

RISIKO KAWASAN LONGSOR DALAM UPAYA MITIGASI BENCANA MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Fakhryza Nabila Hamida¹
Hasti Widyasamratri²

Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang
Penulis Korespondensi e-mail: fakhryzanabilah@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is an area prone to landslides. The occurrence of this landslide disaster can cause a large impact such as damage and loss both material and non-material. The availability of complete and accurate information in controlling land use in landslide prone areas in the development of an area becomes very important in minimizing the loss of life and losses, both physical, social and economic. This information must be disseminated to the community as an early warning system in disaster mitigation efforts. Identification of the characteristics of landslide prone areas requires a risk mapping of landslide prone areas in efforts to mitigate disasters can be done using Geographic Information Systems (GIS). The results in this study indicate the need to identify disaster risk in detail because basically, an area threatened by disaster does not necessarily mean that each community has the same level of disaster risk. Mapping can be done by clustering or by identifying each building in a vulnerable area based on the level of risk of landslides.

Keywords: risk analysis, landslides, disaster mitigation, GIS

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah yang rawan terhadap bencana longsor. Terjadinya bencana longsor ini dapat menyebabkan dampak yang besar seperti kerusakan dan kerugian baik materiil maupun non materiil. Tersedianya informasi yang lengkap dan akurat dalam pengendalian pemanfaatan lahan di kawasan rawan bencana longsor dalam pengembangan suatu wilayah menjadi hal yang sangat penting dalam meminimalisir adanya korban jiwa dan kerugian-kerugian baik fisik, sosial maupun ekonomi. Informasi tersebut harus disebarkan kepada masyarakat sebagai sistem peringatan dini dalam upaya mitigasi bencana. Identifikasi karakteristik daerah rawan longsor diperlukan sebuah pemetaan risiko kawasan rawan longsor dalam upaya mitigasi bencana dapat dilakukan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil dalam penelitian ini menunjukkan perlunya identifikasi risiko bencana secara detail karena pada dasarnya, suatu kawasan yang terancam bencana belum tentu tiap masyarakatnya mempunyai tingkat risiko bencana yang sama. Pemetaan dapat dilakukan dengan pengklusteran maupun dengan identifikasi setiap bangunan dalam kawasan rawan berdasarkan tingkat risiko terhadap bencana tanah longsor.

Kata Kunci: analisis risiko, tanah longsor, mitigasi bencana, GIS

1. Pendahuluan

Bencana alam adalah suatu kejadian alam yang dapat terjadi setiap waktu. Salah satu kejadian alam yaitu bencana tanah longsor. Tanah longsor yaitu Bergeraknya massa tanah atau batuan akibat terjadinya gangguan kestabilan lereng. Faktor yang memicu tanah longsor yang terdapat dua, berupa faktor alami seperti morfologi, struktur geologi, *landuse*, jenis tanah, struktur geologi, klimatologi (curah hujan) dan kegempaan (Utomo & Widiatmaka, 2013). Meningkatnya risiko bencana longsor juga terjadi disebabkan karena alih fungsi lahan yang tidak terkontrol karena peningkatan populasi penduduk sehingga diperlukan pengembangan lahan untuk kegiatan permukiman, ekonomi maupun infrastruktur (Priyono & Priyana, 2006).

Longsor dapat menyebabkan dampak yang besar seperti kerusakan dan kerugian. Kerugian-kerugian yang dialami dapat mempengaruhi kehidupan jangka panjang masyarakat setempat (Arifin, Carolita, & Winarso, 2010). Kerugian tersebut dapat berupa hilangnya nyawa manusia, rusaknya harta benda dan terganggunya ekosistem alam (Alhasanah, 2006). Oleh karena itu, perlu adanya tindakan penanganan khususnya di wilayah produktif, jalur ekonomi, permukiman dan infrastruktur (Zakaria, 2010).

Tersedianya informasi yang menyeluruh, detail dan tepat di pengendalian pemanfaatan ruang di lokasi rawan bencana longsor pada pengembangan suatu wilayah menjadi hal yang sangat penting dalam meminimalisir adanya korban jiwa dan kerugian-kerugian baik fisik, sosial maupun ekonomi. Informasi tersebut harus disebarkan kepada masyarakat sebagai sistem peringatan dini. Di beberapa kawasan dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan telah mempunyai sistem peringatan dini, informasi tersebut belum tersebar secara merata sehingga sangat memungkinkan masyarakat mempunyai persepsi yang berbeda-beda. Hal tersebut yang menimbulkan kepanikan dan kekacauan sehingga menyebabkan kerugian baik harta maupun nyawa yang lebih besar (Noor, 2014).

Namun bencana longsor juga dapat diminimalisir kerugiannya, lain halnya dengan gempa bumi, tsunami dan letusan gunung berapi (Widiati, 2008). Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak akibat bencana tanah longsor yaitu dengan mengenali karakteristik daerah rawan. Pada saat mengidentifikasi karakteristik daerah rawan longsor diperlukan sebuah pemetaan risiko kawasan rawan longsor (Rahmad dkk, 2018). Pemetaan risiko bencana adalah kegiatan pemetaan yang mempresentasikan akibat yang ditimbulkan dari timbulnya bencana (Aditya, 2010). Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat memberikan informasi data geospasial secara akurat dan

menjelaskan sistem analisis yang akurat. Sehingga terdapat upaya mitigasi guna mencegah risiko yang berpotensi menjadi bencana atau meminimalisir kerugian dari bencana yang terjadi (Faizana, Nugraha, & Yuwono, 2015).

Berdasarkan Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI-BNBPB), sebanyak 1800 bencana pada tahun 2005 hingga 2015, 78% merupakan bencana hidrometeorologi dan 22% merupakan bencana geologi. Terjadinya bencana memberikan dampak keberbagai aspek seperti pada aspek fisik kawasan, namun juga kepada ekonomi dan hingga korban jiwa. Berbagai permasalahan dari mahalannya harga lahan dan kebutuhan akan lahan menyebabkan kawasan yang tidak pada tempatnya dimanfaatkan oleh masyarakat setempat sebagai tempat bermukim dan beraktivitas. Pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dan meningkatnya perubahan penggunaan lahan akibat dari bertambahnya manusia menyebabkan tingginya risiko pada kawasan bencana tanah longsor. Hal ini dapat terus terjadi apabila pengawasan pemanfaatan ruang di kawasan longsor lemah. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengkaji “Faktor yang mempengaruhi risiko kawasan bencana longsor dalam upaya mitigasi bencana”. Pengkajian risiko tersebut adalah upaya untuk mengetahui pengaruh merugikan yang berpotensi terjadi karena bencana longsor.

2. Kajian Teori Risiko Bencana Tanah Longsor

2.1. Bencana Tanah Longsor

Bencana merupakan kondisi merugikan didapat oleh penduduk dan menyebabkan korban jiwa, meteril, fisik alam hingga membuat keadaan warga tidak mampu betahan dan menganginya akibat terjadinya bencana tersebut (Noor, 2014). Kerugian yang dihasilkan tergantung pada upaya untuk mencegah atau menghindari bahaya bencana. Besarnya potensi tersebut juga tergantung pada bentuk bahayanya sendiri. Namun, pada daerah dengan tingkat bahaya (*hazard*) dan kerentanan (*vulnerability*) yang tinggi tidak akan memberikan potensi pengaruh yang besar bila masyarakat yang bermukim di kawasan tersebut mempunyai ketahanan terhadap bencana (*disaster resilience*) (Khambali, 2017).

