebaran pusat-pusat gempabumi sangat erat kaitannya dengan batas-batas lempeng. Gempa-gempa besar di dunia yang terjadi sebagian besar diakibatkan oleh gerakan lempeng bumi, jalur jalur gempa di Pulau Jawa kebanyakan berada di bagian selatan Pulau Jawa, pada daerah selatan Pulau Jawa terjadi tumbukan /subduksi antara lempeng Hindia-Australia di bagian selatan yang merupakan lempeng samudra dengan lempeng Eurasia di bagian utara yang merupakan

lempeng benua, contoh gempa besar akibat subduksi dua lempeng ini adalah gempabumi di Aceh pada tahun 2004 dengan magnitudo 9,0 SR, kemudian gempa Nias 2005 dengan kekuatan magnitudo 8,6 SR. Selain itu pada beberapa tempat gempa terjadi akibat pergeseran sesar aktif. Sesar yang terbentuk akibat gaya kompresional sangat berpotensi mengakibatkan gempa besar. Contoh gempabumi besar yang pernah terjadi di Indonesia diantaranya adalah gempabumi di Provinsi Yogyakarta pada bulan Mei 2006 berkekuatan 5,9 SR (Skala Richter). Selain itu juga gempabumi di Padang Sumatera Barat pada bulan Maret 2007 (skala 6,4 SR). Gempabumi di barat Bengkulu pada bulan September 2007 (berkekuatan 7,8 SR), (Yulaelawati dan Syihab, 2008)

Disamping gempa tektonik, diketahui juga gempa minor yang disebabkan longsor tanah, letusan gunungapi, dan aktivitas manusia. Gempa minor umumnya hanya dirasakan secara lokal dan getarannya sendiri tidak menyebabkan kerusakan yang signifikan atau kerugian harta benda maupun jiwa manusia. Intensitas dan magnitudo gempabumi yang terjadi dapat diketahui melalui alat yang disebut seismograf, yaitu suatu alat yang mencatat getaran seismik yang sangat peka. Alat ini disebar di berbagai tempat di permukaan bumi. Skala Richter adalah satuan yang dipakai untuk mengukur besarnya magnitudo suatu gempa. Magnitudo suatu gempa ditentukan atas besarnya amplitudo gelombang seismik yang tercatat di seismograf. Skala Richter memiliki satuan dari level 1 hingga 10. Satuan intensitas dan magnitudo suatu gempa dapat juga diukur berdasarkan dampak kerusakan yang ditimbulkan oleh getaran gelombang seismik dan satuan ini dikenal dengan satuan Intensitas Modifikasi Mercalli atau *Modified Mercalli Intensity* (MMI) dengan nilai

satuan berkisar dari skala 1 hingga 12, seperti terlihat pada tabel 2.1. yang menggambarkan semakin besar skala yang dihasilkan akan semakin besar pula guncangan gempa bumi yang dihasilkan. Skala MMI ini digunakan untuk memberikan gambaran mengenai guncangan akibat gempa bumi secara kualitatif. Skala MMI diperkenalkan oleh Giuseppe Mercalli (1902)

Tabel 2.1 Skala Intensitas Besaran Gempabumi beserta Dampak Kerusakan yang ditimbulkannya, Modifikasi Mercalli (Noor 2005, dimodifikasi)

Skala MMI	Dampak Kerusakan
I	Tidak dirasakan oleh banyak orang, hanya beberapa orang dapat merasakan dalam situasi tertentu. Getaran gempa tidak terasa, hanya dapat dideteksi oleh alat.
II	Dapat dirasakan oleh beberapa orang yang sedang diam/istirahat. Dapat memindahkan dan menjatuhkan benda-benda. Benda-benda yang digantung dapat bergerak
III	Dirasakan oleh sedikit orang, terutama yang berada di dalam rumah, seperti getaran yang berasal dari kendaraan berat yang melintas di dekat rumah. Kendaraan atau benda lain yang berhenti dapat bergerak
IV	Dirasakan oleh banyak orang, beberapa orang terbangun disaat tidur, piring dan jendela bergetar. Dapat mendengar suara-suara yang berasal dari pecahan barang pecah belah.

Skala MMI	Dampak Kerusakan
V	Dirasakan oleh setiap orang yang saling berdekatan. Banyak orang terbangun disaat tidur. Terjadi retakan pada dinding tembok. Pigura di dinding mulai berjatuhan, jendela kaca pecah. Barang-barang terbalik dan pohon-pohon mengalami kerusakan.
VI	Dirasakan oleh setiap orang. Orang mulai ketakutan. Kerusakan mulai nampak, terjadi runtuh tembok dan terjadi kerusakan pada menara/tugu
VII	Setiap orang berlarian keluar rumah, bangunan berstruktur buruk mengalami kerusakan. Dapat dirasakan oleh orang-orang yang berada di dalam kendaraan
VIII	Sudah membahayakan bagi setiap orang. Runtuhnya bangunan yang berstruktur buruk, tiang dan menaranya, dinding runtuh. Tersemburnya pasir dan lumpur dari dalam tanah (likuifaksi).
IX	Kerusakan pada bangunan berstruktur tertentu, sebagian runtuh. Gedung-gedung tergeser dari fondasinya. Tanah mengalami retakan dan pipa-pipa mengalami pecah. Kepanikan terjadi dimanamana.

Skala MMI	Dampak Kerusakan
X	Kepanikan lebih hebat. Hampir semua bangunan berstruktur beton dan kayu rusak. Tanah retak-retak, jalan kereta api bengkok, pipa-pipa pecah. Terjadi longsor dan rekahan
XI	Beberapa struktur bangunan beton tersisa. Jembatan rusak. Terjadi retakan yang panjang di permukaan tanah. Pipa terpotong dan terjadi longsor tanah dan rel kereta api terputus.
XII	Kerusakan total. Gelombang permukaan tanah dapat teramati dan benda-benda terlempar ke udara .

