

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

2.2.1. Penelitian Terdahulu Tentang Kebencanaan

Dibawah ini beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya, untuk sebagai bahan acuan dan pembanding dalam penelitian ini.

Ikqra (2010) melakukan penelitian dengan judul “Analisis Bentuk Lahan (*Landform*) Untuk Penilaian Bahaya dan Risiko Longsor Di Pulau Ternate Provinsi Maluku Utara”. Dalam penelitiannya ini bertujuan untuk menghasilkan peta bahaya longsor dan penilaian risiko yang akan berguna untuk pengurangan risiko longsor Di Ternate. Ancaman tanah longsor yang dinilai oleh beberapa parameter adalah kemiringan, bentuklahan, tekstur tanah dan penggunaan lahan, penilaian risiko longsor berdasarkan bahaya dan kerentanan bangunan. Metode yang digunakan untuk bahaya longsor adalah skor dan bobot parameter. Menurut analisis yang dilakukan, Ternate memiliki dominasi oleh kelas bahaya longsor sedang dengan luas sekitar 3.015ha atau 30% dari seluruh wilayah dan sekitar 7.484 bangunan berisiko rendah 470 dengan risiko sedang dan 3 bangunan berisiko tinggi.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multirawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang” yaitu dalam penelitian ini area kajian berupa jalur rel kereta api dan juga identifikasi dan pemetaan bencana yang dilakukan terdapat lima jenis bencana yaitu bencana longsor, bencana gempa bumi, bencana gunungapi dan bencana amblesan. Pada penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan serta menggunakan pendekatan *landscape analysis*. Pada penelitian ini juga terdapat peta multirawan bencana yang diperoleh dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing kerawanan bencana.

Sagala dan Yasaditama (2012) mengadakan penelitian dengan judul “Analisis Bahaya dan Resiko Bencana Gunungapi Papandayan Studi Kasus: Kecamatan Cisurupan, Kabupaten Garut. Tujuan dari penelitian ini menganalisis risiko pada Gunung Papandayan (2.665 m), yaitu sebuah gunungapi yang paling aktif di Jawa Barat.

Unit analisis didalam penelitian ini mengikuti batas administrasi desa, sehingga hasil penelitian dapat dimanfaatkan sampai pada level desa menggunakan SIG. Analisis bahaya dilakukan dengan mengacu pada peta bahaya resmi yang diproduksi PVMBG, sementara itu analisis kerentanan dilakukan pada 3 sub-analisis, yaitu kerentanan fisik (7 indikator), kerentanan sosial (7 indikator) dan kerentanan ekonomi. Analisis bahaya dan kerentanan ditumpangsusunkan untuk menghasilkan risiko, yang kemudian dibuat menjadi peta risiko. Temuan menunjukkan bahwa desa-desa yang berlokasi dekat dengan arah kawah memiliki nilai risiko yang lebih besar dibanding desa lain. Hasil dari peta risiko ini nantinya dapat diintegrasikan sebagai sebuah referensi dalam membuat perencanaan tata ruang berbasis mitigasi bencana. Hasil dari penelitian ini bahwa secara umum Desa Sirnajaya berada pada zona risiko fisik dan sosial yang tertinggi. Akan tetapi, dari sisi risiko ekonomi dapat diidentifikasi bahwa Desa Cipaganti, Karamatwangi, Sukarwagi, dan Cidatar berada pada zona risiko ekonomi tingkat tinggi bencana Gunung Papandayan.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multirawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang” yaitu dalam penelitian ini area kajian berupa jalur rel kereta api dan juga identifikasi dan pemetaan bencana yang dilakukan terdapat lima jenis bencana yaitu bencana longsor, bencana gempa bumi, bencana gunungapi dan bencana amblesan. Pada penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan serta menggunakan pendekatan *landscape analysis*. Pada penelitian ini juga terdapat peta multirawan bencana yang diperoleh dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing kerawanan bencana.

Kurniawan (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “Memfaatkan Jaringan Sensor Nirkabel Dengan Percepatan H48C Sebagai Sistem Akuisisi Data Dan Sistem Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor”. Pada lokasi penelitian berada pada perbukitan atau pegunungan dengan lereng sedang sampai curam. Jika bukit tidak kuat maka daerah tersebut memiliki risiko longsor. Saat ini perkembangan teknologi telah mendukung adanya perangkat elektronik yang mampu membaca jumlah fisik termasuk akselerasi gerakan oleh akselemeter. Sehingga kemajuan teknologi ini semestinya dapat memberikan manfaat bagi penanggulangan bencana seperti tanah longsor.

Perkembangan di dunia telekomunikasi juga dapat digunakan untuk upaya pencegahan dan mitigasi bencana seperti komunikasi nirkabel untuk pembuatan sensor sebagai sistem akuisisi data dan sistem peringatan dini bencana alam.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multirawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang” yaitu dalam penelitian ini area kajian berupa jalur rel kereta api dan juga identifikasi dan pemetaan bencana yang dilakukan terdapat lima jenis bencana yaitu bencana longsor, bencana gempa bumi, bencana gunungapi dan bencana amblesan. Pada penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan serta menggunakan pendekatan *landscape analysis*. Pada penelitian ini juga terdapat peta multirawan bencana yang diperoleh dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing kerawanan bencana.

Nasiah dan Invanni (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “Zonasi Daerah Rawan Bencana Longsor Di Sulawesi Selatan” menjelaskan tentang inventarisasi daerah rawan bencana longsor. Model yang diterapkan untuk menentukan daerah rawan bencana longsor yaitu metode penjumlahan harkat Dibyosaputro (1998) dengan menerapkannya pada Sistem Informasi Geografi (SIG). Beberapa faktor penyebab longsor adalah geologi (sifat batuan, stratigrafi, struktur geologi, tingkat pelapukan dan kegempaan), iklim (curah hujan), *soil* (tebal *solum*), topografi (kemiringan lereng), vegetasi (kerapatan vegetasi) dan manusia (penggunaan lahan) merupakan kombinasi Siagian dan Sugalan (dalam Sutikno, 1995) dengan Dibyosaputro (1998). Hasil analisis menunjukkan bahwa di Sulawesi Selatan terdapat 5 kelas tingkat rawan bencana longsor yaitu tidak rawan, agak rawan, cukup rawan, rawan, dan sangat rawan. Secara umum Provinsi Sulawesi Selatan termasuk cukup rawan bencana longsor, tetapi ada tiga Kabupaten yang sangat rawan longsor yaitu: Luwu, Luwu Utara dan Toraja Utara.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multirawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang” yaitu dalam penelitian ini area kajian berupa jalur rel kereta api dan juga identifikasi dan pemetaan bencana yang dilakukan terdapat lima jenis bencana yaitu bencana longsor, bencana gempa bumi, bencana gunungapi dan bencana amblesan.

Pada penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan serta menggunakan pendekatan *landscape analysis*. Pada penelitian ini juga terdapat peta multirawan bencana yang diperoleh dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing kerawanan bencana.

Solle, Paharuddin, Ahmad dan Ansar (2014), melakukan penelitian yang berjudul “Landslide Zonation at the Budong-Budong Watershed, Central Mamuju District of West Sulawesi Province” dengan tujuan penelitian membangun peta kerentanan longsor di wilayah tersebut. Penelitian ini menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk membangun peta kerentanan tanah longsor. Hasil perhitungan mengklasifikasikan Indeks kerentanan tanah longsor menjadi 5 kategori yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Berdasarkan peta zona kerentanan tanah longsor di wilayah DAS Budong-Budong, terdapat zona kerentanan tanah longsor kategori tinggi samapi sangat tinggi mencapai luas 187.429ha atau 59 persen dari total luas wilayah DAS Budong-Budong. Wilayah DAS Budong-Budong yang tercakup didalam zona kerentanan tanah longsor kategori tinggi sampai sangat tinggi terdiri dari Formasi Talaya (Tmtv), Lamasi (Toml), dan Latimojong (Kls) pada bentang lahan berlereng terjal.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multirawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang” yaitu dalam penelitian ini area kajian berupa jalur rel kereta api dan juga identifikasi dan pemetaan bencana yang dilakukan terdapat lima jenis bencana yaitu bencana longsor, bencana gempa bumi, bencana gunungapi dan bencana amblesan. Pada penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan serta menggunakan pendekatan *landscape analysis*. Pada penelitian ini juga terdapat peta multirawan bencana yang diperoleh dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing kerawanan bencana.

Saputra, Sartohadi, Hadmoko dan Gomez (2015), melakukan penelitian yang berjudul “Geospatial Assesment of Coseismic Landslides in Baturagung Area” tujuan dalam penelitian ini adalah mengintergrasikan penginderaan jarak jauh, sistem informasi geografis (SIG), analisis probabilitas bahaya gempa bumi, dan mirozonasi berdasarkan *grade 2*. Zonasi bahaya gempabumi di Baturagung didapat dari hasil analisis probabilistik menggunakan Atenuasi Kanai.

Informasi geologi didapatkan dari hasil interpretasi penginderaan jauh dengan bantuan peta geologi skala 1:100.000 lembar Yogyakarta dan peta geomorfologi daerah penelitian. Skoring dan *overlay* di dalam SIG digunakan untuk menerapkan model bahaya tanah longsor akibat gempa bumi menurut Mora dan Vahrson (1993). Peta hasil penilaian bahaya tanah longsor akibat gempa bumi menunjukkan bahwa zona bahaya menengah hingga tinggi terdapat di bagian timur area penelitian, tepatnya di lereng bagian atas Baturagung. Area ini terletak diatas Formasi Semilir. Metode yang digunakan ini untuk selanjutnya dapat diterapkan sebagai penilaian awal dari investigasi lokal secara spesifik khususnya pada daerah yang dianggap penting dan bernilai tinggi. Metode ini juga dapat digunakan sebagai alat pengambilan keputusan yang sangat bermanfaat untuk mitigasi dan manajemen bencana.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multirawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang” yaitu dalam penelitian ini area kajian berupa jalur rel kereta api dan juga identifikasi dan pemetaan bencana yang dilakukan terdapat lima jenis bencana yaitu bencana longsor, bencana gempa bumi, bencana gunungapi dan bencana amblesan. Pada penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan serta menggunakan pendekatan *landscape analysis*. Pada penelitian ini juga terdapat peta multirawan bencana yang diperoleh dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing kerawanan bencana.

