

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Bencana Alam

Bencana alam adalah konsekuensi dari kombinasi aktivitas alami (suatu peristiwa fisik, seperti letusan gunung, gempa bumi, tanah longsor, dll) dan aktivitas manusia. Karena ketidakberdayaan manusia, akibat kurang baiknya manajemen keadaan darurat, sehingga menyebabkan kerugian dalam bidang keuangan dan struktural, bahkan sampai kematian. Kerugian yang dihasilkan tergantung pada kemampuan untuk mencegah atau menghindari bencana dan daya tahan mereka. (<http://id.wikipedia.org>).

Bencana alam dibagi menjadi dua, yaitu :

- (1) Bencana alam yang terjadi murni karena gejala alam atau bumi. Tergolong dalam macam bencana ini adalah gempa bumi, letusan gunung api, dan tsunami.
- (2) Bencana alam yang terjadi karena ada campur tangan manusia. Tergolong pada macam bencana ini adalah banjir, longsor, kekeringan, dan kebakaran hutan.

Beberapa istilah dalam Undang-Undang No 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, antara lain,:

- **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.
- **Bencana alam** adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.
- **Ancaman bencana** adalah suatu kejadian atau peristiwa yang bisa menimbulkan bencana.

- **Rawan bencana** adalah kondisi atau karakteristik geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial, budaya, politik, ekonomi, dan teknologi pada suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi kemampuan mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu.
- **Pemulihan** adalah serangkaian kegiatan untuk mengembalikan kondisi masyarakat dan lingkungan hidup yang terkena bencana dengan memfungsikan kembali kelembagaan, prasarana, dan sarana dengan melakukan upaya rehabilitasi.
- **Pencegahan bencana** adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko bencana, baik melalui pengurangan ancaman bencana maupun kerentanan pihak yang terancam bencana.
- **Risiko bencana** adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat.
- **Pengungsi** adalah orang atau kelompok orang yang terpaksa atau dipaksa keluar dari tempat tinggalnya untuk jangka waktu yang belum pasti sebagai akibat dampak buruk bencana.
- **Korban bencana** adalah orang atau sekelompok orang yang menderita atau meninggal dunia akibat bencana.

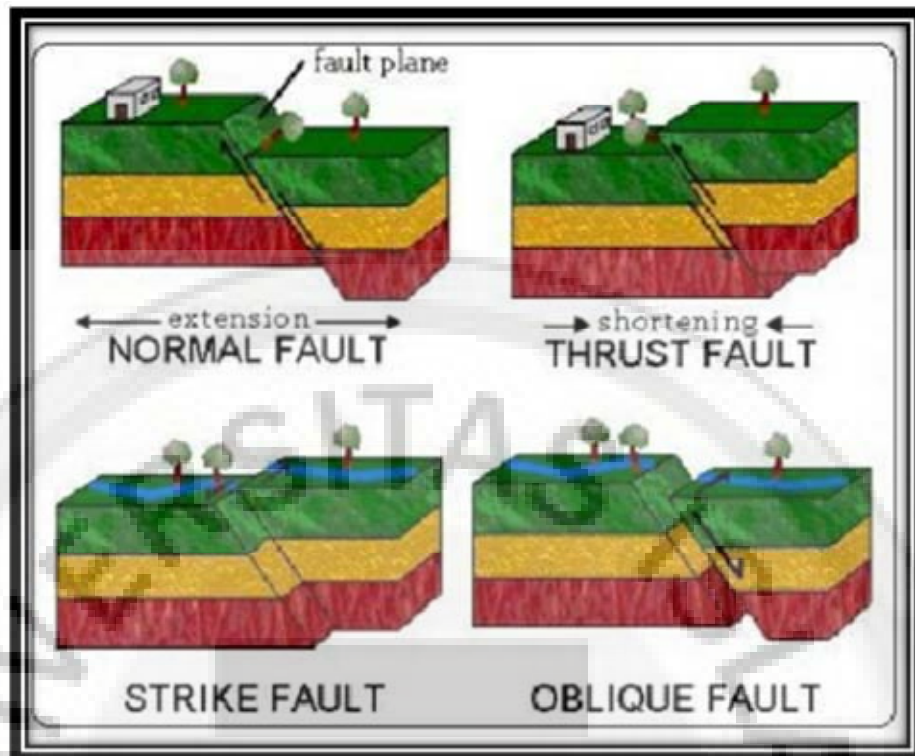
2.2 Pengertian Sesar

Sesar atau *fault* adalah rekahan yang mengalami geser-geseran yang jelas. pergeseran dapat berkisar dari beberapa milimeter sampai ratusan meter dan panjangnya dapat mencapai beberapa desimeter hingga ribuan meter. sesar dapat terjadi pada segala jenis batuan. akibat terjadinya pergeseran itu, sesar akan mengubah perkembangan topografi, mengontrol air permukaan dan bawah permukaan, merusak stratigrafi batuan dan sebagainya.

thrust sheet yang di dalamnya berkembang struktur lipatan asimetri dan rebah mengikuti arah tectonic transport, sedangkan di dalam pola duplex, thrust sheet dilingkupi oleh sesar. Sesar naik dengan pola Imbricate fan atau pola susun genteng dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu trailing imbricate fan dan leading imbricate fan. Kedua jenis pola sesar tersebut dibedakan berdasarkan besarnya jarak pergeseran. Trailing imbricate fan dicirikan oleh adanya displacement yang besar pada bagian paling belakang dari seluruh sesar naik, sebaliknya dinamakan leading imbricate fan. Sesar naik dapat dibedakan jenisnya berdasarkan pada posisi bidang sesar terhadap sumbu lipatan dan arah tectonic transport. Sesar naik yang terbentuk di bagian belakang sumbu lipatan dinamakan sebagai forelimb thrust, sedangkan yang berkembang dibagian depan sumbu lipatan dinamakan sebagai backlimb thrust. Berdasarkan pada tectonic transportnya, sesar naik dibedakan menjadi back thrust dan fore thrust. Apabila gerak relatif dari sesar naik searah dengan pada tectonic transportnya, maka sesar naik tersebut dinamakan sebagai fore thrust dan sebaliknya dinamakan sebagai back thrust. Back thrust yang terbentuk di dalam thrust system dapat membentuk pop-up dan triangle zone. Di dalam thrust system, posisi bidang sesar dapat relatif sejajar dengan bidang lapisan batuan yang dinamakan sebagai flat dan apabila memotong bidang lapisan dinamakan sebagai ramp. Apabila posisi flat searah dengan tectonic transport dinamakan frontal ramp dan sebaliknya dinamakan sebagai back thrust. Gerak relatif suatu blok terhadap blok yang lainnya dapat terjadi sepanjang flat dan ramp. Blok hanging wall yang menumpang di atas flat dinamakan sebagai hangingwall ramp sedangkan blok foot wall yang berada di bagian ramp dinamakan sebagai footwall ramp. Terbentuknya sejumlah sesar naik tidak terjadi secara bersamaan melainkan terbentuk secara berurutan. Apabila urutan pembentukan sesar naiknya makin muda ke arah hanging wall dinamakan sebagai overstep dan jika terjadi sebaliknya dinamakan sebagai piggyback. Pembentukan sesar naik selalu berasosiasi dengan pembentukan lipatan, oleh karenanya pola lipatan dan sesar naik yang terbentuk relatif bersamaan dinamakan sebagai lipatan anjakan. Contoh pola struktur demikian dijumpai di daerah Majalengka dan di daerah lain seperti di Kalimantan timur. Urutan pembentukan sesar naik di dalam jalur lipatan anjakan dimulai di sekitar jalur gunungapi dan semakin jauh dari jalur gunungapi pembentukan sesar naiknya terjadi paling akhir.

Sesar mendatar adalah sesar yang pembentukannya dipengaruhi oleh tegasan kompresi. Posisi tegasan utama pembentuk sesar ini adalah horizontal, sama dengan posisi tegasan minimumnya, sedangkan posisi tegasan menengah adalah vertikal. Umumnya bidang sesar mendatar digambarkan sebagai bidang vertikal, sehingga istilah hanging wall dan foot wall tidak lazim digunakan di dalam sistem sesar ini. Berdasarkan gerak relatifnya, sesar ini dibedakan menjadi sinistral dan dekstral. Seperti halnya sesar naik, sesar mendatar pun umumnya tidak berdiri tunggal melainkan terdiri dari beberapa bidang sesar yang selanjutnya membentuk zona sesar. Di dalam zona sesar mendatar, umumnya sesar ini membentuk segmen-segmen sesar yang merencong.

