

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN TANAH LONGSOR
MENGUNAKAN KOMBINASI METODE *FREQUENCY
RATIO* DAN *FUZZY LOGIC* DI SUB DAS JENELATA,
DAS JENEBERANG**

**OLEH
AGNES SARCE GRIZELDA
M111 16 323**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN TANAH LONGSOR
MENGUNAKAN KOMBINASI METODE *FREQUENCY
RATIO* DAN *FUZZY LOGIC* DI SUB DAS JENELATA,
DAS JENEBERANG**

**OLEH
AGNES SARCE GRIZELDA
M111 16 323**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Tingkat Kerawanan Tanah Longsor
Menggunakan Kombinasi Metode *Frequency Ratio* dan
Fuzzy Logic di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang.
Nama Mahasiswa : Agnes Sarce Grizelda
NIM : M111 16 323

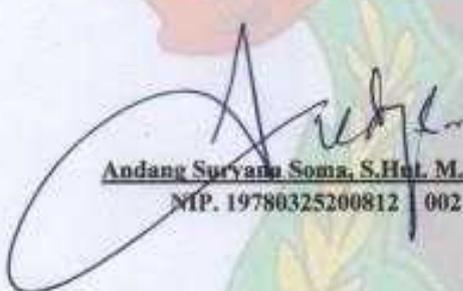
Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Kehutanan
pada
Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin

Menyetujui :

Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Andang Suryana Soma, S.Hut. M.P., Ph.D
NIP. 19780325200812 002


Prof. Dr. Ir. Baharuddin Mappangaaja, M. Sc
NIDK. 8886650017

Mengetahui,

Ketua Departemen Kehutanan

Fakultas Kehutanan

Universitas Hasanuddin


Dr. Forest. Muhammad Alf K.S., S.Hut., M.Si
NIP. 19790831200812 1 002

Tanggal Lulus : November 2020

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agnes Sarce Grizelda
N I M : M111 16 323
Judul Skripsi : "Analisis Tingkat Kerawanan Tanah Longsor
Menggunakan Kombinasi Metode *Frequency Ratio*
dan *Fuzzy Logic* di Sub DAS Jenelata, DAS
Jeneberang"

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan programming yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ditemukan bukti ketidakeaslian atas Karya Ilmiah ini maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Makassar, 26 November 2020

Yang Bersangkutan


(Agnes Sarce Grizelda)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan nikmat dan rahmat-Nya sehingga Skripsi dengan judul “**Analisis Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Menggunakan Kombinasi Metode *Frequency Ratio* dan *Fuzzy Logic* di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang**” dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan suatu langkah awal yang sangat bermakna bagi penulis untuk mampu mengembangkan lebih lanjut ilmu kehutanan.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapat banyak bimbingan sangat berharga dari Andang Suryana Soma, S.Hut, M.P, Ph.D dan Prof. Dr. Ir Baharuddin Mappangaja, M.Sc. Kepada beliau yang telah tulus membimbing dengan baik, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Dr. Ir. H. Usman Arsyad, M.P, IPU, Wahyuni, S.Hut, M.Hut, Dr. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si, dan Emban Ibnurusyid Mas’ud S.Hut., M.P. atas segala saran, koreksi dan perbaikan demi kesempurnaan Skripsi ini.

Rasa hormat dan ucapan terima kasih yang tulus juga penulis sampaikan kepada seluruh staf pengajar Bapak/Ibu dosen beserta staf tata usaha Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingan serta pengetahuan selama menempuh pendidikan.

Secara khusus, ucapan terima kasih, penulis sampaikan kepada Ayahanda Christian Rahawarin dan Ibunda Hasnawati Basri, S.Si, M.M serta saudariku Amelia Alma Aviana Paskah Rahawarin atas doa, nasehat, dan dukungan moril yang diberikan kepada penulis

Serta kepada Dwi Noor Prakoso, Tri Aprilia Chairunnisa, Muh. Dandy Rahmat R, Friska Mambela, Bunga Sari Iriyanto, Tri Alma Putri, Risaldi Wajo, Reisha Febianti Silas, teman-teman dari Watershed 27 dan Suiji-SLP 2019 juga semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu, penulis menyampaikan maaf yang sebesar-besarnya, semoga amalnya diterima oleh Allah SWT dan mendapat balasan yang berlipat.