Karagiorgos, Thaler, Hubl, Marls, dan Fuchs (2016), melakukan penelitian yang berjudul “Multi-Vulnerbility Analysis for Flash Flood Risk Management”. Dalam penelitian ini kuantitatif komponen kerentanan seperti unsur-unsur yang berisiko, paparan fisik, dan karakteristik sosial. Secara umum kerentanan fisik dan sosial sebanding, yang ditafsirkan sebagai akibat dari peraturan bangunan spesifik di Yunani dan juga prinsip-prinsip perancangan umum yang menyebabkan kerentanan strktural dan relatif kerugian ekonomi rendah yang menyebabkan kerentanan sosial masyarakat menjadi tidak terekspos. Penilaian dilakukan menggunakan pengumpulan data empiris berdasarkan suvei dari pintu ke pintu.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multirawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang” yaitu dalam penelitian ini area kajian berupa jalur rel kereta api dan juga identifikasi dan pemetaan bencana yang dilakukan terdapat

lima jenis bencana yaitu bencana longsor, bencana gempa bumi, bencana gunungapi dan bencana amblesan. Pada penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan serta menggunakan pendekatan *landscape analysis*. Pada penelitian ini juga terdapat peta multirawan bencana yang diperoleh dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing kerawanan bencana.

Blacho (2016), dalam penelitiannya yang berjudul “Application of GIS Spatial Regression Method in Assessment of Lands Subsidence in Complicated Mining Conditions : Case Study of the Walbrzych Coal Mine (SW Poland)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan memodelkan penurunan tanah akibat aktivitas pertambangan dengan menggunakan metode GWR yang memungkinkan variabilitas spasial faktor dari pergerakan tanah. Pemodelan yang divalidasi digunakan untuk memperkirakan penurunan di daerah yang sekarang belum berubah oleh manusia. Hasil dari penelitian ini yaitu representasi spasial penurunan untuk seluruh tambang batubara di Walbrzych.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multirawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang” yaitu dalam penelitian ini area kajian berupa jalur rel kereta api dan juga identifikasi dan pemetaan bencana yang dilakukan terdapat lima jenis bencana yaitu bencana longsor, bencana gempa bumi, bencana gunungapi dan bencana amblesan. Pada penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan serta menggunakan pendekatan *landscape analysis*. Pada penelitian ini juga terdapat peta multirawan bencana yang diperoleh dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing kerawanan bencana.

Kvock, Falconner, dan Bray (2016), melakukan penelitian yang berjudul “Flood Hazard Assessment for Extreme Flood Events” tujuan penelitian ini adalah membuat skema penilaian risiko banjir yang lebih akurat, terutama di daerah yang rawan banjir ekstrem. Studi ini menggunakan metode penilaian bahaya banjir yang harus digunakan untuk menilai bahaya banjir terhadap orang-orang yang disebabkan oleh banjir yang ekstrim. Dua kriteria penilaian bahaya banjir diuji, yaitu: metode yang digunakan secara luas dan diturunkan secara empiris, dan metode yang dikelompokkan secara fisik dan eksperimental dikalibrasi. Dua metode penilaian bahaya banjir yang dipilih adalah: (1) divalidasi terhadap data eksperimen, dan (2) digunakan untuk menilai indeks bahaya banjir untuk dua

kejadian banjir ekstrim yang berbeda, yaitu: banjir air sungai dan banjir bandang. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa di daerah yang rawan banjir ekstrim dan indeks bahaya banjir yang diturunkan untuk analisis berbasis mekanika.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multirawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang” yaitu dalam penelitian ini area kajian berupa jalur rel kereta api dan juga identifikasi dan pemetaan bencana yang dilakukan terdapat lima jenis bencana yaitu bencana longsor, bencana gempa bumi, bencana gunungapi dan bencana amblesan. Pada penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan serta menggunakan pendekatan *landscape analysis*. Pada penelitian ini juga terdapat peta multirawan bencana yang diperoleh dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing kerawanan bencana.

Ballesteros, Jimenez dan Viavattene (2018) melakukan penelitian yang berjudul “A Multi-Component Flood Risk Assessment in the Maresme Coast (NW Mediterranean)” dalam penelitian ini menyajikan sebuah metodologi untuk melakukan penilaian risiko terpadu awal yang menentukan besarnya proses banjir yang berbeda (banjir bandang, badai laut, SLR) dan konsekuensi yang terkait, dengan mempertimbangkan temporal mereka dan skala spasial. Risiko diukur dengan menggunakan indikator khusus untuk menilai besarnya bahaya (untuk setiap komponen) dan konsekuensinya dalam skala yang sama. Hal ini memungkinkan adanya perbandingan yang kuat antara distribusi risiko spasial di sepanjang pantai untuk mengidentifikasi area berisiko tinggi dan komponen risiko yang memiliki dampak terbesar. Metodologi ini diterapkan di pantai Maresme (NW Mediterranean, Spanyol), yang dapat dianggap mewakili wilayah yang dikembangkan di pantai Mediterania Spanyol. Hasil yang diperoleh mencirikan garis pantai ini sebagai area risiko keseluruhan yang relatif rendah, walaupun beberapa titik panas telah diidentifikasi dengan nilai risiko tinggi, dengan *flash flooding* menjadi proses risiko utama.

Perbedaan dengan penelitian “Pemetaan Multirawan Bencana Jalur Kereta Api Lintas Cirebon-Semarang” yaitu dalam penelitian ini area kajian berupa jalur rel kereta api dan juga identifikasi dan pemetaan bencana yang dilakukan terdapat lima jenis bencana yaitu bencana longsor, bencana gempa bumi, bencana

gunungapi dan bencana amblesan. Pada penelitian ini menggunakan metode skoring dan pembobotan serta menggunakan pendekatan *landscape analysis*. Pada penelitian ini juga terdapat peta multirawan bencana yang diperoleh dari skoring dan dibobotkan pada masing-masing kerawanan bencana.

2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1. Geomorfologi

Geomorfologi merupakan ilmu yang mengkaji bentuklahan atau relief permukaan bumi dengan menekankan pada proses-proses pembentukannya dari waktu ke waktu. Geomorfologi mengkaji bentukan lahan atau relief permukaan bumi yang berubah-ubah dari waktu ke waktu sebagai akibat dari bekerjanya berbagai proses, baik alami maupun non alami oleh makhluk hidup yang dikenal sebagai proses geomorfologi (Thornbury, 1969; Huddart and Stot, 2010 dalam penelitian Nasiah dan Invani, 2013). Analisis geomorfologis tidak lain adalah analisis relief atau bentukan lahan dengan proses-proses geomorfologi yang bekerja padanya. Proses-proses geomorfologi dapat bersifat ancaman terhadap kehidupan manusia dan akan menjadi bencana jika perilaku manusia tidak sejalan dengan proses geomorfologi yang bekerja. Pada besaran dan frekwensi tertentu manusia dapat mengendalikan proses geomorfologi (Kurniawan, 2013). Aktifitas pembangunan yang pada hakekatnya adalah pemanfaatan sumberdaya alam untuk kesejahteraan kehidupan semestinya memperhatikan relief dan proses geomorfologi yang ada disuatu wilayah. Jika aktifitas pembangunan ditempatkan pada suatu satuan relief atau bentukan lahan tertentu dengan memperhatikan proses-proses geomorfologi yang ada maka aktifitas pembangunan akan berjalan seiring dengan pengurangan risiko bencana.

Menurut Verstappen dalam Ikqra (2010), ada empat aspek utama dalam analisis pemetaan geomorfologi, yaitu:

- a) Morfologi yaitu merupakan studi bentuklahan yang mempelajari relief atau bentukan lahan secara umum dan meliputi:
 - 1) Morfografi, yaitu susunan dari obyek alami yang ada dipermukaan bumi, bersifat deskriptif terhadap suatu bentuklahan, antara lain lembah, bukit, dataran, gunung, tebing dan lin sebagainya.

- 2) Morfometri, yaitu aspek kuantitatif dari suatu aspek bentuklahan, antara lain kelerengan, bentuk lereng, panjang lereng, ketinggian, beda tinggi, bentuk lembah dan pola pengaliran.
- b) Morfogenesis merupakan asal-usul pembentukan dan perkembangan bentuklahan serta proses-proses geomorfologi yang terjadi, dalam hal ini adalah struktur, litologi dan penyusun proses geomorfologi merupakan perhatian yang penuh. Morfogenesis meliputi:
- 1) Morfostruktur pasif adalah bentuklahan yang diklasifikasikan berdasarkan tipe batuan yang ada kaitannya dengan resitasi batuan dan pelapukan (denudasi), misal *mesa*, *cuesta*, *hogback* dan kubah.
 - 2) Morfostruktur aktif adalah berhubungan dengan tenaga endogen seperti pengangkatan, perlipatan dan pensesaran, termasuk intrusi, misalnya gunung api, punggungan antiklin, gawir sesar dan lain-lain.
 - 3) Morfodinamik adalah berhubungan dengan tenaga eksogen seperti proses air, fluvial, es, gerakan massa dan gunung api misalnya gumpuk pasir, umduk sungai, pematang pantai dan lahan kritis.

Geomorfologi menurut Verstappen dalam Ikqra 2010, dalam kenampakannya tersusun atas 10 genetik bentuklahan yaitu :

- a) bentuklahan struktural merupakan bentukan permukaan bumi yang tingginya melebihi 200 meter dan terdapat banyak sesar,
- b) bentuklahan vulkanik merupakan bentuklahan yang terbentuk akibat aktifitas vulkanisme,
- c) bentuklahan fluvial yang merupakan pembentukan akibat aliran air berdasarkan gradient, dimana dimulai dari tinggi ke rendah,
- d) glasial yang terbentuk dari aktifitas yang berasal dari es,
- e) aeolin terbentuk karena aktifitas angin,
- f) marin yang merupakan aktifitas yang berasal dari gelombang air laut,
- g) solusional yang terbentuk dari akibat pelarutan dari proses kimia, contoh goa-goa yang mengalami pelarutan sehingga mengalami hilangnya CaSO_4 dan menyebabkan lubang-lubang membentuk menjadi goa,
- h) denudasional yang merupakan aktifitas erosi dan sedimentasi,

- i) biologikal dibentuk berdasarkan akibat dari aktifitas organism. Contoh wilayah gambut,
- j) antropologikal yang terbentuk akibat aktifitas makhluk hidup, pada penelitian ini contoh dari kenampakan bentuklahan ini yaitu jalur rel yang dibangun oleh manusia.

2.2.2. Kebencanaan

A. Terminologi Bencana

Bencana menurut Peraturan BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) UU No 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan 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. Definisi tersebut menyebutkan bahwa bencana disebabkan oleh faktor alam, nonalam, dan manusia.

Menurut UNISDR, 2004 (*United Nations International Strategy for Disaster Reduction*) bencana didefinisikan sebagai suatu ancaman terhadap keberfungsian suatu masyarakat, yang dapat menyebabkan kerugian baik dari segi materi, ekonomi masyarakat sekitar dan lingkungan yang telah melampaui kemampuan mengatasi dengan menggunakan sumberdaya mereka sendiri. Bencana merupakan hasil dari kombinasi pengaruh bahaya (*hazard*), kondisi kerawanan yang pada saat ini kurang nya langkah-langkah dalam mengatasi dampak negatif. Oleh karena itu, Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 tersebut juga mendefinisikan mengenai bencana alam, bencana nonalam, dan bencana sosial.

