

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Risiko Bencana

Risiko bencana merupakan kemungkinan konsekuensi kerugian, atau perkiraan kehilangan baik itu korban jiwa, luka, aset, *livelihoods*, terganggunya aktivitas ekonomi, maupun kerusakan lingkungan yang merupakan hasil dari keterkaitan antara bahaya alam maupun manusia dan kondisi rentan (*United Nations - International Strategy for Disaster Reduction / UNISDR, 2004*). Secara sederhana, risiko bencana dapat diartikan sebagai kombinasi dari kemungkinan akan kehilangan dengan tingkat keparahan bencana yang kemungkinan terjadi (Khambali, 2017). Dengan kata lain, risiko merupakan gabungan dari kerawanan dan kerentanan bencana. Dalam kegiatan pemerintahan, kegiatan kajian risiko bencana digunakan dalam menyusun rencana penanggulangan bencana yang digunakan sebagai dasar dalam pembuatan rencana pembangunan. Penentuan risiko bencana dibagi menjadi tiga klasifikasi risiko yakni rendah, sedang dan tinggi (BNPB, 2016).

Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, menyebutkan bahwa penentuan risiko bencana dapat dilakukan dengan pendekatan:

$$\text{Risiko} = \text{Kerawanan} \times \text{Kerentanan}.$$

Dimana hasil risiko merupakan tumpang susun atau *overlay* dari tingkat kerawanan dengan tingkat kerentanan bencana pada suatu kawasan. Upaya pengkajian risiko bencana pada dasarnya adalah menentukan besaran dua komponen risiko tersebut dan menyajikannya dalam bentuk spasial maupun non spasial agar mudah dimengerti. Pengkajian risiko bencana digunakan sebagai landasan penyelenggaraan penanggulangan bencana disuatu kawasan (BNPB, 2016). Penyelenggaraan ini biasa disebut dengan tindakan mitigasi, dimaksudkan untuk mengurangi risiko bencana.

2.1.1 Kerawanan

Kerawanan atau bahaya adalah suatu kejadian yang dapat menimbulkan bencana (GLG Jateng, 2008). Kerawanan juga dapat diartikan sebagai suatu dampak fisik yang merusak, sebuah kejadian atau kegiatan manusia yang dapat mengakibatkan kehilangan nyawa, cedera, kerusakan properti dan gangguan ekonomi atau menurun nya kualitas lingkungan (Makoka & Kaplan, 2005). UN-ISDR mengungkapkan bahwa aspek geologi, hidrometeorologi, biologi, teknologi dan lingkungan merupakan aspek-aspek yang dapat menentukan sebuah kawasan memiliki bahaya terhadap bencana.

Dari berbagai pengertian yang disampaikan pada beberapa literatur terkait dengan definisi kerawanan, maka didapatkan definisi dari kerawanan. Kerawanan dapat diartikan sebagai

segala sesuatu yang dapat mengakibatkan kerusakan, akibat dari faktor-faktor internal pada sebuah kawasan.

2.1.2 Kerentanan

UN/ISDR, 2004 dan UNDP, 2004a dalam Makoka & Kaplan (2005) mendefinisikan secara umum dari kerentanan yang dapat dianggap menyeluruh, dinyatakan disini sebagai kondisi yang ditentukan oleh faktor fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan serta kemampuan manusia dalam mengatasi kemungkinan skala kerusakan yang ditimbulkan oleh bahaya atau kerawanan yang ada.

Pengertian diatas memberikan definisi baru, yang mana kerentanan tidak hanya semata melihat dari kondisi fisik yang terdampak bencana saja, namun secara komprehensif, konsep kerentanan juga mencakup segala hal yang terpengaruh akan bencana, kehancuran, mengatasi kapasitas, kapasitas yang adaptif, kesenjangan sosial, dan kelemahan fisik, institusi/lembaga, serta ekonomi. (Bender, 2002; Birkman, 2007 dalam Kapucu & Özerdem, 2013).

Kerentanan suatu wilayah terkait dengan kondisi biologis, geografis, ekonomi, politik, sosial, budaya dan teknologi masyarakat dalam suatu wilayah yang mengurangi kemampuan masyarakat dalam mencegah, meredam, menanggapi dan mencapai kesiapan dalam menghadapi dampak bahaya tertentu. (GLG Jateng, 2008).

Dari berbagai pengertian yang telah disampaikan oleh beberapa ahli di atas dapat diketahui definisi kerentanan. Kerentanan adalah kondisi eksternal di dalam sebuah kawasan yang dapat mengalami kerugian jika terjadi bencana. Terdapat empat jenis dari kerentanan yang didapatkan dari sintesis beberapa pengertian, yaitu :

Tabel 2.1 Sintesis Kerentanan terhadap Bencana

UN/ISDR, 2004 dan UNDP, 2004a dalam Makoka & Kaplan, 2005	GLG Jateng, 2008	Bender, 2002; Birkman, 2007 dalam Kapucu & Özerdem, 2013	Sintesis Kerentanan
Kondisi yang ditentukan oleh faktor fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan serta kemampuan manusia dalam mengatasi kemungkinan skala kerusakan yang ditimbulkan oleh bahaya atau kerawanan yang ada.	Terkait dengan kondisi biologis, geografis, ekonomi, politik, sosial, budaya dan teknologi masyarakat dalam suatu wilayah yang mengurangi kemampuan masyarakat dalam mencegah, meredam, menanggapi dan mencapai kesiapan dalam menghadapi dampak bahaya tertentu.	Kerentanan tidak hanya semata melihat dari kondisi fisik yang terdampak bencana saja, namun secara komprehensif, konsep kerentanan juga mencakup segala hal yang terpengaruh akan bencana, kehancuran, mengatasi kapasitas, kapasitas yang adaptif, kesenjangan sosial, dan kelemahan fisik, institusi/lembaga, serta ekonomi.	Sosial
			Fisik
			Lingkungan
			Ekonomi

Sumber : Diolah dari berbagai sumber, 2020

Keempat jenis kerentanan tersebut tidak berdiri sendiri, namun menyusun tingkat kerentanan pada suatu kawasan secara keseluruhan. Jenis-jenis kerentanan ini hanya sebagai cara pandang dalam mengelompokkan faktor-faktor kerentanan sesuai dengan kemiripan karakteristik masing-masing faktor. Pedoman Penyusunan Rencana Aksi Daerah (RAD) Pengurangan Risiko Bencana (PRB) bagi Kabupaten/Kota terbitan *Good Local Governance* (GLG) Jawa Tengah, serta Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 4 Tahun 2008 telah memberikan pengertian jenis-jenis kerentanan yang ada.