Sesar normal terbentuk akibat adanya tegasan ekstensional, sehingga pada bagian tertentu gaya gravitasi lebih dominan. Kondisi ini mengakibatkan di beberapa bagian tubuh batuan akan bergerak turun yang selanjutnya lazim dikenal sebagai proses pembentukan sesar normal. Sesar normal terjadi apabila Hanging wall relatif bergerak ke bawah terhadap foot wall. Gerak sesar normal ini dapat murni tegak atau disertai oleh gerak lateral. Sistem tegasan pembentuk sesar normal adalah ekstensional, dimana posisi tegasan utamanya vertikal sedangkan kedudukan tegasan menengah dan minimum adalah lateral. Sesar normal umumnya terbentuk lebih dari satu bidang yang posisinya relatif saling sejajar. Apabila bidang sesarnya lebih dari satu buah, maka bagian yang tinggi dinamakan sebagai horst dan bagian yang rendah dinamakan sebagai graben. Selanjutnya apabila jenjang dari bidang sesar normal ini hanya berkembang di salah satu sisi saja maka kelompok sesar tersebut lazim dinamakan sebagai half graben dan apabila jenjang bidang sesar normalnya berpasangan maka dinamakan sebagai graben. Penelitian sesar aktif merupakan bagian dari penelitian geologi gempa bumi (earthquakegeology) dengan tujuan untuk memahami potensi gempanya di masa datang (*Pantosti, Schwartz & Okumura, 2000*)



Gambar 2.2
Pergerakan Sistem Sesar

(Sumber : Pantosti, Schwartz & Okumura, 2000)

Dari studi geologi gempa bumi dapat diperoleh gambaran siklus gempa bumi pada suatu sesar. Di satu pihak bisa memberikan kontribusi pemahaman proses/genesa gempa bumi dan waktu ulang gempa bumi besar di suatu daerah; di lain pihak studi geologi gempa bumi akan memberikan dampak sosial berkaitan dengan aplikasinya di dalam mitigasi bencana gempa bumi beserta potensi bencana yang menyertainya, termasuk longsor ataupun banjir.

. 2.2.2 Jenis Sesar Berdasarkan Aktivasinya

Berkaitan dengan dinamika kerak bumi dan rentang waktu geologi yang panjang, kehadiran sesar dapat dibedakan menjadi sesar mati dan sesar aktif. Sesar mati adalah sesar yang sudah tidak (akan) bergerak lagi, sedangkan sesar aktif adalah sesar yang pernah bergeser selama 11.000 tahun terakhir dan berpotensi akan bergerak di waktu yang akan datang (Yeats, Sieh & Allen, 1997). Sesar aktif dikenal pula sebagai bagian dari peristiwa gempa bumi. Peristiwa gempa bumi bisa menimbulkan sesar di permukaan (surface faulting) sebagai kemenerusan apa yang terjadi didalam kerak bumi (Scholz, 1990) ataupun tidak menghasilkan sesar di permukaan. Hal ini tampak jelas seperti apa yang terjadi pada gempa bumi di Liwa pada tahun 1994 yang memberikan sesar di

permukaan (*Pramumijoyo & Natawidjaja, 1994*) dan di Yogyakarta tahun 2006 yang tidak jelas kenampakannya di permukaan, yang keduanya merupakan sesar geser

Demikian juga peristiwa gempa bumi di Aceh tahun 2004, telah terjadi pensesaran naik di dasar laut, sehingga mampu membangkitkan gelombang pasang tsunami yang mengakibatkan ratusan ribu korban jiwa dan kehancuran permukiman di beberapa kota. Panjang, lebar dan pergeseran suatu sesar tektonik saat gempa bumi sangat bervariasi. Di Amerika dilaporkan bahwa pergeseran sesar bisa mencapai lebih dari 20 kaki, panjang pensesaran bisa mencapai lebih dari 200 mil dengan lebar zona pensesaran bervariasi dari 6 sampai dengan 1000 kaki dan zona pensesaran ini bisa mencapai jarak 3 mil dari sesar utamanya (*Hays, 1981*)

2.2.3 Kehadiran Sesar dan Kekar di Kawasan Permukiman

Kehadiran suatu sesar ataupun kekar di kawasan permukiman tidak selalu merisaukan. Untuk sesar mati, di dalam proses geologi masa lampau sering terisi oleh mineralisasi yang dapat menjadi perekat bidang rekahan, sehingga sifat mekanik batuan tidak mengalami perubahan yang besar. Kehadiran kekar, sesar atau zona sesar perlu diwaspadai jika rekahan-rekahnya tampak terbuka (tanpa perekat) dan berada pada daerah yang berrelief besar, karena berpotensi terjadi longsor. Untuk zona sesar yang dikategorikan aktif sedapat mungkin dihindari mengembangkan kawasan permukiman atau pun industri kimia/nuklir, karena faktor ketidakpastian waktu kejadian di masa yang akan datang cukup tinggi.

2.2.3.1 Kualitas Bangunan

Bangunan berdasarkan bahan dasarnya diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu bangunan permanen, bangunan semi permanen, dan bangunan non permanen” (*Peraturan Walikota Surabaya Nomor 62, 2006 : 3*). Bangunan permanen merupakan bangunan yang memiliki komponen fondasi dari batu kali atau plat beton, memakai slof, kolom, balok, dan besi atau beton, memakai dinding pasangan atau batu merah, memakai rangka atap dari kayu jati atau kamper, memakai atap dari genting beton, karang pilang, genting kodok bekas brangkal atau sirap. Memakai lantai tegel, teraso, keramik, porselin, marmer atau granit. Menggunakan konstruksi menurut peraturan teknik bangunan.

Bangunan semi permanen merupakan bangunan yang memiliki komponen fondasi dari batu merah atau batu kali. Memakai dinding setengah

bagian dan atasnya terdiri atas triplek, papan, atau bahan lain sejenisnya. Memakai tiang dari kayu. Memakai rangka atap dari kayu meranti. Memakai atap dari genting biasa, seng, atau eternit gelombang. Memakai lantai tegel atau plesteran semen. Menggunakan konstruksi menurut peraturan teknik bangunan

Bangunan non permanen merupakan bangunan yang mengandung komponen fondasi dari umpak beton, batu merah, batu kali. Memakai dinding dari triplek, papan, gedek, atau sesek. Memakai tiang bambu atau kayu meranti. Memakai rangka atap dari bambu atau kayu meranti. Memakai atap dari genting biasa, seng, atau eternit gelombang. Menggunakan konstruksi yang tidak memenuhi syarat peraturan teknik bangunan.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2007, bangunan dengan konstruksi di perkotaan yang memiliki kerentanan tinggi terhadap gempa bumi yaitu bangunan konstruksi beton tidak bertulang dengan kepadatan bangunan tinggi dan sedang. Konstruksi bangunan beton bertulang dengan kepadatan bangunan tinggi. Bangunan di perkotaan yang memiliki kerentanan sedang terhadap gempa bumi yaitu bangunan konstruksi beton bertulang dengan kepadatan bangunan sedang dan rendah. Selain itu, bangunan semi permanen dengan kepadatan bangunan tinggi juga memiliki kerentanan sedang.

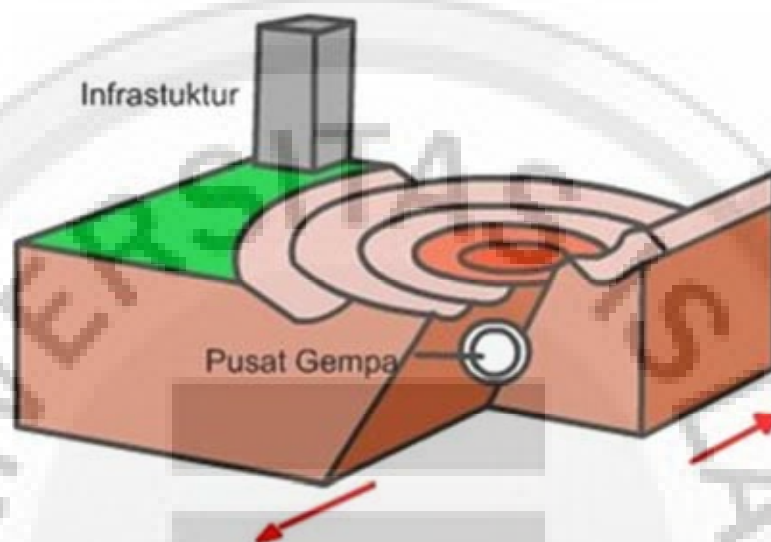
Bangunan di perkotaan yang memiliki kerentanan rendah terhadap gempa yaitu bangunan semi permanen dengan kepadatan bangunan rendah dan bangunan tradisional dengan kepadatan bangunan rendah. Bangunan di pedesaan yang memiliki kerentanan tinggi terhadap gempa yaitu bangunan beton tidak bertulang dan bertulang. Bangunan di pedesaan yang memiliki kerentanan sedang terhadap gempa bumi yaitu bangunan beton bertulang, bangunan semi permanen, dan bangunan tradisional. Bangunan di pedesaan yang memiliki kerentanan rendah terhadap gempa yaitu bangunan tradisional

2.2.4 Akibat Terjadinya Pergerakan Sesar

Sesar adalah suatu rekahan pada batuan dimana bagian yang dipisahkan oleh rekahan itu bergerak satu terhadap lainnya. Jika kita melihat suatu sesar maka dua bagian yang harus dipahami yaitu Footwall serta Hangingwall. Adapun yang dimaksud dengan Footwall adalah bagian yang terletak di bawah bidang sesar, sedangkan bagian yang di atas sesar disebut Hangingwal. Akibat dari pergerakan rekahan batuan tersebut, pergerakan sesar dapat mengakibatkan gempa bumi tektonik dan longsor.

2.2.4.1 Gempa Bumi Tektonik

Gempa Bumi tektonik adalah jenis gempa bumi yang disebabkan oleh pergeseran lempeng plat tektonik. Gempa ini terjadi karena besarnya tenaga yang dihasilkan akibat adanya tekanan antar lempeng batuan dalam perut Bumi. Gempa Bumi ini adalah jenis gempa yang paling sering dirasakan, terutama di Indonesia.