Makassar, November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
ABSTRAK	x
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Daerah Aliran Sungai	4
2.2 Tanah Longsor.....	5
2.2.1 Pengertian Longsor	5
2.2.2 Mekanisme Terjadinya Longsor	5
2.2.3 Parameter yang Mempengaruhi Longsor.....	6
2.3 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	9
2.4 Metode <i>Frequency Ratio</i>	10
2.5 Metode <i>Fuzzy Logic</i>	11
III. METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	13
3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	14
3.3.1 Teknik Pengumpulan Data.....	14
3.4 Analisis Data	15
3.5 Validasi Data	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Inventarisasi Tanah Longsor	19

4.2 Parameter Kerawanan longsor.....	20
4.2.1 Penutupan Lahan.....	22
4.2.2 Kemiringan Lereng.....	23
4.2.3 Kelengkungan Bumi.....	24
4.2.4 Litologi.....	25
4.2.5 Curah Hujan.....	27
4.2.6 Ketinggian.....	27
4.2.7 Jarak Patahan.....	28
4.2.8 Jarak dari Sungai.....	29
4.2.9 Jarak dari Jalan.....	30
4.3 Analisis Tingkat Kerawanan Longsor.....	31
4.4 Indeks Kerawanan Tanah Longsor.....	32
4.5 Validasi.....	33
4.6 Operator <i>Fuzzy Gamma</i>	35
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Nilai <i>Frequency Ratio</i> dan <i>Fuzzy Membership</i> pada Parameter Kerawanan Longsor	21
Tabel 2.	Nilai <i>Fuzzy Membership</i> pada Penutupan Lahan	23
Tabel 3.	Nilai <i>Fuzzy Membership</i> pada Kemiringan Lereng	24
Tabel 4.	Nilai <i>Fuzzy Membership</i> pada Kelengkungan Bumi.....	25
Tabel 5.	Nilai <i>Fuzzy Membership</i> pada Litologi	26
Tabel 6.	Nilai <i>Fuzzy Membership</i> pada Curah Hujan	27
Tabel 7.	Nilai <i>Fuzzy Membership</i> pada Ketinggian	28
Tabel 8.	Nilai <i>Fuzzy Membership</i> pada Jarak Patahan.....	29
Tabel 9.	Nilai <i>Fuzzy Membership</i> pada Jarak Dari Sungai	29
Tabel 10.	Nilai <i>Fuzzy Membership</i> pada Jarak Dari Jalan	30
Tabel 11.	Nilai Indeks Kerawanan pada Setiap Operator <i>Fuzzy</i>	32
Tabel 12.	Nilai AUC dari Hasil Analisis ROC untuk Tingkat Sukses (Validasi 1) <i>Fuzzy Membership</i> terhadap kejadian Longsor (Gambar 7).....	34
Tabel 13.	Nilai AUC dari Hasil Analisis ROC untuk Tingkat Prediksi (Validasi 2) <i>Fuzzy Membership</i> terhadap kejadian Longsor (Gambar 8).....	35
Tabel 14.	Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Operator <i>Fuzzy Gamma</i>	36
Tabel 15.	Parameter yang Mendominasi pada Kerawanan Tanah Longsor Berdasarkan <i>Fuzzy Gamma</i>	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Peta Batas Sub DAS Jenelata	13
Gambar 2.	Kerangka Penelitian	14
Gambar 3.	Peta Sebaran Titik Longsor di Sub DAS Jenelata.....	19
Gambar 4.	Peta Parameter Penyebab Tanah Longsor	20
Gambar 5.	Grafik Nilai <i>Fuzzy Membership</i> di Sub DAS Jenelata.....	22
Gambar 6.	Peta Kerawanan Tanah Longsor	33
Gambar 7.	Kurva uji akurasi tingkat kesuksesan <i>Fuzzy Membership</i>	34
Gambar 8.	Kurva uji akurasi tingkat prediksi <i>Fuzzy Membership</i>	34
Gambar 9.	Peta Kerawanan Tanah Longsor Berdasarkan Operator <i>Fuzzy Gamma</i>	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Longsor di Sub DAS Jenelata.....	44
Lampiran 2.	Peta Penutupan Lahan di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang	45
Lampiran 3.	Peta Litologi di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang	46
Lampiran 4.	Peta Ketinggian di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang.....	47
Lampiran 5.	Peta Kemiringan Lereng di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang..	48
Lampiran 6.	Peta Jarak Dari Sungai di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang.....	49
Lampiran 7.	Peta Jarak Patahan di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang	50
Lampiran 8.	Peta Jarak Dari Jalan di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang	51
Lampiran 9.	Peta Curah Hujan di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang.....	52
Lampiran 10.	Peta Kelengkungan Bumi di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang	53
Lampiran 11.	Peta Kerawanan Tanah Longsor (Operator <i>Fuzzy Gamma</i>) di Sub DAS Jenelata	54
Lampiran 12.	Peta Kerawanan Tanah Longsor (Operator <i>Fuzzy And</i>) di Sub DAS Jenelata	55
Lampiran 13.	Peta Kerawanan Tanah Longsor (Operator <i>Fuzzy Or</i>) di Sub DAS Jenelata	56
Lampiran 14.	Peta Kerawanan Tanah Longsor (Operator <i>Fuzzy Sum</i>) di Sub DAS Jenelata	57
Lampiran 15.	Peta Kerawanan Tanah Longsor (Operator <i>Fuzzy Product</i>) di Sub DAS Jenelata	58
Lampiran 16.	Tabel Sebaran Luas (ha) Kerawanan Longsor Berdasarkan Operator <i>Fuzzy Gamma</i> di Kecamatan Sub DAS Jenelata,.....	59
Lampiran 17.	Tabel <i>Confusion Matrix</i> Penutupan Lahan tahun 2019 di Sub DAS Jenelata	60