Tanah longsor merupakan turunnya masa tanah, batu, pohon, pasir dan lain-lain. Longsoran merupakan terganggunya kestabilan tanah dan battuan penyusun lereng sehingga menyebabkan Bergeraknya massa tanah, batuan atau gabungan dari tanah dan batu yang jatuh atau lepas dari dinding lereng (BNPB, 2007). Gejala umum akan terjadinya bencana tanah longsor antara lain (1) muncul retakan-retakan pada lereng yang sejajar dengan arah tebing;

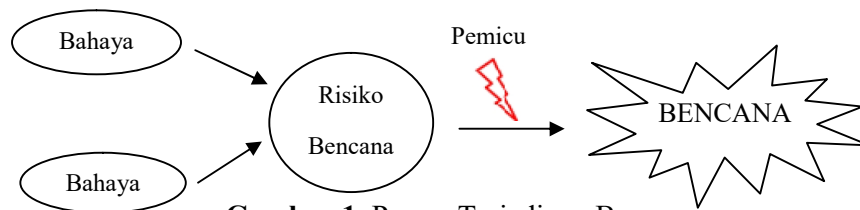
(2) seringkali longsor terjadi setelah hujan; (3) muncul mata air baru; (4) tebing rapuh dan mulai berjatuhnya kerikil (Adiyoso, 2018).

Sedangkan menurut Wignyo (2018), faktor penyebab longsor yaitu:

- a. Curah hujan, mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah. Hal ini mengakibatkan terjadinya retakan (merekahnya permukaan tanah). Air akan masuk ke bagian yang berongga sehingga menimbulkan gerakan pada tanah.
- b. Lereng yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin.
- c. Tanah yang kurang padat dan tebal, yaitu tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5m dan sudut lereng lebih dari 220.
- d. Jenis penggunaan lahan seperti lahan pertanian memiliki potensi yang besar akan terjadinya longsor.
- e. Getaran yang biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibatnya yaitu terjadinya retakan pada tanah, badan jalan, lantai, maupun dinding rumah.
- f. Pengikisan/erosi banyak dilakukan oleh air sungai ke arah tebing.
- g. Penggundulan hutan mengakibatkan tebing menjadi terjal, tanah gundul memiliki kemampuan pengikatan air tanah yang kurang.

2.2. Risiko Bencana Tanah Longsor

Menurut Peraturan Kepala Badan Penanggulangan Bencana No. 2 Tahun 2012, “Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, hilangnya jiwa, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan, atau kehilangan harta dan gangguan kegiatan masyarakat”. Sedangkan menurut (Nurjanah, Kuswanda, & Siswanto, 2012), risiko bencana adalah gabungan antara kerentanan dan ancaman serta adanya pemicu dari suatu bencana. Ancaman merupakan hal yang tetap karena menjadi bagian dari proses alami perkembangan pembangunan, kerentanan merupakan hal yang tidak tetap karena dapat diminimalisir kejadiannya dengan meningkatkan kemampuan atau kapasitas dalam menghadapi bencana.



Gambar 1. Proses Terjadinya Bencana

Sumber: (Nurjanah dkk, 2012)

Gambar 1 menunjukkan bahwa bencana terjadi akibat dari beberapa proses. Pertama yaitu unsur bahaya dan yang kedua yaitu kerentanan. Misalnya masyarakat yang tinggal pada kelerengan yang curam, memungkinkan akan terdampak longsor jika terjadi bencana tersebut, sehingga masyarakat tersebut rentan terhadap bahaya bencana tanah longsor. Sedangkan risiko bencana adalah kemungkinan yang timbul akibat dari terjadinya tanah longsor. Besar kecilnya risiko ditentukan oleh tingkat kerentanan. Oleh karena itu, diperlukan kemampuan untuk memperkecil tingkat kerentanan (Nurjanah et al., 2012).

Masyarakat yang sudah mengenali karakteristik bencana, memiliki kemampuan dalam penanganan atau mitigasi bencana, maka kerentanan masyarakat tersebut kecil, karena masyarakat tersebut mempunyai kemampuan dalam menghadapi bencana. Terjadinya bencana juga dipengaruhi oleh faktor pemicu (*trigger*). Misalnya saat terjadi hujan dengan curah hujan yang tinggi dan terus menerus, lereng akan mudah longsor, sehingga dapat mengakibatkan hilangnya nyawa maupun harta benda masyarakat yang tinggal pada daerah tersebut. Pemicu pada kejadian ini yaitu curah hujan yang deras dan berlangsung terus-menerus (Nurjanah dkk, 2012). Hubungan antara *risk*, *hazard*, *vulnerability* dan *capacity* dapat dirumuskan sebagai berikut (Adiyoso, 2018)

$$R = \frac{H \times V}{C}$$

R = Risk (Risiko Bencana) *V* = Vulnerability (Kerentanan)

H = Hazard (Ancaman) *C* = Capacity (Kapasitas)

Menurut Twigg (2004) dalam (Ritohardoyo, 2014), kerangka pengkajian risiko bencana terdapat empat elemen utama, yaitu bahaya, potensi bencana, kerentanan dan kapasitas. Masing-masing elemen memiliki beberapa aspek penting yang dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Pengkajian Risiko Bencana

Sumber: Ritohardoyo, 2014

Analisis risiko tidak dapat lepas dari parameter dan pengukuran (*scoring*) serta data yang digunakan. Akurasi pengukuran sangat penting karena akan menentukan tindakan yang akan dirumuskan. Contoh penyusunan parameter, indikator dan kriteria penilaian risiko menurut Wignyo (2018) dijelaskan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Contoh Indikator Penilaian Risiko

Parameter	Indikator
Probabilitas	a. Pasti terjadi (minimal 1 atau lebih dari setahun atau >99%) b. Sangat mungkin terjadi (1-2 tahun atau 50-99%) c. Mungkin terjadi (2-20 tahun atau 5-50%) d. Jarang terjadi (50-100 tahun atau 1-2%) e. Tidak mungkin terjadi (100 tahun atau lebih <1%)
Jumlah korban	a. Sangat rendah (tidak ada korban) b. Rendah (<10 orang) c. Sedang (10 sampai 50 orang) d. Tinggi (>50 orang)
Kerentanan sosial	a. Akses ke pelayanan dasar (% rumah tersambung dengan pipa air minum) b. Tingkat kemiskinan (% masyarakat hidup di bawah garis kemiskinan) c. Angka buta huruf (% penduduk yang bisa membaca dan menulis) d. Sikap sosial (untuk bersiap-siaga atau tidak)
Kapasitas sosial	a. Program pendidikan kebencanaan b. Kurikulum sekolah berbasis bencana c. Latihan evakuasi d. Partisipasi masyarakat

Sumber: Bolin dkk (2016) dan Coppola (2009), dimodifikasi Wignyo (2018)

Disaster Recovery Journal (Khambali, 2017) menjelaskan pengertian analisis risiko, antara lain:

- a. Analisis risiko (*risk analysis*), yaitu proses indentifikasi ancaman yang mungkin terjadi serta analisis kerentanan yang terkait dengan ancaman tersebut
- b. Penilaian risiko (*risk assessment*) adalah proses evaluasi kondisi fisik dan lingkungan serta penilaian kapasitas relatif terhadap ancaman bencana

Faktor penentu risiko bencana menurut (Noor, 2014) yaitu:

- a. Faktor bahaya (*hazard*), yaitu ancaman dari peristiwa alam. Bahaya alam (*natural hazard*) adalah kemungkinan potensi kehancuran yang timbul akibat proses kejadian alam pada suatu kawasan.
- b. Faktor kerentanan (*vulnerability*), yaitu ketidakmampuan menahan dampak dari peristiwa alam yang menyebabkan kerugian. Kerentanan dipengaruhi oleh faktor politik, ekonomi, sosial budaya dan geografis.

Menurut (Bappenas, 2006), Hal-hal yang berpotensi memunculkan bencana antara lain:

- a. Bahaya alam (*natural hazard*) dan bahaya akibat ulah manusia (*man-made hazard*). Menurut *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UN-ISDR)

- dikelompokkan menjadi bahaya geologi, hidrometeorologi, biologi, teknologi dan penurunan kualitas lingkungan
- b. Kerentanan (*vulnerability*) yang tinggi dari masyarakat, infrastruktur serta elemen dalam kawasan yang berisiko bencana
 - c. Kapasitas yang rendah dari berbagai aspek masyarakat

Sedangkan menurut (Khambali, 2017), faktor penentu risiko bencana antara lain:

- a. Ancaman, yaitu kejadian yang mempengaruhi kehidupan masyarakat dan menimbulkan korban jiwa, kerusakan dan kerugian. Ancaman dipengaruhi oleh faktor alam, manusia dan/atau keduanya
- b. Kerentanan, yaitu kondisi yang dipengaruhi oleh faktor fisik, sosial, ekonomi, geografi
- c. Kapasitas, yaitu kemampuan sumber daya pada suatu wilayah seperti upaya pencegahan, kesiapsiagaan, upaya mengurangi dampak, keterampilan dalam mempertahankan hidup dalam kondisi darurat

Ketiga komponen tersebut dapat disajikan dalam bentuk spasial maupun non spasial. Pengkajian risiko bencana digunakan sebagai landasan penyelenggaraan penanggulangan bencana disuatu kawasan, upaya yang dapat dilakukan antara lain (Khambali, 2017):

- a. Mengurangi potensi ancaman kawasan
- b. Mengurangi kerentanan kawasan yang terancam
- c. Meningkatkan kapasitas kawasan yang terancam

A. Bahaya (*Hazard*)

Bahaya merupakan potensi ancaman yang dapat menimbulkan kerugian, kehilangan dan kerusakan (Rijanta, Hizbaron, Baiquni, & others, 2018). Besarnya ancaman ditentukan oleh kemungkinan lamanya berlangsung, tempat (lokasi) dan sifat kejadian tersebut terjadi (Noor, 2014). Informasi potensi bahaya terdiri dari tiga bentuk, yaitu angka indeks, kurva maupun peta bahaya. Peta bahaya memiliki informasi besaran, lokasi dan waktu kejadian. Selain itu terdapat pula peta kerawanan, yaitu informasi bahaya yang berisi informasi besaran dan lokasi kejadian tanpa disertai informasi waktu kejadian (Rijanta et al., 2018).

Ancaman dapat terjadi kapan saja menuju ke arah ketidakseimbangan. Salah satu kejadian alam yang dapat menimbulkan kondisi yang rentan menuju ke arah ketidakseimbangan alam yaitu bencana tanah longsor. Menurut Permen PU No. 22 Tahun 2007 tentang pedoman penataan ruang kawasan rawan bencana longsor, kriteria penentuan kawasan rawan bencana longsor adalah kondisi kemiringan lereng, tingkat curah hujan,

kondisi tanah, struktur batuan, lokasi yang berada pada kondisi struktur patahan (sesar), adanya gerakan tanah, dan jenis tutupan lahan/vegetasi.

Bahaya dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu (Wesnawa & Christiawan, 2014):

- 1) Bahaya alami (*natural hazard*), merupakan akibat proses alam yang tidak dapat dikendalikan oleh manusia. Manusia hanya dapat meminimalisir dengan membuat kebijakan yang sesuai seperti kebijakan penataan ruang. Bahaya alami terdiri dari bahaya geologi, hidrometeorologi, biologi dan lingkungan.
- 2) Bahaya buatan manusia (*human made hazard*), merupakan bahaya akibat aktivitas manusia. Bahaya ini meliputi kegagalan teknologi, degradasi lingkungan dan adanya konflik antar pemangku kepentingan.

Penentuan tingkat ancaman longsor menurut (Paimin & Pramono, 2009) dibagi menjadi dua, yaitu kerawanan alami dan kerawanan berdasarkan manajemen. Parameter pada indikator alami yaitu besarnya curah hujan, kemiringan lereng, geologi, keberadaan sesar patahan/gawir dan kedalaman tanah. Sedangkan pada indikator manajemen yaitu penggunaan lahan, infrastruktur serta kepadatan permukiman.

Menurut Wignyo (2018), perhitungan tingkat ancaman diperoleh dari indeks ancaman yang dilihat dari beberapa hal yaitu kemungkinan terjadi (*probability*) dan besaran dampak terjadi akibat bencana (*magnitude*). Komponen tersebut yang digunakan dalam pemetaan menggunakan GIS yang disusun melalui rekap *historis data* dan *time series* terkait kejadian bencana. Data yang didapat selanjutnya diklasifikasikan kedalam 3 kategori ancaman, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Sedangkan perkiraan kemungkinan terjadi (*probabilitas*) adalah sebagai berikut:

- a. 5 Pasti (hampir dipastikan 80-99%)
- b. 4 Kemungkinan besar (60-80% terjadi tahun depan atau sekali dalam 10 tahun mendatang)
- c. 3 Kemungkinan sedang (40-60% terjadi tahun depan atau sekali dalam 100 tahun)
- d. 2 Kemungkinan kecil (20-40% dalam 100 tahun)
- e. 1 Kemungkinan sangat kecil (hingga 20%)

Sedangkan perkiraan dampaknya dilengkapi dengan pertimbangan faktor-faktor berikut:

- a. Korban yang terdampak
- b. Kerugian materiil
- c. Kerusakan pada sarana dan prasarana
- d. Luasan wilayah terdampak bencana

e. Pengaruh terhadap kondisi sosial ekonomi

B. Kerentanan (Vulnerability)

Kerentanan adalah kondisi ketidakmampuan suatu individu atau kelompok penduduk maupun kondisi geografi dalam mengurangi dampak dari ancaman bahaya (Adiyoso, 2018; Noor, 2014; Rijanta dkk, 2018). Kerentanan bersifat dinamis, yaitu selalu mengalami perubahan seiring dengan perubahan kondisi manusia dan lingkungannya (Rijanta dkk, 2018). Menurut UNDRP (1992) dalam Nurjanah dkk (2012), faktor-faktor yang mempengaruhi timbulnya kerentanan antara lain: (1) bertinggal dilokasi pada kawasan rawan bencana, (2) keadaan ekonomi masyarakat, (3) ubranisasi atau migrasi masyarakat dari desa ke kota, (4) Terjadinya degradasi lingkungan (5) laju pertumbuhan populasi penduduk, (6) ada perubahan kultur kehidupan di masyarakat (perlu penyesuaian budaya) dan (7) belum optimalnya sistem informasi dan kesadaran akan bencana.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kerentanan antara lain kondisi fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan (Adiyoso, 2018; Khambali, 2017; Ritohardoyo, 2014; Wesnawa & Christiawan, 2014). Menurut (Nurjanah dkk, 2012), tingkat kerentanan dapat dilihat dari kerentanan fisik (infrastruktur), sosial kependudukan dan ekonomi. Sedangkan menurut (Mardiatno et al., 2012), jenis kerentanan dibagi menjadi tiga yaitu kerentanan fisik, sosial dan lingkungan.

Sedangkan menurut ADVC (2006) dalam Nurjanah dkk (2012), kerentanan dibagi menjadi lima kategori, yaitu kerentanan fisik (*physical vulnerability*), kerentanan sosial (*social vulnerability*), kerentanan ekonomi (*economic vulnerability*), kerentanan lingkungan (*environment vulnerability*) serta kerentanan kelembagaan (*institutional vulnerability*).

Parameter-parameter tersebut digabungkan (overlay) menggunakan GIS sehingga dapat menggambarkan potensi dampak dari bahaya yang akan timbul. Penilaian kerentanan diberikan berdasarkan pertimbangan logis, semakin tinggi skor maka semakin besar pengaruh terhadap kerentanan, begiu pula sebaliknya. Data awal yang digunakan dalam analisis berasal dari buku produk Badan Pusat dan informasi peta dasar dari Bakosurtanal berupa data penggunaan lahan, jaringan jalan dan lokasi fasum, serta BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah).

Tabel 2. Perbedaan Parameter dari Beberapa Sumber

Sumber	Kerentanan Fisik	Kerentanan Lingkungan	Kerentanan Ekonomi	Kerentanan Sosial
Khambali, 2017	- Lokasi	- Proporsi keluarga	- Dampak primer	

Sumber	Kerentanan Fisik	Kerentanan Lingkungan	Kerentanan Ekonomi	Kerentanan Sosial
	- Bentuk dan material konstruksi	rentan - Status kesehatan - Budaya - Status sosial ekonomi	- Dampak sekunder	
Rijanta, 2014	- Bangunan - Jembatan - Jalan (infrastruktur)	- Demografi		- Ekosistem - Satuan unit lahan
Wignyo, 2018	- Kepadatan Penduduk - Perilaku masyarakat - Jenis dan material bangunan	- Kepadatan penduduk - Rasio jenis kelamin - Rasio kemiskinan - Rasio orang cacat - Rasio kelompok umur	- Demografi	- Bentuk lahan (topografi) - Kondisi lingkungan
Nurjanah, 2012	- Presentase kawasan terbangun - Kepadatan bangunan - Presentase bangunan - Konstruksi darurat - Jaringan listrik - Rasio panjang jalan - Jaringan - Telekomunikasi - Jaringan PDAM - Jalan kereta api	- Kepadatan penduduk - Laju pertumbuhan penduduk - Presentase penduduk usia tua-balita	- Presentase rumah tangga yang bekerja di sektor rentan - Presentase rumah tangga miskin	
I.Saputra & I.Indra, 2014	- Kekuatan struktur bangunan (rumah, jalan, dan jembatan)	- Kondisi geografi (jenis kelamin, usia, kesehatan, pendidikan)	- Kemampuan finansial masyarakat dalam menghadapi bencana	- Ketersediaan / kerusakan sumber daya

C. Kapasitas (*Capacity*)

Kapasitas adalah kemampuan penguasaan sumberdaya, cara dan kekuatan yang dimiliki oleh masyarakat dalam upaya pertahanan dan persiapan diri dalam mencegah, menanggulangi dan memulihkan diri dari akibat bencana dengan cepat (Adiyoso, 2018; Bakornas 2017). Menurut Noor (2014), kapasitas merupakan *policy* dan sistem kelembagaan yang ada dari level pemerintah pusat hingga daerah yang melakukan tindakan untuk meminimalisir kerentanan terhadap bencana.

Sedangkan menurut Khambali (2017), kemampuan dalam lingkup mitigasi bencana adalah tindakan mencegah, mengurangi dampak, kesiapsiagaan dan keterampilan mempertahankan hidup dalam situasi bencana. Jenis-jenis kapasitas menurut Adiyoso (2018), antara lain:

- a. Kapasitas fisik, yaitu kemampuan memperoleh barang atau benda apabila terjadi bencana
- b. Kapasitas sosial, yaitu adanya tenaga yang terorganisir
- c. Kapasitas kelembagaan, yaitu kemampuan masyarakat dalam bentuk formal ataupun nonformal dalam sistem yang terorganisir dalam pengambilan keputusan pada sebuah pencegahan, tindakan dan perbaikan saat terjadi bencana
- d. Kapasitas ekonomi, yaitu kemampuan masyarakat dalam menggunakan dan memanfaatkan sumber daya ekonomi

Indeks kapasitas diperoleh dengan pelaksanaan diskusi oleh berbagai pihak terkait penanggulangan bencana pada suatu daerah. Kapasitas merupakan kebalikan dari kerentanan. Oleh karena itu, meningkatnya kapasitas berarti mengurangi kerentanan, begitu pula sebaliknya (Khambali, 2017).

2.3. Mitigasi Bencana

Tingkat risiko bencana gerakan tanah/longsor berada pada kelas B: Tinggi-Sampai Tinggi dengan nilai risiko 15-20. Tindakan yang perlu dilakukan yaitu mitigasi menyeluruh dan *kontigensi planning* harus segera disusun dan dilaksanakan (Khambali, 2017). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang penyelenggaraan penanggulangan bencana, mitigasi adalah bentuk usaha dalam mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Kegiatan mitigasi bencana dilakukan melalui:

- a. Pelaksanaan tata ruang melalui proses perencanaan dan pelaksanaan tata ruang di kawasan rawan bencana
- b. Pengaturan pembangunan, pembangunan infrastruktur dan tata bangunan sesuai standar teknis bangunan yang ditetapkan oleh instansi/lembaga berwenang
- c. Penyelenggaraan pendidikan, pelatihan dan penyuluhan secara konvensional maupun modern dengan menerapkan aturan standar teknis yang ditetapkan oleh instansi/lembaga berwenang

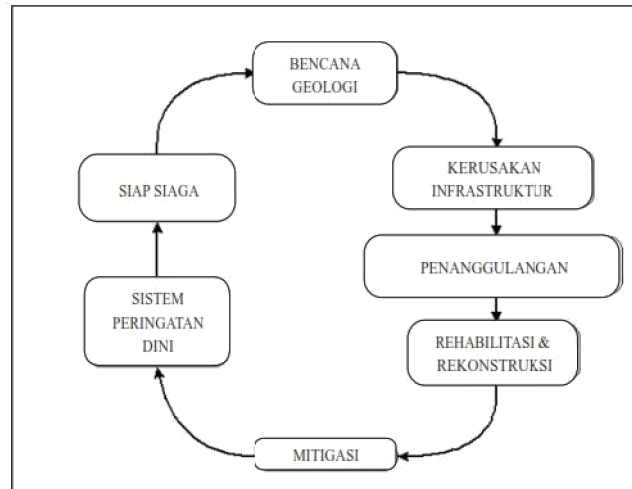
Mitigasi bencana merupakan kegiatan antisipasi terjadinya bencana melalui alat bantu berupa sistem peringatan dini, identifikasi kebutuhan dasar dan sumber-sumber yang ada, penyediaan anggaran dan alternatif tindakan, serta koordinasi dengan pihak-pihak terkait. Kegiatan untuk mengurangi potensi terjadinya korban bencana dilakukan melalui perencanaan tata ruang, pengaturan tata guna lahan, penyusunan peta kerentanan bencana, penyusunan database, pemantauan dan pengembangan (Noor, 2014). Istilah program mitigasi bencana mengacu pada dua tahap perencanaan, yaitu:

- 1) Pra bencana, merupakan kegiatan atau upaya mitigasi dan perencanaan bencana
- 2) Pasca bencana, merupakan peningkatan standar teknis dan bantuan medis serta bantuan keuangan bagi korban

Mitigasi longsor perlu dilakukan untuk meminimalisir kerusakan dan kerugian akibat dari bencana longsor. Oleh karena itu, *early warning system* sangat penting untuk dilakukan, diantaranya dengan prediksi iklim sebagai salah satu faktor penentuan bencana longsor (Puturuhu, 2015). Siklus penanganan mitigasi dapat dilihat pada **Gambar 3**. Dua tindakan sebagai upaya mitigasi bencana yaitu limitasi dan stabilisasi. Limitasi perlu dilaksanakan saat probabilitas terjadi longsor cukup tinggi sehingga dibutuhkan upaya untuk dihindari. Sedangkan stabilisasi dilaksanakan sebagai upaya menurunkan potensi faktor yang menyebabkan lereng turun serta memperkuat faktor pendukung agar lereng tidak mudah runtuh (Zakaria, 2010).

Konsep Startlet dengan 4 tahap, setelah dilakukan studi analisis kestabilan lereng, yaitu:

1. Tahap 1 yaitu rekayasa rancang bangun lereng stabil terhadap lereng rawan longsor dengan simulasi desain lereng stabil
2. Tahap 2 yaitu pemeliharaan lingkungan lereng rekayasa, yaitu dengan arahan manajemen dan monitoring lingkungan. Manajemen lingkungan berfungsi sebagai upaya mengurangi dampak negatif yang diperkirakan dapat timbul. Sedangkan monitoring lingkungan berfungsi untuk memantau kondisi yang mengarah ke timbulnya suatu akibat serta sebagai sumber informasi bagi pengelola lingkungan yang berkelanjutan.



Gambar 3. Siklus Mitigasi Bencana Longsor
Sumber : Zakaria, 2010

2.4. Peran Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam Mitigasi Bencana

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographis Information System (GIS)* adalah suatu sistem yang dapat digunakan untuk mengolah seluruh jenis data geografis. Adanya informasi seperti data spasial risiko bencana merupakan upaya untuk meminimalisir dampak dari bencana yang terjadi. Data spasial dalam SIG yang dimaksud yaitu berupa informasi mengenai kawasan risiko bencana dalam peta dua dimensi (Kemkes, 2016).

Penginderaan jauh membantu dalam memantau saat terjadi bencana, berfungsi sebagai peta kondisi baru, update database untuk rekonstruksi wilayah, membantu pencegahan dini dan pemetaan distribusi spasial bencana. Sedangkan fungsi Sistem Informasi Geografi (SIG) digunakan sebagai alat integrasi data satelit dengan data lain yang relevan dalam sistem peringatan dini, alat pencarian dan penyelamatan pada daerah yang telah hancur maupun sulit untuk diorientasikan, perencanaan rute evakuasi, sebagai desain pusat operasi darurat, evaluasi lokasi bencana untuk rekonstruksi, sensus informasi dan beberapa skenario risiko dan bahaya yang dapat digunakan untuk mengambil keputusan dalam pembangunan masa depan daerah serta cara yang optimal dalam perlindungan dari bencana alam (Puturu, 2015).

Pencegahan bencana menggunakan citra satelit dapat digunakan untuk inventarisasi tanah longsor atau mengetahui karakteristik tanah longsor, penentuan daerah rawan longsor, pemetaan faktor yang terkait dengan terjadinya tanah longsor. Faktor terjadinya (parameter longsor) seperti litologi, geomorfologi, patahan, penggunaan lahan, lereng dan vegetasi, modeling risiko longsor dan permodelan mitigasi bencana (Puturu, 2015).

Ukuran foto udara untuk interpretasi tanah longsor terbaik menggunakan foto udara skala 1:15.000 sampai 1:25.000 (Puturu, 2015).

Metode yang digunakan dalam pemetaan risiko bencana yaitu dengan menumpang tindihkan (*overlay*) menggunakan SIG. Metode ini merupakan pengolahan data secara digital dengan menggabungkan beberapa peta sesuai kriteria penentuan risiko bencana (Hartadi, 2009). Menurut Star and Estes (1990), pengetahuan terkait lingkungan dengan fenomena tanda-tanda awal (termasuk bencana) dapat dilakukan dengan *measurement, mapping, monitoring, modelling* dan *management*. Kegiatan aplikasi pengolahan data spasial dalam terjadinya gejala alam antara lain (Hartono, 2017):

a. Identifikasi Kejadian Bencana Alam

Gejala alam yang dapat diidentifikasi yaitu banjir, aktivitas vulkani, tanah longsor, kebakaran hutan, kekeringan, dan angin ribut.

b. Pemetaan Bencana Alam

Langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam pemetaan gejala alam yaitu dengan pengadaan citra, orientasi lapangan (baik darat maupun udara), interpretasi objek bencana (deteksi, identifikasi, deliniasi), penyusunan peta tentatif, verifikasi lapangan pada beberapa sampel, koreksi dan konfirmasi, dan penyajian peta bencana.

c. Monitoring Daerah Bencana Alam

Dilakukan dalam waktu yang berbeda-beda yang kemudian disusun dalam basis data, sehingga dapat terlihat perubahan yang terjadi akibat dari bencana alam dari suatu daerah.

d. Evaluasi Daerah Bencana Alam

Data kondisi bencana serta informasi pendukung dapat digunakan sebagai evaluasi bencana yang dapat berupa peta kerentanan, peta daerah bencana dan besarnya korban, peta rencana pengelolaan serta kebijakan yang berlaku dalam pengelolaan dampak bencana.

e. Peramalan Kejadian Bencana Alam

Kesiapsiagaan yang dilakukan dengan baik akan meminimalisir terjadinya kerugian dari dampak bencana yang besar.

f. Studi Bencana Alam

Lembaga terkait yang berkompeten harus turut bekerjasama dalam menanggulangi dan upaya meminimalisir bencana alam yang sering terjadi.

g. Pendidikan Kebencanaan

Pendidikan mitigasi bencana yaitu berupa persiapan dalam pengetahuan dan kemampuan dalam memperbaiki dampak bencana. Pendidikan secara geografis dapat dilakukan dengan memberikan pemahaman mengenai konsep pengelolaan risiko bencana, kesiapsagaan, mitigasi dan tanggap darurat, memberitahukan cara mengurangi risiko bencana, penerapan pengetahuan serta pemahaman proses dan siklus bencana.

3. Risiko Kawasan Longsor Dalam Upaya Mitigasi Bencana

3.1. Studi Kasus

Terdapat tiga studi kasus yang melakukan studi terkait analisis risiko bencana kawasan longsor dengan metode, indikator pada variabel dan hasil yang berbeda-beda.

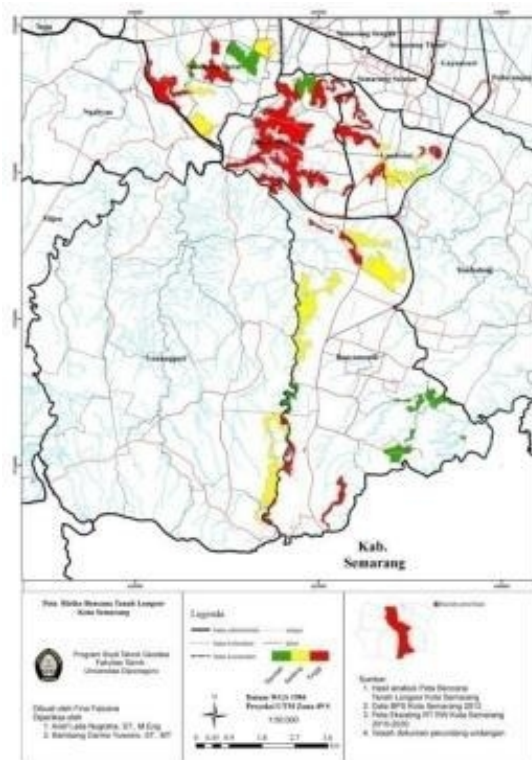
3.1.1. Studi Kasus “Risiko Bencana Tanah Longsor Kota Semarang”

Studi Kasus pertama yaitu tentang Pemetaan risiko bencana tanah longsor di Kota Semarang menggunakan dua metode yaitu VCA (*Vulnerability Capacity Analysis*) dan berdasarkan Peraturan Kepala BNPB menunjukkan bahwa Kota Semarang berisiko longsor rendah sampai tinggi. Pemetaan tersebut dilakukan dengan menggabungkan (*overlay*) dan pemberian nilai (*weighting*) dari tiga variabel, yaitu indeks ancaman, indeks kerentanan dan indeks kapasitas.

Penentuan tingkat ancaman bencana tanah longsor dilakukan dengan cara *overlay* dan penjumlahan nilai parameter dari kelerengan, jenis tanah, curah hujan dan penggunaan lahan. Pemetaan kerentanan dilakukan melalui telaah dokumen yaitu dengan penentuan dengan melihat kondisi yang ada dan klasifikasi komponen kerentanan. Kerentanan dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu kerentanan fisik (*presentase jaringan listrik, presentase jaringan jalan, presentase jaringan telekomunikasi, presentase kawasan terbangun dan presentase jumlah bangunan*), kerentanan demografi sosial dan budaya (*kepadatan penduduk, presentase penduduk miskin, presentase penduduk usia balita dan presentase penduduk lanjut usia*), kerentanan ekonomi (*luas lahan produktif, luas lahan ekonomi, jumlah penduduk bekerja, dan jumlah sarana ekonomi*) serta kerentanan lingkungan (*luas lahan sawah dan luas lahan rawa*). Sedangkan penentuan parameter kapasitas dilihat berdasarkan kemampuan pada kelurahan melalui wawancara dan survey lapangan. Terdapat lima variabel kapasitas, yaitu jumlah tenaga kesehatan, jumlah sarana kesehatan, jumlah sosialisasi bencana, perolehan bantuan dan usaha antisipasi bencana.

Hasil pemetaan risiko menunjukkan bahwa di Kota Semarang terdapat delapan kelurahan seluas 126,003 hektar dengan risiko rendah, sepuluh kelurahan seluas 323,141 hektar dengan risiko sedang dan lima belas kelurahan seluas 475,127 hektar dengan risiko tinggi. Upaya mitigasi bencana tanah longsor di Kota Semarang yaitu dengan menyajikan informasi atau peta kelompok rawan bencana longsor guna mengurangi dampak bencana. Informasi tersebut dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu menyediakan informasi keruangan terkait obyek dipermukaan bumi secara cepat dan akurat.

Peran Sistem Informasi Geografis (SIG) pada pemetaan risiko bencana tanah longsor di Kota Semarang yaitu memetakan menurut zona. Risiko dibedakan menjadi tiga yaitu risiko rendah (zona hijau), risiko sedang (zona kuning) dan risiko tinggi (zona merah). Pembagian tingkat risiko dilihat berdasarkan luas risiko bencana pada tiap kecamatan.



Gambar 4. Peta Risiko Bencana Tanah Longsor Kota Semarang

Sumber: Faizana dkk, 2015

3.1.2. Studi Kasus “Kajian Analisis Risiko Bencana Tanah Longsor sebagai Dasar dalam Pembangunan Infrastruktur di Desa Sriharjo Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul”

Studi kasus kedua yaitu tentang Pemetaan risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Bantul menggunakan metode pembobotan dan overlay dari tiga variabel, yaitu indeks ancaman, indeks kerentanan dan indeks kapasitas. Parameter yang digunakan dalam indeks ancaman yaitu kelas tekstur tanah, ketebalan solum tanah, tingkat pelapukan batuan, kemiringan lereng, jenis morfologi, sejarah longsor, kerapatan vegetatif, penggunaan lahan, dan data curah hujan. Komponen yang digunakan yaitu komponen fisik, demografi, ekonomi dan lingkungan seperti jumlah KK, jumlah anggota keluarga, status kepemilikan rumah, status kepemilikan lahan, luas lahan, jenis bangunan dan penggunaan lahan lainnya. Sedangkan komponen kapasitas terdiri dari komponen fisik seperti jumlah sarana kesehatan, jumlah sarana pendidikan serta komponen non fisik (sosial) seperti jumlah tenaga medis, kelembagaan PRB, tanda jalur evakuasi dan sistem peringatan dini. Hasil penilaian risiko menunjukkan bahwa Desa Sriharjo, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul berisiko longsor rendah sampai tinggi. Terdapat 119 rumah pada zona merah dan 136 rumah pada zona kuning.

Upaya pengurangan risiko diperlukan peningkatan kapasitas untuk mitigasi bencana dalam bentuk fisik dan non fisik, antara lain:

1. Risiko Tinggi

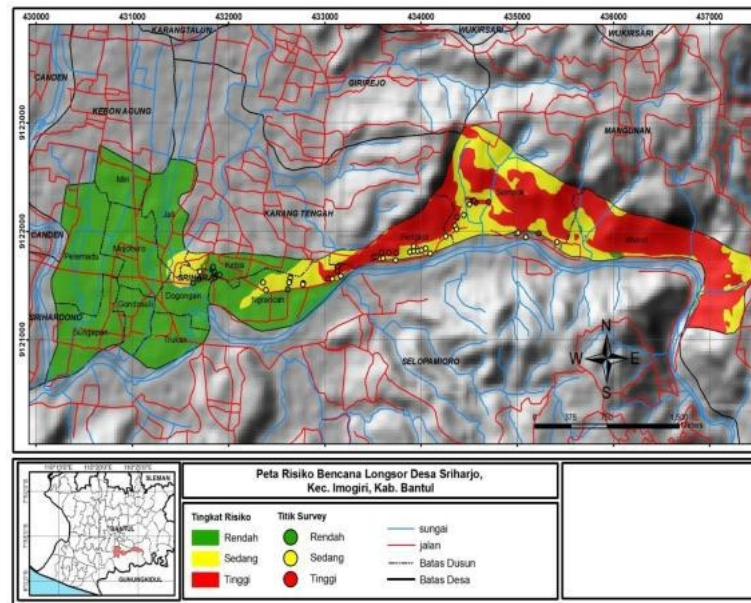
Pengurangan risiko yaitu dengan relokasi ke tempat yang aman. Konsep pembangunan yaitu bangunan tahan gempa pada rumah dan fasilitas umum seperti tempat ibadah. Selain itu, perlu disediakan jalur evakuasi minimal 2 jalur, sehingga kendaraan roda empat dapat berjalan dan berpapasan dengan baik.

2. Risiko Sedang

Pengurangan risiko pada wilayah berisiko sedang yaitu dengan pembangunan dinding penahan tanah, pembangunan saluran drainase yang baik, penanaman pohon penahan tanah serta penyediaan jalur evakuasi.

Peran Sistem Informasi Geografis (SIG) pada pemetaan risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Bantul yaitu memetakan berdasarkan zona. Risiko dibedakan menjadi tiga yaitu risiko rendah (zona hijau), risiko sedang (zona kuning) dan risiko tinggi (zona merah). Pembagian tingkat risiko dilihat berdasarkan indeks risiko pada tiap

kecamatan. Berdasarkan zoning di Kecamatan, di Kabupaten Bantul tidak terdapat wilayah yang menunjukkan aman dari risiko bencana tanah longsor.



Gambar 5. Peta Risiko Longsor Desa Sriharjo, Imogiri, Bantul

Sumber: Aminatun, 2017

3.1.3. Studi Kasus “Analisis Risiko Bencana Tanah Longsor, Kabupaten Buleleng”

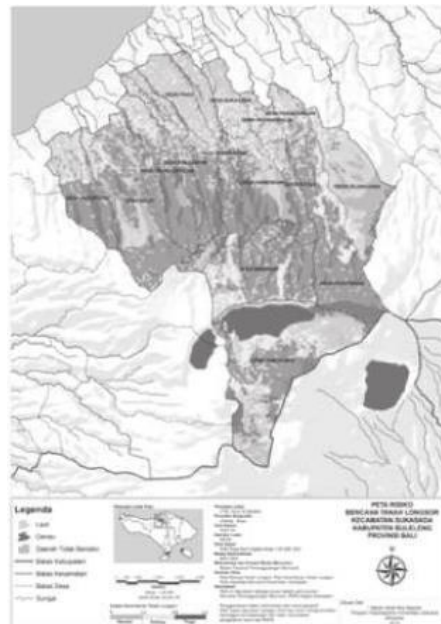
Studi kasus ketiga yaitu tentang Pemetaan risiko bencana tanah longsor di Kecamatan Sukasada menggunakan metode pembobotan dan overlay dari tiga variabel, yaitu indeks ancaman, indeks kerentanan, dan indeks kapasitas. Tingkat ancaman diperoleh dari tumpang tindih (*overlay*) peta potensi gerakan tanah dan kemiringan lereng. Tingkat kerentanan diperoleh dari tumpang tindih (*overlay*) kerentanan fisik (rumah, fasilitas umum, fasilitas sosial, fasilitas, kritis), kerentanan sosial (kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio kemiskinan, rasio orang cacat, rasio kelompok umur), kerentanan ekonomi (lahan produktif dan data PDRB) serta kerentanan lingkungan (hutan tanaman, hutan bakau/mangrove dan semak belukar).

Hasil penilaian risiko menunjukkan bahwa Kecamatan Sukasada berisiko longsor sedang sampai tinggi. Hasil pemetaan risiko menunjukkan bahwa di Kota Semarang terdapat 9.203 hektar kawasan berisiko dengan 2.032 hektar berisiko sedang dan 7.171 hektar berisiko tinggi. Strategi mitigasi bencana tanah longsor, antara lain:

1. Pengelolaan kawasan dengan kelereng curam maupun tanah yang tidak stabil
2. Pengurangan aktivitas penduduk pada kawasan dengan risiko bencana tinggi
3. Penentuan jalur dan tempat evakuasi

4. Mitigasi struktural dengan pembangunan tidak pada lokasi risiko bencana tinggi
5. Mitigasi non struktural dengan membuat aturan yang dapat mengurangi risiko pada kawasan risiko bencana sedang
6. Melakukan pola penanaman campuran seperti tanaman pertanian serta pepohonan berakar dalam
7. Penyediaan informasi yang relevan terkait bencana yang dapat diakses oleh semua pemangku kepentingan
8. Persiapan sistem informasi peringatan dini
9. Adanya peran serta masyarakat dan komunitas bencana
10. Adanya sosialisasi simulasi bencana tanah longsor di masyarakat

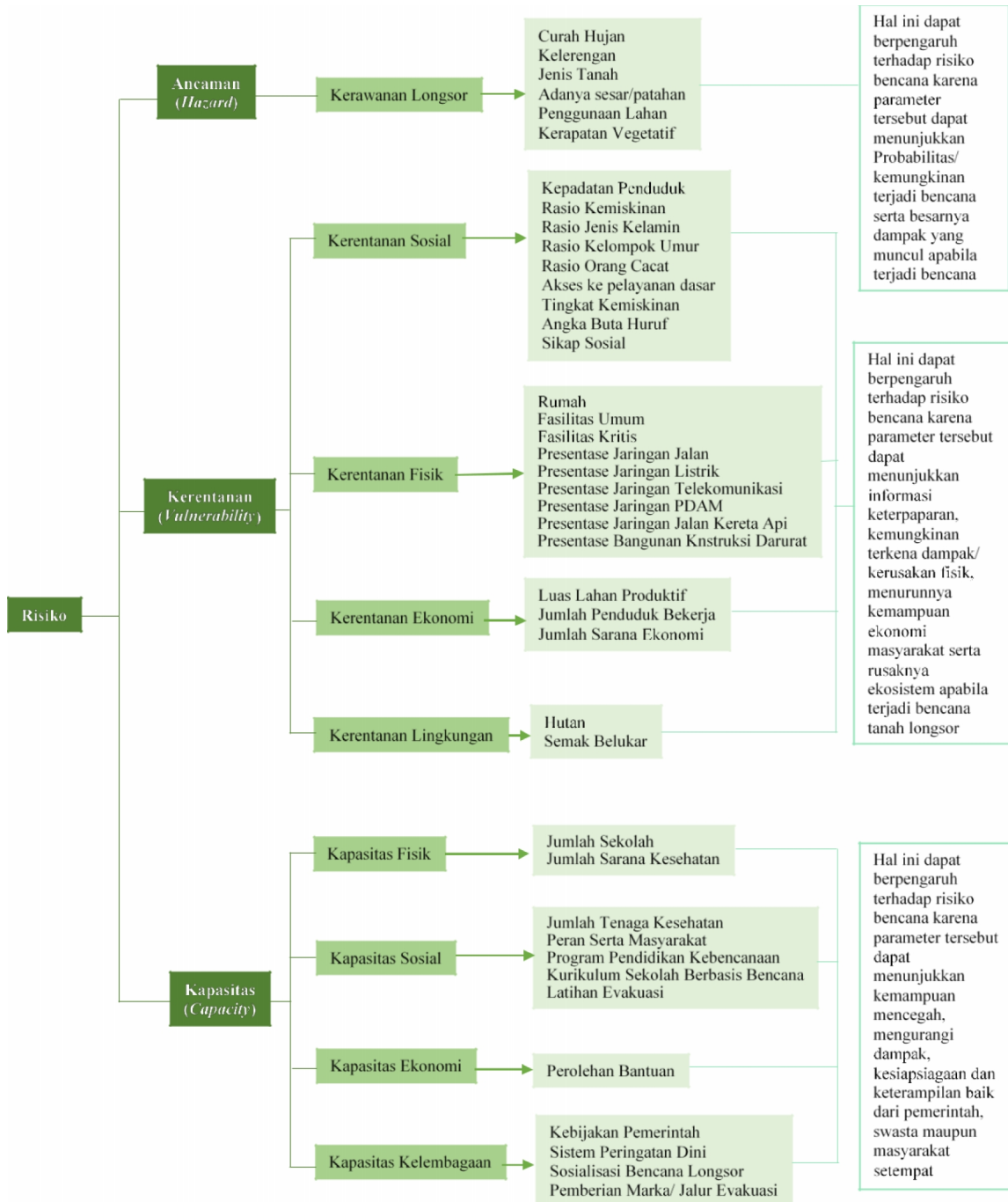
Peran Sistem Informasi Geografis (SIG) pada pemetaan risiko bencana tanah longsor di Kecamatan Sukasada yaitu memetakan berdasarkan zona dan jumlah penduduk yang berisiko. Risiko dibedakan menjadi tiga yaitu risiko sedang dan tinggi. Pembagian tingkat risiko dilihat berdasarkan indeks risiko pada tiap kecamatan. Hasil yang diperoleh yaitu diketahuinya luas wilayah yang berisiko serta jumlah penduduk yang ada didalamnya. Namun kekurangannya adalah pemetaan yang tidak jelas karena tidak menggunakan pewarnaan yang berfungsi sebagai pembeda.



Gambar 6. Peta Risiko Longsor Kecamatan Sukasada Kabupaten Buleleng
Sumber: Saputra, Ardhana, & Adnyana, 2016

3.2. Risiko Kawasan Bencana Longsor dalam Upaya Mitigasi Bencana

Berdasarkan kajian tori dan studi kasus, maka diperoleh hasil temuan studi tentang analisis risiko kawasan bencana longsor dalam upaya mitigasi bencana menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).



Gambar 7. Risiko Kawasan Bencana Tanah Longsor
Sumber: Hasil analisis, 2019

4. Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan kajian literatur dan studi kasus, terdapat tiga komponen yaitu ancaman/bahaya (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*) dan kapasitas (*capacity*). Penilaian indikator ancaman yaitu probabilitas/ kemungkinan terjadi (*probability*) dan besaran dampak yang timbul akibat bencana yang menghasilkan kerawanan terhadap bencana tersebut. Penilaian indikator kerentanan diperoleh dari tiga parameter, yaitu kerentanan sosial (*socio vulnerability*), kerentanan fisik (*physical vulnerability*) dan kerentanan ekonomi (*economy vulnerability*). Sedangkan penilaian kapasitas diperoleh dari kapasitas fisik, sosial, kelembagaan dan ekonomi. Indikator kapasitas dengan upaya mitigasi merupakan suatu hal yang sama, hal ini dikarenakan kapasitas merupakan kemampuan dimiliki oleh masyarakat dan pemerintah setempat dalam upaya pertahanan dan persiapan diri dalam mencegah, menanggulangi dan memulihkan diri dari akibat bencana dengan cepat. Sama halnya dengan mitigasi, yaitu kegiatan untuk meminimalisir dampak akibat terjadinya bencana. Penilaian kapasitas diperoleh dengan pelaksanaan diskusi kepada beberapa pihak terkait penanggulangan bencana pada suatu kawasan

Peran Sistem Informasi Geografis pada lingkup yang lebih kecil sangatlah penting untuk dilakukan. Hal ini dapat dilakukan dengan melihat tingkat risiko berdasarkan bangunan serta masyarakat yang rentan pada kawasan rawan bencana. Dengan melihat besaran kerentanan dan kapasitas lebih detail, akan lebih mudah untuk melakukan mitigasi. Pada dasarnya upaya mitigasi yang dilakukan pada masyarakat tidak harus dilakukan pada semua kawasan, karena pada satu kawasan yang terancam bencana belum tentu setiap masyarakatnya mempunyai tingkat kerentanan dan kapasitas yang sama. Oleh karena itu, perlu identifikasi secara detail seperti identifikasi risiko tiap kepala keluarga berdasarkan tingkat risiko tiap rumah. Sehingga hasil yang didapatkan lebih valid dan dapat diaplikasikan secara cepat dan tanggap dalam evakuasi bencana saat terjadi bencana alam.

5. Daftar Pustaka

- Aditya, T. (2010). Visualisasi Risiko Bencana di Atas Peta. Yogyakarta: *Fakultas Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada*.
- Adiyoso, W. (2018). Manajemen Bencana Pengantar & Isu-Isu Strategis. Jakarta: Bumi Aksara.
- Alhasanah. (2006). Pemetaan dan Analisis Daerah Rawan Longsor sert Upaya Mitigasinya menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Kecamatan

- SUmedang Utara dan Sumedang Selatan, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat). Institut Pertanian Bogor. Aminatun, S. (2017). Kajian Analisis Risiko Bencana Tanah Longsor sebagai Dasar dalam Pembangunan Infrastruktur di Desa Sriharjo Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul. *Jurnal Teknisia*, 22(2), 372–382.
- Arifin, S., Carolita, I., & Winarso, G. (2010). Implementasi Penginderaan Jauh dan SIG untuk Inventarisasi Daerah Rawan Bencana Longsor (Propinsi Lampung). *Jurnal Penginderaan Jauh Dan Pengolahan Data Citra Digital*, 3(1).
- Bappenas. (2006). Pengurangan Risiko Bencana 2006-2009, Kerjasama antara Kementerian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional dengan Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana di Dukung oleh UNDP. RI: Perum Percetakan Negara RI.
- BNPB. (2007). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.
- Faizana, F., Nugraha, A. L., & Yuwono, B. D. (2015). Risiko Bencana Tanah Longsor Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(1), 223–234.
- Hartadi, A. (2009). Kajian Kesesuaian Lahan Permukiman Berdasarkan Karakteristik Fisik Dasar di Kota FakFak.
- Hartono. (2017). Teknologi Informasi Geografi Untuk Pembangunan Nasional dan Mitigasi Bencana di Era Global, (6), 4–15.
- Kemkes. (2016). Mitigasi Bencana Dengan Memanfaatkan SIG (System Information Geografis). Retrieved January 1, 2019, from <http://pusatkrisis.kemkes.go.id/mitigasi-bencana-dengan-memanfaatkan-sig-system-information-geografis>
- Khambali, I., & ST, M. (2017). Manajemen Penanggulangan Bencana. Penerbit Andi.
- Mardiatno, D., Marfai, M. A., Rahmawati, K., Tanjung, R., Sianturi, R. S., & Mutiarni, Y. S. (2012). Penilaian Multirisiko Banjir Dan ROB Di Kecamatan Pekalongan Utara. Universitas Gadjah Mada, Fakultas Geografi.
- Noor, D. (2014). Pengantar Mitigasi Bencanoo Geologi. Yogyakarta: Deepublish.
- Nurjanah, D., Kuswanda, D., & Siswanto, A. (2012). Manajemen Bencana. Bandung: Alfabeta.
- Paimin, S., & Pramono, I. B. (2009). Teknik mitigasi banjir dan tanah longsor. Balikpapan, Tropenbos International Indonesia Programme.

- Priyono, K. D., & Priyana, Y. (2006). Analisis Tingkat Bahaya Longsor Tanah Di Kecamatan Banjarmangu Kabupaten Banjarnegara (Analysis Landslide Hazard in Banjarmangu Sub District, Banjarnegara District), 175–189.
- Puturu, F. (2015). Mitigasi Bencana dan Penginderaan Jauh (Cetakan I). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rahmad, R., Suib, S., & Nurman, A. (2018). Aplikasi SIG Untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Longsor Di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(1).
- Rijanta, R., Hizbaron, D. R., Baiquni, M., & others. (2018). Modal Sosial dalam Manajemen Bencana. Yogyakarta: UGM PRESS.
- Ritohardoyo, S. (2014). Aspek sosial banjir genangan (rob) di kawasan pesisir. Gadjah Mada University Press.
- Saputra, I. W. G. E., Ardhana, I. P. G., & Adnyana, I. W. S. (2016). Analisis Risiko Bencana Tanah Longsor Di Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng. *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 10(1), 54–61.
- Utomo, W. Y., & Widiatmaka, K. G. (2013). Analisis Potensi Rawan (Hazard) dan Risiko (Risk) Bencana Banjir dan Longsor (Studi Kasus Provinsi Jawa Barat). Tesis. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Wesnawa, I. G. A., & Christiawan, P. I. (2014). Geografi bencana. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Widiati, A. (2008). Aplikasi Manajemen Risiko Bencana Alam Dalam Penataan Ruang Kabupaten Nabire. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 10(1).
- Z. Zakaria. (2010). Model Starlet, suatu Usula untuk Mitigasi Bencana Longsor dengan Pendekatan Genetika Wilayah (Studi Kasus : Longsoran Citatah , Padalarang, Jawa). *Jurnal Geologi Indonesia*, 5(2), 93–112.