Gambar 2.3
Ilustrasi Tentang Proses Gempa Tektonik

Gempa tektonik yang kuat sering terjadi di sekitar tapal batas lempengan-lempengan tektonik. Lempengan-lempengan tektonik ini selalu bergerak dan saling mendesak satu sama lain. Pergerakan lempengan-lempengan tektonik ini menyebabkan terjadinya penimbunan energi secara perlahan-lahan. Gempa tektonik kemudian terjadi karena adanya pelepasan energi yang telah lama tertimbun tersebut. Gempa tektonik biasanya jauh lebih kuat getarannya dibandingkan dengan gempa vulkanik, maka getaran gempa yang merusak bangunan kebanyakan disebabkan oleh gempa tektonik. Tenaga yang dihasilkan oleh tekanan antara batuan dikenal sebagai kecacatan tektonik. Teori dari *tectonic plate* (lempeng tektonik) menjelaskan bahwa bumi terdiri dari beberapa lapisan batuan, sebagian besar area dari lapisan kerak itu akan hanyut dan mengapung di lapisan seperti salju. Lapisan tersebut bergerak perlahan sehingga berpecah-pecah dan bertabrakan satu sama lainnya.

Hal inilah yang menyebabkan terjadinya gempa tektonik. Peta penyebarannya mengikuti pola dan aturan yang khusus dan menyempit, yakni mengikuti pola-pola pertemuan lempeng-lempeng tektonik yang menyusun kerak bumi. Dalam ilmu kebumih (geologi), kerangka teoretis tektonik lempeng merupakan *postulat* untuk menjelaskan fenomena gempa Bumi tektonik yang melanda hampir seluruh kawasan, yang berdekatan dengan batas pertemuan lempeng tektonik. Contoh gempa tektonik ialah seperti yang terjadi di Yogyakarta, Indonesia pada Sabtu, 27 Mei 2006 dini hari, pukul 05.54 WIB.



Gambar 2.4
Salah Satu Bencana Gempa Bumi Tektonik Akibat Pergerakan Sesar di Yogyakarta
27 Mei Tahun 2006

- **Parameter Gempa Bumi**

Secara umum parameter gempabumi terdiri dari :

- Waktu kejadian gempabumi (jam, menit, detik) Lokasi pusat gempabumi dipermukaan bumi/episenter (koordinat lintang dan bujur)
- Kedalaman sumber gempa bumi (km)
- Kekuatan / magnitudo gempabumi (skala richter)
- Intensitas gempabumi (MMI)

Magnitudo gempabumi menunjukkan besarnya energi yang dilepaskan pada pusat gempabumi/hiposenter. Ukurab dan luas daerah kerusakan akibat gempa bumi secara kasar berhubungan dengan besarnya energi yang dilepaskan. Skala magnitudo gempabumi biasanya dinyatakan dalam skala Richter. Skala intensitas menunjukkan kerusakan akibat getaran pada lokasi kerusakan. Skala intensitas juga berhubungan

dengan magnitudo dari energi yang dilepaskan, jarak dari epicenter dan kondisi tanah lokasi.

- **Komponen yang terancam**

- Perkampungan padat dengan konstruksi yang lemah dan padat penghuni
- Bangunan dengan desain teknis yang buruk, bangunan tanah, bangunan tembok tanpa perkuatan
- Bangunan dengan atap yang berat
- Bangunan tua dengan kekuatan lateral dan kualitas yang rendah
- Bangunan tinggi yang dibangun diatas lepas/tidak kompak
- Bangunan diatas lereng yang lemah/tidak stabil
- Infrastruktur diatas tanah atau timbunan
- Bangunan industri kimia dapat menimbulkan bencana ikutan

- **Mekanisme Terjadinya Gempa Bumi**

Gempa Bumi adalah getaran yang terjadi di bumi akibat dari pelepasan energi di kerak bumi secara tiba-tiba / seketika, yang dipancarkan dalam bentuk gelombang seismik. Energi ini dilepaskan oleh karena gerakan cepat dari suatu patahan / sesar di bagian kulit bumi.

Perumpamaan untuk ini adalah seperti jika kita berusaha mematahkan sepotong ranting kering yang kecil, maka tanpa banyak tenaga kita akan dapat mematahkan ranting tersebut. Akan berbeda jika ranting tersebut cukup besar. Pada tahap awal ranting akan melengkung hingga mencapai batas elastisitasnya. Jika batas elastisitas ini terlampaui, maka ranting akan mulai retak dan patah. Patahan ini akan menimbulkan suatu sentakan. Meskipun kita telah bersiap-siap terhadap saat terjadinya patahan, tidak urung kita akan tersentak juga, karena tenaga yang kita berikan pada saat ranting melengkung, tiba-tiba terlepas dengan sangat cepat. Kondisi yang sama terjadi pada proses guncangan gempa bumi.

Sesar atau Patahan, adalah patahnya batuan akibat gerakan-gerakan di bagian kulit bumi. Sumber gerakan ini adalah gaya-gaya internal dari dalam bumi (Gaya Endogen). Blok-blok batuan yang terpisahkan tersebut relatif berseberangan satu dengan yang lain. Arah pergerakan relatif ini tergantung kepada jenis patahannya. Panjang patahan dapat mencapai ratusan kilometer, tetapi pada pergerakan kecil bisa mencapai hanya 10 meter. Umumnya gempa

bumi menghasilkan patahan yang panjang dan selalu berkaitan dengan gerakan pergeseran segmen kerak bumi.

▪ **Posisi Gempa Bumi**

Karena gempa bumi umumnya terjadi di bawah permukaan, maka posisi gempa harus dapat ditentukan dari suatu titik pengamatan di mana getaran gempa tersebut dirasakan. Beberapa istilah yang digunakan dalam mendeskripsi posisi gempa adalah sebagai berikut:

- Fokus atau hypocenter adalah pusat gempa, atau titik di kedalaman bumi dimana asal getaran berawal. Gelombang seismik akan keluar dari titik fokus ini.
- Epicentrum adalah lokasi geografis di mana titik di permukaan bumi tepat berada di atas fokus.

Fosi gempa (foci ~ bentuk jamak dari focus) dapat berada pada suatu kisaran kedalaman, seperti gempa dangkal (0-70 km), gempa sedang (70-300 km), gempa dalam (300-700 km). Gempa dangkal adalah yang paling umum. Jika kita amati sebaran gempa di seluruh dunia dari tahun 1975 hingga sekarang, maka gempa besar dan banyak menelan korban umumnya berupa gempa dangkal.

▪ **Gelombang Seismik**

Gelombang seismik menyatakan energi yang dilepaskan dari fokus gempa bumi. Dikenal dua jenis gelombang seismik, yaitu:

- ◆ Gelombang Permukaan (Surface waves) – berjalan di permukaan atau kulit bumi. Dampak gelombang ini di permukaan tanah adalah seperti menggelombangnya buih air laut.
- ◆ Gelombang Tubuh (Body waves) – gelombang yang berjalan melalui interior bumi dari fokus gempa.

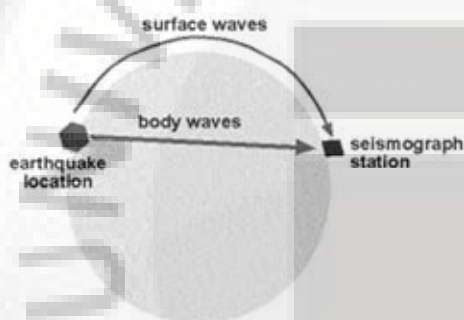
Berdasarkan kepada arah getaran dan kecepatannya gelombang dapat dibagi menjadi dua, yaitu gelombang P (primer) dan gelombang S (sekunder atau gelombang geser).

- Gelombang P getarannya sejajar dengan arah datangnya sumber gempa. Kecepatan gelombang ini dapat mencapai 4-6 km per detik, tergantung dari sifat batuan yang dilaluinya.
- Gelombang S bergetar tegak lurus dengan arah datangnya gelombang, sama seperti gelombang yang dibentuk jika seutas tali

yang diayunkan dari ujung satu dan ujung lain diikatkan pada tiang. Kecepatan gelombang ini mencapai 3-4 km per detik.

Kecepatan gelombang seismik akan rendah jika melewati material berair dan tidak terkonsolidasi seperti pada pasir, kerikil atau batuan yang sebagian meleleh dan akan semakin tinggi pada material yang padat (solid). Variasi kecepatan gelombang seismik ini dengan demikian akan tergantung kepada sifat-sifat fisik interior bumi.

Gelombang P dan S umumnya dijumpai pada setiap kejadian gempa bumi (Gambar 2.5), tetapi gelombang P yang pertama kali sampai dan tertangkap oleh stasiun pencatat gempa (stasiun seismograf) karena kecepatannya yang besar. Gelombang permukaan adalah yang datang sampai terakhir, setelah gelombang P dan S melintas karena gelombang langsung melalui rute tubuh batuan interior bumi.