ABSTRAK

AGNES SARCE GRIZELDA (M111 16 323) Analisis Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Menggunakan Kombinasi Metode *Frequency Ratio* dan *Fuzzy Logic* di Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang. Dibawah Bimbingan Andang Suryana Soma dan Baharuddin Mappangaja

Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang Kabupaten Gowa merupakan salah satu wilayah yang mengalami dampak kejadian longsor dengan berbagai faktor pemicu. Oleh karena itu pentingnya mengetahui kondisi dan karakteristik wilayah tersebut dengan tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh dan pemetaan kerawanan longsor dengan menggunakan metode *frequency ratio* dan *fuzzy logic*. Parameter yang digunakan berdasarkan studi literatur, kondisi tempat penelitian dan sumber data yang tersedia, antara lain; (1) Penutupan Lahan, (2) Kemiringan lereng, (3) Kelengkungan bumi, (4) Litologi, (5) Curah Hujan, (6) Ketinggian (7) Jarak Patahan, (8) Jarak dari Sungai, dan (9) Jarak dari Jalan. Faktor - faktor tersebut diolah untuk mendapatkan nilai rasio serta tumpang tindih dengan longsor yang telah diidentifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada parameter kemiringan lereng dengan kelas $>45\%$ memiliki nilai probabilitas tertinggi sebesar 1 yang didapat dari *frequency ratio* dan dinormalisasi sebagai fungsi *fuzzy membership*. Nilai tersebut digunakan pada beberapa operator *fuzzy* untuk menghasilkan peta kerawanan longsor. Operator *fuzzy gamma* (0,9) ditunjukkan sebagai model dengan *overlay* terbaik serta akurasi yang cukup, dari nilai AUC berdasarkan analisis ROC diperoleh nilai untuk tingkat kesuksesan model sebesar 0,781 dan tingkat prediksi model sebesar 0,775. Persentase kerawanan longsor dari operator *fuzzy Gamma* yaitu sangat rendah sebesar 41% (9.193 ha), rendah 22% (5.070 ha), sedang 19% (4.188 ha), tinggi 15% (3.402 ha), dan sangat tinggi 3% (704 ha).

Kata kunci: *Frequency ratio*, *Fuzzy Logic*, Kerawanan longsor, Sub DAS Jenelata.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Longsor menjadi salah satu bencana alam yang seringkali terjadi di Indonesia, hal ini disebabkan karena Indonesia terletak pada pertemuan lempeng yang saling bertumbuk, didukung dengan karakteristik batuan yang mudah mengalami pelapukan, kemiringan lereng serta curah hujan dengan kuantitas yang tinggi. Selaras dengan pernyataan Taufik, dkk. (2016), bahwa Indonesia adalah negara yang rawan bencana dilihat dari aspek geografis, klimatologis dan demografis. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2020), menunjukkan bahwa terdapat 4.561 jumlah kejadian tanah longsor 5 tahun terakhir dari periode tahun 2015 sampai tahun 2019, yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Kejadian tersebut mengakibatkan kerusakan infrastruktur, kerugian material, korban jiwa dan sebagainya. Lihawa (2017), mendefinisikan tanah longsor sebagai suatu produk dari proses gangguan keseimbangan lereng yang menyebabkan Bergeraknya massa tanah dan batuan ke tempat yang lebih rendah. Indrasmoro (2013), juga menyatakan bahwa longsor merupakan perpindahan massa tanah secara alami yang terjadi dalam waktu singkat dengan volume yang besar. Pengangkutan massa tanah terjadi sekaligus, sehingga tingkat kerusakan yang ditimbulkan besar.