Selain menggunakan skala MMI, besaran kekuatan gempabumi/magnitudo gempa juga bisa diukur dengan menggunakan skala Richter, yang ditunjukkan dengan rentang skala 1 – 10. Besaran kekuatan magnitudo gempabumi dngan skala Richter seperti ditunjukkan pada tabel 2.2 dan 2.3 berikut ini.

Tabel 2.2 : Hubungan antara kekuatan/magnitudo gempabumi dan dampak yang ditimbulkannya, serta frekuensi kejadiannya di dunia (United State Geological Survey, 2005)

Penamaan	Skala Richter	Dampak gempabumi	Jumlah kejadian

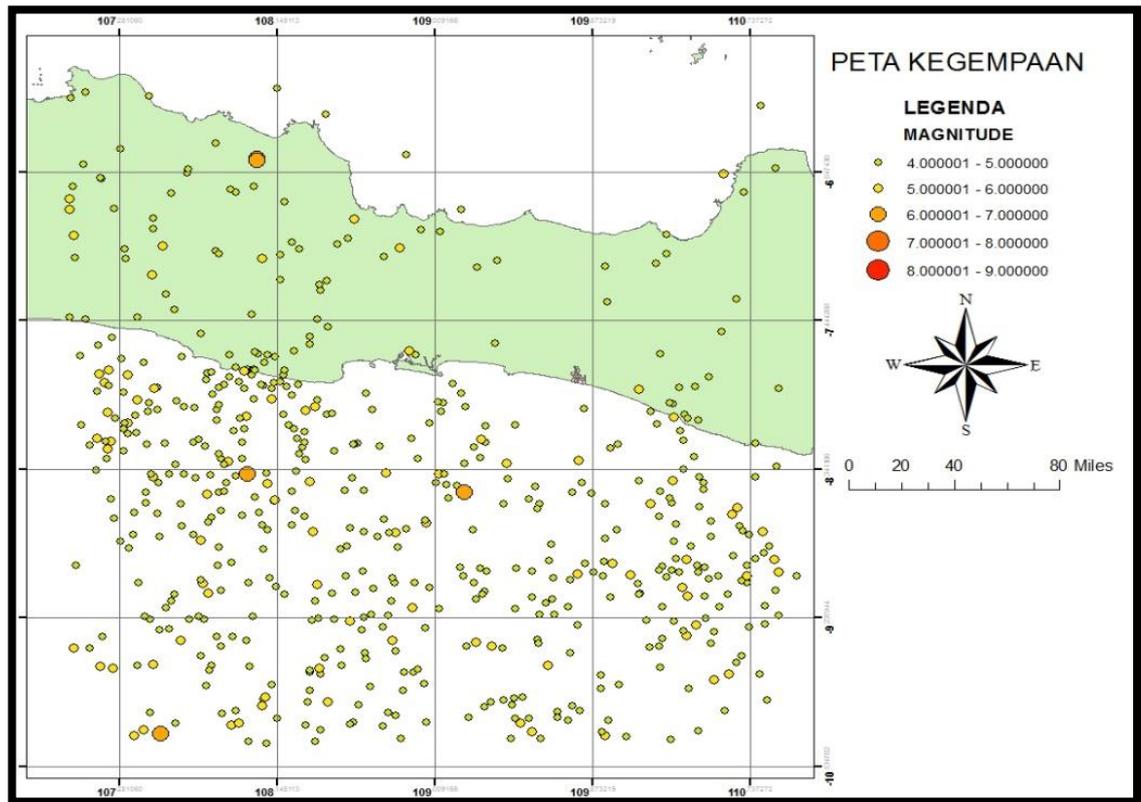
Mikro	< 2,0	Gempabumi mikro, tidak terasa	8.000/hari
Sangat minor	2,0 – 2,9	Umumnya tidak terasa tapi tercatat pada sensor pencatat	1.000/hari
Minor	3,0 – 3,9	Umumnya terasa, jarang mengakibatkan kerusakan	49.000/tahun
Lemah	4,0 – 4,9	Teramati di dalam rumah, ada suara berderik tidak ada kerusakan	6.200/tahun
Sedang	5,0 – 5,9	Kerusakan pada bangunan dengan kontruksi buruk pada daerah yang tidak luas.	800/tahun
Kuat	6,0 – 6,9	Bangunan dengan kontruksi baik rusak sedikit	120/tahun
Sangat kuat	7,0 – 7,9	Dapat mengakibatkan kerusakan pada daerah padat penduduk sepanjang 150 km ²	18/tahun
Besar	8,0 – 8,9	Kerusakan pada daerah lebih dari 150 km ²	1/tahun
Besar dan langka	> 9,0	Kerusakan pada daerah lebih dari beberapa ratus kilometer	1/20 tahun

Tabel 2. 3. Perbandingan magnitudo dari Skala Richter dengan Skala Modified Mercali Intensity (MMI), (Tendürüs dkk, 2010)

Skala Richter	Skala <i>Modified Mercali Intensity</i>	Dampak
1,0 – 3,0	I	Getaran tidak terasa.