Gambar.2.5. Arah gerakan yang kontras antara gelombang permukaan dengan gelombang tubuh, yang mengikuti suatu peristiwa gempa

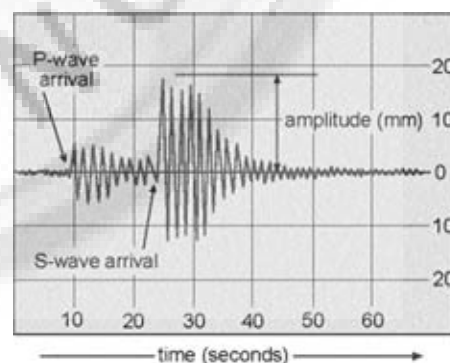
Alat pencatat getaran gempa di stasiun seismograf adalah seismogram. Perbedaan waktu sampai antara gelombang P dan S pada seismogram dapat disebabkan karena perbedaan jarak yang ditempuh dari sumber gempa. Untuk menyatakan kekuatan gempa, digunakan data amplitudo (tinggi, Gambar 2.6) gelombang S yang tercatat pada seismograf.

Gambar 2.6. Ilustrasi ideal, gelombang yang tertangkap oleh seismograf. Untuk menentukan jarak dari epicenter, dibutuhkan perhitungan beda waktu tempuh dari gelombang P dan S terhadap seismograf (sekitar 14 detik). Besaran gempa berkaitan dengan besaran amplitudo gelombang S.

▪ Dampak Gempa Bumi

Manifestasi dampak dari suatu aktifitas gempa dapat berupa:

- Guncangan Tanah (Ground Shaking). Pergerakan gelombang horizontal yang cepat di permukaan bumi sering berkaitan dengan gempa bumi. Hal ini sering mengakibatkan tergesernya pondasi



bangunan rumah atau runtuhnya gedung-gedung tinggi akibat lantai bergeser dan menimpa lantai di bawahnya. Guncangan ini akan terlebih lagi akan terjadi di kawasan di mana batuan sedimennya lembek atau jenuh terisi air.

- Patahan dan Proses Pengangkatan. Rekahnya permukaan tanah akibat patahan biasanya membentuk morfologi lereng yang disebut sebagai gawir sesar (fault scarp). Akibat gempa beberapa bagian dari permukaan bumi ini mungkin akan berubah elevasi, dapat mengalami pengangkatan atau penurunan.
 - Liquefaction, terjadi jika sedimen yang jenuh air terguncang keras, sehingga terjadi penataan kembali butiran sedimen. Sedimen akan kolaps dan memaksa air keluar dari rongga antar butiran, hal ini akan mengakibatkan tanah di permukaan amblas. Contoh kejadian ini adalah pada Gempa Kobe di Jepang.
 - Longsoran (Landslides). Gempa bumi sering terjadi di sepanjang kawasan pegunungan yang berada di sepanjang batas lempeng konvergen, batas lempeng saling mendekat di mana akan terjadi tumbukan antar lempeng. Lereng yang terjal di kawasan ini sering mengalami runtuh saat terjadi guncangan. Longsoran semacam ini umum terjadi menyertai peristiwa gempa bumi di Kalifornia (USA).
 - Tsunami. Gelombang besar umumnya timbul akibat gempa bumi yang terjadi di bawah laut. Tsunami dapat juga terjadi karena letusan dahsyat gunungapi bawah laut. Gempa bawah laut yang terjadi di pinggiran samudra, dapat menyebabkan gelombang besar yang menyapu daratan hingga ribuan kilometer dari kawasan pantai. Gelombang tsunami dapat mencapai tinggi 15 meter, bahkan letusan Gunung Krakatau (1883) menimbulkan gelombang sampai 30 meter. Kecepatan gelombang akibat tsunami dapat mencapai 960 km / jam.
- **Pengukuran Gempa Bumi**
- Dikenal 3 cara dalam pengukuran efek gempa bumi, yaitu:
- Skala Modifikasi Mercalli digunakan untuk mengukur tingkat kerusakan dan pandangan orang tentang sebuah gempa.
 - Skala Richter, adalah yang paling umum dikenal, mengukur besaran gelombang sismik yang tercatat pada alat seismogram.

- Skala Moment-Magnitude digunakan untuk menggantikan Skala Richter dan lebih populer di kalangan ahli geofisika karena memberikan nilai yang lebih akurat tentang informasi banyaknya energi yang dikeluarkan oleh suatu gempa bumi.

▪ **Skala Modifikasi Mercalli**

Skala pengukuran Mercalli adalah intensitas tingkat kerusakan bangunan dari suatu gempa (nilai tertinggi) dan efek yang dirasakan oleh orang (nilai terendah). Skala Mercalli diciptakan pada tahun 1902 oleh seorang ahli gunung berapi Italia bernama Giuseppe Mercalli untuk mengukur kekuatan gempa bumi. Skala Mercalli terbagi menjadi 12 tingkatan berdasarkan informasi dari orang-orang yang selamat dari gempa tersebut dan juga dengan melihat dan membandingkan tingkat kerusakan akibat gempa bumi. Karenanya skala Mercalli sangat subyektif dan kurang tepat dibanding dengan perhitungan magnitudo gempa yang lain. Tetapi skala Mercalli yang dimodifikasi, pada tahun 1931 oleh ahli seismologi Harry Wood dan Frank Neumann, masih sering digunakan, terutama apabila tidak terdapat peralatan seismometer yang dapat mengukur kekuatan gempa bumi di tempat kejadian.

Intensitas gempa menurut skala ini dinilai dari tingkat I-XII (menggunakan penulisan Romawi). Skala Mercalli (Tabel 2.2) relatif lebih mudah digunakan tetapi pada saat ini sudah tidak umum digunakan

Tabel 2.1
Skala Modified Mercalli Intensity (MMI)

Skala	Keterangan
I	Sangat jarang/hampir tidak ada orang dapat merasakan. Tercatatnya pada alat seismograf
II	Terasa oleh sedikit sekali orang terutama yang ada di gedung tinggi, sebagian besar orang tidak dapat merasakan
III	Terasa oleh sedikit orang, khususnya yang berada di gedung tinggi. Mobil yang parkir sedikitnya bergetar, getaran seperti akibat truk yang lewat.
IV	Pada siang hari akan terasa oleh banyak orang dalam ruangan, diluar ruangan hanya sedikit yang bisa merasakan. Pada malam hari sebagian orang bias terbangun. Piring, jendela, pintu, dinding mengeluarkan bunyi retakan, lampu gantung bergoyang
V	Dirasakan hampir oleh semua orang, pada malam hari sebagian besar orang tidur akan terbangun, barang-barang diatas meja terjatuh, plesteran tembok retak, barang – barang yang tidak stabil akan roboh, pandulum jam dinding akan berhenti.
VI	Dirasakan oleh semua orang, banyak orang ketakutan/panik, berhamburan keluar ruangan, banyak perabotan yang berat bergeser, plesteran dinding retak dan terkelupas, cerobong asap pabrik rusak
VII	Setiap orang berhamburan keluar ruangan, kerusakan terjadi pada bangunan yang desain kontruksinya jelek, kerusakan sedikit sampai sedang terjadi pada bangunan dengan desain kontruksi biasa. Bangunan dengan konstruksi yang

	baik tidak mengalami kerusakan berarti
VIII	Kerusakan luas pada bangunan dengan desain yang jelek, kerusakan berarti pada bangunan dengan desain biasa dan sedikit kerusakan pada bangunan dengan desain yang baik. Dinding panel akan pecah dan lepas dari framenya, cerobong asap pabrik runtuh, perabotan yang berat akan terguling, pengendara mobil terganggu.
IX	Kerusakan berarti pada bangunan dengan desain konstruksi yang baik, pipapipa bawah tanah putus, timbul retakan pada tanah
X	Sejumlah bangunan kayu dengan desain yang baik rusak, sebagian besar bangunan tembok rusak termasuk fondasinya. Retakan pada tanah akan semakin banyak, tanah longsor pada tebing-tebing sungai dan bukit, air sungai akan melimpas di atas tanggul
XI	Sangat sedikit bangunan tembok yang masih berdiri, jembatan putus, rekahan pada tanah sangat banyak/luas, jaringan pipa bawah tanah hancur dan tidak berfungsi, rel kereta api bengkok dan bergeser.
XII	Kerusakan total, gerakan gempa terlihat bergelombang diatas tanah, bendabenda berterbangan ke udara

▪ Skala OMORI

Di Indonesia telah dikembangkan Skala Omori yang telah dimodifikasi oleh Bemmelen (1949), seperti pada Tabel 2.2 berikut, sedangkan perbandingan antara skala Mercalli dan Skala Omori dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.2
Skala OMORI (telah dimodifikasi oleh Bemmelen, 1949)

Derajat	Keterangan
I	Getaran-getaran lunak, dirasakan oleh banyak orang tetapi tidak oleh semua orang.
II	Terjadi getaran sedang, semua orang terbangun karena barang-barang berupa gerabah pecah dan jatuh dari tempatnya, jendela dan pintu berderit.
III	Getaran terasa kuat, jam dinding berhenti berdetak pintu-pintu dan jendela terbuka.
IV	Getaran sangat kuat, gambar dan foto di dinding terjatuh, retakan-retakan pada dinding mulai terlihat.
V	Getaran sangat kuat, dinding roboh dan atap genting terlempar.
VI	Rumah dengan konstruksi bagus roboh.
VII	Kerusakan dahsyat terjadi di mana-mana.