Terjadinya tanah longsor pada umumnya disebabkan oleh faktor pendorong yang mempengaruhi kondisi material dan faktor pemicu yang menyebabkan Bergeraknya material tersebut. Menurut Pradhan (2010), beberapa faktor yang menjadi penyebab tanah longsor yaitu; kemiringan lereng, kelengkungan, jarak dari drainase/sungai, semuanya dari basis data topografi; litologi diambil dari basis data geologi; tutupan lahan dari citra satelit; dan distribusi curah hujan dari data meteorologi. Tazik, dkk. (2014), juga mengungkapkan beberapa faktor diantaranya ketinggian, jarak dari patahan dan jarak dari jalan. Melihat dampak dan penyebab terjadinya tanah longsor tersebut, diperlukan identifikasi serta pemetaan untuk mengetahui tingkat kerawanan tanah longsor. Salah satu caranya dengan

memanfaatkan sistem informasi geografis (SIG) dan menggunakan pendekatan metode *frequency ratio* serta *fuzzy logic*.

Menurut Pratiwi (2018), metode *frequency ratio* merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kejadian tanah longsor di masa depan dengan menggunakan kondisi yang sama dengan kejadian tanah longsor di masa lalu. Sedangkan metode *fuzzy logic* merupakan sistem cerdas yang dapat digunakan sebagai sistem kontrol serta pemecahan masalah dalam mendeteksi daerah tanah longsor dengan cara menggunakan fitur *spatial analysis tools* berupa *fuzzy overlay* yang terdapat pada software ArcGIS (Effendi & Hariyanto, 2016). Dari kombinasi kedua metode ini akan menghasilkan data spasial berupa pemetaan kerawanan tanah longsor dengan beberapa faktor yang diklasifikasikan menjadi beberapa kelas dalam bentuk zonasi berdasarkan karakternya.

Salah satu wilayah yang akan dianalisis tingkat kerawanannya dengan menggunakan kombinasi kedua metode tersebut adalah Sub DAS Jenelata. Londongsalu (2008), menyatakan bahwa masalah di wilayah Sub DAS Jenelata saat ini adalah terjadinya longsor yang mempengaruhi kehidupan masyarakat, baik itu skala kecil maupun skala besar. Bencana longsor menyebabkan kerusakan areal diakibatkan konversi hutan menjadi areal penggunaan lain yang tidak memperhatikan kaidah-kaidah konservasi sehingga merusak keberadaan ekosistem DAS Jeneberang. Hal lainnya juga disebabkan penambahan populasi manusia yang menjadi faktor perubahan penggunaan fungsi lahan. Semakin meningkatnya jumlah penduduk dan penggunaan lahan di wilayah Sub DAS Jenelata, DAS Jeneberang memberi dampak negatif dan berpengaruh nyata terhadap peningkatan tingkat kekritisian lahan. Sejalan dengan semakin meluasnya areal lahan kritis tersebut, pada beberapa tahun terakhir ini kondisi hidrologis Sub DAS Jenelata menunjukkan daya dukung yang semakin menurun.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis tingkat kerawanan tanah longsor. Analisis terapan mengenai kerawanan tanah longsor di Sub DAS Jenelata, dapat menjadi upaya penanggulangan bencana longsor. Hal ini juga diharapkan menjadi sumber informasi untuk masyarakat serta pemerintah sehingga membantu dalam perencanaan dan pengembangan wilayah Sub DAS Jenelata.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Berdasarkan uraian diatas, maka tujuan dan kegunaan dari penelitian ini yaitu:

- a. Mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap tanah longsor di Sub DAS Jenelata.
- b. Membuat peta kerawanan tanah longsor pada Sub DAS Jenelata.

Penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi bagi masyarakat juga pemerintah dalam mewujudkan upaya penanggulangan bencana tanah longsor di wilayah Sub DAS Jenelata.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

Suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung bukit yang berfungsi menerima air hujan, menampung dan menyimpannya kemudian mengalirkannya ke laut melalui sungai utama merupakan Daerah Aliran Sungai (DAS). Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air (DTA atau *catchment area*), DTA adalah suatu ekosistem dengan unsur utamanya terdiri atas sumber daya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumberdaya manusia sebagai pemanfaat sumberdaya alam. DAS terbagi menjadi daerah hulu, tengah dan hilir. Daerah hulu yang dicirikan sebagai daerah konservasi, mempunyai kerapatan drainase yang lebih tinggi, merupakan daerah dengan kemiringan lereng lebih besar (lebih besar dari 15%), bukan merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase. Daerah hilir dicirikan sebagai daerah pemanfaatan, kerapatan drainase lebih kecil, merupakan daerah dengan kemiringan lereng kecil sampai sangat kecil (kurang dari 8%), pada beberapa daerah tertentu merupakan daerah banjir (genangan), pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi. Daerah tengah dicirikan sebagai daerah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik DAS yang berbeda antara hulu dan hilir (Asdak, 2010).

Sungai Jenelata merupakan anak sungai Jeneberang yang mempunyai lembah sungai lebar sampai dengan pertemuan sungai Jeneberang. Alur sungai Jenelata ini didominasi oleh dataran aluvial di bagian tengah dan hilir, sedangkan di bagian hulu dari aliran sungai merupakan daerah pegunungan yang terjal. Topografi cekungan sungai Jenelata di bawah punggung pegunungan mempunyai lereng terjal dengan ketinggian antara 150-200 m dari alur sungai, pada bagian bawah mempunyai lereng landai dengan ketinggian 10 m dari dasar sungai dan alur sungai Sapaya dan Tokka berada dibawah endapan teras (Adsah, 2015).

Sungai Jenelata mengalir Daerah Aliran Sungai Jeneberang, maka dari itu dikatakan sebagai Sub DAS Jenelata. Sub DAS ini memiliki luasan kedua terbesar setelah Jeneberang Hilir dari empat Sub DAS (Jeneberang hilir, Malino, Lengkes,

Jenelata) yang ada di DAS Jeneberang, Sub DAS Jenelata memiliki luas sekitar 22.883,50 ha, dengan kata lain 28,86% dari luas total DAS Jeneberang (79.250 ha). Panjang sungai Sub DAS Jenelata sendiri berdasarkan ordo per Sub DAS yaitu sepanjang 2.211,80 km. Sub DAS Jenelata secara administrasi berada wilayah kecamatan Manuju, Kecamatan Bungaya, dan Kecamatan Bontolempangan, memiliki topografi bergunung dengan curah hujan yang tinggi, merupakan daerah tangkapan air hujan, terdapat sumber mata air yang digunakan untuk persawahan, sumber air minum, perkebunan dan kehutanan (Londongsalu, 2008).

2.2 Tanah Longsor

2.2.1 Pengertian Longsor

Longsor (*landslide*) adalah suatu bentuk erosi yang pengangkutan atau pemindahan atau gerakan tanah terjadi pada saat bersamaan dalam volume besar. Berbeda dari bentuk erosi lainnya, pada tanah longsor pengangkutan tanah dalam volume besar terjadi sekaligus. Longsor terjadi sebagai akibat meluncurnya suatu volume tanah diatas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air. Lapisan kedap air tersebut terdiri atas liat atau mengandung liat tinggi atau batuan lain seperti napal liat (*clay shale*) yang setelah jenuh air berlaku sebagai tempat meluncur (Arsyad, 2010).

Tanah longsor umumnya terjadi pada musim hujan, dengan curah hujan rata-rata bulanan > 400 mm/bulan. Tanah yang bertekstur kasar akan lebih rawan longsor bila dibandingkan dengan tanah yang bertekstur halus (liat), karena tanah yang bertekstur kasar mempunyai kohesi agregat tanah yang rendah. Jangkauan akar tanaman dapat mempengaruhi tingkat kerawanan longsor, sehubungan dengan hal tersebut wilayah tanaman pangan semusim akan lebih rawan longsor bila dibandingkan dengan tanaman tahunan (keras) (Indrasmoro, 2013).

2.2.2 Mekanisme Terjadinya Longsor

Terjadinya bencana alam gerakan tanah ataupun longsor terutama karena gangguan secara alamiah pada kestabilan tanah dan atau batuan penyusun lereng, baik yang bersifat alamiah maupun non alamiah (Achmad, 2010), sedangkan menurut Priyono, dkk. (2006), terjadinya bencana longsor dapat dipercepat karena

dipicu oleh manusia, seperti perubahan tata guna lahan yang tidak terkontrol. Arsyad (2010), menyatakan akan terjadi longsor jika terpenuhi tiga keadaan, yaitu: (1) lereng yang cukup curam, sehingga volume tanah dapat bergerak atau meluncur ke bawah, (2) terdapat lapisan di bawah permukaan tanah yang kedap air dan lunak yang merupakan bidang luncur, dan (3) terdapat cukup air dalam tanah, sehingga lapisan tanah tepat di atas lapisan kedap air menjadi jenuh .

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah, sedangkan daya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air beban serta berat jenis tanah batuan. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut: air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah licin dan tanah pelapukan di atasnya bergerak mengikuti lereng dan luar lereng (Nandi, 2007).

2.2.3 Parameter yang Mempengaruhi Longsor

a. Penggunaan lahan / Tutupan lahan

Penggunaan lahan/tutupan lahan memberikan kontrol atas tanah longsor dan dianggap penting setelah kemiringan lereng, karena aktivitas manusia dan akibatnya deforestasi yang telah mengubah stabilitas lereng (Mohan, dkk., 2011). Menurut Arsyad, dkk. (2018), minimnya penutupan lahan dan vegetasi, membuat perakaran sebagai pengikat tanah menjadi berkurang dan mempermudah tanah menjadi retak pada musim kemarau dan pada musim penghujan air akan meresap ke dalam lapisan tanah melalui retakan tersebut dan menyebabkan lapisan tanah menjadi jenuh air dan hal ini yang mengakibatkan terjadinya longsor. Akhsar (2014), menyatakan tanah longsor sering terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan dan adanya genangan air di lereng yang terjal.

b. Kemiringan lereng

Kelerengan sangat berpengaruh besar terhadap terjadinya tanah longsor, semakin terjal kemiringan lereng akan semakin besar peluang terjadinya tanah longsor. Lereng yang rentan akan tanah longsor umumnya memiliki tutupan vegetasi berupa tanaman yang berakar serabut, tetapi tidak menutup

kemungkinan dengan vegetasi pohon yang massanya besar dengan jarak tanam yang rapat terlepas dari potensi bencana tanah longsor. Tidak semua lahan dengan kondisi miring mempunyai potensi untuk longsor, tergantung karakter lereng terhadap respon pemicu terutama respon lereng terhadap curah hujan (Arsyad, dkk., 2018).

c. Kelengkungan Bumi

Istilah kelengkungan secara teoritis didefinisikan sebagai laju perubahan gradien lereng atau aspek, biasanya dalam arah tertentu (Pourghasemi, dkk., 2012). Kelengkungan permukaan pada suatu titik adalah kelengkungan garis yang dibentuk oleh persimpangan permukaan dengan bidang orientasi yang spesifik, dengan melewati titik tersebut. Bentuk lengkung atau kemiringan memiliki tiga kategori: 1. cekung (nilai negatif), 2. cembung (nilai positif) dan 3. datar (nilai nol) (Gholami, dkk., 2019). Parameter ini merupakan salah satu faktor yang mengendalikan tanah longsor.

d. Topografi, Geomorfologi, Litologi

Kemiringan dan panjang lereng adalah dua unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap longsor. Unsur lain yang mungkin berpengaruh adalah konfigurasi, keseragaman, dan arah lereng. Semakin curam lereng, maka semakin besar kemungkinan gerakan tanah dari atas ke bawah lereng. Hubungan litologi dengan longsor terlihat jelas antara lain yaitu bahan sedimen tersier dari kombinasi pasir dan liat memberikan intensitas longsor paling tinggi, diikuti oleh bahan piroklastik lepas (Barus, 1999).

e. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya tanah longsor. Curah hujan yang tinggi akan menentukan terjadi atau tidaknya longsor pada daerah terjal. Jika hujan deras berlangsung cukup lama (beberapa jam/beberapa hari) kemudian disusul dengan hujan deras sesaat, maka akan mudah terjadi longsor. Air hujan yang menimpa tanah-tanah terbuka akan menyebabkan tanah terdispersi, selanjutnya sebagian dari air hujan yang jatuh tersebut akan mengalir diatas permukaan tanah. Banyaknya air yang mengalir di atas permukaan tanah tergantung pada kemampuan tanah untuk menyerap air (kapasitas infiltrasi). Oleh karena itu untuk mencegah terdispersi, perlu

adanya vegetasi yang menutupi permukaan tanah sehingga air yang turun diserap oleh vegetasi (Arsyad, dkk., 2018)

f. Ketinggian

Ketinggian merupakan salah satu penentu kerawanan tanah longsor. Semakin tinggi suatu tempat, semakin besar kekuatan tanah yang terjatuh karena adanya pengaruh gravitasi. Beberapa peneliti menggunakan ketinggian sebagai parameter pengendali longsor. Beberapa peneliti juga telah menemukan bahwa aktivitas longsor dengan cekungan tertentu terjadi pada ketinggian tertentu (Tazik, dkk., 2014).

g. Jarak dari Patahan

Bentuk patahan ditandai dengan batuan yang retak (Pourghasemi, dkk., 2012). Diskontinuitas batuan dan tanah sebagai sebuah patahan adalah faktor utama yang mempengaruhi tanah longsor. Semakin jauh jarak dari patahan memiliki probabilitas kejadian tanah longsor yang lebih rendah (Gholami, dkk., 2019).

h. Jarak dari Sungai

Secara umum, potensi tanah longsor meningkat dengan berkurangnya jarak ke sungai. Aliran sungai berdampak buruk terhadap stabilitas dari mengikisnya lereng atau bagian bawah material yang mengalami kejenuhan, sehingga hasilnya permukaan air meningkat (Ercanoglu & Gokceoglu, 2004 dalam Tazik, dkk., 2014). Pengaruh aliran dalam mengikis sehingga terjadi erosi dasar sungai dan sisi lereng (lembah) berperan besar dalam mengurangi kestabilan lereng (Barus, 1999).

i. Jarak dari Jalan

Jarak dari jalan merupakan salah satu parameter yang mencerminkan aktivitas manusia. Dengan kata lain, tanah longsor dapat terjadi di lereng yang berpotongan dengan jalan. Menurut penelitian terbaru, memotong lereng untuk konstruksi jalan raya dan getaran frekuensi oleh mobil akan menyebabkan tanah longsor (Tazik, dkk., 2014).

2.3 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis adalah sebuah sistem mengintegrasikan berbagai sumber daya fisik dan logika-logika perhitungan dan analisa yang berhubungan dengan objek-objek yang terdapat di permukaan bumi. SIG telah berbasiskan teknologi komputer berupa perangkat lunak yang mampu mengerjakan proses pemasukan (*input*), penyimpanan, manipulasi, menampilkan, dan mengeluarkan informasi geografis. Dalam SIG, dunia nyata direpresentasikan dalam layar komputer. Data-data dalam SIG bersifat fleksibel dan hal ini yang menjadi keuntungan dibandingkan ketika bekerja menggunakan peta konvensional (lembaran-lembaran kertas). Peta yang tampil dalam SIG merupakan perpaduan data antara gambar (*image*) dengan data-data tabulasi baik itu berupa angka maupun teks. Tidak seperti data-data angka dan teks pada sistem informasi pada umumnya, data-data dalam SIG adalah data yang sangat terkait dengan kondisi gambar petanya. Perubahan dimensi dari objek-objek gambar pada peta digital, mempengaruhi data-data yang terkandung di dalamnya (Aqli, 2010).

Adapun beberapa komponen dari sistem informasi geografis adalah sebagai berikut (Gistut, 1994):

a. Perangkat Keras

SIG tersedia untuk berbagai *platform* perangkat keras mulai dari PC desktop, *workstations*, sampai *multi user host* yang dapat digunakan oleh banyak orang secara bersamaan dalam jaringan komputer yang luas, berkemampuan tinggi, memiliki ruang penyimpanan (*hard disk*) yang besar, dan mempunyai kapasitas memori (RAM) yang besar. Walaupun demikian fungsionalitas SIG tidak terkait ketat terhadap karakteristik-karakteristik fisik perangkat keras ini sehingga keterbatasan pada memori PC-pun dapat diatasi. Adapun perangkat keras yang sering digunakan untuk SIG adalah PC, *mouse*, *digitizer*, *printer*, *plotter*, dan *scanner*.

b. Perangkat Lunak

Dari sisi lain, SIG juga merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basis data memegang peranan penting karena setiap subsistem diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak yang

terdiri dari beberapa modul, sehingga SIG juga terdiri dari ratusan model program (.exe) yang masing-masing dapat dieksekusi.

c. Data dan Informasi Geografi

SIG dapat mengumpulkan serta menyimpan data dan informasi yang diperlukan baik secara tidak langsung dan mengimportnya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lainnya maupun secara langsung dengan cara mendigitasi data spasialnya dari peta dan memasukkan data atributnya dari tabel-tabel dan laporan dengan menggunakan *keyboard*. Menurut As-syakur (2009) dalam Adnyana & As-syakur (2012), pada pengaplikasian SIG terbagi atas dua bentuk struktur data yaitu; data raster dan data vektor. Dari kedua struktur tersebut masing-masing memiliki kelebihan serta kelemahan, struktur data raster dapat mempermudah dalam tumpang susun namun informasi dalam atribut tidak selengkap struktur data vektor. Hal lainnya ialah data raster memiliki keunggulan yaitu kemampuannya dalam berintegrasi dengan data penginderaan jauh sehingga memudahkan pengguna dalam mengkombinasikan data-data SIG dengan data-data penginderaan jauh, akan tetapi struktur data raster memerlukan ruang penyimpanan (*hard disk*) yang lebih besar dibandingkan dengan struktur data vektor, sehingga hal ini menjadi kelebihan dari data vektor dalam menyimpan data.

d. Manajemen

SIG menghubungkan sekumpulan unsur-unsur peta dengan atribut-atributnya di dalam satuan-satuan yang disebut *layer*. Sungai, bangunan, jalan, laut, batas-batas administrasi, perkebunan dan hutan merupakan contoh dari *layer*. Kumpulan dari *layer* ini akan membentuk basis data SIG. Dengan demikian perancangan basis data merupakan hasil yang esensial di dalam SIG. Rancangan basis data akan menentukan efektifitas dan efisiensi proses-proses masukan, pengolahan, dan keluaran SIG.

2.4 Metode *Frequency Ratio*

Frequency Ratio adalah rasio antara area kejadian longsor terhadap total area dan juga rasio probabilitas kejadian longsor terhadap ketidakjadian longsor untuk faktor atribut yang diberikan. Oleh karena itu, semakin besar rasionya, semakin

besar hubungan antara kejadian longsor dengan faktor yang terkait dengan longsor tersebut. Semakin kecil rasionya, semakin kecil hubungan antara kejadian longsor dan faktor yang terkait (Lee & Pradhan, 2006). Menurut Nusantara & Setianto (2015), Frequency ratio didasarkan kepada hubungan antara lokasi kejadian tanah longsor dan faktor-faktor yang mempengaruhi longsor. Faktor-faktor tersebut dikonstruksikan dan ditumpang-tindihkan menggunakan GIS sehingga menghasilkan peta bahaya tanah longsor.

Lee & Pradhan (2006), juga menyatakan bahwa nilai Fr dihitung untuk masing-masing faktor dengan menggunakan data atribut di ArcGIS. Asumsi kunci saat menggunakan pendekatan probabilitas frekuensi rasio adalah kemungkinan kejadian longsor sebanding terhadap frekuensi longsor sesungguhnya. Area longsor di deteksi dengan interpretasi udara. Kemudian, peta lokasi longsor yang diperoleh dari foto udara dikombinasikan dengan data GIS dan digunakan untuk mengevaluasi frekuensi dan distribusi longsor di area yang sedang dianalisis.

2.5 Metode *Fuzzy Logic*

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). *Fuzzy Logic* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*) (Nasution, 2012). Menurut Wibowo, dkk. (2016), *Fuzzy Logic* merupakan metode yang mempunyai kemampuan untuk memproses variabel yang bersifat kabur atau yang tidak dapat dideskripsikan secara eksak/pasti seperti misalnya tinggi, lambat, bising, dll. Dalam *fuzzy logic*, variabel yang bersifat kabur tersebut direpresentasikan sebagai sebuah himpunan yang anggotanya adalah suatu nilai crisp dan derajat keanggotaannya (*membership function*) dalam himpunan tersebut.

Pendekatan *fuzzy logic* apabila dikombinasikan dengan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dapat memberikan hasil dengan akurasi yang akurat dalam memprediksi sebaran wilayah rentan akan longsor (Nithya, dkk., 2012 dalam Saputra, dkk., 2019) . Sistem cerdas berbasis *fuzzy logic* dapat digunakan sebagai pemeriksaan penyaring untuk penentuan tingkat kerawanan longsor pada suatu

daerah tertentu. Pemakaian sistem ini dengan cara memasukkan parameter yang berpengaruh terhadap longsor ke dalam sistem yang selanjutnya diproses dengan menggunakan metode *fuzzy logic* dan hasilnya akan ditampilkan sesuai dengan input data yang telah dimasukkan oleh pengguna (Akhsar, 2014). Menurut Chung & Fabbiri (2001) dalam Anbalagan, dkk., (2015) bahwa dalam penggunaannya, *fuzzy logic* memiliki beberapa operator penting yaitu *Fuzzy And*, *Fuzzy Or*, *Fuzzy Algebraic Product*, *Fuzzy Algebraic Sum* dan *Fuzzy Gamma*. Pilihan operator *fuzzy* tergantung pada jenis data spasial yang akan diintegrasikan serta disesuaikan untuk mencapai hasil yang optimal dalam memprediksi kerawanan longsor (Choi, dkk., 2000 dalam Anbalagan, dkk., 2015)