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. Bencana nonalam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit. Bencana sosial merupakan bencana yang ditimbulkan oleh manusia misalnya seperti konflik sosial antar kelompok masyarakat dan terorisme.

Dampak dari bencana alam yang ditimbulkan pada suatu kawasan dan kurun waktu yaitu berupa kematian, luka, sakit, jiwa yang terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Dalam hal ini tingkat kerawanan bencana suatu wilayah dapat diidentifikasi terlebih dahulu dengan tujuan untuk mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu.

Menurut *United Nations Internasional Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR, 2004) terdapat dua jenis utama bencana yaitu bencana alam dan bencana teknologi.

Bencana alam terdiri dari tiga bagian yaitu :

- a. Bencana hidrometeorologi berupa banjir, topan, banjir bandang, kekeringan dan tanah longsor.
- b. Bencana geofisik berupa gempa, tsunami dan aktifitas vulkanik.
- c. Bencana biologi berupa epidemi, penyakit tanaman dan hewan.

Bencana teknologi terbagi menjadi tiga bagian yaitu :

- a. Kerusakan infrastruktur, kecelakaan industri, dan radiasi.
- b. Kecelakaan transportasi, baik kecelakaan udara, darat maupun air.
- c. Kecelakaan *miscellaneous* berupa struktur domestik atau struktur nonindustrial, ledakan dan kebakaran.

B. Terminologi Bahaya (*Hazard*)

Bahaya (*Hazard*) adalah suatu fenomena alam atau buatan dan mempunyai potensi mengancam kehidupan manusia, kerugian harta benda hingga kerusakan lingkungan. *United Stationn Internasional Strategy for Disaster Reduction* (UNISDR) menjelaskan bahaya dibagi menjadi lima kelompok yaitu :

- a) Bahaya beraspek geologi, yaitu antara lain gempa bumi, tsunami, gunung api dan longsor.
- b) Bahaya beraspek hidrometerologi, yaitu antara lain banjir, kekeringan, angin topan, dan gelombang pasang.
- c) Bahaya beraspek biologi, yaitu antara lain wabah penyakit, hama, dan penyakit tanaman.

- d) Bahaya beraspek teknologi, antara lain kecelakaan transportasi, kecelakaan industri dan kegagalan teknologi.
- e) Bahaya beraspek lingkungan, antara lain kebakaran hutan, kerusakan lingkungan dan pencemaran limbah.

C. Terminologi Kerentanan

Kerentanan adalah suatu keadaan penurunan ketahanan akibat pengaruh eksternal yang mengancam kehidupan, mata pencaharian, sumber daya alam, infrastruktur, produktivitas ekonomi dan kesejahteraan (Wignyosukarto, 2007).

Berdasarkan BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) UU No 24 Tahun 2007 menyatakan bahwa kerentanan (*vulnerability*) adalah sekumpulan kondisi atau suatu akibat keadaan yang berpengaruh buruk terhadap upaya-upaya pencegahan dan penanggulangan bencana. Kerentanan ditujukan pada upaya mengidentifikasi dampak terjadinya bencana berupa jatuhnya korban jiwa maupun kerugian ekonomi dalam jangka pendek, terdiri dari hancurnya pemukiman infrastruktur, sarana dan prasarana serta bangunan lainnya, maupun kerugian ekonomi jangka panjang berupa terganggunya roda perekonomian akibat trauma maupun kerusakan sumber daya alam lainnya. Kerentanan merupakan suatu fungsi yang besarnya perubahan dan dampak suatu keadaan, sistem yang rentan tidak akan mampu mengatasi dampak dari perubahan yang sangat bervariasi (Macchi dalam Pratiwi, 2009).

Berdasarkan *International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)* bahwa kerentanan adalah kondisi yang ditentukan oleh faktor-faktor fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan atau proses meningkatkan kerawanan suatu masyarakat terhadap dampak bencana. Berikut faktor-faktor kerentanan menurut *International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)* :

a) Faktor fisik

Kerentanan fisik menggambarkan suatu kondisi fisik terhadap faktor bahaya tertentu (BNPB, 2007). Pada umumnya kerentanan fisik merujuk pada perhatian serta kelemahan atau kekurangan pada lokasi serta lingkungan terbangun. Hal ini diartikan sebagai wilayah rentan terkena bahaya. Kerentanan fisik seperti tingkat kekuatan bangunan struktur, dan desain serta material yang digunakan untuk infrastruktur dan perumahan.

b) Faktor ekonomi

Kerentanan ekonomi menggambarkan suatu kondisi tingkat kerapuhan ekonomi dalam menghadapi ancaman bahaya ((BNPB, 2007). Kemampuan ekonomi atau status ekonomi suatu individu atau masyarakat sangat menentukan tingkat kerentanan terhadap ancaman bahaya. Pada umumnya masyarakat di daerah miskin atau kurang mampu lebih rentan terhadap bahaya, karena tidak memiliki kemampuan finansial memadai untuk melakukan upaya pencegahan atau mitigasi bencana. Makin rendah sosial ekonomi maka akan semakin tinggi tingkat kerentanan dalam menghadapi bencana. Bagi masyarakat dengan ekonomi yang kuat, pada saat terkena bencana dapat menolong dirinya sendiri misalnya dengan mengungsi di tempat penginapan atau di tempat lainnya (Nurhayati, 2010).

c) Faktor sosial

Kerentanan sosial menggambarkan kondisi tingkat kerapuhan sosial dalam menghadapi bahaya (BNPB, 2007). Dengan demikian, kondisi sosial masyarakat juga mempengaruhi tingkat kerentanan terhadap ancaman bahaya tertentu seperti jumlah penduduk usia tua, penduduk usia balita, maupun banyaknya penduduk cacat. Himbawa dalam Ristya (2012) menjelaskan jika kerentanan sosial adalah sebagian dari produk kesenjangan sosial yaitu faktor sosial yang mempengaruhi atau membentuk kerentanan berbagai kelompok dan mengakibatkan penurunan kemampuan untuk menghadapi bencana. Selain dari jumlah penduduk kerentanan sosial juga dapat diukur dari tingkat kesehatan dan pendidikan terakhir yang rendah atau bahkan kurangnya pengetahuan mengenai resiko.

d) Faktor Lingkungan

Lingkungan hidup suatu masyarakat sangat mempengaruhi kerentanan. Misalnya masyarakat yang tinggal di daerah pinggir sungai akan selalu memiliki ancaman bahaya banjir. Kondisi lingkungan tersebut menentukan tingkat kerentanan terhadap ancaman bahaya seperti intensitas curah hujan yang tinggi, ketinggian topografi, kemiringan lereng dari daerahnya, penggunaan tata guna lahan maupun jenis tanah dari daerah tersebut.

Pada dasarnya banjir disebabkan adanya curah hujan yang tinggi dan air hujan tersebut tidak dapat diserap oleh tanah karena kondisi tanah. Kondisi tanah yang dipengaruhi oleh tindakan manusia yang menyebabkan tingginya penutup lahan dan rusaknya saluran pengairan, yang pada akhirnya akan meluap dan timbul genangan air kemudian daerah tersebut menjadi daerah rentan banjir.

Faktor-faktor diatas sangat berpengaruh terhadap kerentanan suatu bahaya, kerentanan pada studi kasus ini dinilai dari kondisi eksisting jalur kereta api dan faktor-faktor perjalanan terdampak oleh bencana dan yang berpengaruh terhadap upaya-upaya pencegahan dan penanggulangan bencana alam.

D. Kemampuan (Capability)

Kapasitas (*capability*) adalah aspek-aspek positif dari situasi dan kondisi yang ada, yang apabila dimobilisasi dapat mengurangi resiko dengan mengurangi kerentanan yang ada (Smith, 1994). Kapasitas juga dapat diartikan sebagai kekuatan dan potensi yang dimiliki oleh perorangan, keluarga dan masyarakat yang membuat mereka mampu dalam mencegah, mengurangi, siap-siaga, menanggapi dengan cepat atau segera pulih dari suatu kedaruratan bencana (Peraturan Badan Nasional Penanggulangan Bencana No 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana). Dalam studi ini kemampuan (*capability*) merupakan bagaimana kesiapsiagaan operator menerjemahkan untuk menanggapi bencana dan langkah-langkah mitigasi dari bencana yang terjadi. Kesiapsiagaan dilaksanakan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya bencana guna menghindari jatuhnya korban jiwa, kerugian harta benda dan berubahnya tata kehidupan masyarakat. Berdasarkan Peraturan Badan Nasional Penanggulangan Bencana No 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana Upaya kesiapsiagaan dilakukan pada saat bencana mulai teridentifikasi akan terjadi, kegiatan yang dilakukan antara lain:

- a. Pengaktifan pos-pos siaga bencana dengan secepat mungkin penanganannya.
- b. Pelatihan siaga/ simulasi/ gladi/ teknis bagi setiap sektor penanggulangan bencana (SAR, sosial, kesehatan, prasarana dan pekerjaan umum).
- c. Inventarisasi sumber daya pendukung kedaruratan.
- d. Penyiapan dukungan dan mobilisasi sumberdaya/ logistik.

- e. Penyiapan sistem informasi dan komunikasi yang cepat dan terpadu guna mendukung tugas kebencanaan.
- f. Penyiapan dan pemasangan instrumen sistem peringatan dini (*early warning*).
- g. Penyusunan rencana kontijensi (*contingency plan*).
- h. Mobilisasi sumber daya (personil dan prasarana/ sarana peralatan).

E. Terminologi Resiko (*Risk*)

Merupakan gambaran probabilitas yang tidak di normalisasi bahwa konsekuensi negatif (yaitu jenis dan tingkat tertentu dalam kerusakan) dan dapat terjadi dalam jangka waktu tertentu setelah kejadian namun berbeda dengan definisi secara matematis yang diterapkan sesuai dengan situasi yang sedang terjadi. Untuk masalah lingkungan dan alam, faktor resiko bisa didefinisikan sebagai fungsi dari probabilitas bahwa suatu peristiwa tertentu akan terjadi dan tingkat kerusakan yang ditimbulkan pada manusia, lingkungan dan objek (Marzocchi et al: 2009).

Berdasarkan Peraturan Badan Nasional Penanggulangan Bencana No 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana resiko (*risk*) merupakan gambaran potensi kerugian yang ditampilkan akibat bencana pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, kerugian ekonomi dan lain sebagainya. Untuk menurunkan resiko dari suatu bencana dapat dengan menurunkan angka kerentanan dengan cara memperbaiki sarana dan prasarana yang ada.

2.2.3. Karakteristik Bencana

Pengkajian risiko bencana dilaksanakan dengan mengkaji dan memetakan tingkat ancaman, tingkat kerentanan dan tingkat kapasitas berdasarkan indeks kerugian, indeks penduduk terpapar, indeks ancaman dan indeks kapasitas.