Tabel 2.3
Kesetaraan Skala Mercalli – Omori

No.	Skala Mercalli	Skala Omori
1	II + III	I
2	IV	II
3	V	III
4	VI	IV
5	VII + VIII	V
6	IX + X	VI
7	XI + XII	VII

- **Skala Richter**

Skala Richter mengukur besaran gempa, berupa amplitudo gelombang seismik yang terekam pada alat seismograf dari sebuah gempa. Charles Richter mengembangkan penggunaan skala ini pada tahun 1935, bekerjasama dengan *Beno Gutenberg*, keduanya dari *California Institute of Technology* untuk mengukur gempa dangkal di Kalifornia – USA. Awalnya pengukuran besaran lokal (M_L - local magnitude) sangat sederhana, yakni dengan menggunakan 2 faktor (perbedaan antara waktu tiba amplitudo gelombang P dan S).

Skala Richter didefinisikan sebagai skala logaritmik (basis 10) dari amplitudo maksimum, yang diukur dalam satuan mikrometer, dari rekaman gempa oleh instrumen pengukur gempa seismometer torsi Wood-Anderson, pada jarak 100 km dari pusat gempanya. Sebagai contoh, misalnya kita mempunyai rekaman gempa bumi (seismogram) dari seismometer yang terpasang sejauh 100 km dari pusat gempanya, amplitudo maksimumnya sebesar 1 mm, maka kekuatan gempa tersebut adalah $\log(10 \text{ pangkat } 3 \text{ mikrometer})$ sama dengan 3.0 skala Richter. Gempa hanya dapat diukur pada jarak < 600 km dari stasiun seismograf.

Suatu gempa yang berkekuatan sekitar 4.5 atau lebih, cukup kuat untuk terekam pada seismograf yang terpasang di seluruh belahan bumi.

Rumus-rumus yang kompleks digunakan untuk menentukan besaran gempa dari gelombang seismik, yang dihitung dari beberapa seismograf. Semakin banyak data stasiun seismograf semakin rumit perhitungannya. Persamaan tersebut adalah:

$$M_b = \log_{10}(A/T) + Q$$

Rumus ini digunakan untuk menentukan besaran tubuh gelombang (M_b), di mana A adalah amplitudo getaran tanah (mikron) yang terukur pada seismogram; T adalah waktu yang dibutuhkan dari sumber gempa ke alat pencatat (detik); dan Q adalah faktor koreksi jarak dari pusat gempa dan kedalaman fokus gempa (kilometer). Goncangan terbesar (semakin besar A) dan semakin cepat (waktu tempuh kecil; T) akan memberikan magnitude gempa yang besar.

Karena merupakan skala logaritmik, maka setiap tingkatan skala menyatakan 10 kali lipat peningkatan getaran di bumi akibat dari gempa tersebut, dan sekitar ~30-kali peningkatan energi yang dikeluarkan. Sebagai contoh, gempa dengan intensitas 7 mempunyai getaran 10x lebih besar dan energi yang dikeluarkan 30x dari intensitas gempa 6, 100x getaran lebih besar dan 900x lebih besar energinya dari pada intensitas gempa skala 5; 1000x lebih besar dari skala 4, dan seterusnya.

Tabel 2.4
Skala Richter, frekuensi dan dampak yang ditimbulkan

Deskripsi	Skala Richter	Dampak Gempa	Frekuensi Kejadian
Mikro	< 2.0	Gempa mikro, tidak terasa.	Sekitar 8,000x / hari
Sangat minor	2.0-2.9	Umumnya tidak terasa, tetapi terekam.	Sekitar 1,000x / hari
Minor	3.0-3.9	Kadang terasa, tetapi jarang menimbulkan kerusakan.	Sekitar 49,000x / tahun
Ringan	4.0-4.9	Ditandai dengan getaran barang2 di dalam ruangan, tidak menimbulkan kerusakan berarti.	Sekitar 6,200x / tahun
Sedang	5.0-5.9	Menimbulkan kerusakan berat pada bangunan konstruksi ringan untuk kawasan terbatas. Pada konstruksi bangunan dijumpai sedikit kerusakan.	Sekitar 800x / tahun
Kuat	6.0-6.9	Mampu merusak bangunan pada area sekitar 150 km.	Sekitar 120x / tahun
Mayor	7.0-7.9	Berdampak kerusakan serius pada area yang luas.	18x / tahun
Besar	8.0-8.9	Berdampak kerusakan sangat serius pada areal ratusan kilometer.	1 per tahun
Sangat Besar	9.0 atau lebih	Hampir tidak ada bangunan yang mampu bertahan	1x per 20 tahun

(diadaptasi dari U.S. Geological Survey)

2.3 Analisis Resiko Bencana

Resiko Bencana Menurut *United States Agency for International Development* (2009:10), yang dimaksud resiko bencana adalah kemungkinan terjadinya kerugian pada suatu daerah akibat kombinasi dari bahaya, kerentanan, dan kapasitas dari daerah yang bersangkutan. Pengertian yang lebih mudah dari resiko adalah besarnya kerugian yang mungkin terjadi (korban jiwa, kerusakan harta, dan gangguan terhadap kegiatan ekonomi) akibat terjadinya suatu bencana. Sedangkan menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, pengertian

resiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Berdasarkan dua pengertian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa untuk mengetahui risiko bencana yang terdapat di suatu daerah, maka terlebih dahulu

Analisis Resiko Bencana yang disepakati, namun *Disaster Recovery Journal* menyampaikan 2 (dua) definisi yang berbeda untuk menjelaskan Analisis Resiko, yaitu:

- a. Analisis Resiko (*Risk Analysis*) : proses yang meliputi pengidentifikasian ancaman yang paling mungkin terjadi terhadap objek studi, serta penganalisan kerentanan yang terkait dengan ancaman bencana tersebut.
- b. Penilaian Resiko (*Risk Assessment*) : proses yang meliputi pengevaluasian kondisi fisik dan lingkungan, serta penilaian kapasitas relatif terhadap ancaman bencana yang potensial.

Untuk memudahkan pembahasan dalam makalah ini maka penulis akan menggunakan istilah dari *International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)* yang memberi pengertian Analisis Resiko Bencana sebagai metodologi dalam menentukan risiko melalui suatu analisis ancaman bencana dan evaluasi terhadap kondisi eksisting.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan Analisis Resiko Bencana, antara lain sebagai berikut :

- a. Analisa Manfaat Biaya (*Cost Benefit Analysis*)

Metode yang digunakan untuk memilih suatu opsi dengan cara memberi keseimbangan antara biaya setiap opsi dengan keuntungan/kelebihannya. Secara umum, biaya untuk menangani risiko yang ada harus minimal seimbang dengan keuntungan yang akan didapat apabila melaksanakan suatu opsi.

Kelebihan dari cara ini adalah adanya upaya untuk meyakinkan bahwa investasi publik disalurkan secara tepat dalam pemilihan opsi/aktivitas, yang menghasilkan keuntungan yang maksimal. Sedangkan kelemahannya terdapat pada proses pengumpulan data dan metode di dalam perkiraan biaya tidak langsung (*intangible cost*).

b. Analisa Dampak dan Model Kegagalan (*Failure Modes and Effects Analysis*)

Merupakan teknik analisis yang mendeskripsikan dampak dari suatu kegagalan pada suatu sistem. Tingkat risiko ditentukan dengan rumusan sbb

$$\text{Risk} = \text{Probability of Failure} \times \text{Severity Category}$$

c. Analisa Kuantitatif (*Quantitative Analysis*)

Analisis yang pembobotannya menggunakan angka, baik untuk dampak (*consequences*), maupun untuk kekerapannya (*likelihood*). Kualitas analisis tergantung pada keakuratan dan kelengkapan indikator, serta kevalidan metode yang digunakan. Kelemahan dari metode ini yaitu kurang mampunya dalam mengkuantifikasi proses yang rumit dan kompleks

d. Pemetaan Risiko (*Risk Mapping*)

Peta risiko adalah gambaran suatu masyarakat atau suatu wilayah geografis yang mengidentifikasi tempat dan bangunan yang mungkin terkena dampak suatu bencana. Keuntungannya adalah teknik ini dapat membantu menentukan bencana-bencana yang umum terjadi, menyusun kriteria untuk pengambilan keputusan, menyediakan data kejadian bencana yang terjadi, dll.

e. Pemetaan Ancaman Bencana (*Hazard Mapping*)

Proses untuk memetakan bencana pada suatu wilayah dengan berbagai skala peta, penutupan lahan, dan detail lainnya. Pemetaan dapat dilakukan terhadap 1 (satu) ancaman bencana seperti gempa bumi atau banjir, serta bisa juga untuk beberapa bencana yang dikombinasikan dalam satu peta (*Multi Hazard Map*). Keuntungan 1 jenis bencana di dalam 1 peta adalah kemudahannya untuk dimengerti. Sedangkan kalau beberapa ancaman bencana digambarkan dalam 1 peta, maka dapat diketahui kemungkinan rekomendasi mitigasi bencana yang lebih seragam, wilayah yang membutuhkan perhatian lebih terkait kerentanannya, serta penentuan tata guna lahan.