3,0 – 3,9	II	Getaran dirasakan sebagian orang di lantai atas sebuah bangunan.
	III	Getaran dapat dirasakan, khususnya di lantai atas sebuah bangunan.
4,0 – 4,9	IV	Pada malam hari dapat membangunkan orang, dinding membuat suara retakan
	V	Getaran dirasakan oleh hampir semua orang, jendela kaca pecah.
5,0 – 5,9	VI	Getaran dirasakan oleh semua orang, kerusakan ringan.
	VII	Kerusakan sedang pada bangunan yang kokoh, kerusakan besar pada konstruksi bangunan yang buruk.
6,0 – 6,9	VIII	Jatuhnya cerobong dan dinding. Furnitur yang berat terbalik
	IX	Bangunan besar mengalami kerusakan dan sebagian runtuh.
7 dan lebih	X	Beberapa bangunan kayu yang kokoh hancur. Rel kereta api membengkok
	XI	Jembatan hancur
	XII	Kerusakan total. Jembatan hancur. Benda-benda terlempar ke udara

Data gempa yang terekam 15 tahun terakhir di wilayah Jawa dengan kisaran antara Jawa barat bagian timur hingga Jawa timur bagian barat, dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG, 2015) seperti terlihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Wilayah dan titik gempabumi pada sebagian pulau Jawa bagian tengah (BMKG, 2015)

Tingkat sasaran strategi prioritas mitigasi bencana gempabumi yang bisa dilakukan (Indah dkk. 2008):

1. Sosialisasi tentang pengetahuan resiko gempabumi dan pengelolaan penanggulangan bencana gempabumi Titik berat kegiatan diarahkan kepada tindakan masyarakat (dengan memberikan pendidikan dan pelatihan)
2. Penyuluhan dan pelatihan mengenai program upaya penyelamatan dan kewaspadaan masyarakat terhadap gempabumi, Titik berat kegiatan diarahkan kepada tindakan masyarakat (dengan memberikan pendidikan dan pelatihan)
3. Persiapan dan penyediaan peralatan untuk peringatan bahaya kegempaan dan peralatan perlindungan masyarakat lainnya di tingkat desa/kelurahan

(tenda,tikar, dll) berupa tindakan Institusi dan Manajemen (Sistem Peringatan Dini)

4. Peningkatan penanganan dan pelayanan pengungsi korban bencana gempabumi, tindakan Sosial
5. Penyediaan anggaran pengelolaan bencana ditingkat desa/kelurahan tindakan ekonomi
6. Sosialisasi mengenai standar bangunan tahan gempa tindakan Konstruksi

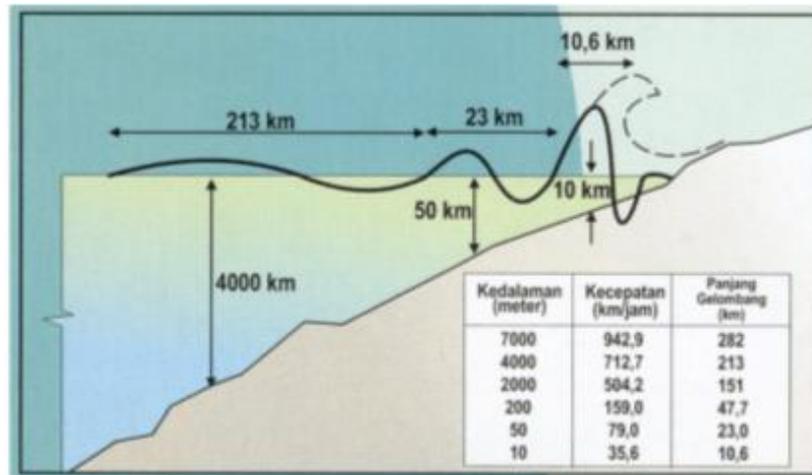
2.4. TSUNAMI

Istilah tsunami, berasal dari bahasa Jepang, yaitu ‘tsu’ yang berarti pelabuhan, dan ‘nami’ yang berarti gelombang laut. Diartikan sebagai gelombang laut yang mendekati / mencapai pelabuhan. Menurut kamus geologi, tsunami diartikan sebagai kumpulan gelombang lautan yang sangat panjang, disebabkan oleh terjadinya gempa tektonik sehingga menyebabkan disposisi airlaut secara vertikal (Bates & Jackson, 1984). Umumnya tsunami mempunyai panjang gelombang 100 km dalam periode 5 – 60 menit. Tinggi gelombang tsunami di laut lepas yang dalam sebenarnya relatif kecil yaitu sekitar 1 meter, tetapi dengan cepat rambat gelombang bisa mencapai lebih dari 500 km/jam. Pada saat mencapai laut dangkal atau paparan, panjang gelombang akan berkurang, begitu pula dengan cepat rambatnya hingga mencapai 150 km/jam, namun diikuti dengan kenaikan tinggi gelombang di daratan (*run up*), yang meningkat drastis menjadi belasan bahkan puluhan meter (Wiegel, 1970).

Tsunami terjadi karena perpindahan vertikal dasar laut akibat gempa bumi. Tsunami yang juga dapat terjadi sebagai akibat dari tanah longsor di bawah permukaan dan/atau bawah laut (Harnantaryi dkk, 2019). Tsunami dapat menyebabkan kerusakan yang luas di wilayah pesisir, seperti contohnya Tsunami Samudra Hindia 2004 serta Gempa Bumi dan Tsunami Tohoku 2011. Kasus Gempa Bumi dan Tsunami Tohoku 2011, dengan jumlah korban sebanyak hampir 16.000 jiwa (National Police Agency of Japan, 2019; Harnantaryi dkk., 2019). Negara-negara di Asia Tenggara yang terkena dampak tsunami di tahun 2004, yakni India, Indonesia, Thailand, dan Malaysia menyelenggarakan pertemuan internasional dan berkoordinasi dan membangun sistem ketahanan bencana. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengembangkan sistem pengembangan ketahanan bencana melalui sumber daya komunikasi dan teknologi informasi telah dimungkinkan dengan membangun Sistem Peringatan Dini Tsunami Indonesia / Indonesian Tsunami Early Warning System (InaTEWS), Pemerintah Indonesia dan German Research Center for Geosciences GFZ (Yulianto dkk, 2020). Hal yang harus dilakukan pada peristiwa tsunami adalah evakuasi yang merupakan cara paling efektif untuk melindungi kehidupan (Shibayama dkk. 2013; Harnantaryi dkk, 2019).

Kejadian tsunami di Indonesia sebagian besar tsunami disebabkan oleh gempa bumi dan sebagian kecil lainnya disebabkan oleh letusan gunung api (Diposaptono dan Budiman, 2005). Gelombang yang dihasilkan tsunami akan menyerang wilayah pesisir dan dapat menghasilkan perubahan geomorfologi signifikan karena gelombang tsunami mempunyai energi tinggi yang akan

mengerosi, mentransportasi, dan mendeposisikan apa saja yang dilalui hanya dalam beberapa saat (Paris dkk., 2007).



Gambar 2.2 Ilustrasi hubungan kedalaman, kecepatan dan panjang gelombang tsunami (ESDM, 2015)

Beberapa hal untuk rencana mitigasi (*mitigation plan*) tsunami pada masa depan dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Perencanaan lokasi (*land management*) dan pengaturan penempatan penduduk
2. Memperkuat bangunan dan infrastruktur serta memperbaiki peraturan yang sesuai.
3. Melakukan usaha preventif dengan merealokasi aktifitas yang tinggi ke daerah yang lebih aman dengan mengembangkan mikrozonasi
4. Melindungi dari kerusakan dengan melakukan upaya perbaikan lingkungan dengan maksud menyerap energi dari gelombang Tsunami (misalnya dengan melakukan penanaman mangrove sepanjang pantai)
5. Mensosialisasikan dan melakukan training yang intensif bagi penduduk di daerah area yang rawan Tsunami

6. Membuat *early warning sistem* sepanjang daerah pantai/perkotaan yang rawan Tsunami

Tsunami dapat terjadi akibat adanya gempa bumi tektonik di laut dan juga letusan gunung api atau oleh *landslide* (longsoran). Di lokasi pembentukan tsunami tinggi gelombang diperkirakan sekitar 0,5 m sampai 3 m dan panjang gelombangnya lebih dari puluhan kilometer. Selama perjalanan dari tengah laut menuju pantai, kecepatan semakin berkurang karena gesekan dengan dasar laut yang semakin dangkal sehingga tinggi gelombang di pantai menjadi semakin besar karena adanya penumpukan massa air (Diposaptono S, 2003). Di laut yang dalam, tsunami memiliki tinggi gelombang hanya dalam hitungan puluhan sentimeter sementara kecepatan rambat gelombangnya bisa mencapai ratusan kilometer per jam. Gelombang melewati perairan yang semakin dangkal, kecepatan rambat gelombangnya berkurang sedangkan tinggi gelombangnya akan bertambah besar. Inilah alasan mengapa gelombang tsunami terlihat semakin tinggi ketika mendekati daratan (Yulianto dkk, 2008 dalam Zaitunah dkk, 2012). Gelombang tsunami melimpas memasuki daratan melewati semua benda yang ada di pantai dan daratan hingga kecepatannya berkurang dan air kembali ke laut. Tinggi gelombang (*run up*) saat mencapai pantai akan mempengaruhi distribusi dan jarak genangan ke arah daratan.

Sugawara dkk (2008) menyebutkan penyebab tsunami ada beberapa :

1. Gempabumi

Tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi yaitu gempa bawah laut sebagai akibat pergerakan lempeng sehingga air laut mengalami perpindahan

dari posisi ekuilibriumnya. Hal tersebut menyebabkan munculnya gelombang sebagai akibat pergerakan air laut oleh pengaruh gravitasi yang kembali ke posisi ekuilibriumnya.

Tidak semua gempa menghasilkan tsunami, hal ini tergantung beberapa faktor seperti tipe sesaran (*fault type*), kemiringan sudut antar lempeng (*dip angle*), dan kedalaman pusat gempa (*hypocenter*). Menurut Sutowijoyo, (2005) gempa dengan karakteristik tertentu akan menghasilkan tsunami yang sangat berbahaya dan mematikan yaitu :

- a. Adanya patahan berupa sesar naik (*thrust/reverse fault*)

Tipe ini sangat efektif memindahkan volume air yang berada di atas lempeng yang bergerak.

- b. Kemiringan sudut tegak antar lempeng yang bertemu

Semakin tinggi sudut antar lempeng bertemu (mendekati 90°), maka semakin efektif tsunami yang terbentuk.

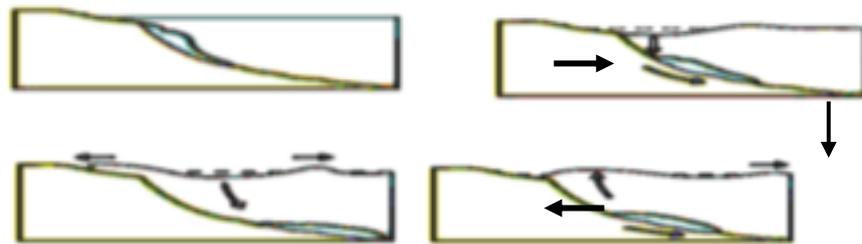
- c. Kedalaman pusat gempa yang dangkal (<70 Km)

Semakin dangkal kedalaman pusat gempa, maka semakin efektif tsunami yang ditimbulkan.

2. Longsor bawah laut

Longsor bawah laut umumnya disebabkan oleh aktivitas lain seperti gempabumi dan letusan gunungapi berupa perpindahan sedimen dalam volume yang besar, seperti terlihat pada gambar 2.3. Perpindahan sedimen tersebut dapat mendorong kolom air seluas besaran sedimen yang terpindah sehingga berpotensi menyebabkan gelombang tsunami kecil (Bardet dkk.,2003).

Panjang gelombang tsunami yang diakibatkan oleh longsoran bawah laut akan lebih kecil dibandingkan gelombang tsunami akibat gempa bumi. Hal tersebut diakibatkan dimensi gangguan longsoran bawah laut akan lebih kecil dibandingkan oleh gangguan oleh gempa bumi sehingga perpindahan kolom air akan lebih kecil (Bardet dkk., 2003).



Gambar 2.3 Proses terjadinya tsunami akibat longsoran bawah laut (ESDM, 2015)

3. Letusan Gunungapi

Letusan gunungapi mengakibatkan hancurnya beberapa bagian dari tubuh gunungapi yang kemudian bagian tersebut runtuh serta jatuh ke dalam laut sehingga memindahkan volume air sebesar volume runtuhannya tersebut. Volume air yang mengalami perpindahan akan semakin besar sebagai akibat aliran piroklastik dan material jatuhnya gunungapi yang dapat memberikan dorongan bagi gelombang tsunami (Sugawara dkk., 2008).

Berdasarkan ESDM (2015), tsunami akibat letusan gunungapi Gunung Krakatau pada tahun 1883 menyebabkan gelombang tsunami setinggi 40 m di pantai Lampung dan Banten, menghancurkan 5.000 kapal, menenggelamkan pulau-pulau kecil, menghancurkan 300 perkampungan dan korban 36.000 orang.

4. Tumbukan Benda Luar Angkasa (*Cosmic-Body Impacts*)

Tumbukan dari benda luar angkasa seperti meteor dapat menimbulkan gangguan air laut yang datang dari arah permukaan. Air laut yang berada di sekitar lokasi tumbukan benda luar angkasa akan mengalami gangguan sehingga mengakibatkan pergerakan massa yang besar. Kiyokawa dkk., (2002) berpendapat tsunami akibat benturan meteor di Semenanjung Yucatan, Meksiko memiliki ketinggian 200 meter pada pantai utara Amerika.

Berikut ini adalah beberapa negara di dunia yang pernah dilanda tsunami dalam kurun waktu 365-2007 (Sugito NT, 2008) :

- a. tanggal 21 Juli 365, di Laut Tengah sebelah Timur menewaskan ribuan orang di Iskandariyah, Mesir
- b. Ibukota Portugal hancur akibat gempa dahsyat Lisbon pada tanggal 1 November 1775 yang diikuti gelombang Samudera Atlantik yang mencapai ketinggian 6 meter meluluhlantakkan pantai-pantai di Portugal, Spanyol dan Maroko
- c. tanggal 27 Agustus 1883, gunung berapi Krakatau di Indonesia meletus dan menimbulkan gelombang tsunami yang menyapu pantai-pantai di Jawa dan Sumatera yang menewaskan 36.000 orang
- d. tanggal 15 Juni 1896 tsunami *Tsanriku* menghantam Jepang. Tsunami raksasa ber ketinggian 23 meter tersebut menyapu kerumunan orang yang berkumpul dalam perayaan agama dan menelan korban 26.000 korban jiwa
- e. tanggal 17 Desember 1896, tsunami merusak bagian pematang Santa Barbara di California Amerika Serikat dan menyebabkan banjir di jalan raya utama

- f. tanggal 31 Januari 1906, gempa di Samudera Pasifik menghancurkan sebagian kota Tumaco di Kolumbia, termasuk seluruh rumah di pantai yang terletak di antara Rioverde di Ekuador dan Mikay di Kolumbia. 1500 orang meninggaldunia
- g. 1 April 1946 terjadi tsunami yang menghancurkan mercusuar Scoutch Cap di Kepulauan Aleut beserta 5 orang penjaga mercusuar bergerak menuju Hilo di Hawaii dan menewaskan 159 orang.
- h. tahun 1958. Gelombang tsunami yang tertinggi yang tercatat sampai saat ini adalah tsunami di Alaska yang disebabkan oleh amblasnya lempeng tektonik di Teluk Lituya. Tsunami ini memiliki ketinggian lebih dari 500 meter dan menghancurkan pohon-pohon dan tanah pada dinding *fjord*
- i. tanggal 22 Mei 1960, tsunami berketinggian 11 meter menewaskan 100 orang di Cili dan 61 orang di Hawaii/ Gelombang raksasa melintas hingga ke pantai Samudera Pasifik dan mengguncang Filipina dan pulau Okinawa di Jepang.
- j. tanggal 28 Maret 1964, tsunami *good Friday* di Alaska menghapuskan 3 desa dari peta dengan korban 107 warga tewas, serta 15 orang meninggal dunia di Oregon dan California
- k. tanggal 16 Agustus 1976 terjadi tsunami di Pasifik menewaskan 5000 orang di Teluk Moro di Filipina
- l. tanggal 17 Juli 1998 gelombang laut akibat gempa yang terjadi di Papua New Guinea bagian utara menewaskan 2313 orang menghancurkan 7 desa dan mengakibatkan ribuan orang kehilangan tempat tinggal

- m. tanggal 26 Desember 2004 di Aceh terjadi gempa berkekuatan 8,9 pada skala Richter dan gelombang laut raksasa yang melanda 6 negara di Asia Tenggara, menewaskan lebih dari 156.000 orang
- n. tanggal 17 Juli 2006 gempa yang menyebabkan tsunami terjadi di selatan Pulau Jawa Indonesia dengan tinggi gelombang maksimum setinggi 21 meter dijumpai di Nusakambangan, memakan korban jiwa lebih dari 500 orang
- o. tanggal 12 September 2007 terjadi gempa di Bengkulu dengan magnitudo 8,4 skala Richter menimbulkan gelombang tsunami setinggi 3-4 meter menimbulkan korban jiwa 3 orang.

Tsunami yang terjadi di pantai Lhok Nga Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 akibat dari terjadinya gempabumi dengan kekuatan 8,9 skala Richter menimbulkan dampak (Paris, R, dkk, 2009) :

- a. tinggi gelombang di pantai mencapai 26 meter di atas muka laut
- b. tebing pantai tergerus hingga 40 meter
- c. terjadi penggenangan di darat hingga ketinggian 20-25 meter di atas muka laut
- d. garis pantai mundur ke arah daratan sejauh lebih dari 200 meter
- e. lebih dari 276.000 m³ sedimen pantai tererosi hanya dalam waktu beberapa menit yang menyebabkan kehancuran

Identifikasi daerah-daerah yang rawan terhadap gelombang tsunami menurut Badan Geologi ada 19 yaitu : Nangroe Aceh Darussalam (Pulau Simeulue, Pantai Barat NAD (Lhok Nga, Calang, Meulaboh), Lhokseumawe) Sumatera Utara (Pulau Nias, Pantai Barat Sumatera Utara (Singkil, Sibolga), Sumatera Barat (Kepulauan

Mentawai, Pantai Barat Sumatera Barat, Bengkulu (Pulau Enggano, Pantai Barat Bengkulu (termasuk Kota Bengkulu dan Manna), Lampung dan Banten (Pantai Selatan Lampung, Pantai Barat Banten), Jawa Barat Tengah Bagian Selatan (Pantai Selatan Jawa Barat – Tengah), Jawa Timur Bagian Selatan (Pantai Selatan Jawa Timur), Bali (Pantai Selatan Bali), Nusa Tenggara Barat (Pantai Selatan Lombok, Sumbawa , dan Pantai utara Bima), Nusa Tenggara Timur (Pantai Utara Flores, Pulau Babi, Pantai Utara P. Timor (Atapupu), dan Pantai Selatan Sumba), Sulawesi Utara (Manado, Bitung, Sangihe, dan Talaud), Sulawesi Tengah-Palu (Pulau Peleng, Banggai Kepulauan, Luwuk, Palu, Teluk Tomini, Tambu, Mupaga, Toli-toli, Donggala, dan Tojo), Sulawesi Selatan (Bulukumba, Tinambung, dan Majene), Sulawesi Tenggara (Pantai Kendari), Maluku Utara (Sanana, Ternate, Tidore, Halmahera, dan Pulau Obi) Maluku Selatan (Bandanaira, P. Seram, P. Buru, Pantai Talaga, P. Banda, P. Kai, P. Tual), Papua Utara (Yapen, Biak, Supiori, Oranbari, dan Ransiki), Kalimantan Selatan Bagian Timur (Langadai dan Loeri), Sangata (Daerah Sekuran). Daerah-daerah ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.

pada tanah yang berpasir lepas (tidak padat) mempunyai kondisi jenuh air, yakni seluruh rongga-rongga dari tanah tersebut dipenuhi oleh air (Towhata 2008, dalam Muntohar 2010). Sementara menurut Rashmi RN dan Avenish S, 2015, likuifaksi adalah fenomena dimana tanah kehilangan kekuatan dan berkurangnya kohesi tanah karena tekanan air pori meningkat sehingga mengurangi tekanan efektif karena pemuatan yang dinamis. Likuifaksi adalah proses dimana tanah tiba-tiba kehilangan kekuatan, paling sering akibat dari getaran pada tanah saat terjadi gempa besar. Namun tidak semua tanah, akan mengalami likuifaksi dalam gempa.

Pada saat likuifaksi terjadi, lapisan pasir berubah menjadi seperti cairan sehingga tidak mampu menopang beban bangunan di dalam atau di atasnya. Lapisan tanah yang peka terhadap kejadian likuifaksi umumnya dibentuk dalam lingkungan geologi kuarter (Seed dan Idris 1971, Youd 1991 dalam Soebowo dkk 2009). Secara spesifik umumnya berhubungan dengan endapan sedimen kuarter, seperti aliran sungai, lembah daratan kuarter, pasangsurut daratan, rawa, payau, estuari, pantai, endapan danau dan endapan gumukpasir lepas. Likuifaksi hanya terjadi pada tanah jenuh, sehingga kedalaman muka airtanah akan mempengaruhi kerentanan terhadap likuifaksi.

Sebelum terjadi gempabumi, tekanan air pada suatu tanah relatif rendah, namun setelah menerima getaran tekanan air dalam tanah meningkat sehingga partikel-partikel tanah dapat digerakkan dengan mudah, setelah digerakkan oleh air, maka partikel tanah tidak memiliki lagi kekuatan atau daya dukung, sehingga daya dukung tanah sepenuhnya berasal dari tegangan air pori. Pada kondisi ini tanah sudah berbentuk cairan sehingga tanah sudah tak lagi stabil, bangunan-bangunan

dan beban yang berada di atas tanah akan ambles ke dalam tanah, sebaliknya tangki-tangki yang berada di dalam tanah akan muncul ke-permukaan tanah.

Likuifaksi dapat terjadi dengan syarat-syarat tertentu. Syarat-syarat ini akan membuat suatu wilayah sangat rentan terjadi likuifaksi, oleh karena itu suatu wilayah yang memiliki syarat ini harus dihindari, syarat ini yaitu (Mabrur, 2009) :

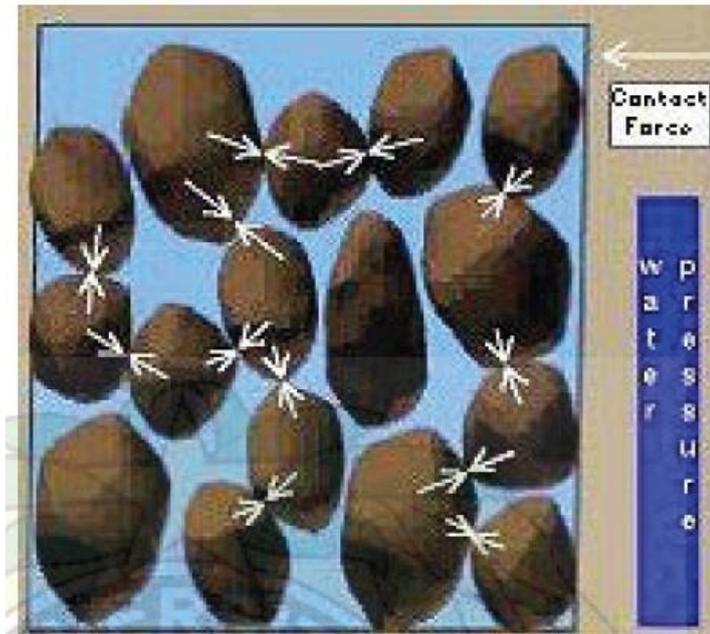
1. Tanah merupakan tanah yang tidak padat, misalnya endapan aluvium, dan endapan-endapan muda, tanah yang tidak padat cenderung memiliki banyak rongga yang dapat terisi oleh air.
2. Muka airtanah yang dangkal, misalnya kedalaman 2 hingga 4 meter di bawah permukaan tanah, muka airtanah ini yang dapat mengisi rongga pada tanah tidak terkonsolidasi dan dapat mendesak keluar serta menggeser partikel-partikel tanah.
3. Terjadi gempa dengan kekuatan gempa mencapai VI skala MMI, atau memiliki magnitudo lebih besar dari 5 SR.

Secara umum syarat terjadinya likuifaksi pada suatu wilayah adalah sebagai berikut (Mabrur, 2009) :

- a. Lapisan tanah merupakan lapisan pasir atau lanau
- b. Lapisan tanah jenuh air
- c. Lapisan tanah bersifat lepas (tidak padat)
- d. Terjadi gempa di atas magnitudo 5 SR
- e. Berkecepatan gempa lebih dari 0.1 g.

Akan tetapi yang paling berpengaruh terhadap terjadinya likuifaksi adalah lokasi tanah dan jenis tanah. Lokasi tanah yang paling berpotensi adalah lokasi yang dekat dengan episentrum gempa, selain itu letak permukaan airtanah yang dangkal juga sangat berpengaruh terhadap likuifaksi. Jenis tanah yang paling berpotensi adalah partikel tanah yang memiliki sortasi baik, serta merupakan endapan muda yang belum sepenuhnya kompak bahkan merupakan material lepasan.

Proses terjadinya likuifaksi dapat terjadi dengan proses sebagai berikut : bahwa tanah atau endapan yang reatif muda tersusun atas tiga unsur yaitu partikel-partikel tanah itu sendiri, air dan juga udara, pada partikel-partikel tanah terdapat rongga-rongga yang memisahkan butiran-butiran tanah tersebut, rongga ini yang kemudian terisi oleh air dan juga udara. Setiap butiran tanah berhubungan satu sama lain kemudian jika terbebani oleh beban di atas tanah tersebut tanah ini akan melakukan perlawanan gaya akibat hubungan butiran tanah yang saling berdekatan ini, skema gambar dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Kondisi partikel tanah saat mengalami getaran dan terjadinya kenaikan tegangan pori (Mabrur, 2009).

Pada Gambar 2.5 terlihat bahwa terdapat pori antar butir. Pori ini jika terisi oleh air akan menghasilkan tekanan air pori. Pada keadaan normal tekanan air pori ini relatif kecil. Akibat getaran secara tiba-tiba tekanan air pori memiliki tambahan tekanan, karena air merupakan fluida sehingga air akan bergerak ke arah tekanan yang lebih rendah yaitu keluar ke permukaan tanah. Reaksi berpindahnya air ke permukaan ini kemudian membuat partikel-partikel tanah goyah/geser sehingga tekanan yang menopang beban bagian atas yaitu tekanan antar butir berkurang sehingga akhirnya tekanan ke bawah semakin besar hasilnya adalah tanah menjadi amblas. Jika terdapat bangunan pada bagian atas tanah yang terjadi likuifaksi maka bangunan ini akan ikut amblas ke bawah. Pada kondisi sangat ekstrim tekanan air pori menjadi sangat besar dan tekanan antar partikel tanah menjadi kecil pada kondisi demikian tanah lebih berlaku sebagai zat cair dibanding zat padat.

Endapan Kuartar muda dan dangkal, seperti endapan pantai, *coastal*, delta, tanggul alam dan dataran banjir beresiko tinggi mengalami likuifaksi sementara endapan kuartener yang lebih tua seperti deposit *upper* teras dan *lower* teras memiliki resiko yang kecil, Ferhat Ozcep dan Halil Zarif (2009).

2.6. ANALISIS SWOT (*Strength Weakness Opportunity Threat*)

Analisis SWOT adalah alat analisis strategis yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan (*S*), kelemahan (*W*), peluang (*O*) dan ancaman (*T*) dari suatu organisasi atau proyek dalam rangka untuk mencapai tujuan tertentu (Wheelen & Hunger, 1998). Kekuatan bersifat internal yang dapat membantu mencapai tujuan, sedangkan kelemahannya bersifat internal yang membuatnya sulit untuk mencapai tujuan yang dipilih. Peluang dan Ancaman adalah kondisi eksternal yang dapat membantu atau dapat mengganggu dalam pencapaian tujuan. Saat melakukan penelitian dengan analisis SWOT, sebaiknya tentukan subjeknya dengan tepat, dari fakta ini diperoleh deskripsi dari keempat bagian analisis. Tujuannya untuk mendefinisikan strategi yang tepat dari lingkungan internal dan eksternal dan kemampuan untuk membedakan komponen tersebut (Pahl dkk, 2009). Tujuan utama dari analisis SWOT untuk mengembangkan strategi yang akan memperoleh keuntungan dari memanfaatkan peluang dan mengatasi dampak negatif dari ancaman. Semua dasar strategi yang mungkin dijelaskan pada Gambar 2.6 berikut

EFAS	IFAS	<i>Strenght</i>	<i>Weakness</i>
		1. (S1) 2. (S2) 3. (S3)	1. (W1) 2. (W2) 3. (W3)
<i>Opportunity</i>		Strategy "S-O"	Strategy "W-O"
1. (O1) 2. (O2) 3. (O3)		1 2 3	1 2 3
<i>Threat</i>		Strategy "S-T"	Strategy "W-T"
1. (T1) 2. (T2) 3. (T3)		1 2 3	1 2 3

Gambar 2.6 : Matriks Strategi SWOT (Rangkuti, 1997, modifikasi)

Ada empat strategi hasil dasar dari analisis SWOT. Kekuatan-Peluang (SO), yang menggunakan kekuatan untuk memaksimalkan peluang. Kekuatan-Ancaman (ST), adalah strategi yang menggunakan kekuatan untuk meminimalkan kemungkinan ancaman. *Weakness-Opportunity* (WO), adalah strategi yang meminimalkan kelemahan dengan memanfaatkan peluang. *Weakness-Threats* (WT), adalah strategi yang meminimalkan kelemahan dan menghindari ancaman.

Tujuan menggunakan matriks ini adalah, menyajikan kekuatan terpenting, kelemahan, peluang dan ancaman untuk komponen yang diteliti untuk memberikan gambaran yang masuk terpirinci mengenai masalah utama yang nantinya akan dipertimbangkan kapan selanjutnya menyusun rencana strategis untuk suatu organisasi/permasalahan dalam penelitian tersebut. SWOT ini lebih mudah digunakan untuk pekerjaan pada masa sekarang ini, karena menghasilkan informasi yang berguna tentang kelangsungan hidup masa depan dari komponen-komponen yang dipertimbangkan. Misalnya, kemampuan prediktif dalam teknik tersebut

muncul dari pertimbangan kekuatan dan kelemahan sistem dalam konteks zona regulasi pesisir, yang dapat menghadirkan peluang dan ancaman. Tujuannya adalah untuk menentukan bagaimana sistem akan berjalan sesuai dengan perubahan yang terjadi di sekitarnya (Paliwal, 2006). Sebelumnya, disarankan untuk mengidentifikasi peluang dan ancaman terlebih dahulu untuk lebih cepat mengungkap kekuatan dan kelemahan sistem. Banyak ancaman yang didasarkan pada kelemahan. Selanjutnya, analisis SWOT membantu dalam mengkategorikan faktor internal dan eksternal utama penting untuk mencapai tujuan. Faktor internal adalah kekuatan dan kelemahan internal yang ada pada sistem tersebut misalnya regulasi pemerintah. Faktor eksternal adalah peluang dan ancaman yang dipengaruhi oleh lingkungan eksternal terhadap sistem pengelolaan pesisir ini. (Panigrahi dkk, 2012)

2.7. MANAJEMEN BENCANA

Manajemen Bencana/*Disaster* Manajemen (DM) yakni upaya sistematis yang dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi dampak bencana tersebut. Tujuan utama DM adalah untuk mencapai beberapa ketahanan, yakni: (1) kemampuan untuk bangkit kembali dari tekanan yang tidak terduga, (2) kemampuan untuk beradaptasi dengan situasi (Inan dkk., 2018).

2.7.1. Bencana Geologi

Kondisi geologi perlu diperhatikan dalam penataan ruang, karena geologi sebagai sumberdaya misalnya sumberdaya air, lahan mineral dan energy. Adanya geo-hazard (bencana geologi): misalnya gempa bumi, letusan gunung berapi, banjir, longsor dan lain sebagainya. Banjir dan longsor dapat dicegah sebelum terjadi, namun tsunami, gempa bumi dan letusan gunung berapi tidak bisa dihindari (Prabowo dkk, 2016). Karakteristik geologis lingkungan dari masing-masing daerah berbeda-beda, oleh karena itu, setiap wilayah perlu dinilai untuk setiap potensi sehingga kita dapat memperoleh informasi yang tepat tentang sumber daya dan aspek bencana di suatu daerah. Aspek bencana juga harus diperiksa sehingga kita dapat melakukan mitigasi bencana alam yang tepat (Isnawan dkk, 2017).

2.7.2. Manajemen Risiko

Wilayah yang mempunyai kerentanan yang tinggi, memiliki risiko bencana yang semakin besar. Manajemen risiko bencana alam merupakan segala upaya untuk mengurangi kemungkinan terjadinya bahaya (*likelihood*), mencegah bahaya, dan risiko jangka panjang, (Coburn, 1994). Mitigasi bencana terdiri dari perencanaan dan pelaksanaan tindakan-tindakan untuk mengurangi risiko-risiko yang terkait bahaya-bahaya karena ulah manusia dan bahaya alam yang sudah diketahui dan proses perencanaan respon yang efektif terhadap bencana-bencana yang benar-benar terjadi.

Beberapa strategi yang dapat dilakukan untuk mitigasi bencana, antara lain sebagai berikut (Prabowo dan Astjario, 2016).

1. Pengaturan Pemanfaatan Ruang (Spasial)

- a. pemetaan wilayah rawan bencana
- b. pengembangan wilayah yang lebih intens di wilayah di luar wilayah rawan bencana

2. Pemanfaatan Teknologi

Perekayasa teknologi terhadap lahan bangunan, dan/atau infrastruktur yang disesuaikan dengan kondisi yang merupakan, keterbatasan, dan ancaman bencana.

3. Pendidikan Masyarakat

Usaha untuk meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap bahaya yang ditimbulkan akibat bencana alam. Masyarakat berperan sebagai:

- a. Penggerak masyarakat
- b. Kekompakan masyarakat
- c. Komunikasi yang tepat
- d. Aksesibilitas terhadap jaringan informasi

4. Lembaga yang berwenang dari mulai mitigasi hingga penanganan pascabencana

Mitigasi bencana yang dapat diaplikasikan pada wilayah pesisir yaitu: ketersediaan dana, aksesibilitas menuju lokasi mitigasi bencana, dan waktu yang dibutuhkan (Ruswandi dkk., 2008).