Pada studi kasus identifikasi daerah multirawan bencana rel kereta api jalur utara Cirebon-Semarang terdapat lima jenis bencana yang akan di tinjau pada daerah tersebut dikarenakan dalam beberapa kurun waktu terakhir bencana tersebut memiliki potensi yang cukup tinggi apabila dibandingkan dengan bencana lainnya.

a. Bencana Longsor

Longsor didefinisikan sebagai pergerakan masa batuan, puing-puing, atau bumi yang menuruni lereng (Saputra dkk, 2015). Longsor juga didefinisikan sebagai gerakan batuan atau tanah secara masif pada suatu lereng yang diakibatkan oleh pengaruh gaya gravitasi. Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005) menyatakan bahwa tanah longsor boleh disebut juga dengan gerakan tanah yang didefinisikan sebagai massa tanah atau material campuran lempung, kerikil, pasir, dan kerakal serta bongkah dan lumpur, yang bergerak sepanjang lereng atau keluar lereng karena faktor gravitasi bumi.

Gerakan tanah di definisikan sebagai hasil dari proses gangguan keseimbangan lereng yang menyebabkan terjadinya perpindahan material pembentuk lereng yang berupa batuan, tanah, maupun campuran material tersebut. Pergerakan massa tanah atau batuan secara gravitasional dapat terjadi secara perlahan maupun secara tiba-tiba dengan dimensi yang sangat bervariasi berkisar dari beberapa meter hingga ribuan meter kubik.

Daerah rawan bencana longsor umumnya terletak di lereng-lereng perbukitan atau pegunungan. Daerah dengan lereng tertentu telah ditetapkan oleh pemerintah menjadi daerah lindung dan tidak boleh ada budidaya di dalam nya. Dengan adanya ketebatasan lahan dan tuntutan ekonomi masyarakat, akhirnya daerah tersebut dijadikan tempat budidaya bahkan menjadi pemukiman. Akibatnya yang terjadi adalah rawannya kawasan tersebut. Menurut Varnes dalam Solfie dkk, (2014) pengelompokan tanah longsor terdiri dari 6 (enam) jenis utama, yaitu: jatuhan (*falls*), luncuran (*slide*), robohan (*topples*), aliran (*flows*),sebaran lateral (*lateral spreads*), serta gabungan dari beberapa jenis tersebut (*complex*). Berikut dasar pengelompokkan jenis tanah longsor berdasarkan material dan tipe gerakannya dijelaskan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi tanah longsor menurut Varnes (1978)

Jenis Pergerakan		Jenis Material		
		Batuan Dasar (<i>Bedrock</i>)	Tanah	
			Didominasi butiran kasar	Didominasi butiran halus
1	2	3	4	
Jatuhan (<i>fall</i>)		Jatuhan Batu (<i>Rock Fall</i>)	Jatuhan Bahan Rombakan (<i>Debris</i>)	Jatuhan Tanah
Robohan (<i>Topple</i>)		Robohan Batuan (<i>Rock Topple</i>)	Robohan Bahan Rombakan (<i>Debris</i>)	Robohan Tanah
Luncuran (<i>Slide</i>)	Rotasi	Luncuran Batu (<i>Rock Slide</i>)	Luncuran Bahan Rombakan (<i>Debris</i>)	Luncuran Tanah
	Transisi			
Sebaran lateral (<i>Lateral Spreads</i>)		Sebaran Lateral Batuan	Sebaran Lateral Bahan Rombakan	Sebaran Lateral Tanah
Aliran (<i>Flow</i>)		Aliran Batuan (<i>Rock Flow</i>)	Aliran Bahan Rombakan (<i>Debris</i>)	Aliran Tanah
Kompleks		Gabungan dua atau lebih gerakan batuan atau tanah		

Sumber: Varnes, 1978.

United States Geological Survey (USGS) menerangkan bahwa meskipun gaya gravitasi yang bekerja pada lereng adalah hal utama terjadinya longsor, namun terdapat faktor-faktor lain yang mempengaruhinya, seperti : erosi oleh sungai, gletser, atau gelombang laut yang membuat lereng menjadi tidak stabil, batu dan tanah lereng melemah melalui saturasi dengan pencairan salju atau hujan lebat, gempa bumi dengan skala besar juga dapat memicu terjadinya tanah longsor, letusan gunung berapi, kelebihan massa dari akumulasi hujan atau salju, penimbunan batuan, tumpukan sampah, atau dari buatan manusia yang memungkinkan gaya penahan lereng menjadi lemah.

Longsor terjadi karena adanya gangguan keseimbangan gaya yang bekerja pada lereng yaitu gaya (*shear strength*) dan gaya peluncur (*shear stress*) (Sutikno, 2009). Faktor penyebab terjadinya gerakan pada lereng tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusun lereng, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup dan penggunaan lahan pada lereng tersebut, namun secara garis besar dapat dibedakan sebagai faktor alami dan manusia. Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Geologi (2005), tanah longsor dapat terjadi karena faktor alam dan faktor manusia sebagai pemicu terjadinya tanah longsor atau gerakan tanah, yaitu:

1) Faktor Alam

Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Geologi (2005), Kondisi alam yang menjadi faktor utama terjadinya longsor antara lain sebagai berikut:

- a) Kondisi geologi: batuan lapuk, kemiringan lapisan, sisipan lapisan batu lempung, lereng yang terjal yang diakibatkan oleh struktur sesar dan kekar (patahan dan lipatan), gempa bumi, stratigrafi dan gunung api, lapisan batuan yang kedap air miring ke lereng yang berfungsi sebagai bidang longsor, adanya retakan karena proses alam (gempa bumi tektonik).
- b) Keadaan tanah: erosi dan pengikisan, adanya daerah longsor lama, ketebalan tanah pelapukan bersifat lembek, butiran halus, tanah jenuh Karena air hujan.
- c) Iklim: curah hujan yang tinggi atau air hujan yang diatas normal dari biasanya.
- d) Keadaan topografi : lereng yang curam.
- e) Keadaan tata air: kondisi drainase yang tersumbat, akumulasi massa air, erosi dalam, pelartutan dan tekanan hidrostatis, susut air cepat, banjir, aliran bawah tanah pada sungai lama.
- f) Tutupan lahan yang mengurangi tanah geser, misalnya lahan yang kosong atau semak belukar yang berada ditanah kritis.

2) Faktor Manusia

Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Geologi (2005), Faktor manusia ini sebagai bentuk ulah manusia yang tidak bersahabat atau tidak bisa menjaga alam antara lain yaitu:

- a) Pemotongan tebing pada penambangan batu di lereng yang terjal.
- b) Penimbunan tanah urugan di daerah lereng.
- c) Kegagalan struktur dinding penahan tanah.
- d) Perubahan tata lahan seperti penggundulan hutan menjadi lahan basah yang menyebabkan terjadinya pengikisan oleh air permukaan dan menyebabkan tanah menjadi lembek.
- e) Adanya budidaya kolam ikan dan genangan air di atas lereng.
- f) Sistem pertanian yang tidak memperhatikan irigasi yang aman.
- g) Pengembangan wilayah yang tidak diimbangi dengan kesadaran masyarakat, sehingga RUTR tidak ditaati yang akhirnya merugikan diri sendiri.
- h) Sistem drainase daerah lereng yang tidak baik yang menyebabkan lereng semakin terjal akibat penggerusan oleh air pada saluran tebing.
- i) Adanya retakan akibat getaran mesin, ledakan, beban massa yang bertambah dipicu oleh beban kendaraan, bangunan dekat tebing, tanah kurang padat karena material urugan atau material longsor lama pada tebing.
- j) Terjadinya bocoran air saluran dan luapan air saluran.

b. Gunungapi

Indonesia dikelilingi oleh gunung api yang masih berstatus aktif, aktivitas vulkanik yang meningkat atau yang biasa dikenal dengan istilah erupsi merupakan bencana yang terjadi dari dalam perut bumi. Erupsi bisa disebabkan oleh beberapa faktor yaitu badan gunung berapi yang mengalami deformasi atau pergerakan dalam perut gunung api, pergerakan ini menyebabkan lapisan batuan dari gunung api mengalami perubahan sehingga mempengaruhi bagian dalam gunung, misalnya dapur magma yang tersumbat sehingga volumenya mengecil akibat dari perubahan batuan penyusun gunung sehingga akan mengalami deformasi. Erupsi juga dipengaruhi oleh gempa vulkanik, karena adanya aktifitas pergerakan magma yang terjadi pada perut bumi.

c. Banjir

Banjir adalah tinggi muka air melebihi normal pada sungai dan biasanya mengalir meluap melebihi tebing sungai dan luapan airnya menggenang pada

suatu daerah genangan (Karagiorgos, dkk 2016). Selain itu, banjir menjadi masalah dan berkembang menjadi bencana ketika banjir tersebut mengganggu aktivitas manusia dan bahkan membawa korban jiwa dan harta benda (Ballesteros, dkk 2018).

Dari letak geografis Indonesia, banjir merupakan salah satu bencana yang memiliki potensi yang cukup besar di Indonesia. Lebih spesifik, jalur rel lintas Cirebon-Semarang merupakan jalur yang sering terjadinya banjir dari tahun ketahun. Kerawanan banjir adalah keadaan yang menggambarkan mudah atau tidaknya suatu daerah terkena banjir dengan didasarkan pada faktor-faktor alam yang mempengaruhi banjir antara lain faktor meteorologi yaitu intensitas curah hujan, distribusi curah hujan, frekuensi dan lamanya hujan berlangsung. Faktor meteorologi merupakan faktor yang sangat menonjol sebagai penyebab banjir karena intensitas curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu yang cukup lama dapat menyebabkan volume air menjadi naik. Faktor alam lainnya yang dapat mempengaruhi banjir adalah karakteristik daerah aliran sungai yaitu kemiringan lahan atau kelerengan, ketinggian lahan, tekstur tanah dan penggunaan lahan (Kvock, 2018).

Kategori atau jenis banjir terbagi berdasarkan lokasi sumber aliran permukaannya dan berdasarkan mekanisme terjadinya banjir, yaitu sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan lokasi sumber aliran permukaannya, yaitu terbagi menjadi dua:
 - a) Berdasarkan lokasi (banjir bandang) yaitu banjir yang diakibatkan oleh tingginya curah hujan di daerah hulu sungai.
 - b) Banjir lokal yaitu banjir yang terjadi karena volume hujan setempat yang melebihi kapasitas pembuangan di suatu wilayah.
 - c) Banjir rob yaitu banjir yang disebabkan oleh tingginya pasang surut air laut yang melanda daerah pinggiran laut atau pantai.
- 2) Berdasarkan mekanisme terjadinya banjir yaitu:
 - a) *Regular flood* yaitu merupakan banjir yang disebabkan oleh hujan.
 - b) *Irregular flood* yaitu merupakan banjir yang diakibatkan selain dari hujan seperti oleh tsunami, gelombang pasang, dan hancurnya bendungan (M.syahril, 2009)

d. Gempa bumi

Gempa bumi merupakan salah satu gejala alam yang sering terjadi di seluruh belahan dunia. Gempa bumi merupakan peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi yang terjadi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi (BMKG, 2014). Menurut BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi yang disebabkan oleh tumbukan antar lempeng bumi, patahan aktif, atau aktivitas gunung api dan runtuhannya batuan. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi.

Menurut teori lempeng tektonik, permukaan bumi terpecah menjadi beberapa lempeng tektonik besar. Lempeng tektonik adalah segmen keras kerak bumi yang mengapung di atas atmosfer yang cair dan panas. Oleh karena itu, maka lempeng tektonik ini bebas untuk bergerak dan saling berinteraksi satu sama lain. Daerah perbatasan lempeng-lempeng tektonik, merupakan tempat-tempat yang memiliki kondisi tektonik yang aktif, yang menyebabkan gempa bumi, gunung berapi dan pembentukan dataran tinggi. Teori lempeng tektonik merupakan kombinasi dari teori sebelumnya yaitu: Teori Pergerakan Benua (*Continental Drift*) dan Pemekaran Dasar Samudra (*Sea Floor Spreading*) (Read & Jane, 1975). Lapisan paling atas bumi yaitu litosfir, yaitu merupakan batuan yang relatif dingin dan pada bagian paling atas berada pada kondisi padat dan kaku. Di bawah lapisan ini terdapat batuan yang jauh lebih panas yang disebut mantel. Lapisan ini sedemikian panasnya sehingga senantiasa dalam keadaan tidak kaku, sehingga dapat bergerak sesuai dengan proses pendistribusian panas yang kita kenal sebagai aliran konveksi. Lempeng tektonik yang merupakan bagian dari litosfir padat dan terapung di atas mantel ikut bergerak satu sama lainnya. Ada tiga kemungkinan pergerakan satu lempeng tektonik relatif terhadap lempeng lainnya, yaitu apabila kedua lempeng saling menjauhi (*spreading*), saling mendekati (*collision*), dan saling geser (*transform*). Jika dua lempeng bertemu pada suatu sesar, keduanya dapat bergerak saling menjauhi, saling mendekati atau saling bergeser.

Umumnya, gerakan ini berlangsung lambat dan tidak dapat dirasakan oleh manusia namun terukur sebesar 0-15 cm pertahun. Terkadang juga gerakan lempeng ini saling mengunci sehingga terjadi pengumpulan energi yang berlangsung terus sampai pada suatu saat batuan pada lempeng tektonik tersebut tidak lagi kuat menahan gerakan tersebut sehingga terjadi pelepasan mendadak dan dikenali sebagai gempa bumi (Read & Janet, 1975).

Menurut Pujiyanto, (2007) Bencana gempabumi merupakan bencana yang berpotensi untuk terulang kembali pada lokasi yang sama ataupun berdekatan, dan bencana gempa bumi merupakan bencana yang tidak dapat dicegah, tetapi dampak dari bencana yang ditimbulkan dapat dikurangi atau risiko bencana nya dapat dikurangi.

Banyak faktor penyebab terjadinya gempa bumi, yaitu :

- 1) Proses tektonik akibat pergerakan kulit atau lempeng bumi
- 2) Aktivitas sesar dipermukaan bumi
- 3) Pergerakan geomorfologi secara lokal, contohnya terjadi runtuh tanah secara lokal
- 4) Aktivitas gunung api
- 5) Ledakan nuklir

Energi getaran gempa dirambatkan keseluruh permukaan bagian bumi, sehingga di permukaan bumi getaran tersebut dapat menimbulkan kerusakan dan runtuhnya bangunan sehingga dapat menimbulkan korban jiwa. Getaran gempa bumi juga dapat memicu bencana lainnya yaitu seperti bencana tanah longsor, runtuh batuan, dan kerusakan tanah lainnya yang merusak permukiman penduduk. Gempa bumi juga dapat menyebabkan bencana susulan seperti kebakaran, kecelakaan industri dan transportasi serta banjir akibat runtuhnya bendungan maupun tanggul penahan lainnya. Gempa bumi juga memiliki jenis-jenis yaitu berdasarkan prosesnya dan kedalaman hiposentrumnya.

- 1) Jenis-jenis gempa bumi berdasarkan prosesnya dibedakan menjadi empat (4) yaitu (Bayong 2006:12) :
 - a) Gempa vulkanik adalah gempa yang disebabkan oleh aktivitas gunung api. Gempa ini tidak begitu hebat. Sumber kekuatan dari gempa vulkanik yang

hanya berasal dari aktivitas magma gunung api dan biasanya hanya dapat dirasakan oleh penduduk yang tinggal di sekitar gunung yang meletus.

- b) Gempa tektonik adalah gempa bumi yang disebabkan oleh dislokasi atau perpindahan pergeseran lapisan bumi yang tiba-tiba terjadi dalam struktur bumi sebagai akibat adanya tarikan atau tekanan.
 - c) Pergeseran lapisan bumi dapat secara vertikal ataupun secara horizontal. Gempa tektonik dapat menimbulkan kerusakan yang parah apabila episentrumnya dangkal.
 - d) Gempa runtuh atau terban adalah gempa bumi yang disebabkan oleh tanah longsor, runtuhnya atap gua atau terowongan dibawah tanah. Intensitas gempa runtuh sangat kecil sehingga gempa ini tidak akan terasa jika pada jarak yang jauh.
- 2) Jenis-jenis gempa berdasarkan kedalaman hiposentrumnya dibedakan menjadi tiga (3) yaitu (Howel:1990) :
- a) Gempa dangkal adalah gempa yang kedalaman hiposentrumnya kurang dari 50 km dari permukaan bumi. Gempa dangkal pada umumnya menimbulkan gempa yang sangat besar.
 - b) Gempa intermedier atau gempa sedang adalah gempa bumi yang hiposentrumnya pada kedalaman antara 50-300 km dari permukaan bumi.
 - c) Gempa dalam adalah gempa bumi yang kedalaman hiposentrumnya 300-700 km dari permukaan bumi. Gempa bumi dalam pada umumnya tidak membahayakan. Getaran gempa bumi merambat dari hiposentru dan menyebar ke segala arah dalam wujud getaran gelombang primer dan sekunder, sedangkan dari episentrum terjadi rambatan getaran gempa di permukaan bumi dalam bentuk gelombang panjang.

e. Amblesan (*Land subsidance*)

Amblesan (*land subsidence*) adalah gerakan kebawah di permukaan bumi dari suatu datum, sehingga elevasi muka tanahnya berkurang atau menjadi lebih rendah dari semula. Amblesan dapat disebabkan oleh beberapa hal, antara lain ekstraksi cairan (seperti air tanah, minyak termasuk gas dan geotermal), tambang bawah permukaan, proses pelarutan batuan-batuan seperti batu garam, gypsum, batu gamping, dolomite, kompaksi, dan tektonik.

Hilangnya cairan akibat ekstraksi menyebabkan konsolidasi pori-pori yang kosong. Artinya pori-pori tersebut sebelumnya terisi cairan memadat karena beban material di atasnya, sehingga volume tanah berkurang dan menimbulkan amblesan. Amblesan lain disebabkan oleh tambang bawah permukaan, sehingga permukaannya menjadi ambles atau ambruk. Amblesan dapat pula disebabkan oleh pengurangan volume endapan sedimen lunak disertai dengan proses kompaksi yang terjadi secara alamiah maupun kegiatan oleh manusia. Amblesan yang terjadi akibat tektonik umumnya berasosiasi dengan gempa bumi berkekuatan besar (Sudarsono & Sudjarwo, 2008:1-9).

Menurut Varnes sebagaimana dikutip oleh Suhendra (2005:1-5), ada dua jenis amblesan yaitu amblesan endogenik dan amblesan eksogenik.

1. Amblesan endogenik disebabkan oleh gaya alami dari dalam bumi seperti pergerakan lempeng, pelipatan dan patahan permukaan bumi dan gempa bumi.
2. Amblesan eksogenik disebabkan oleh kegiatan manusia seperti pertambangan bawah tanah, penyedotan air tanah berlebihan, aktifitas pengeboran minyak gas dan perubahan komposisi tanah. Banyak faktor yang dapat menyebabkan bencana ini yaitu massa atau beban di atasnya, daya adesi dan kohesi tanah, pelarutan dan juga tata guna lahan yang disalah gunakan.

2.2.4. Rel kereta api

A. Definisi Jalan Rel

Definisi struktur jalan rel merupakan suatu konstruksi yang direncanakan sebagai prasarana atau infrastruktur perjalanan kereta api. Konsep dari struktur jalan rel ini adalah rangkaian super dan sub-struktur yang menjadi satu kesatuan komponen yang dapat mendukung pergerakan kereta api secara aman. Jalan rel kereta api memiliki sistem dinamik yang bekerja dimana dapat mendistribusikan beban rangkaian kereta api yang mampu menyediakan pergerakan yang stabil dan nyaman. Dengan hal itu konsep dari distribusi beban adalah menyalurkan beban kereta api menuju tanah dasar tanpa menimbulkan perubahan pada tanah dasar secara permanen.

Jalan rel juga dirancang dan direncanakan agar ekonomis dalam pelaksanaan konstruksinya maupun mudah ketika melakukan pemeliharannya.

Perencanaan konstruksi jalur rel kereta api sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. PM. 60 tahun 2012 tentang persyaratan Teknis Jalur Rel Kereta Api, bahwa jalan rel harus direncanakan sesuai persyaratan teknis sehingga dapat dipertanggungjawabkan baik secara teknis maupun ekonomis. Dari segi teknis konstruksi jalur rel dapat dikatakan aman dilalui oleh sarana perkeretaapian dengan tingkat keamanan tertentu sesuai dengan umur konstruksinya. Secara ekonomis pembangunan dan pemeliharaan jalur rel tersebut dapat diselenggarakan dengan tingkat harga sekecil mungkin dan dengan *output* yang dihasilkan merupakan kualitas terbaik dan tetap menjamin keamanan dan kenyamanan. Perencanaan konstruksi jalur rel kereta api di pengaruhi oleh jumlah beban, kecepatan maksimum, beban gandar, dan pola operasi. Dengan mempertimbangkan hal tersebut tersebut peraturan menteri mengenai klasifikasi jalur kereta api menjadi referensi supaya perencanaan struktur jalan rel dapat dibuat secara tepat dan berfungsi dengan baik.

B. Komponen penyusun struktur jalan rel

Struktur pada jalan rel dibagi ke dalam dua bagian struktur yang terdiri dari kumpulan komponen – komponen jalan rel, yaitu :

- a. Struktur bagian atas atau yang dikenal dengan *superstructure* yang terdiri atas komponen-komponen seperti rel (*rail*) termasuk didalamnya ada pelat penyambung (jika ada), penambat (*fastening*) dan bantalan (*sleeper, tie, crosstie*). Komponen ini akan menerima beban pertama kali dari kendaraan lokomotif, kereta atau gerbong. Dengan demikian, seluruh komponen superstruktur harus di disain dengan kokoh (kaku) supaya ketika menerima beban tidak mengalami deformasi permanen dan mampu menyebarkan beban ke substruktur.
- b. Struktur bagian bawah atau yang disebut *substructure*, yang terdiri dari komponen balas (*ballast*), subbalas (*subballast*), tanah dasar (*improve subgrade*) dan tanah asli (*natural ground*).

Secara umum komponen – komponen penyusun jalan rel yaitu :

1. Rel (*Rail*)

Rel atau *Rail* merupakan batangan baja longitudinal yang berhubungan secara langsung dan memandu serta memberikan tumpuan terhadap pergerakan roda

kereta api. Dengan hal ini rel memiliki nilai kekakuan tertentu untuk menerima dan mendistribusikan beban dari kereta api dengan baik.

Terdapat beberapa tipe atau bentuk rel yang digunakan dalam pergerakan jalan kereta api, yaitu diantaranya : *double-headed*, *bull-headed*, dan *flat-floated rail*. Tipe *double-headed* memiliki kelebihan yaitu ketika rel mengalami keausan, maka dapat dibalik atau digantikan dengan sisi lain yang ada dibawahnya, namun yang sering terjadi bagian bawah rel juga mengalami keausan baik akibat beban maupun lingkungan dengan hal ini bagian bawah rel tidak dapat memberikan permukaan (*running surface*) yang baik untuk media pergerakan roda kereta api. Tipe *bull-head* dirancang dengan ukuran kepala rel lebih besar dibandingkan *double-headed* dengan keunggulan yang sama hanya saja tipe *bull-headed* lebih mahal dari sisi konstruksinya. Tipe *flat-floated* mempunyai daya tahan lateral dan diperlukan jumlah penambat yang lebih sedikit.

2. Penambat (*Fastening*)

Berfungsi untuk mengikat atau menghubungkan antara komponen bantalan dengan rel dengan menggunakan suatu sistem. Penambat yang digunakan biasanya tergantung pada kalsifikasi jalan rel yang dilayani. Jenis penambat dibedakan menurut system perkuatan penambatan yang diberikan pada rel terhadap bantalan yaitu : penambat kayu, yang terdiri dari mur dan baut namun dapat juga ditambahkan pelat andas, biasanya dipasang pada bantalan besi dan kayu. Sistem perkuatannya terdapat pada klem plat yang kaku. Kemudian penambat elastik, dalam penggunaannya dibagi dalam dua jenis yaitu penambat elastik tunggal yang terdiri pelat andas, batang jepit elastik, tarpon, mur, dan baut dimana kekuatan jepit terletak pada batang jepit. Penambat ini biasanya digunakan pada bantalan jenis besi atau kayu. Kemudian penambat elastik ganda yang terdiri dari pelat landas, pelat atau batang jepit, alas rel, mur dan baut.

3. Bantalan (*Sleeper/ Tie/ Crosstie*)

Bantalan memiliki beberapa fungsi penting, diantaranya menerima beban dari rel dan mendistribusikannya pada lapisan balas dengan memperkecil tingkat tekanan atau tegangan, bantalan juga berfungsi untuk mempertahankan sistem

penambat pengikat rel pada kedudukannya dan mampu menahan pergerakan rel arah longitudinal, lateral dan vertikal. Bantalan memiliki banyak jenis dalam bahan konstruksinya yaitu diantaranya ada bantalan besi, bantalan kayu maupun bantalan beton.

4. Lapisan Fondasi Atas atau Lapisan Balas (*Ballast*)

Lapisan balas terletak pada lapisan permukaan (atas) dari konstruksi *substructure*. Material balas yang baik berasal dari batuan yang bersudut, pecah, keras, bergradasi sama, bebas dari debu dan kotoran dan tidak pipih (*prone*). Lapisan ini berfungsi untuk menahan gaya vertikal (*cabut/uplift*), lateral dan longitudinal yang kepada bantalan sehingga bantalan dapat mempertahankan jalan rel pada posisi yang telah ditetapkan.

5. Lapisan Fondasi Bawah atau Lapisan Subbalas (*Subballast*)

Lapisan subbalas terletak diantara lapisan balas dan lapisan tanah dasar, yang mana lapisan ini berfungsi untuk mengurangi tekanan di bawah balas sehingga dapat mendistribusikan ke lapisan tanah dasar sesuai dengan tingkatannya.

6. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar merupakan lapisan dasar pada struktur jalan rel yang harus dibangun terlebih dahulu. Lapisan tanah dasar memiliki fungsi utama yaitu menyediakan landasan yang stabil untuk lapisan balas dan subbalas. Perilaku pada tanah dasar merupakan hal yang harus diperhatikan karena memiliki peranan yang signifikan.

C. Kriteria Struktur Jalan Rel

1) Kekakuan (*stiffness*)

Kriteria struktur jalan rel dibuat kaku karena difungsikan untuk mempertahankan struktur dari terjadinya deformasi vertikal yang permanen yang diakibatkan oleh distribusi dari beban lalu lintas kereta api yang juga dapat digunakan untuk menilai umur, kekuatan dan kualitas rel. Karena jika terjadi deformasi vertikal secara berlebihan dapat menyebabkan geometrik jalan rel tidak pada kedudukannya yang akan memungkinkan terjadinya keausan yang besar antara komponen-komponen struktur jalan rel.

2) Elastisitas (*Elastic/ Resilience*)

Kriteria elastisitas diperlukan untuk menciptakan kenyamanan dalam perjalanan kereta api, menjaga terjadinya patah atau kerusakan berat as roda yang disebabkan oleh pergerakan beban kereta yang cukup besar diatas struktur jalan rel, meredam adanya kejutan akibat pengereman dan pengurangan kecepatan, benturan atau *impact* yang terjadi antar roda dan rel serta getaran vertikal yang bersifat menerus

3) Ketahanan terhadap deformasi tetap

Ketika deformasi vertikal yang terjadi secara berlebihan maka akan cenderung menjadi deformasi tetap sehingga geometrik jalan rel (ketidakrataan vertikal, horizontal dan putir) menjadi tidak baik, yang akan mengganggu keamanan dan kenyamanan.

4) Stabilitas (*Stability*)

Kriteria ini diperlukan agar jalur rel dapat secara stabil dalam mempertahankan struktur jalan pada posisi yang tatap baik secara vertikal maupun secara horizontal yang dapat berpindah setelah terjadinya pembebanan. Untuk hal ini maka diperlukan balas dengan mutu dan kepadatan yang baik, bantalan dengan penambat yang selalu terikat dan juga drainase yang baik. Tubuh badan jalan rel perlu didisain dengan baik, dengan memperhatikan kondisi topografi, struktur geologi, karakteristik hidrologi, sifat-sifat fisik dan mekanik tanah. Karena tubuh jalan akan menerima beban lalu lintas kereta api yang diteruskan secara vertikal kebawah melalui lapisan balas.

Dengan demikian, tubuh jalan harus dipastikan memiliki stabilitas yang baik karena konstruksi ini juga digunakan sebagai bangunan penahan yang mendukung stabilitas jalan rel terhadap bahaya longsor dan juga gerusan air yang terjadi pada tubuh jalan.

5) Kemudahan untuk pengaturan dan pemeliharaan (*Adjustability*)

Suatu jalan rel harus memiliki kemudahan dalam pengaturan dan pemeliharaan karena jika terjadi perubahan geometri akibat beban dapat dikembalikan ke posisi geometrik yang benar dan juga dapat memberikan keamanan dan kenyamanan.

2.2.5. GIS (*Geographic Information System*)

Alokasi ruang pembangunan harus didasarkan atas kondisi fisik lingkungan yang sesuai dengan jenis dan intensitas kegiatan pembangunan. Alokasi ruang pembangunan diatur dalam PERDA, PP, dan bahkan UU yang terkait secara langsung maupun tidak langsung dengan tata ruang wilayah. Alokasi ruang pembangunan di tingkat lokal bersifat detail dan berangsur-angsur kearah global di tingkat nasional. Alokasi ruang pembangunan merupakan bentuk fisik pengaturan pemakaian ruang untuk kegiatan pembangunan di setiap tingkatan pengelolaan mulai dari tingkat lokal hingga nasional (UU No. 25 Tahun 2004 tentang Sistem Penataan Ruang; UU 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup). Alokasi ruang pembangunan menempati bagian wilayah di muka bumi yang selalu mempunyai jenis dan intensitas ancaman bencana yang berbeda-beda. Suatu bagian wilayah dapat saja mempunyai satu jenis ancaman bencana yang sama namun besaran dan frekwensi kejadian bencananya tentu berbeda. Dalam konteks bentanglahan, bagian-bagian wilayah yang ada di dalamnya selalu terkait dengan adanya ancaman bencana alam. Jenis dan intensitas ancaman bencana menjadi dasar penentuan fungsi dan alokasi ruang pembangunan. Jenis dan intensitas ancaman bencana dapat diinterpretasi dan dianalisis melalui pemahaman kondisi fisik wilayah secara mendalam. Jenis bencana tertentu sulit untuk dikelola dengan menggunakan pemahaman.

Namun dengan seiring berkembangnya teknologi ada beberapa bencana yang dapat dikelola dengan baik yaitu menggunakan GIS (*Geographic Information System*). Sejak akhir 1990-an, aplikasi perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG) telah berkembang pesat dengan hadirnya produk-produk baru yang berorientasi jauh ke depan. Salah satu produk yang paling menonjol dan populer sejak pertengahan 2000-an adalah ArcGIS beserta *GeoDatabase*-nya. ArcGIS merupakan integrasi dari produk-produk *software* dengan tujuan untuk membangun sistem SIG yang lengkap. Pengembang merancang sedemikian rupa hingga ArcGIS terdiri dari *framework* yang siap berkembang untuk mempermudah pembuatan aplikasi SIG yang sesuai dengan kebutuhan penggunanya.

Adapun *framework* ArcGIS tersebut diantaranya yaitu ArcGIS *desktop* yaitu merupakan kumpulan aplikasi SIG professional yang terintegrasi, ArcGIS *Engine* merupakan kumpulan komponen SIG yang bisa di-*embed*-kan untuk membangun aplikasi SIG, ArcGIS *Server* atau *server* GIS yaitu kumpulan aplikasi yang berfungsi sebagai *server* SIG di lingkungan ArcGIS dan *Mobile* GIS yaitu merupakan aplikasi ArcGIS yang bekerja pada *platform tablet pc computing*. Dalam penelitian ini penulis menggunakan *framework* ArcGIS *desktop* dimana pada *framework* ini berisi kumpulan aplikasi SIG yang berbasis *desktop* dan digunakan untuk mengompilasikan, menuliskan, menganalisis, men-*sharing*, memetakan dan mempublikasikan informasi spasial. Framework ini terdiri dari ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcGlobe, ArcReader dan ModelBuilder dengan beberapa tingkatan fungsionalnya.

Arcview atau ArcMap merupakan aplikasi sentral ArcGIS *desktop* yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan yang berbasis peta digital seperti halnya kartografis, analisis peta, dan *editing*. ArcMap merupakan aplikasi pembuat peta yang komperhensif. Dalam pengoprasiannya, ArcMap menawarkan dua tipe *map-view* yaitu *view* data geografis dimana ArcMap memfasilitasi penggunaanya untuk bekerja dengan *layers* geografis untuk diberi simbol, dianalisis, dan dikomplikasi ke dalam *dataset* SIG. Pada tipe *view* ini merupakan *window* dimana *dataset* dimunculkan dalam batas spasial yang telah ditentukan. Sementara itu tipe *view* yang kedua yaitu *view layout* dimana ArcMap menyediakan fasilitas untuk bekerja dengan halaman peta yang berisi elemen-elemen peta (simbol skala, legenda, simbol arah utara, dan peta referensi) yang juga dimunculkan di dalam tipe *view* data geografis, namun pada tipe *view* terakhir ini ArcMap digunakan untuk menyusun peta dalam wujud halaman yang siap dicetak atau dipublikasikan.

ArcCatalog merupakan aplikasi yang dapat membantu penggunaanya untuk mengorganisasikan dan mengelola semua informasi spasial yaitu berupa peta, *globe*, *dataset*, *model*, metadata, dan beserta layanan lainnya. Aplikasi ini mencakup beberapa alat bantu yang berfungsi untuk: mencari (*find*) dan menampilkan (*browse*) informasi spasial, menyimpan (*record*), menampilkan (*view*), mengelola metadata, mendefinisikan, meng-*export*, meng-*import* model-

model data *geodatabase*, mencari (*search*) dan menentukan data SIG baik di jaringan computer local di internet dan mengelola *server* SIG dimana administrator basisdata SIG pada umumnya menggunakan ArcCatalog sebagai alat bantu untuk mendefinisikan dan mengembangkan *geodatabase*.

ArcToolbox menyediakan banyak fungsionalitas *geoprocessing*, adapun fungsi-fungsinya yaitu manajemen data, konversi data, pemrosesan *coverage*, analisis vektor, *geocoding*, *linear referencing*, kartografis dan analisis statistik. Sementara *user interface* ModelBuilder menyediakan *framework* pemodelan grafis yang dimanfaatkan untuk merancang dan mengimplementasikan model *geoprocessing* yang bisa mencakup *tools*, *script*, dan data.

ArcGlobe merupakan bagian dari *extension* “ArcGIS 3D Analyst” yang menyediakan tampilan informasi spasial yang bersifat kontinyu, multi-resolusi, dan interaktif. Dan seperti halnya ArcMap informasi yang terdapat didalam *geodatabase* dan semua format data spasial GIS memiliki fasilitas tampilan 3D dinamis. Dalam penelitian pemetaan multi-rawan bencana jalur utara Cirebon-Semarang ArcGIS desktop digunakan karena *framework* yang terdapat didalamnya dapat memberikan hasil akhir yang komplikatif dan sesuai dengan tujuan dari penelitian ini.

2.2.6. Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan berupa data sekunder dan peta-peta rupabumi dan kegeologian.

A. DEM (*Digital Elevation Model*)

Digital Elevation Model merupakan bentuk penyajian ketinggian permukaan bumi secara digital. Dilihat dari distribusi titik yang mewakili bentuk permukaan bumi dapat dibedakan dalam bentuk teratur, semi teratur, dan acak. Sedangkan dilihat dari teknik pengumpulan datanya dapat dibedakan dalam pengukuran secara langsung pada objek (terestris), pengukuran pada model objek (fotogrametris), dan dari sumber data peta analog (digitasi). Teknik pembentukan DEM selain dari terestris, fotogrametris dan digitasi adalah yaitu dengan pengukuran pada model objek. DEM adalah suatu set pengukuran ketinggian dari titik-titik yang tersebar di permukaan tanah dan digunakan untuk analisis topografi daerah tersebut (Aronoff, 1991).

Dem terbentuk dari titik-titik yang memiliki nilai koordinat 3D (X,Y,Z) yang mewakili permukaan tanah. Permukaan tanah dimodelkan dengan memecah area menjadi bidang-bidang yang terhubung satu sama lain dimana bidang-bidang tersebut terbentuk oleh titik-titik pembentuk DEM. Titik-titik ini merupakan titik *sample* permukaan tanah atau titik hasil dari *interpolasi* atau *ekstrapolasi* titik-titik *sample*.

Kualitas dari suatu DEM dapat dilihat pada *akurasi* dan *presisi* dari DEM tersebut. *Akurasi* yaitu merupakan nilai ketinggian titik (Z) yang diberikan oleh DEM, berbanding dengan nilai sebenarnya yang dianggap benar. Sedangkan *presisi* adalah banyaknya informasi yang dapat diberikan oleh DEM. Titik-titik *sample* yang dipilih untuk digunakan harus dapat mewakili bentuk *terrain* secara keseluruhan sesuai dengan kebutuhan aplikasi penggunaannya. DEM dapat langsung dalam bentuk visualisasi model permukaan tanah maupun dengan terlebih dahulu sehingga menjadi produk lain yang sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Informasi yang didapatkan dari DEM adalah jarak relief atau bentuk permukaan tanah, luas permukaan suatu area, volume galian dan timbunan, *slope*, dan kontur.

Dalam penelitian ini DEM yang digunakan merupakan hasil pengolahan data peta kontur dengan jenis data *raster* dengan ukuran piksal (resolusi horizontal) yaitu sebesar 30 m.

B. Peta Topografi

Peta topografi merupakan peta yang menampilkan informasi spasial dari unsur-unsur pada muka bumi dan di bawah bumi yang meliputi batas administrasi, vegetasi dan unsur-unsur buatan manusia. Peta topografi mempunyai garis lintas dan garisan bujur dan titik pertemuannya akan menghasilkan koordinat. Koordinat ini ialah titik persilangan antara garisan lintang dan bujur (Djauhari Noor, 2012:93). Pada penelitian ini peta topografi digunakan untuk informasi penyusunan database.

C. Peta Kontur

Menurut rahmat Kusnadi (2013) peta kontur merupakan peta yang menggambarkan sebagian bentuk-bentuk permukaan bumi yang bersifat alami dengan menggunakan garis-garis kontur.

Menurut Rosanan (2003:99) garis kontur merupakan garis yang menghubungkan tempat-tempat atau titik-titik pada peta yang mempunyai ketinggian yang sama diatas atau dibawah satu bidang level. Garis kontur memiliki beberapa sifat yaitu :

- a) Garis kontur yang lebih rapat memiliki lereng yang lebih curam.
- b) Garis kontur selalu bersifat horizontal.
- c) Garis kontur selalu membelok-belok dan akan mengikuti lereng dari suatu lembah.
- d) Garis kontur selalu tegak lurus jurusan air yang mengalir dipermukaan.
- e) Garis kontur merupakan garis yang tertutup.

Selain memiliki sifat diatas, garis kontur juga memiliki fungsi tertentu, yaitu :

- a) Untuk menunjukkan tinggi suatu tempat.
- b) Untuk menunjukkan lereng.
- c) Untuk menunjukkan bentuk relief.
- d) Untuk menunjukkan besarnya kemiringan lereng.

Dalam penelitian ini peta data kontur berupa data garis (berjenis data vektor) yang berasal dari Peta Rupabumi Indonesia dengan skala 1:25.000 jika dalam kontur vertikal yaitu 12,5 m.

Peta data kontur diperoleh dengan diolah atau diproses menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memperoleh data TIN dan data DEM.

D. Peta Curah Hujan

Peta ini merupakan salah satu jenis peta tematik yang menampilkan mengenai persebaran curah hujan. Peta curah hujan atau peta *isohyet* yang berisikan informasi-informasi mengenai curah hujan yang terdapat di suatu tempat atau wilayah. Peta curah hujan menandai dengan warna-warna yang tersebar yang merupakan tanda tinggi atau rendahnya curah hujan di daerah tersebut dan dibatasi oleh garis yang jelas antara satu dengan warna yang lainnya (Kusnadi, 2013). Peta curah hujan dalam penelitian ini berupa peta *raster* yang merupakan hasil pemindaian yang telah tergeoreferensi, dan peta curah hujan hanya di *intersect* atau ditampilkan sehingga tidak perlu didigatasi.

Dalam penelitian ini peta curah hujan diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang digunakan untuk komponen data penting identifikasi kerawanan banjir, karena salah satu penyebab banjir adalah curah hujan yang tinggi.

E. Peta Geologi

Peta geologi pada dasarnya merupakan suatu sarana untuk menggambarkan tubuh batuan, penyebaran batuan, kedudukan unsur struktur geologi dan hubungan antar satuan batuan serta merangkum berbagai data lainnya dan juga merupakan gambaran teknis dari permukaan bumi dan sebagian bawah permukaan yang mempunyai arah, unsur-unsurnya yang merupakan gambaran geologi, dinyatakan sebagai garis yang mempunyai kedudukan yang pasti (Kusnadi, 2013).

Ada banyak kegunaan peta geologi yaitu dalam bidang keteknikan peta ini dapat sebagai data pendukung misalnya: pembangunan pondasi bendungan, perencanaan jalan raya, daya dukung lahan, daerah rawan longsor, daerah rawan banjir dan lain sebagainya. Dalam bidang perencanaan wilayah dan kota yaitu dapat digunakan untuk data pendukung dalam perencanaan tata ruang.

Peta geologi merupakan berupa peta *raster* hasil pemindaian yang kemudian selanjutnya didigitasi yang digunakan untuk interpretasi dan proses digitasi fitur-fitur geologi dan formasi geologi.

Dalam penelitian ini data fitur geologi berupa data garis dan *polygon* (berjenis data vektor. Untuk data garis digunakan untuk sesar sedangkan untuk data *polygon* digunakan untuk formasi geologi. Peta geologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa data peta sekunder yang telah dilakukan survey lapangan sebelumnya. Penelitian ini menggunakan peta geologi untuk mengidentifikasi bentuk lahan jalur rel utara Cirebon-Semarang yang akan diolah lagi sehingga menjadi peta bentuk lahan yang digunakan untuk mendukung identifikasi bencana yang ada di jalur rel tersebut. Peta ini digunakan untuk identifikasi kerawanan banjir dan kerawanan longsor karena bentuk lahan sangat mempengaruhi bencana ini.

F. Peta Gempa bumi

Peta gempa bumi menyajikan informasi mengenai zona kerawanan gempabumi tinggi, menengah, rendah dan sangat rendah.

Zona kerawanan gempa bumi yang termuat dalam peta ini bersifat umum sebagai informasi awal potensi kerusakan akibat guncangan gempa bumi yang melanda suatu daerah. Dalam penelitian ini peta gempa bumi yang digunakan adalah peta gempa bumi Provinsi Jawa Tengah, Sumber gempa bumi wilayah ini berasal dari aktivitas zona penunjaman di bagian selatan Pulau Jawa dan sesar aktif di darat. Dalam penelitian ini peta gempa bumi diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Peta zona rawan gempa bumi hanya ditampilkan atau metode integrasi sehingga tidak perlu melakukan digitasi.

G. Peta Gerakan Tanah

Peta gerakan tanah memuat informasi mengenai zona kerentanan tanah yang bersifat umum untuk informasi awal tentang daerah-daerah yang mempunyai kemungkinan terjadinya gerakan tanah dan daerah-daerah yang relatif mantap. Perubahan kondisi saat dipetakan dapat merubah zona kerentanan gerakan tanah yang termuat dalam peta.

Penelitian ini menggunakan peta gerakan tanah karena dapat mengidentifikasi daerah-daerah yang akan menghadapi permasalahan gerakan tanah, dan melakukan upaya pencegahannya. Dalam penelitian ini peta gerakan tanah diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Peta zona rawan gerakan tanah hanya ditampilkan atau metode integrasi sehingga tidak perlu melakukan digitasi.

H. Peta Gunung Api

Peta kawasan rawan bencana gunungapi adalah peta petunjuk tingkat kerawanan bencana suatu daerah apabila terjadi letusan gunungapi. Peta ini berisi penjelasan mencakup definisi, sifat-sifat teknis dan penerapan sosialnya sebagai informasi masukan untuk menanggulangi bencana gunungapi serta menunjang berbagai sektor pembangunan. Peta gunungapi dinyatakan dalam urutan angka dari tingkat kerawanan rendah ke tingkat kerawanan tinggi yaitu: kawasan rawan bencana I, kawasan rawan bencana II dan kawasan rawan bencana III. Pada kawasan rawan bencana I adalah kawasan yang berpotensi terlanda lahar dan tidak menutupi kemungkinan dapat terkena perluasan awan panas dan aliran lava. Selama letusan membesar, kawasan ini berpotensi tertimpa material berupa hujan abu lebat dan lontaran batu (pijar).

Kawasan rawan bencana II yang merupakan kawasan yang berpotensi terlanda awan panas, aliran lava, lontaran atau guguran batu (pijar), hujan abu lebat dan lahar. Kawasan rawan bencana III merupakan kawasan yang letaknya dekat dengan sumber bahaya, pada saat terjadi erupsi kawasan ini sering terlanda awan panas, lontaran batu (pijar) dan gas racun. Dalam penelitian ini pada jalur utara Cirebon-Semarang terdapat dua jenis gunung yang terdapat di area jalur tersebut yaitu Gunung Cireme dan Gunung Slamet.

2.2.7. Identifikasi Kerawanan Bencana

Berdasarkan Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Indeks ancaman bencana disusun berdasarkan dua komponen utama, yaitu kemungkinan terjadinya suatu ancaman dan besarnya dampak yang pernah tercatat untuk bencana yang terjadi tersebut. Dapat dikatakan bahwa indeks ini disusun berdasarkan data dan catatan sejarah kejadian yang pernah terjadi pada suatu daerah. Dalam penyusunan peta kerawanan bencana, komponen-komponen utama ini dipetakan dengan menggunakan perangkat GIS. Pemetaan baru dapat dilaksanakan setelah seluruh data indikator pada setiap komponen diperoleh dari sumber data yang telah ditentukan. Data yang diperoleh kemudian dibagi dalam tiga kelas ancaman, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Komponen dan indikator dalam menghitung indeks ancaman bencana dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 komponen indeks ancaman bencana

NO	BENCANA	KOMPONEN/ INDIKATOR	KELAS INDEKS			BOBOT TOTAL	BAHAN RUJUKAN
			RENDAH	SEDANG	TINGGI		
A	B	C	D	E	F	G	H
1	Gempa Bumi	1. Peta bahaya gempa bumi 2. Peta zonasi gempa bumi 2010 (divalidasi dengan data kejadian)	Rendah (pga value < 0,2501)	Sedang (pga value 0,2501-0,7)	Tinggi (pga value >0,70)	100%	SNI yang merujuk pada panduan yang diterbitkan oleh Badan Geologi Nasional

Sumber: Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Tabel 2.2 Lanjutan komponen indeks ancaman bencana

A	B	C	D	E	F	G	H
2	Banjir	Peta zonasi daerah rawan banjir (divalidasi dengan data kejadian)	Rendah (<1m)	Sedang (1-3m)	Tinggi (>3m)	100%	Panduan dari kementerian PU, BMKG dan Bakosurtanal
3	Tanah Longsor	Peta bahaya gerakan tanah (divalidasi dengan data kejadian)	Rendah (zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah)	Sedang (zona kerentanan gerakan tanah menengah)	Tinggi (zona kerentanan gerakan tanah tinggi)	100%	Panduan dari Badan Geologi Nasional-ESDM
4	Letusan Gunungapi	Peta KRB (divalidasi dengan data kejadian)	KRB I	KRB II	KRB III	100%	Panduan dari Badan Geologi Nasional-ESDM

Sumber: Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Beberapa jenis *hazard* (peta ancaman) telah dikeluarkan oleh Kementrian/Lembaga terkait, maka disarankan menggunakan peta ancaman tersebut untuk jenis bencana:

- a. Gempabumi (tim 9 revisi gempa)
- b. Longsor (ESDM)
- c. Gunungapi (PVMBG)
- d. Banjir (PU dan Bakosurtanal)

Berdasarkan Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), gempabumi menggunakan *field value* untuk melakukan pengkelasan *hazard*. Berikut pengkelasan *hazard* dijelaskan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Field Value yang digunakan untuk melakukan pengkelasan *hazard*

PGA Value	Kelas	Nilai	Bobot (%)	Skor
<0,26	Rendah	1	100%	0.333333
0,26-0,70	Sedang	2	100%	0.666667
>0,70	Tinggi	3	100%	1.000000

Sumber: Berdasarkan Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Berikut Gambar 2.1 dibawah ini dijelaskan respon spektra untuk gempabumi berdasarkan Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2010.



Gambar 2.1 Respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar Sb, untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (redaman 5%).

Berdasarkan Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), tanah longsor menggunakan *field* kerentanan untuk melakukan pengkelasan *hazard* kemudian dijadikan nilai dari 4 kelas menjadi 3 kelas sesuai dengan kriteria dibawah ini: Berikut pengkelasan *hazard* dijelaskan dalam gambar 2.2.

	Zona kerentanan gerakan tanah rendah	Rendah
	Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah	Rendah
	Zona kerentanan gerakan tanah menengah	Sedang
	Zona kerentanan gerakan tanah tinggi	Tinggi

Gambar 2.2 Pengkelasan *hazard*

Sumber: Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)

Pada Tabel 2.4 dibawah ini dijelaskan pengklasifikasian tanah longsor yang sesuai dengan warna pada gambar 2.2.

Tabel 2.4 Pengkelasan zona ancaman bencana tanah longsor

Zona Ancaman	Kelas	Nilai	Bobot (%)	Skor
Gerakan Tanah Sangat Rendah	Rendah	1	100	0.333333
Gerakan Tanah Menengah	Sedang	2		0.666667
Gerakan Tanah Tinggi	tinggi	3		1.000000

Sumber: Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Berdasarkan Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), gunungapi menggunakan KRB PVMBG untuk *hazard* gunungapi, kelas KRB disesuaikan dengan peta yang ada dari PVMBG Berikut pengkelasan *hazard* dijelaskan dalam Tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5 Pengkelasan zona ancaman gunungapi

Kawasan Rawan Bencana (KRB)	Kelas	Nilai	Bobot (%)	Skor
I	Rendah	1	100	0.333333
II	Sedang	2		0.666667
III	Tinggi	3		1.000000

Sumber: Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Berdasarkan Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), bencana banjir hanya memiliki satu jenis kelas yaitu rawan banjir. Kerawanan bencana banjir menggunakan *overlay* dengan SRTM untuk mendapatkan ketinggian genangan. Berikut tabel 2.6 menjelaskan pengkelasan skoring untuk kerawanan kerawanan bencana banjir.

Tabel 2.6 Pengkelasan zona ancaman bencana banjir

Kedalaman (m)	Kelas	Nilai	Bobot (%)	Skor
<0.76	Rendah	1	100	0.333333
0.76-1.5	Sedang	2		0.666667
>1.5	Tinggi	3		1.000000

Sumber: Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Berdasarkan Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Setelah semua indikator diperoleh kemudian dapat ditentukan tingkat ancaman yang dihitung menggunakan hasil indeks ancaman dan indeks penduduk terpar. Penentuan tingkat ancaman dilakukan dengan menggunakan matriks seperti yang terdapat pada Gambar 2.3 berikut. Penentuan dilaksanakan menghubungkan kedua nilai indeks dalam matriks tersebut. Warna tempat pertemuan nilai tersebut melambangkan tingkat ancaman suatu bencana pada daerah tersebut.

TINGKAT ANCAMAN		INDEKS PENDUDUK TERPAPAR		
		RENDAH	SEDANG	TINGGI
INDEKS ANCAMAN	RENDAH			
	SEDANG			
	TINGGI			

■ TINGKAT ANCAMAN TINGGI
■ TINGKAT ANCAMAN SEDANG
■ TINGKAT ANCAMAN RENDAH

Gambar 2.3 Matriks penentuan tingkat ancaman

Sumber : Berdasarkan Peraturan No 2 Tahun 2012 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)

Menurut Badan Informasi Geospasial (2016), setiap sistem lahan kelas kerawanan bencana dari lima jenis dapat bermacam-macam. Satu unit sistem lahan belum tentu terdiri dari satu kelas kerawanan saja pada jenis bencana tertentu. Untuk itu perlu digeneralisasi, namun dalam metode ini memiliki unsure subyektif jika dibandingkan dengan cara perbandingan luas. Berikut contoh generalisasi kelas dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Proses generalisasi kelas kerawanan bencana

Sistem Lahan	Kelas Kerawanan	Skor	Luas (%)	Bobot	Skor x bobot Nilai	Generalisasi kelas	
BTA_V2_a	Banjir						
	Tinggi	3	100	1	3	3	Tinggi
	Gempa Bumi						
	Sedang	2	30	0,3	0,6	1,3	Rendah
Rendah	1	70	0,7	0,7			

Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2016

Klasifikasi multirawan bencana diperoleh dari perpaduan hasil tingkat kerawanan bencana terhadap jumlah bencana dominan ke dalam satu satuan pemetaan. Dalam hal ini satuan pemetaan yang digunakan adalah sistem lahan dengan skala 1:50.000. sementara tingkat kerawanan bencana diperoleh dari sintesis berbagai jenis rawan bencana yang dilakukan dengan pendekatan kuantitatif, sehingga menghasilkan tiga tingkatan kerawanan sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Berikut perpaduan antara hasil sintesis tingkat kerawanan bencana terhadap jumlah bencana dominan digambarkan dalam matriks klasifikasi multirawan bencana pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Integrasi tingkat kerawanan bencana

Tingkat Kerawanan	Nilai Total	Kode
Tinggi	1.00-1.66	(H) High
Sedang	1.67-2.44	(M) Medium
Rendah	2.45-3.00	(L) Low

Sumber : Badan Informasi Geospasial, 2016