Beberapa formulasi yang telah diciptakan untuk menghitung resiko bencana adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5
Rumusan Untuk Menghitung Resiko Bencana

NO	FORMULA	SUMBER
1	Risk = Natural Hazards * Elements At Risk * Vulnerability	UNDRO (1991), ext. Fournier d'Albe (1979)
2	Risk = (Hazards * Vulnerability) – Coping Copicity	Wisner (2001)
3	Risk = (Hazards * Vulnerability) – Mitigation	Wisner (2000)
4	Risk = Hazards * Exposures * Vulnerability / Preparedness	De La Cruz reyna (1996)
5	Risk = Hazards * Exposures * Vulnerability * Interconnectivity	Yurkovich (2004)
6	Risk = Hazards * Vulnerability / Resilience or Capacity	UN – ISDR (2002)

2.4 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis atau *Geographic Information Sistem (GIS)* merupakan suatu sistem informasi yang berbasis komputer, dirancang untuk bekerja dengan menggunakan data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Sistem ini *capture*, mengecek, mengintegrasikan, manipulasi menganalisa, dan menampilkan data yang secara spasial mereferensikan kepada kondisi bumi. Teknologi SIG mengintegrasikan operasi-operasi umum database, seperti *query* dan analisa statistik, dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimiliki oleh pemetaan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan Sistem Informasi lainnya yang membuatnya menjadi berguna berbagai kalangan untuk menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, dan memprediksi apa yang terjadi. Sistem ini pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1972 dengan nama *Data Banks for Development* (Rais, 2005) dalam jurnal Anisah, 2007.

Perencanaan tata ruang untuk melandasi kegiatan pembangunan suatu wilayah, memerlukan informasi spasial yang dapat menggambarkan kondisi fisik suatu daerah. Semakin akurat dan lengkap informasi spasial yang tersedia, maka hasil perencanaan tata ruang juga semakin akurat dan tepat sasaran. Karena perencanaan tata ruang merupakan konsep kegiatan pengelolaan daerah yang memiliki sifat koordinasi antar sektor, berjenjang dan dilaksanakan secara berkesinambungan, maka informasi yang mutakhir pada semua segi, baik berupa data spasial maupun atribut terkait yang menggambarkan kondisi paling terkini, sangat diperlukan. Menata ruang suatu wilayah membutuhkan dukungan data dan informasi, baik spasial maupun non spasial, yang akurat dan terkini, terutama data dan informasi tematik yang mengilustrasikan kondisi suatu wilayah. Perubahan kondisi wilayah pada daerah yang akan disusun rencana

tata ruangnya, perlu dipahami dengan baik oleh para perencana, karena kualitas rencana tata ruang sangat ditentukan oleh pemahaman para perencana terhadap kondisi fisik wilayah perencanaan.

Peta dasar (*base map*) adalah informasi spasial utama yang diperlukan sebagai dasar pemetaan rencana tata ruang, disamping data spasial tematik yang terkait dengan kondisi fisik wilayah, seperti kerentanan terhadap bencana, keanekaragaman hayati, oseanografi, iklim dan geofisika, serta data fisik wilayah yang berasal dari suatu proses kajian, analisa, dan survai yang mendalam, diantaranya berupa data kesesuaian lahan, tutupan lahan, dan penggunaan lahan. Sebagian data spasial tersebut memang telah tersedia, namun memang tidak dapat dipungkiri bahwa data spasial tersebut relatif masih terbatas dan tidak mudah untuk diakses.

Dengan menggunakan teknologi informasi yang telah berkembang dengan pesat, sebagian data dan informasi spasial yang diperlukan dalam perencanaan tata ruang dapat dibangun dalam sebuah sistem informasi yang berbasis pada koordinat geografis yang lebih dikenal dengan sebutan Sistem Informasi Geografis (SIG). Seiring dengan perkembangan teknologi pengolahan data geografis, dalam SIG dimungkinkan penggabungan berbagai basis data dan informasi yang dikumpulkan melalui peta, citra satelit, maupun survai lapangan, yang kemudian dituangkan dalam layer-layer peta. Sistem informasi yang meng-*overlay*-kan beberapa layer tematik diatas peta dasar sungguh membantu proses analisa wilayah dan pemahaman kondisi wilayah bagi para perencana, serta dapat menghemat waktu karena sebagian proses dilakukan oleh piranti lunak, sehingga dengan SIG proses perencanaan tata ruang dapat lebih efisien dan efektif. Menata ruang suatu wilayah membutuhkan dukungan data dan informasi, baik spasial maupun non spasial, yang akurat dan terkini, terutama data dan informasi tematik yang mengilustrasikan kondisi suatu wilayah. Perubahan kondisi wilayah pada daerah yang akan disusun rencana tata ruangnya, perlu dipahami dengan baik oleh para perencana, karena kualitas rencana tata ruang sangat ditentukan oleh pemahaman para perencana terhadap kondisi fisik wilayah perencanaan.

Peta dasar (*base map*) adalah informasi spasial utama yang diperlukan sebagai dasar pemetaan rencana tata ruang, disamping data spasial tematik yang terkait dengan kondisi fisik wilayah, seperti kerentanan terhadap bencana,

keanekaragaman hayati, oseanografi, iklim dan geofisika, serta data fisik wilayah yang berasal dari suatu proses kajian, analisa, dan survai yang mendalam, diantaranya berupa data kesesuaian lahan, tutupan lahan, dan penggunaan lahan. Seiring dengan perkembangan teknologi pengolahan data geografis, dalam SIG dimungkinkan penggabungan berbagai basis data dan informasi yang dikumpulkan melalui peta, citra satelit, maupun survai lapangan, yang kemudian dituangkan dalam layer-layer peta. Sistem informasi yang meng-*overlay*-kan beberapa layer tematik diatas peta dasar sungguh membantu proses analisa wilayah dan pemahaman kondisi wilayah bagi para perencana, serta dapat menghemat waktu karena sebagian proses dilakukan oleh piranti lunak, sehingga dengan SIG proses deliniasi resiko bencana dapat lebih efisien dan efektif.

2.4.1 Tahapan Kerja SIG

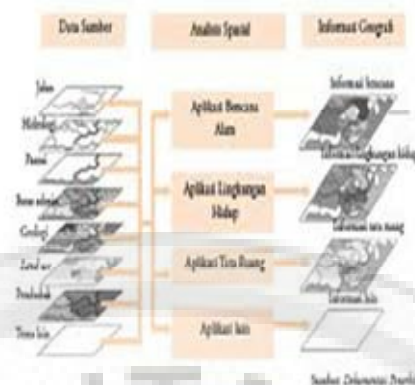
Tahapan kerja SIG meliputi tiga hal utama, yaitu masukan (input), proses, dan keluaran (output). Perhatikan Bagan 2.8

1. Data Masukan (Input Data)

Tahapan kerja SIG yang pertama adalah data masukan, yaitu suatu tahapan pada SIG yang dapat digunakan untuk memasukkan dan mengubah data asli ke dalam bentuk yang dapat diterima oleh komputer. Data-data yang masuk tersebut membentuk database (data dasar) di dalam komputer yang dapat disimpan dan dipanggil kembali untuk dipergunakan atau untuk pengolahan selanjutnya. Tahapan kerja masukan data meliputi pengumpulan data dari berbagai sumber data dan proses pemasukan data

a. Sumber Data

Data dasar yang dimasukkan dalam SIG diperoleh dari empat sumber, yaitu data lapangan (teristris), data peta, data penginderaan jauh, dan data statistik.

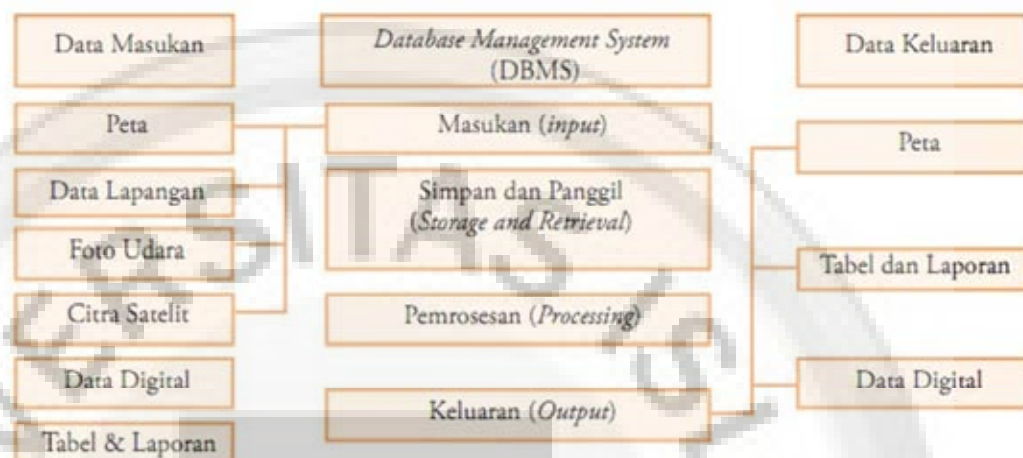


Gambar 2.7
Proses Pengolahan Data dalam SIG
 (Sumber : Modul SIG)

1. Data penginderaan jauh (remote sensing) adalah data dalam bentuk citra dan foto udara atau nonfoto. Citra adalah gambar permukaan bumi yang diambil melalui satelit. Foto udara adalah gambar permukaan bumi yang diambil melalui pesawat udara. Informasi yang terekam pada citra penginderaan jauh yang berupa foto udara atau diinterpretasi (ditafsirkan) terlebih dahulu sebelum diubah ke dalam bentuk digital. Adapun citra yang diperoleh dari satelit yang sudah dalam bentuk digital langsung digunakan setelah diadakan koreksi seperlunya.
2. Data lapangan (teristris), yaitu data yang diperoleh secara langsung melalui hasil pengamatan di lapangan karena data ini tidak terekam dengan alat penginderaan jauh. Misalnya, batas administrasi, kepadatan penduduk, curah hujan, pH tanah, kemiringan lereng, suhu udara, kecepatan angin, dan gejala gunungapi.
3. Data peta (map), yaitu data yang telah terekam pada kertas atau film. Misalnya, peta geologi atau peta jenis tanah yang akan digunakan sebagai masukan dalam SIG, kemudian dikonversikan (diubah) ke dalam bentuk digital.
4. Data statistik (statistic), yaitu data hasil catatan statistik dalam bentuk tabel, laporan, survei lapangan, dan sensus penduduk. Data statistik diperoleh dari lembaga swasta atau instansi resmi pemerintah, seperti Biro Pusat Statistik (BPS). Data statistik merupakan

data sekunder, yaitu data yang telah mengalami pengolahan lebih lanjut.