Kerentanan fisik merupakan bentuk kerentanan yang dimiliki penduduk berupa daya tahan menghadapi bahaya dalam hal ketahanan fisik bangunan. Keberadaan bangunan yang digunakan untuk kegiatan masyarakat seperti bangunan rumah, ekonomi dan sosial merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan tingkat kerentanan fisik yang akan dihadapi oleh penduduk.

Kerentanan ekonomi merupakan bentuk kerentanan berupa daya tahan penduduk terhadap kerugian ekonomi yang didapat apabila terjadi bencana. Kondisi perekonomian penduduk akan menentukan berapa banyak kemungkinan kerugian yang akan diterima oleh penduduk. Kegiatan ekonomi penduduk dan aset yang dimiliki merupakan hal yang menjadi faktor utama dalam menentukan kerugian saat terjadi bencana.

Kerentanan sosial merupakan bentuk kerentanan yang melihat komposisi penduduk. Komposisi penduduk merupakan pengelompokan penduduk berdasarkan kriteria tertentu. Sajian komposisi penduduk memperlihatkan karakteristik suatu daerah dilihat dari kondisi sosial kependudukan. Pengelompokan data kependudukan seperti jumlah penduduk, kelompok umur, kelompok usia, dan kelompok pekerja memberikan gambaran suatu daerah dengan sudut pandang komposisi penduduk.

Keberadaan kawasan budidaya maupun kawasan lindung sangat erat berkaitan dengan aktivitas kegiatan penduduk. Terutama lokasi yang merupakan kegiatan fungsi lindung dan fungsi budidaya pertambangan sebagai pengaruh utama terdapat kerentanan lingkungan di suatu kawasan. Pengurangan kerentanan lingkungan dilakukan dengan memperhatikan keharmonisan antara lingkungan alam dan buatan, penggunaan sumberdaya alam yang tersedia, serta perlindungan fungsi ruang dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan.

2.2 Risiko Bencana Tanah Longsor

2.2.1 Bencana Tanah Longsor

Bencana merupakan rangkaian peristiwa yang berdampak negatif kepada masyarakat atau kelompok masyarakat baik terjadi akibat faktor alam dan non-alam maupun campur tangan

manusia sehingga menimbulkan korban jiwa, dampak negatif terhadap lingkungan dan psikologis masyarakat (Ramli, 2010).

Menurut UU No. 24 Tahun 2007 dan pengertian dari *United Nation Development Program* (UNDP), jenis bencana dibagi menjadi tiga jenis yakni bencana alam, bencana non-alam dan bencana sosial. Bencana Longsor masuk dalam jenis bencana alam. Longsor merupakan bencana berupa gerakan tanah atau batuan atau campuran antara keduanya yang bergerak menuruni lereng akibat adanya ketidakstabilan tanah dari tanah atau batuan yang terjadi longsor (Bakornas PB, 2007 dalam Puturuhi, 2015).

Hampir setiap tanah longsor memiliki sebab yang beragam. Pergerakan lereng terjadi ketika gaya ke bawah (biasanya akibat gravitasi) melebihi beban dari material tanah yang membentuk lereng. Penyebab longsor ini termasuk faktor yang meningkatkan efek dari gaya ke bawah dan faktor-faktor yang berkontribusi dalam pengurangan kekuatan tersebut. Tanah yang sudah siap longsor dapat terjadi saat terjadi hujan, perubahan ketinggian permukaan air, erosi sungai, perubahan pada air tanah, gempa bumi, aktivitas gunung berapi, gangguan dari aktivitas manusia, atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut (USGS, 2016).

2.2.2 Kerawanan Tanah Longsor

Kerawanan merupakan segala sesuatu yang dapat mengakibatkan kerusakan, akibat dari faktor-faktor internal pada sebuah kawasan. Faktor-faktor internal yang terdapat pada sebuah kawasan sebagian besar merupakan kondisi fisik dasar yang terbentuk sejak lama dan minim campur tangan manusia. Kerawanan bencana tanah longsor dapat ditentukan dengan melihat faktor-faktor alam yang terdapat di sebuah kawasan.

Tanah longsor terjadi saat gaya pendorong pada lereng lebih besar dari gaya penahannya. Gaya penahan dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Gaya pendorong pada lereng dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air yang masuk, serta berat jenis tanah batuan. Sedangkan faktor-faktor penyebab atau indikasi terjadinya bahaya longsor ditentukan oleh (GLG Jateng, 2008): hujan, lereng yang terjal, jenis tanah yang kurang padat, struktur batuan yang tidak kompak, jenis penggunaan lahan, getaran, penyusutan permukaan air tanah, beban tambahan, erosi, timbunan material pada tebing, bekas longsor lama, dan hilangnya vegetasi penahan.

Kerawanan tanah longsor secara alami dapat ditentukan dari faktor-faktor (Paimin et al, 2009) : kelas lereng, geologi dan sesar, regolit atau jenis tanah, dan hujan harian. Menurut Faizana et al (2015) tingkat ancaman atau bahaya longsor juga dapat ditentukan dengan parameter jenis tanah, penggunaan lahan, curah hujan, dan kelerengan

Faktor penyebab longsor lahan meliputi faktor pasif dan faktor aktif. Faktor pasif mengontrol terjadinya longsor lahan atau yang disebut sebagai bahaya, sedangkan faktor aktif merupakan pemicu terjadinya longsor lahan atau disebut sebagai kerentanan (Thornbury, 1969 dalam Nursa'ban, 2010). Faktor pasif meliputi faktor topografi, keadaan geologis/litologi, keadaan hidrologis, tanah, keterdapatan longsor sebelumnya dan keadaan vegetasi. Faktor aktif yang mempengaruhi longsor lahan diantaranya aktivitas manusia dalam penggunaan lahan, dan faktor iklim.

Tabel 2.2 Penyusunan Variabel Kerawanan terhadap Longsor

GLG (2008)	Jateng	Paimin et al (2009)	Thornbury, 1969 dalam Nursa'ban, 2010	Faizana et al (2015)	Variabel
Struktur batuan yang tidak kompak	batuan tidak	Geologi dan sesar	Geologi / Litologi	-	Geologi tanah atau struktur batuan
Getaran					Kondisi sesar / patahan
Lereng yang terjal		Kelas lereng	Topografi	Kelerengan	Kemiringan lereng
Jenis tanah yang kurang padat		Regolit atau jenis tanah	Tanah	Jenis tanah	Jenis tanah
Hujan		Hujan harian	-	Curah hujan	Curah hujan
Hilangnya vegetasi penahan		-	Vegetasi	Penggunaan Lahan	Tutupan vegetasi lahan
Jenis penggunaan lahan					
Penyusutan permukaan air tanah	air tanah	-	Hidrologi tanah	-	-
Beban tambahan		-	-	-	-
Erosi		-	-	-	-
Timbunan material pada tebing		-	-	-	-
Bekas longsoran lama		-	Riwayat longsor	-	-

Sumber : Diolah dari berbagai sumber, 2020

Faktor kerawanan hasil dari penyusunan variabel kerawanan terhadap bencana tanah longsor terdiri dari enam variabel. Faktor pembentuk kerawanan bencana longsor diantaranya adalah kemiringan lereng, struktur batuan, jenis tanah, sesar/patahan, curah hujan dan tutupan vegetasi lahan. Faktor-faktor ini menentukan hasil tingkat kerawanan terhadap bencana tanah longsor yang mungkin akan terjadi. Variabel ini diambil dari pendapat ahli yang telah disebutkan pada tabel di atas, dengan sebagian besar ahli menyebutkan faktor yang sama.

Kemiringan lereng merupakan faktor utama yang mempengaruhi kerawanan terhadap bencana longsor tanah. Semakin besar kemiringan lereng, semakin besar juga bahaya longsor yang kemungkinan akan terjadi. Tingkat kemiringan lereng yang tinggi dapat menyebabkan

tanah memiliki beban yang tinggi untuk mempertahankan kestabilannya. Kejadian tanah longsor sebagian besar terjadi pada kawasan yang memiliki tingkat kemiringan lereng tinggi.

Struktur batuan mengacu pada formasi batuan yang terdapat pada suatu kawasan. Faktor struktur batuan merupakan faktor yang mempengaruhi tinggi atau rendahnya kekuatan batuan di bawah permukaan. Keberadaan struktur batuan dengan daya ikat yang kuat memperkecil kemungkinan memicu terjadinya tanah longsor. Formasi struktur batuan terbentuk secara bertahap dan berlangsung sangat lama. Perubahan yang terjadi pada struktur batuan juga tidak akan terjadi pada periode waktu yang singkat kecuali terjadi fenomena alam yang masif.

Jenis tanah merupakan komponen tanah yang berada di atas permukaan bumi. Jenis tanah memiliki pengaruh terhadap stabilitas tanah walaupun tidak lebih tinggi pengaruhnya daripada jenis batuan. Tanah yang memiliki struktur padat, akan memiliki kestabilan tanah yang lebih tinggi sehingga memiliki tingkat bahaya yang lebih kecil dari tanah yang memiliki struktur yang halus. Jenis tanah juga terbentuk dari aktivitas bumi dalam waktu yang lama namun lebih mudah terjadi perubahan dibanding dengan struktur batuan.

Sesar atau patahan merupakan sambungan antar lempeng atau formasi batuan. Keberadaan sesar mempengaruhi pergerakan tanah di permukaan bumi. Jika sesar terpicu dan terjadi pergeseran maka akan dipastikan segala yang berada di atas lokasi sesar akan terkena dampaknya. Kondisi sesar terutama sesar yang masih aktif perlu diperhatikan agar dalam setiap pembangunan tidak berada pada lokasi sesar aktif.

Pola curah hujan berubah-ubah setiap bulan. Secara umum, curah hujan akan lebih tinggi di bulan oktober-maret dan lebih kecil di bulan april-september. Meskipun demikian, curah hujan yang terjadi setiap tahun cenderung tetap. Hujan yang turun akan memberikan air untuk masuk ke dalam tanah dan bisa memberikan gaya dorong terhadap tebing untuk memicu terjadinya tanah longsor. Selain mempengaruhi kelerengan dan tanah, hujan akan memberikan pengaruh terhadap akar tanaman yang dapat mempengaruhi pengakaran vegetasi.

Tutupan vegetasi pada suatu lahan akan mempengaruhi stabilitas tanah. Vegetasi lahan yang memiliki pengakaran tidak terlalu kuat berakibat pada tingginya potensi bencana tanah longsor. Selain itu, pengakaran juga memiliki pengaruh yang sama karena terkait dengan kemampuan dalam menahan gerak tanah.

2.2.3 Kerentanan Tanah Longsor

Kerentanan adalah kondisi eksternal di dalam sebuah kawasan yang dapat mengalami kerugian jika terjadi bencana. Terdapat empat jenis dari kerentanan yakni kerentanan fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan. Masing-masing jenis kerentanan tersusun atas variabel-

variabel yang telah dikaji pada beberapa literatur yang pernah membahas terkait beberapa studi pada masing-masing kerentanan.

Laporan GLG Jateng, 2008 menyebutkan bahwa kerentanan terkait dengan fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan. Kerentanan fisik dalam sebuah kejadian bencana diakibatkan oleh bangunan fisik yang terdapat di lokasi bencana. Bangunan fisik ini termasuk bangunan rumah, bangunan sosial serta infrastruktur yang digunakan dalam kegiatan sehari-hari penduduk. Demografi penduduk juga berpengaruh dalam penentuan kerentanan terhadap bencana tanah longsor secara sosial. Pengaruh ini terutama terkait dengan kondisi sosial penduduk dalam menghadapi kejadian bencana. Terkait dengan faktor demografi penduduk, faktor ekonomi juga berpengaruh dalam menentukan tingkat kerentanan terhadap bencana. Kondisi penduduk dalam melakukan pemenuhan kebutuhan ekonomi dapat menjadi faktor kerentanan ekonomi. Keharmonisan antara penduduk dan lingkungan perlu dijaga untuk menjaga agar kegiatan penduduk tidak merusak lingkungan serta meminimalkan kejadian bencana tanah longsor dengan menjaga kegiatan penduduk berkompromi dengan lingkungan sekitar.

Muawanah (2017) menjabarkan kerentanan sosial berpengaruh besar pada penduduk dengan kemampuan menyelamatkan diri saat ada bencana lebih kecil. Diantaranya adalah kelompok umur rentan, persentase penduduk perempuan, dan penduduk dengan pendidikan rendah dilihat dari jenjang tingkat pendidikannya. Faktor-faktor lain yang paling berpengaruh dalam penentuan kerentanan sosial terutama adalah kepadatan penduduk. Sedangkan kerentanan ekonomi dapat dilihat dari keberadaan lahan yang dimiliki penduduk. Semakin berharga tanah yang dimiliki secara ekonomi, tingkat kerentanannya juga semakin tinggi. Kerentanan ekonomi juga dilihat dari kegiatan ekonomi yang berlangsung di kawasan tersebut.

Tabel 2.3 Penyusunan Variabel Kerentanan terhadap Longsor

Jenis Kerentanan	Variabel	Sumber
Fisik	1. Kepadatan Rumah 2. Lokasi Fasilitas Umum	BNPB (2016), GLG Jateng (2008), BAPPENAS (2006)
Sosial	1. Kepadatan Penduduk 2. Persentase penduduk kelompok umur rentan. 3. <i>Sex ratio</i> . 4. Persentase keluarga pra-KS. 5. Tingkat pendidikan penduduk.	Muawanah (2017), GLG Jateng (2008)
Ekonomi	1. Nilai kerugian ekonomi 2. Lokasi kawasan kegiatan ekonomi	GLG Jateng (2008), BNPB (2016) dan Muawanah (2017)
Lingkungan	1. Lokasi Kawasan lindung 2. Lokasi kawasan pertambangan	GLG Jateng (2008), Permentamben No.523 K/201/MPE/1992,

Sumber : Diolah dari berbagai sumber, 2020

Tabel di atas menjelaskan faktor-faktor apa saja yang berpengaruh dalam membentuk kerentanan kawasan terhadap bencana tanah longsor yang telah disarikan dari beberapa sumber.

Penjelasan masing-masing jenis kerentanan serta faktor-faktornya secara lebih rinci, dapat dijelaskan sebagai berikut :

A. Kerentanan Fisik

Faktor yang mempengaruhi kerentanan fisik adalah kepadatan rumah dan lokasi fasilitas umum. Kerentanan fisik menghitung kerugian yang akan timbul secara fisik jika terjadi bencana tanah longsor. Keberadaan rumah sebagai tempat tinggal penduduk merupakan faktor yang mempunyai nilai lebih tinggi pada penghitungan kerentanan fisik. Semakin padat bangunan rumah di dalam sebuah kawasan, membuat kerentanan fisik juga tinggi. Hal ini dapat dilihat dari keberadaan jarak antar bangunan yang lebih rapat akan meningkatkan kerugian secara fisik dibandingkan dengan kerapatan bangunan yang lebih renggang.

Keberadaan fasilitas umum bisa digunakan penduduk sebagai penunjang aktivitas penduduk. Contoh fasilitas umum diantaranya adalah fasilitas pendidikan, kesehatan, budaya, dan peribadatan. Dalam keadaan darurat, fasilitas umum juga dapat digunakan sebagai lokasi pendungsian jika terjadi bencana tanah longsor. Dari uraian tersebut memperlihatkan bahwa keberadaan fasilitas umum sangat penting untuk menunjang kegiatan sehari-hari penduduk

B. Kerentanan Sosial

Kerentanan sosial dilihat dari komposisi penduduk yang terdapat pada suatu kawasan. Faktor yang paling utama dalam menentukan besar tingkat kerentanan sosial yakni kepadatan penduduk. Penduduk yang tinggal secara terkonsentrasi akan lebih tinggi tingkat kerentanannya. Kerugian yang akan timbul saat bencana tanah longsor terjadi pada kawasan yang memiliki kepadatan penduduk tinggi juga akan sangat besar.

Komposisi penduduk juga dapat digunakan untuk melihat kemampuan penduduk pada suatu kawasan untuk menghadapi kemungkinan bencana yang akan datang. Kawasan dengan penduduk yang berada pada kelompok usia rentan memiliki tingkat kerentanan sosial yang lebih tinggi. Semakin tinggi persentase penduduk yang berada dalam kelompok umur rentan, semakin tinggi pula perhatian bagi pemerintah terkait untuk melakukan tindakan penanggulangan bencana, karena penduduk kelompok usia rentan tidak dapat bergerak secara cepat. Begitu pula dengan komposisi penduduk berjenis kelamin perempuan. Secara umum, perempuan memiliki pergerakan yang lebih lambat daripada laki-laki. Jumlah penduduk perempuan yang lebih banyak daripada laki-laki, akan memperlambat pergerakan penduduk saat terjadi bencana tanah longsor.

Komposisi penduduk dalam kaitannya dengan penduduk yang termasuk dalam keluarga pra sejahtera dan tingkat pendidikan penduduk menentukan kepekaan dan pengetahuan penduduk terhadap bencana yang akan dihadapi. Penduduk dengan kondisi ekonomi yang lebih baik serta tingkat pendidikan yang lebih tinggi akan memiliki kemampuan dan pengetahuan

yang lebih baik saat terjadi bencana tanah longsor. Hal ini berpengaruh dalam pergerakan penduduk saat melakukan tindakan penanggulangan bencana.

C. Kerentanan Ekonomi

Kerentanan ekonomi merupakan bentuk kerentanan berupa daya tahan penduduk terhadap kerugian ekonomi yang didapat apabila terjadi bencana. Faktor-faktor yang menyusun kerentanan ekonomi yakni nilai kerugian lahan dan lokasi kegiatan ekonomi. Nilai kerugian lahan ditentukan berdasarkan tingkat kerugian yang dirasakan oleh penduduk saat terjadi kejadian bencana tanah longsor. Tingkat kerugian dapat dibedakan berdasarkan penggunaan lahan yang berlaku saat ini.

Penggunaan lahan permukiman akan menerima kerugian tinggi karena merupakan lokasi yang digunakan penduduk untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Kejadian tanah longsor pada kawasan dengan penggunaan lahan permukiman akan berpengaruh secara langsung terhadap aktivitas masyarakat. Kejadian tanah longsor pada penggunaan lahan bermukiman dapat juga mengakibatkan kerugian masyarakat terhadap nilai lahan, yang secara umum lahan permukiman memiliki nilai lahan yang lebih tinggi. Penggunaan lahan pertanian tidak memiliki dampak secara langsung terhadap penduduk, namun memiliki pengaruh yang besar terhadap sumber ekonomi penduduk yang mayoritas mata pencahariannya adalah bidang pertanian dan perkebunan. Sehingga tingkat kerugian yang didapatkan penduduk lebih kecil daripada penggunaan lahan permukiman.

Kawasan kegiatan ekonomi penduduk sangat penting karena lokasi ini menjadi tempat penduduk melakukan kegiatan transaksional untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari maupun mendapatkan keuntungan secara ekonomi. Lokasi yang termasuk dalam faktor ini diantaranya adalah pasar, industri, dan lokasi-lokasi lain yang menjadi tempat penduduk melakukan usaha seperti tempat-tempat wisata. Keberadaan kegiatan ekonomi yang memiliki jangkauan pelayanan minimal tingkat desa akan memberikan dampak negatif yang cukup signifikan bagi penduduk apabila terjadi bencana pada lokasi-lokasi ini.

D. Kerentanan Lingkungan

Kerentanan lingkungan merupakan bentuk kerentanan yang mempengaruhi kondisi lingkungan baik secara mikro maupun makro. Faktor yang mempengaruhi adanya kerentanan lingkungan pada suatu kawasan adalah lokasi-lokasi kawasan yang dikategorikan sebagai kawasan lindung, dan keberadaan lokasi yang dilakukan kegiatan eksploitasi sumberdaya atau pertambangan. Faktor keberadaan kawasan lindung dan kawasan pertambangan memiliki pengaruh yang sama dalam menentukan kerentanan lingkungan suatu kawasan.

Kawasan lindung merupakan kawasan yang memiliki fungsi utama melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumberdaya alam dan sumberdaya buatan. Yang termasuk

dalam kawasan lindung diantaranya adalah kawasan yang memberikan perlindungan terhadap kawasan di bawahnya, kawasan lindung setempat, serta suaka alam dan cagar budaya. Bencana yang terjadi pada kawasan lindung dapat mengakibatkan perubahan-perubahan yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan secara luas.

Kawasan pertambangan memiliki pengaruh secara mikro terhadap kawasan yang dilakukan kegiatan pertambangan dan lingkungan di sekitarnya. Bencana tanah longsor yang mungkin akan terjadi di kawasan pertambangan akan meningkatkan kerusakan bagi kawasan di sekitarnya. Keberadaan kawasan pertambangan hendaknya menjadi perhatian bagi pemerintah setempat agar keberadaan kawasan ini tidak hanya sekedar mendatangkan keuntungan secara ekonomi namun juga memberikan dampak negatif seminimal mungkin terhadap kawasan di sekitarnya.

2.3 Prediksi Risiko Tanah Longsor

Prediksi adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang sesuatu yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki, agar kesalahan antara sesuatu yang terjadi dengan hasil perkiraan dapat diperkecil. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang akan terjadi. Dalam melakukan prediksi data atau *forecasting*, terdapat tiga cara untuk melakukan prediksi data atau biasa juga disebut dengan *forecasting*, yakni proyeksi, asumsi, dan perkiraan (Dunn, 2000).

Proyeksi merupakan peramalan atau prediksi yang menggunakan rumus matematik yang sudah tersedia dalam beberapa penelitian sebelumnya. Dalam melakukan proyeksi, data yang digunakan adalah data-data eksisting untuk dapat diketahui tren perubahannya. Selanjutnya memasukkan ke dalam rumus matematis yang hasil akhirnya adalah data-data prediksi untuk beberapa waktu mendatang.

Asumsi merupakan peramalan atau prediksi yang menggunakan teori yang dikemukakan oleh ahli sebagai dasar penentuan apakah akan terjadi perubahan data dalam kurun waktu tertentu. Tren perubahan bukanlah hal utama dalam penentuan prediksi data menggunakan asumsi. Dokumen resmi pemerintah juga dapat digunakan untuk mengetahui prediksi perubahan data. Dokumen pemerintah memiliki kajian yang sudah dilakukan sebelumnya sehingga segala jenis perubahan yang akan terjadi pada suatu wilayah atau kawasan dapat terjadi sesuai dengan dokumen yang berlaku, karena dokumen pemerintah yang memiliki kekuatan hukum untuk menetapkan ada atau tidak adanya perubahan pada suatu kawasan.

Perkiraan merupakan peramalan atau prediksi yang tidak menggunakan laporan resmi sebagai dasar acuan dalam penentuan perubahan data. Hal ini dapat diakibatkan oleh

kemungkinan perubahan data sudah disampaikan dan menjadi lazim dalam lingkungan masyarakat bahwa akan terjadi suatu perubahan di kawasan tertentu (Dunn, 2000).

2.4 Permodelan

2.4.1 Permodelan Spasial

Permodelan merupakan metode analisis data yang digunakan untuk menyederhanakan suatu proses untuk mendapatkan hasilnya. Penampilan model spasial dengan basisdata yang memuat semua unsur wilayah dan disertai dengan formula-formula untuk memodelkan interaksi antar komponen wilayah diharapkan dapat memberikan kemudahan atas sulitnya mengelola wilayah yang kompleks (Jumadi & Priyono, 2010).

Dalam konteks spasial, permodelan yang digunakan berbasis Sistem Informasi Geografis. SIG secara umum dapat didefinisikan sebagai sistem berbasis komputer yang berguna untuk melakukan kegiatan menyimpan, memanipulasi, dan menganalisis data berupa informasi geografis (Puturu, 2015). Kelebihan SIG dalam penggunaannya yakni dapat merepresentasikan dunia nyata di atas monitor dengan representasi grafis yang dapat dimanipulasi sesuai dengan apa yang diperlukan (Prahasta, 2005). Penggunaan SIG dalam bidang keilmuan Perencanaan wilayah dan kota dapat digunakan dalam kegiatan praktis perencanaan seperti penentuan lokasi.

Terdapat tiga jenis permodelan yakni permodelan data, proses dan sistem. Permodelan data mengubah objek nyata menjadi suatu entitas yang direpresentasikan oleh komputer. Data yang didapat digunakan untuk melakukan proses selanjutnya yakni untuk tujuan analisis. Permodelan analisis melakukan tahap-tahap dalam melakukan analisis dengan tujuan-tujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mendapatkan hasil sesuai kebutuhan yang diharapkan. Sedangkan permodelan sistem melakukan pengembangan sistem di dalam perangkat lunak yang digunakan dalam melakukan permodelan analisis.

Permodelan yang digunakan dalam penelitian ini yakni permodelan data dan analisis. Perancangan sistem baru tidak dilaksanakan karena batasan dari penelitian ini yang hanya menggunakan dua jenis model yakni model data dan analisis. Hal ini dikarenakan permodelan dalam penelitian ini cukup sederhana yakni cukup menggunakan alat yang disediakan oleh sistem perangkat lunak yang sudah tersedia. Sehingga tidak membutuhkan pemahaman yang lebih mendalam terkait sistem dalam SIG untuk membuat proses perancangan model baru (Prahasta, 2005).

Permodelan secara fungsi dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis, yakni deskriptif, prediktif dan normatif atau preskriptif (DeMers, 2002). Fungsi deskriptif berarti melakukan permodelan dengan mengorganisasi, manipulasi dan menampilkan data-data eksisting pada saat ini. Fungsi

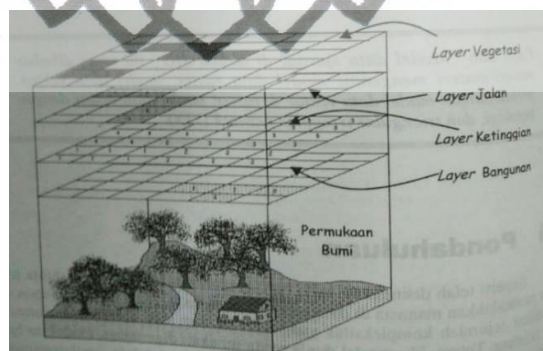
prediktif membuat model dapat melakukan perkiraan untuk mengetahui apa yang akan terjadi di suatu lokasi maupun waktu yang berbeda. Fungsi normatif atau preskriptif membuat model yang dibangun menjadi landasan dalam menentukan pengambilan keputusan, karena model dijadikan sebagai alat simulasi untuk mendapatkan jawaban dari suatu permasalahan.

Permodelan yang dilakukan dalam penelitian ini memiliki fungsi deskriptif dan prediktif. Proses analisis yang dilakukan untuk mendapatkan hasil eksisting menggunakan data-data eksisting termasuk dalam fungsi deskriptif. Sedangkan fungsi prediktif dilakukan dalam melakukan permodelan prediksi untuk mengetahui substansi yang sama pada fungsi deskriptif, pada waktu yang berbeda.

2.4.2 Model Data Raster

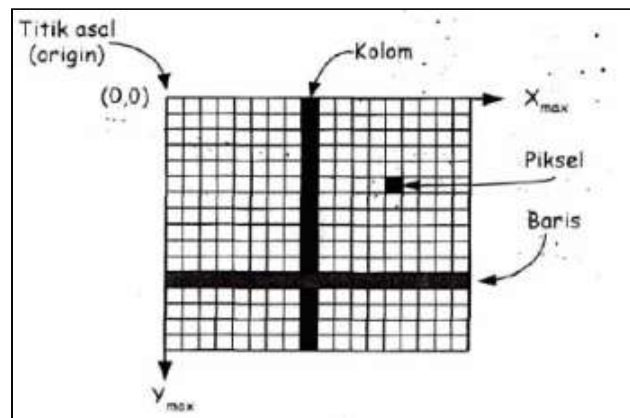
Model data memberikan gambaran mengenai kondisi sesungguhnya di dunia nyata yang ditampilkan sebagai gambar di atas monitor. Penampilan objek-objek yang ada di dunia nyata dalam komputer dilakukan dengan cara manipulasi objek dasar atau yang biasa disebut sebagai entitas yang memiliki atribut geometri. Model data yang digunakan dalam penelitian ini yakni model data raster.

Data raster digunakan dalam proses analisis dalam penelitian ini karena data raster memiliki struktur data yang sederhana dan mudah dimanipulasi dengan fungsi-fungsi matematis. Penggunaan data raster juga akan memperkecil kemungkinan terjadi kesalahan saat melakukan *overlay* akibat ekstensi data yang berbeda-beda saat melakukan analisis. Hal ini menjadi alasan bahwa melakukan perhitungan model lebih direkomendasikan menggunakan model data raster daripada data vektor (DeMers, 2002).



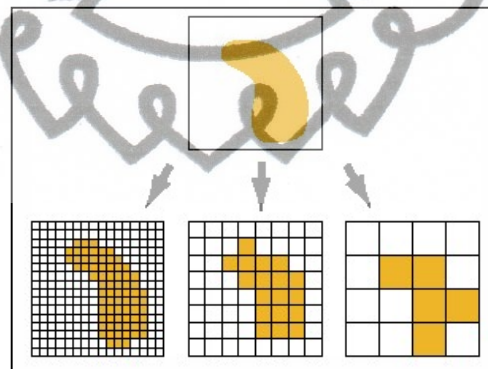
Gambar 2.1 Ilustrasi Permodelan Data Raster terhadap Permukaan Bumi
Sumber : Prahasta, 2005

Model data raster menampilkan dan menyimpan data spasial menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk sistem grid. Setiap piksel memiliki masing-masing atribut informasi atau nilai yang berada di dalam piksel. Informasi-informasi yang terdapat di dalam piksel inilah yang menjadi representasi dari dunia nyata yang dituang dalam model data raster (Prahasta, 2005).



Gambar 2.2 Struktur Model Data Raster
Sumber : Prahasta, 2005

Tingkat akurasi model data raster, tergantung pada resolusi atau ukuran sel grid. Untuk keperluan analisis pada wilayah dengan skala ketelitian kecil, biasanya akan menggunakan resolusi atau ukuran grid yang lebih besar daripada pada wilayah dengan ketelitian yang lebih besar. Konsekuensi pemilihan ukuran grid ini akan mempengaruhi tingkat ketelitian suatu penelitian. Penelitian dengan tingkat kecamatan akan berbeda dengan penelitian dengan ketelitian daerah yang memiliki tingkat yang lebih tinggi maupun rendah. Pada penelitian dengan tingkat ketelitian pada daerah kecamatan, menggunakan patokan yang sama dengan penelitian pada tingkat kota atau kabupaten. Data dasar yang digunakan skala ketelitian 1:25.000, data raster yang digunakan harus memiliki ketelitian minimal 10×10 meter.

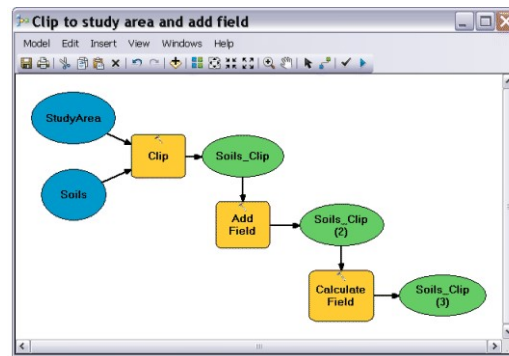


Gambar 2.3 Tingkat Akurasi Data Raster tergantung Ukuran Grid yang Dipilih
Sumber : Prahasta, 2005

2.4.3 Model Proses

Software ArcGIS sebagai salah satu alat analisis yang digunakan dalam melakukan pengolahan data spasial, telah menyediakan beberapa ekstensi atau alat tambahan yang dapat digunakan untuk melakukan analisis. *Model builder* merupakan salah satu ekstensi yang disediakan dalam ArcGIS yang dapat digunakan dalam melakukan penghitungan nilai data secara langsung tanpa perlu melakukan overlay secara bertahap terhadap masing-masing model

data. Keuntungan setelah model dibangun, proses analisis yang akan dikerjakan menjadi lebih efektif dan efisien.



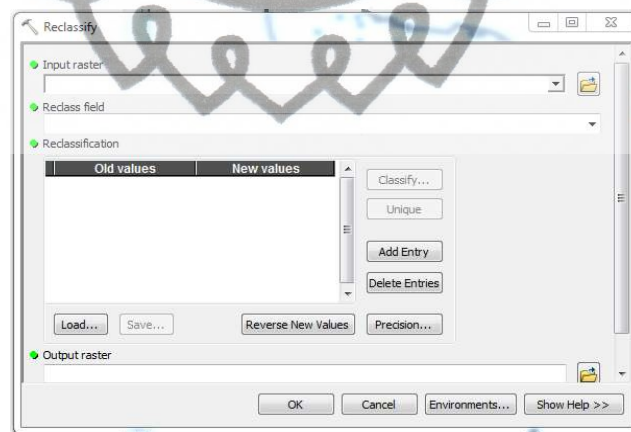
Gambar 2.4 Contoh *Model Builder* pada ArcGIS

Sumber :ESRI, 2014

Beberapa analisis yang digunakan dalam melakukan permodelan risiko bencana tanah longsor diantaranya adalah :

1. *Reclassify* (Klasifikasi ulang)

Analisis *reclassify* berfungsi untuk mengklasifikasi ulang atau mengganti nilai-nilai yang terdapat dalam grid raster. Data awal yang terdapat dalam grid raster memiliki nilai yang tidak sesuai dengan standar yang digunakan untuk melakukan perhitungan selanjutnya. *Toolbar reclassify* ini digunakan untuk mengubah parameter yang ada disesuaikan dengan skorpengaruh suatu data terhadap keseluruhan proses analisis. Analisis ini digunakan untuk menunjang atau memudahkan analisis *weighted sum* dalam melakukan penghitungan *overlay* data raster.



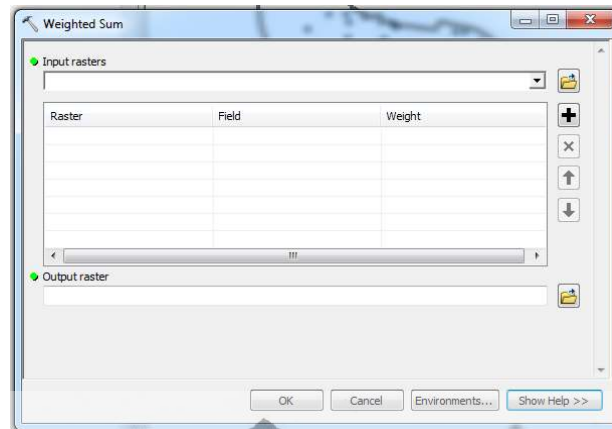
Gambar 2.5 Tampilan analisis *reclassify* pada ArcGIS

Sumber :ESRI, 2014

2. *Weighted sum* (Penjumlahan dan pembobotan)

Analisis *weighted sum* memiliki fungsi untuk melakukan *overlay* beberapa data raster dengan menjumlahkan nilai pada masing-masing raster yang sudah dikalikan dengan bobot yang telah ditentukan (ESRI,2014). Kelebihan analisis ini yakni dapat melakukan perhitungan hingga unit desimal tanpa pembulatan. Namun sebelum melakukan analisis ini, harus dilakukan

reclassify terlebih dahulu terhadap seluruh raster untuk merubah informasi yang ada dalam grid atau *data field* dalam raster menjadi tipe numerik.



Gambar 2.6 Tampilan analisis *weighted sum* pada ArcGIS

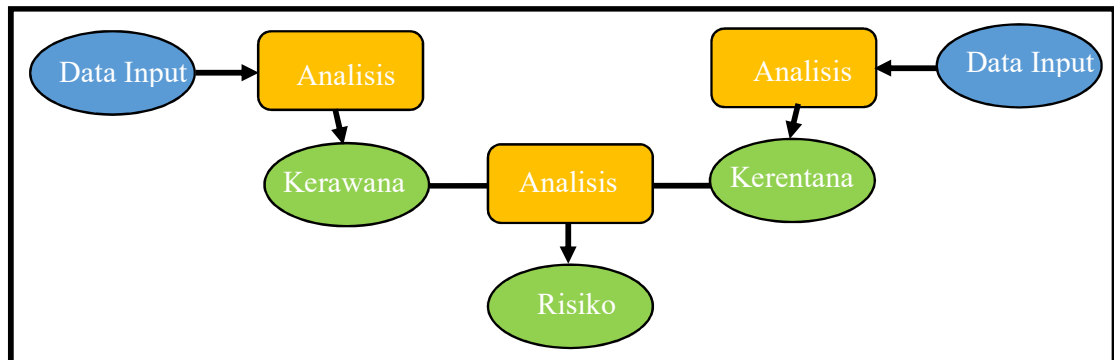
Sumber : ESRI, 2014

2.6 Kerangka Pikir Penelitian

2.6.1 Permodelan Risiko

Cara menentukan tingkat risiko bencana tanah longsor dilakukan dengan mengetahui terlebih dahulu alur atau tahapan analisis untuk mendapatkan hasil tingkat risiko. Dari uraian pada subbab 2.2 dapat diketahui bahwa untuk mendapatkan risiko bencana tanah longsor perlu mengetahui tingkat kerawanan dan kerentanan terlebih dahulu. Analisis kerawanan dan kerentanan

Permodelan merupakan metode analisis yang dilakukan untuk menyederhanakan suatu proses analisis. Dalam permodelan risiko, mulai dari analisis kerawanan, kerentanan dan risiko dilakukan dengan menggunakan permodelan. Permodelan yang akan digunakan untuk melakukan proses analisis pada penelitian ini dilakukan melingkupi kegiatan analisis kerawanan, kerentanan dan risiko. Melakukan permodelan risiko dapat diilustrasikan pada alur permodelan berikut :



Gambar 2.7 Ilustrasi permodelan risiko bencana tanah longsor

Sumber : Olahan peneliti, 2020

Ilustrasi permodelan di atas untuk memberikan gambaran bagaimana urutan dalam mendapatkan hasil tingkat risiko tanah longsor. Langkah-langkah pengerjaannya dimulai dari memasukan data faktor kerawanan dan kerentanan sebagai data masukan. Kemudian analisis dimasukan sebagai proses untuk mendapatkan hasil kerawanan dan kerentanan tersebut. Selanjutnya dilakukan proses analisis kembali untuk mendapatkan hasil akhir berupa tingkat risiko tanah longsor. Setelah pelaksanaan permodelan diatas selesai dan mendapatkan hasil tingkat risiko tanah longsor, hasil tersebut dilakukan kajian terhadap peta eksisting yang digunakan oleh pemerintah kabupaten Karanganyar sebagai peta utama pelaksanaan mitigasi bencana tanah longsor di Kabupaten Karanganyar.

Tahap selanjutnya yakni pelaksanaan validasi untuk mengetahui seberapa besar tingkat kepercayaan model yang telah dibangun. Jika tingkat kepercayaan model ada pada angka diatas 90 %, maka model tersebut dapat digunakan lebih lanjut untuk pelaksanaan prediksi risiko tanah longsor di Kecamatan Ngargoyoso.

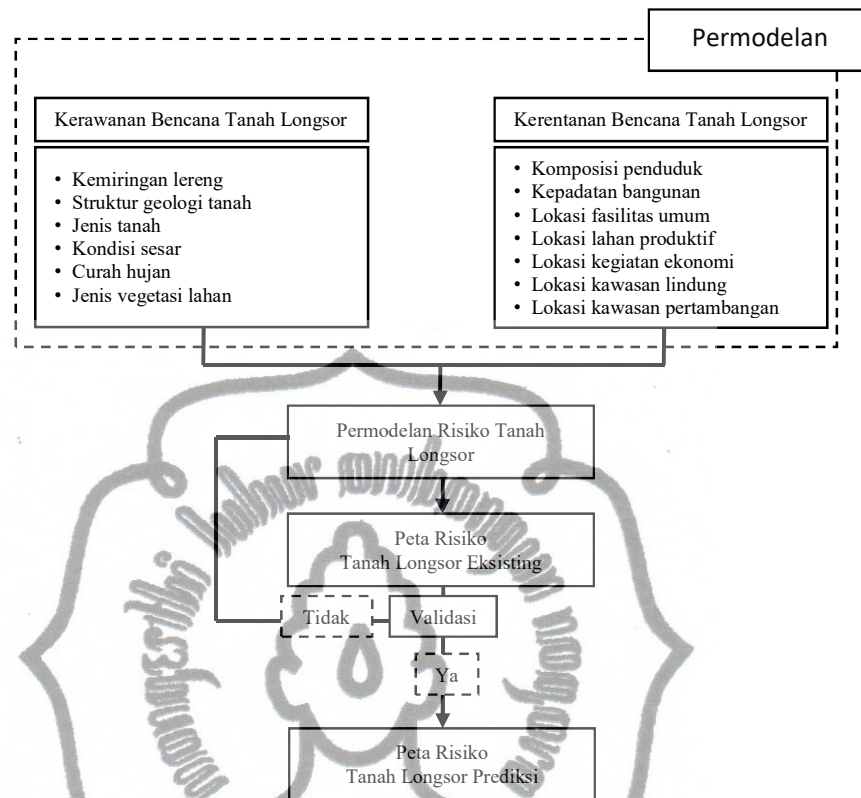
Permodelan prediksi pada penelitian ini digunakan untuk mendapatkan hasil tingkat risiko tanah longsor pada tahun 2031. Untuk mendapatkan hasil prediksi tersebut, permodelan yang telah dibangun sebelumnya dijalankan kembali dengan data masukan yang sudah diganti dengan data yang sudah dilakukan prediksi. pelaksanaan prediksi data dilakukan diluar model yang telah dibangun. Dengan kata lain, data masukan yang digunakan untuk mendapatkan hasil risiko tanah longsor dilakukan prediksi hingga tahun 2031, dengan pendekatan yang sesuai. Kemudian hasil dari permodelan tersebut menjadi peta prediksi risiko tanah longsor di Kecamatan Ngargoyoso pada tahun 2031. Hasil dari peta tersebut kemudian digunakan sebagai kajian terhadap peta rencana pola ruang Kecamatan Ngargoyoso dalam dokumen RTRW.

2.6.2 Kerangka Permodelan

Variabel digunakan sebagai data dasar untuk melakukan proses analisis. Perumusan variabel-variabel pada penelitian ini didasarkan pada pembagian antara identifikasi kerawanan dan kerentanan. Dalam melakukan identifikasi kerawanan didapatkan 6 variabel yaitu kemiringan lereng, struktur geologi, jenis tanah, kondisi sesar, curah hujan, dan vegetasi lahan. Sedangkan dalam melakukan analisis kerentanan diklasifikasikan dalam 4 jenis kerentanan yakni sosial, fisik, ekonomi, dan lingkungan. Kerentanan sosial menggunakan variabel karakteristik kependudukan. kerentanan ekonomi menggunakan variabel lokasi kegiatan ekonomi dan nilai ekonomi suatu lahan. Kerentanan fisik meliputi variabel kepadatan bangunan dan lokasi fasilitas umum. Kerentanan lingkungan meliputi variabel lokasi pertambangan dan lokasi kawasan lindung.

Penggunaan model sebagai analisis dalam menentukan hasil akhir tingkat risiko bencana tanah longsor menjadikan posisi permodelan melingkupi identifikasi yang dimulai dari

mengidentifikasi kerawanan dan kerentanan terlebih dahulu hingga kemudian mendapatkan hasil tingkat risiko. Untuk memberikan gambaran tentang kerangka berpikir pada penelitian ini dapat dilihat dalam gambar berikut :



Gambar 2.8 Kerangka Pikir Penelitian

Sumber : Olahan peneliti, 2020

Dari kerangka pikir diatas, terlihat bahwa identifikasi risiko bencana dan permodelan tidak dilakukan secara terpisah. Seperti yang telah dijelaskan pada narasi sebelumnya bahwa permodelan digunakan untuk melakukan identifikasi. Mulai dari tahap identifikasi kerawanan, identifikasi kerentanan, hingga penentuan tingkat risiko. Sehingga hasil tingkat risiko bencana yang dihasilkan dari model yang telah dibangun tidak dilakukan perhitungan lanjutan secara manual.

Setelah dilakukan permodelan analisis untuk mendapatkan hasil risiko eksisting, dilakukan tahap validasi untuk menentukan kesesuaian tingkat risiko hasil model dengan tingkat risiko yang ada di lapangan. Jika hasil dari permodelan memiliki tingkat kepercayaan yang tidak sesuai terhadap hasil dari validasi lapangan, maka perlu dilakukan pengecekan ulang pada proses analisis risiko. Jika sesuai, akan menuju tahap selanjutnya yakni penentuan prediksi tingkat risiko bencana tanah longsor.