Tahapan kerja SIG meliputi tiga hal utama, yaitu masukan (*input*), proses, dan keluaran (*output*). Perhatikan

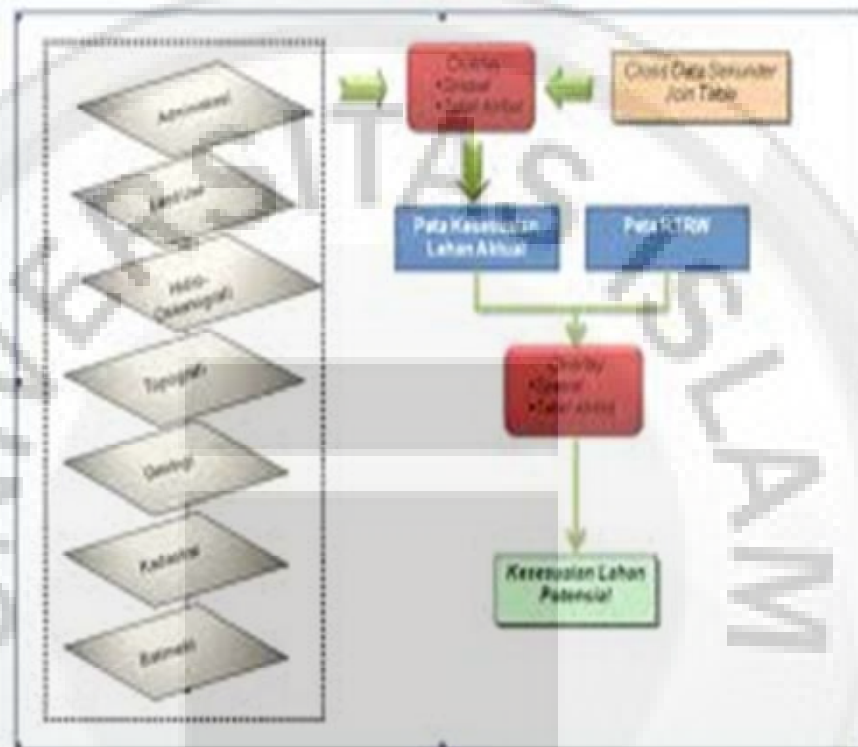


Gambar 2.8
Alur/Tahapan Kerja SIG
(Sumber : Modul SIG)

b. Proses Pemasukan Data

Proses pemasukan data ke dalam SIG diawali dengan mengumpulkan dan menyiapkan data spasial maupun data atribut dari berbagai sumber data, baik yang bersumber dari data lapangan, peta, penginderaan jauh, maupun data statistik. Bentuk data yang akan dimasukkan dapat berupa tabel, peta, catatan statistik, laporan, citra satelit, foto udara, dan hasil survei atau pengukuran lapangan. Data tersebut diubah terlebih dahulu menjadi format data digital sehingga dapat diterima sebagai masukan data yang akan disimpan ke dalam SIG. Data yang masuk ke dalam SIG dinamakan database (data dasar atau basis data). Dari digitasi peta dihasilkan layer peta tematik. Layer peta tematik adalah peta yang digambar pada sesuatu yang bersifat tembus pandang, seperti plastik transparan. Berbagai fenomena di permukaan bumi dapat dipetakan ke dalam beberapa layer peta tematik, dengan setiap layer-nya merupakan representasi kumpulan benda (feature) yang memiliki kesamaan. Misalnya, layer jalan, kemiringan lereng, daerah aliran sungai, tata guna lahan, dan jenis tanah. Layer-layer ini kemudian disatukan dan disesuaikan urutan

maupun skalanya. Kemampuan ini memungkinkan seseorang untuk mencari di mana letak suatu daerah, objek, atau hal lainnya di permukaan bumi. Fungsi ini dapat digunakan, seperti untuk mencari lokasi rumah, mencari rute jalan, dan mencari tempat-tempat penting yang ada di peta. Pengguna SIG dapat pula melihat pola-pola yang mungkin akan muncul dengan melihat penyebaran letak feature,



seperti sekolah, sungai, jembatan, dan daerah pertambangan

Gambar 2.9
Proses Pemasukan Data
 (Sumber : Modul SIG)

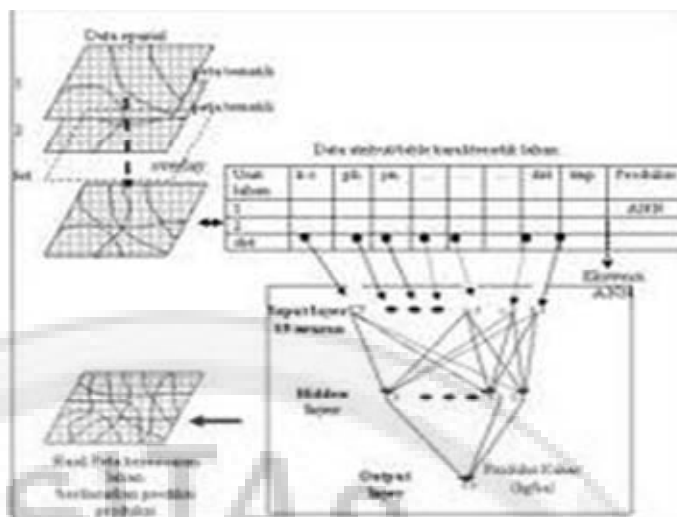
1. Teknik pemasukan data ke dalam SIG dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.
 - Digitasi data-data spasial, seperti peta dengan menggunakan digitizer.
 - Scanning data-data spasial dan atribut dengan menggunakan scanner.
 - Modifikasi data terutama data atribut.
 - Mentransfer data-data digital, seperti citra satelit secara langsung
2. Manipulasi dan Analisis Data

Tahapan manipulasi dan analisis data adalah tahapan dalam SIG yang berfungsi menyimpan, menimbun, menarik kembali, memanipulasi, dan menganalisis data yang telah tersimpan dalam komputer. Beberapa macam analisis data, antara lain sebagai berikut

- a. Analisis lebar, yaitu analisis yang dapat menghasilkan gambaran daerah tepian sungai dengan lebar tertentu. Kegunaannya antara lain untuk perencanaan pembangunan jembatan dan bendungan, seperti bendungan Jatiluhur, Saguling, dan Cirata yang mem bendung Citarum.
- b. Analisis penjumlahan aritmatika, yaitu analisis yang dapat menghasilkan peta dengan klasifikasi baru. Kegunaannya antara lain untuk perencanaan wilayah, seperti wilayah permukiman, industri, konservasi, dan pertanian.
- c. Analisis garis dan bidang, yaitu analisis yang digunakan untuk menentukan wilayah dalam radius tertentu. Kegunaannya antara lain untuk menentukan daerah rawan bencana, seperti daerah rawan banjir, daerah rawan gempa, dan daerah rawan gunungapi.

3. Keluaran Data

Tahapan keluaran data, yaitu tahapan dalam SIG yang berfungsi menyajikan atau menampilkan hasil akhir dari proses SIG dalam bentuk peta, grafik, tabel, laporan, dan bentuk informasi digital lainnya yang diperlukan untuk perencanaan, analisis, dan penentuan kebijakan terhadap suatu objek geografis. Misalnya, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan (land use), sumber daya alam, lingkungan, transportasi, fasilitas kota, dan pelayanan umum lainnya. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya yang membuatnya menjadi berguna untuk berbagai kalangan dalam menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, dan memprediksi apa yang akan terjadi.



Gambar 2.10
Proses Analisis SIG
 (Sumber : Modul SIG)

2.5 Mitigasi Bencana

Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana” (UU No. 24 tahun 2007). Mitigasi sebagai upaya pengurangan resiko bencana memiliki sifat struktural dan non-struktural. Mitigasi struktural merupakan upaya yang berbentuk fisik untuk bisa mengurangi dampak dari ancaman bencana, misalnya pembangunan sarana dan prasarana yang mampu untuk mengurangi dampak dari ancaman bencana. Sedangkan mitigasi non-struktural merupakan upaya yang berkaitan dengan kebijakan, sosialisasi kepada masyarakat, dan penyediaan informasi kepada masyarakat sehingga mampu untuk mengurangi dampak dari bencana.

Dengan adanya kombinasi antara mitigasi struktural dan mitigasi non-struktural, maka diharapkan masyarakat akan lebih peka terhadap ancaman bencana yang terdapat di sekitar tempat tinggalnya. Misalnya dengan pembangunan rumah tahan gempa , maka masyarakat akan sadar bahwa di tempat pembangunan tersebut merupakan daerah yang memiliki potensi gempabumi. Contoh lain yaitu, dengan adanya pengerukan sungai, maka masyarakat akan sadar bahwa di lokasi pengerukan tersebut merupakan daerah rawan banjir. Pembangunan rumah tahan gempa dan pengerukan sungai tersebut tidak akan mampu memenuhi tujuan tanpa adanya sosialisasi yang berkaitan dengan dua hal itu kepada masyarakat. Sosialisasi tersebut dapat berupa penyuluhan, penyebaran pamflet, maupun pemasangan rambu yang

menjelaskan mengenai tujuan dibangunnya rumah tahan gempa dan pengerkan sungai. Oleh karena itu, mitigasi struktural dan mitigasi non-struktural harus berjalan secara simultan.

Bencana Menurut keputusan Sekretaris Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana dan Penanganan Pengungsi Nomor 2 Tahun 2001 tentang Pedoman Umum Penanggulangan Bencana dan Penanganan Pengungsi, yang dimaksud bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, manusia, dan atau oleh keduanya yang mengakibatkan korban penderitaan manusia, kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, kerusakan sarana prasarana dan fasilitas umum serta menimbulkan gangguan terhadap tata kehidupan dan penghidupan masyarakat. Sedangkan pengertian bencana alam menurut Majelis Guru Besar Institut Teknologi Bandung (2009 : 2) adalah “gejala ekstrim alam dimana masyarakat tidak siap menghadapinya. Jelas ada dua hal yang berinteraksi yakni (i) gejala alam (ii) masyarakat atau sekumpulan manusia (yang berinteraksi dengan gejala alam)”.

Dari dua pengertian tersebut, maka jelas bahwa bencana merupakan peristiwa yang diakibatkan oleh manusia, alam, maupun gabungan dari keduanya yang yang menimbulkan korban penderitaan manusia maupun kehilangan harta benda, serta merusak sistem kehidupannya. Bencana terbagi menjadi tiga yaitu, bencana alam, bencana non-alam, dan bencana manusia. Bencana alam merupakan bencana yang disebabkan oleh adanya gejala alam. Gejala alam tersebut baru disebut sebagai bencana ketika bertemu dengan kerawanan, misalnya kejadian gempabumi merupakan ancaman bagi daerah yang memiliki kepadatan penduduk tinggi. Dalam hal ini kedudukan gempabumi adalah sebagai ancaman, sedangkan kedudukan kepadatan penduduk merupakan kerawanan.

Selanjutnya, bencana non- alam merupakan bencana yang disebabkan oleh hal-hal selain dari alam dan manusia. Bencana yang masuk kategori ini adalah bencana yang diakibatkan oleh kegagalan teknologi dan wabah penyakit. Sedangkan bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh manusia. Bencana yang masuk ke dalam kategori ini antara lain teror bom dan konflik antar kelompok masyarakat.

Bencana dapat disebabkan oleh kejadian alam (natural disaster) maupun oleh ulah manusia (man-made disaster)” (UNDP, 2006 : 4) Faktor-faktor yang dapat menyebabkan bencana antara lain bahaya alam dan bahaya karena ulah

manusia dapat dikelompokkan menjadi bahaya geologi, bahaya hidrometeorologi, bahaya biologi, bahaya teknologi dan penurunan kualitas lingkungan, kerentanan yang tinggi dari masyarakat, infrastruktur serta elemen-elemen di dalam kota/ kawasan yang berisiko bencana, kapasitas yang rendah dari berbagai komponen di dalam masyarakat. Secara geografis Indonesia terletak di antara tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Hindia Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Pada Sumatera bagian barat, Jawa bagian selatan, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, dan Maluku terdapat fenomena ring of fire

Hal itu pula yang menyebabkan Indonesia memiliki kekayaan mineral seperti emas, nikel, tembaga, dan barang tambang lainnya. Selama kurun waktu 1600-2010, Indonesia telah mengalami gempa bumi yang disebabkan oleh pergerakan lempeng. Hal itu juga berimbas terhadap kejadian tsunami yang merupakan bencana yang disebabkan oleh adanya gempa bumi dengan kekuatan lebih dari enam skala richter yang telah terjadi beberapa saat sebelum terjadi tsunami. Dampak dari tsunami akan parah jika morfologi pantai relatif datar dengan penggunaan lahannya didominasi oleh kawasan terbangun.

Tsunami di Nangroe Aceh Darussalam pada 26 Desember 2004 merupakan contoh nyata betapa hebatnya dampak dari pergerakan lempeng yang mengakibatkan gempa bumi dengan kekuatan 8,9 skala richter dan diikuti oleh gelombang tsunami yang memporak-porandakan semua yang dilewatinya. Korban jiwa akibat peristiwa itu pun tidak kurang dari 200.000 jiwa. Bencana ini sempat mengundang simpati dari berbagai belahan dunia, sehingga bencana ini sering disebut sebagai bencana kemanusiaan.

Selain itu, gempa lain yang cukup besar juga melanda Daerah Istimewa Yogyakarta pada Mei 2006. Peristiwa banyak menelan korban jiwa dan meratakan sebagian infrastruktur yang ada di Yogyakarta. Gempa Yogyakarta merupakan gempa yang episentrumnya terletak pada aktivitas patahan Opak yang masih aktif. Namun banyak masyarakat yang belum mengetahui mengenai keaktifan patahan ini dan dampak yang akan ditimbulkan jika patahan ini melepaskan energi. Oleh karena itu, dibutuhkan pengetahuan kebencanaan yang cukup bagi masyarakat mengenai berbagai macam ancaman bencana yang ada di sekitar tempat tinggalnya. Gempa Yogyakarta juga menjadi pemicu munculnya perdebatan mengenai aktivitas patahan lembang yang juga aktif dan menjadi ancaman bagi aktivitas penduduk di Kota Bandung dan sekitarnya.

Apalagi Kota Bandung memiliki batuan endapan danau muda yang belum terkonsolidasi dengan baik, sehingga jika terjadi gempa maka diprediksi akan merusak infrastruktur Kota Bandung dan menimbulkan banyak korban jiwa yang dikarenakan oleh tingkat kepadatan penduduk yang sangat padat.

Selain bencana geologis, terdapat pula bencana sosial, bencana lingkungan, dan bencana akibat kegagalan teknologi. Bencana sosial sering terjadi di Indonesia terutama di Indonesia bagian timur. Konflik antar suku, antar agama, antar desa, dan tawuran pelajar merupakan contoh dari bencana sosial. Biasanya bencana sosial dipicu oleh adanya kesalah pahaman atau masalah pribadi yang sebenarnya bisa diselesaikan dengan cara kekeluargaan. Bencana lingkungan merupakan bencana yang disebabkan oleh adanya aktivitas manusia yang mengeksploitasi lingkungan sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan yang pada akhirnya menyebabkan bencana. Hal ini juga sering terjadi di Indonesia.

Bencana lingkungan sering terjadi karena pihak pelaku industri biasanya tidak mematuhi regulasi yang ditetapkan oleh pemerintah. Keuntungan besar merupakan orientasi utama dalam melaksanakan aktivitas industri, sehingga faktor sumber daya sering diabaikan. Hal tersebut juga terjadi pada bencana yang diakibatkan oleh adanya kegagalan teknologi. Kegagalan teknologi juga terkait dengan kesalahan manusia dalam menciptakan suatu teknologi. Hal ini bisa diakibatkan oleh bahan yang berkualitas, proses pembuatan yang kurang baik, atau sumber daya manusia nya yang kurang memiliki kapabilitas. Contoh dari bencana ini adalah kecelakaan transportasi.

2.6 Definisi Operasional

- **Kajian** adalah mekanisme terpadu untuk memberika gambaran menyeluruh.(Peraturan BNPN 02 Tahun 2012)
- **Analisis** adalah kajian yang dilaksanakan terhadap sebuah bahasa guna meneliti struktur bahasa tersebut secara mendalam.(*Kamus Besar Bahasa Indonesia*)
- **Risiko bencana** adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat.(UU 24 Tahun 2007)

- **Sesar adalah** rekahan yang mengalami geser-geseran yang jelas. pergeseran dapat berkisar dari beberapa milimeter sampai ratusan meter dan panjangnya dapat mencapai beberapa desimeter hingga ribuan meter. sesar dapat terjadi pada segala jenis batuan.
- **Penyusunan adalah** menyusun suatu konsep rangkaian berdasarkan hasil analisis/kajian. (*Kamus Besar Bahasa Indonesia*)
- **Pemanfaatan Ruang adalah** Rangkaian program kegiatan pelaksanaan pembangunan yang memanfaatkan ruang menurut jangka waktu yang ditetapkan di dalam rencana tata ruang. (*UU No. 24 tahun 2007*)
- **Mitigasi Bencana adalah** serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana” (*UU No. 24 tahun 2007*).
- **Kecamatan Lembang** adalah sebuah wilayah yang secara administratif berada di Kabupaten Bandung Barat.

Kajian Analisis Resiko Bencana Sesar Lembang Dalam Penyusunan Pemanfaatan Ruang Berbasis Mitigasi Bencana adalah menganalisis dan mengkaji suatu potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat