

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tanah Longsor

Menurut Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005), tanah longsor didefinisikan sebagai massa tanah atau material campuran lempung, kerikil, pasir, dan kerakal serta bongkah dan lumpur, yang bergerak sepanjang lereng atau keluar lereng karena faktor gravitasi bumi. Sedangkan menurut Soemantri (2007), proses terjadinya tanah longsor diawali oleh 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 menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Tanah longsor terjadi karena adanya gerakan tanah sebagai akibat dari Bergeraknya massa tanah atau batuan yang bergerak di sepanjang lereng atau di luar lereng karena faktor gravitasi. Kekuatan-kekuatan gravitasi yang dipaksakan pada tanah-tanah miring melebihi kekuatan memecah ke samping yang mempertahankan tanah-tanah tersebut pada posisinya. Kandungan air yang tinggi menjadikan tanah menjadi lebih berat, yang meningkatkan beban dan mengurangi kekuatan memecah ke sampingnya. Dengan kondisi-kondisi ini curah hujan yang lebat atau banjir lebih memungkinkan terjadinya longsor.

Menurut Soemantri (2007), longsor lahan disebabkan oleh 3 faktor penyebab utama, yaitu:

1. Faktor dakhil, penyebab longsor lahan meliputi kedalaman pelapukan batuan, struktur geologi (tektonik dan jenis batumannya), tebal solum tanah, tekstur tanah, dan permeabilitas tanah;
2. Faktor luar dari suatu medan, penyebab longsor lahan adalah kemiringan lereng, banyaknya dinding terjal, kerapatan torehan, dan penggunaan lahan, serta;
3. Faktor pemicu terjadinya longsor lahan, antara lain tebal curah hujan dan gempa bumi.

2.2 Metode Klasifikasi *Natural Breaks (Jenks)*

Metode klasifikasi *natural breaks (jenks)* adalah metode umum untuk melakukan klasifikasi data yang disajikan dalam sebuah peta pengolahan produk Sistem Informasi Geografis (SIG). Hal ini bertujuan untuk menyajikan serangkaian nilai klasifikasi paling mewakili jeda aktual yang diamati dalam data dibandingkan dengan beberapa skema klasifikasi yang lain. Klasifikasi ini awalnya diterbitkan di George Jenks's *Optimal Data Classification for Choropleth Maps* (1977) (Liu, 2013).

Dalam penelitian ini, *natural breaks (jenks)* diambil sebagai metode klasifikasi dari beberapa data, antara lain kemiringan lereng, elevasi, arah kemiringan lereng, tutupan lahan, curah hujan, jenis tanah, jarak sesar, batuan geologi, dan zonasi kerentanan tanah longsor. Metode klasifikasi ini didasarkan pada pengelompokan alami yang melekat dalam data. Jeda kelas diidentifikasi ke dalam kelompok yang mempunyai nilai sama dan memaksimalkan nilai perbedaan antarkelas. Fitur kelas dibagi ke dalam kelas yang batas-batasnya ditetapkan terdapat perbedaan yang relatif besar dalam nilai data. *Natural breaks (jenks)* merupakan metode klasifikasi yang dirancang untuk menentukan susunan nilai terbaik ke dalam kelas yang berbeda. Hal ini dilakukan dengan upaya meminimalkan penyimpangan rata-rata masing-masing kelas dari data dan memaksimalkan penyimpangan masing-masing kelas dari kelompok lainnya. Dengan kata lain, metode ini berusaha untuk mengurangi variansi dalam kelas dan memaksimalkan variansi antarkelas (ESRI, 2010).

2.3 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Aplikasi dari Penginderaan Jauh (Inderaja) dewasa ini sudah hampir menyeluruh digunakan di segala bidang. Hal tersebut terbukti dengan tidak hanya digunakan untuk manajemen sumberdaya lahan saja, namun sudah diaplikasikan untuk penggunaan-penggunaan di bidang lain seperti perencanaan wilayah pengembangan komoditas tertentu dalam evaluasi kesesuaian lahan, penentuan lokasi yang paling strategis untuk membuka suatu usaha kerja, dan lain-lain.

Sistem Informasi Geografis (SIG) pada saat ini sudah merupakan teknologi yang dianggap biasa pada kalangan perencana atau kelompok lain yang

berkecimpung dalam pemetaan sumber daya. Dua dekade sebelum ini terjadi juga pada Penginderaan Jauh, walaupun tidak secepat kepopuleran SIG. Kedua teknologi tersebut merupakan teknologi informasi atau lebih spesifik lagi teknologi informasi spasial karena berkaitan dengan pengumpulan dan pengolahan data spasial (Barus, 2000).

Di bidang pengerjaan SIG banyak terdapat istilah yang perlu diketahui agar memudahkan pemahaman pada tahapan selanjutnya, sehingga diperlukan pemaparan mengenai istilah-istilah data, informasi, sistem, dan sistem informasi. SIG adalah suatu sistem informasi tentang pengumpulan dan pengolahan data serta penyampaian informasi dalam koordinat ruang, baik secara manual maupun digital. Data yang diperlukan merupakan data yang mengacu pada lokasi geografis, terdiri dari dua kelompok, yaitu data grafis dan data atribut. Data grafis tersusun dalam bentuk titik, garis, dan polygon, sedangkan data atribut dapat berupa data kualitatif dan kuantitatif yang mempunyai hubungan satu-satu dengan data grafisnya (Barus, 2000). Secara umum, kedua data tersebut dapat dimanfaatkan pada aplikasi SIG terutama untuk memodelkan daerah rentan longsor terkait dalam pembuatan peta dan pengolahan data keruangan. Dengan pemanfaatan SIG dalam memodelkan daerah rentan longsor maka dapat digunakan untuk menentukan luas daerah yang memiliki kerentanan dari tingkat rendah hingga tinggi untuk melakukan mitigasi bencana.

2.4 Peran Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Identifikasi Wilayah Rentan Longsor

Dalam penerapan SIG, data-data yang diperlukan untuk pemetaan kawasan rentan tanah longsor diperoleh dari citra satelit (baik resolusi tinggi maupun rendah), foto udara, dan data-data sekunder lainnya berupa peta-peta tematik. Data-data yang terkumpul kemudian diolah untuk mendapatkan informasi baru dengan menggunakan SIG melalui metode pengharkatan, yaitu pemberian skor atau nilai (*scoring*) dan pembobotan (*weight*) pada setiap parameter yang digunakan, sesuai dengan dasar logika (*logical framework*) yang ditetapkan dan disepakati bersama (Barus, 1999).

Alhasanah (2006) menyebutkan pada tahap pemasukan data, yang diperlukan untuk penyusunan peta tingkat kerawanan longsor dapat dilakukan melalui digitasi peta. Setelah semua data spasial dimasukkan ke dalam komputer, kemudian dilakukan pemasukan data atribut dan pemberian harkat. Untuk memperoleh nilai identifikasi wilayah rentan longsor dilakukan tumpang susun peta-peta tematik yang merupakan parameter fisik lahan penentu longsor, yaitu peta geologi, peta kemiringan lereng, peta ketinggian, peta tanah, peta curah hujan, dan peta penggunaan lahan.

Proses tumpang susun peta dilakukan dengan mengaitkan data atributnya, melalui manipulasi dan analisis data. Pengolahan dan penjumlahan harkat dari masing-masing parameter akan menghasilkan harkat baru yang berupa nilai rentan longsor. Kemudian dengan mempertimbangkan kriteria rentan longsor, maka potensi longsor dibagi ke dalam kelas-kelas tertentu (Alhasanah, 2006).

Dalam penelitian ini, peta tematik hasil interpretasi dapat digabung dengan peta-peta lainnya yang telah disusun dalam data dasar SIG melalui proses digitasi. Peta-peta tersebut adalah peta kemiringan lereng, peta geologi, peta klasifikasi tanah, peta penggunaan lahan, peta curah hujan, dan peta-peta lain yang berhubungan dengan terjadinya longsor. Dari analisis yang telah dilakukan, para pengguna dan pengambil keputusan dapat memanfaatkannya untuk mengantisipasi longsor di daerah penelitian, sehingga kerugian-kerugian yang ditimbulkannya dapat ditekan sekecil mungkin, atau bahkan dieliminir (Barus, 1999)

2.5 Hubungan Resolusi Spasial dan Skala Peta

Dalam Penginderaan Jauh dan SIG dikenal istilah resolusi spasial, yaitu ukuran terkecil dari suatu obyek yang masih dapat dideteksi oleh suatu sistem pencitraan (Lillesand & Kiefer, 1997). Resolusi spasial akan lebih mudah dipahami dengan cara menayangkan citra satelit pada komputer yang telah dipasang program SIG yang memungkinkan untuk penayangan data citra. Dengan melakukan beberapa kali pembesaran (*zoom in*) maka akan terlihat bahwa obyek di bumi diwakili oleh *pixel*. Satu *pixel* pada data tersebut mewakili ukuran tertentu di bumi. Hal tersebut yang disebut dengan resolusi spasial. Secara umum, dapat dikatakan bahwa semakin tinggi resolusi spasialnya maka obyek yang direkam di bumi akan

lebih rinci atau lebih detil, dan sebaliknya. Kerincian obyek tersebut akan tergambarkan pada peta sebagai hasil akhir dari analisis atau interpretasi. Dari penjelasan tersebut, maka hubungan antara resolusi spasial dan skala peta disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Kesesuaian Resolusi Raster dengan Tingkatan Skala Peta
(Sumber: Esri, 2010)

<i>Raster Resolution (meter)</i>	<i>Detectable Size (meter)</i>	<i>Map Scale</i>
0,5	1	1:1000
2,5	5	1:5000
5	10	1:10000
25	50	1:50000
50	100	1:100000
125	250	1:250000
250	500	1:500000
500	1000	1:1000000

2.6 Perhitungan *Frequency Ratio*

Kegiatan pemetaan kerentanan tanah longsor dimaksudkan untuk memberi informasi resiko bencana di suatu wilayah, agar pembangunan yang akan dilakukan dapat ditempatkan pada kawasan yang aman. Dengan demikian, kegiatan pemetaan kerentanan tanah longsor adalah serangkaian kegiatan untuk mengkaji resiko bahaya kawasan longsor secara rinci, termasuk didalamnya kegiatan pembobotan dalam bentuk peta kerentanan tanah longsor.

Dalam penelitian ini, pembobotan dimaksudkan untuk memberikan penilaian terhadap setiap parameter yang dijadikan sebagai parameter dalam melakukan analisis kerentanan tanah longsor serta untuk mengetahui parameter mana yang sangat berpengaruh terhadap gerakan tanah. Umumnya, banyak metode yang menyatakan bahwa tanah longsor akan terjadi di bawah kondisi yang sama seperti tanah longsor masa lalu dan sekarang (Lee & Talib, 2005). Hal ini dikarenakan hubungan rasio antara kejadian longsor masa lalu dan sekarang terhadap probabilitas kejadian longsor pada area dan kondisi fisik yang sama. Oleh karena itu, semakin besar rasionya, semakin besar hubungan antara kejadian longsor dengan faktor yang terkait dengan longsor tersebut. Sejalan dengan asumsi

tersebut, suatu hubungan tanah longsor dapat ditentukan dari faktor pengkondisi tanah longsor dengan riwayat kejadian tanah longsor secara spasial. Hubungan ini dapat diukur menggunakan pembobotan *frequency ratio*.

Frequency ratio didefinisikan sebagai rasio antara persentase *class pixel* dalam faktor tertentu dan persentase *pixel* luasan tanah longsor (Jaafari A, 2014). Metode ini mengikuti prinsip probabilitas bersyarat, dimana jika rasio >1 maka terdapat hubungan yang kuat antara tanah longsor dan kelas faktor, sedangkan rasio *frequency ratio* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1 (Bonham, 1994 dalam Tazik dkk, 2014) berikut ini.

$$FR = \frac{CP / LP}{\sum CP / \sum LP} \quad (2.1)$$

FR = *frequency Ratio*

CP = *class pixel* suatu kelas dalam faktor tertentu

LP = *landslide pixel* suatu kelas dalam faktor tertentu

$\sum CP$ = jumlah *class pixel* suatu kelas dalam faktor tertentu

$\sum LP$ = jumlah *landslide pixel* suatu kelas dalam faktor tertentu

2.7 Perhitungan *Prediction Rate*

Model *prediction rate* telah dikembangkan untuk pemetaan tanah longsor sebagai tindak lanjut penelitian terutama di bidang eksplorasi mineral (Chung & Fabbri, 1993). Untuk menghasilkan *prediction rate*, diasumsikan bahwa: (1) *spatial database* yang tersedia dapat memberikan informasi yang cukup untuk mencirikan kondisi khas jenis tanah longsor yang terjadi di bidang studi; dan (2) bahwa kondisi untuk terjadinya tanah longsor masa lalu adalah sama atau sangat mirip dengan yang tanah longsor yang terjadi di masa depan.

Model *prediction rate* berguna untuk memberikan informasi tingkat pengaruh hubungan antara faktor pengkondisi tanah longsor dengan kerentanan tanah longsor. Untuk menghitung *prediction rate*, diperlukan partisipasi ketersediaan data di masa lalu dengan melakukan perhitungan antara selisih *frequency ratio* dibagi dengan nilai minimum dari selisih *frequency ratio* seperti pada Persamaan 2.2 berikut ini.

$$PR = \frac{\text{Max-Min FR}}{(\text{Max-Min}) \text{ Min FR}} \quad (2.2)$$

PR	= <i>prediction rate</i>
Max-Min FR	= selisih nilai maksimum dan minimum <i>frequency ratio</i> pada faktor pengkondisi tanah longsor
(Max-Min) Min FR	= nilai minimum dari selisih nilai maksimum dan minimum <i>frequency ratio</i> pada faktor pengkondisi tanah longsor

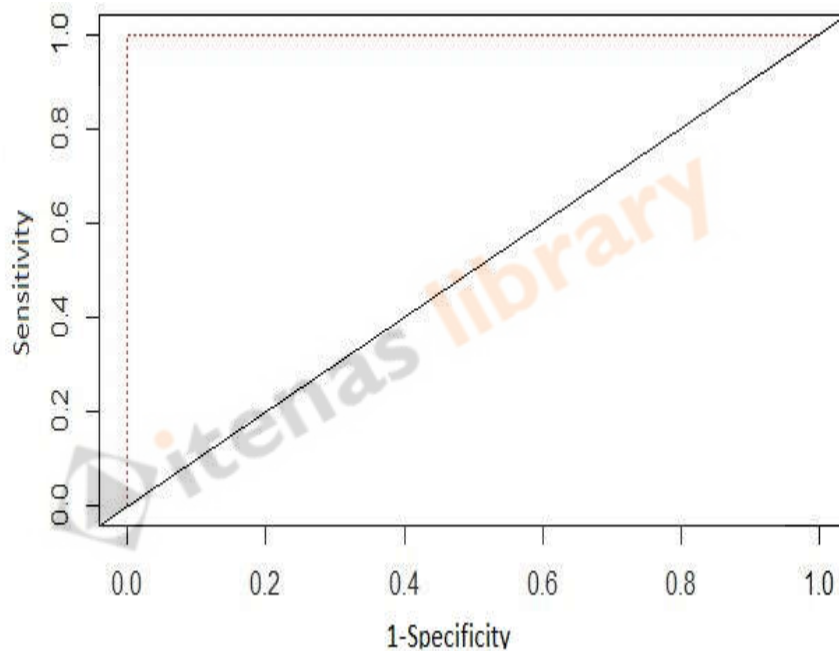
2.8 Pengujian Akurasi dengan Metode Analisis ROC (*Receiver Operating Characteristics*)

Analisis ROC (*Receiver Operating Characteristic*) adalah metode untuk menggambarkan, mengatur, dan mengklasifikasikan beberapa kategori yang ditentukan pada sebuah model statistik berdasarkan kinerjanya. Metode ini dikembangkan pada perang dunia kedua untuk menganalisis keakuratan dalam membedakan sinyal-sinyal yang terdeteksi oleh radar. Analisis ROC telah diperluas penggunaannya dalam menggambarkan dan menganalisa perilaku sistem diagnostik. Analisis ROC juga digunakan dalam analisis pengambilan keputusan dengan menampilkan kurva ROC untuk pengujian diagnostik pada bidang medis (Fawcett, 2006; Zou dkk, 2007). Penggunaan analisis ROC tidak hanya diperuntukan untuk bidang medis saja, tetapi juga dapat digunakan dalam bidang keteknikkan yang digunakan dalam mengevaluasi model prediksi yang memicu kejadian tanah longsor (Mathew dkk, 2014).

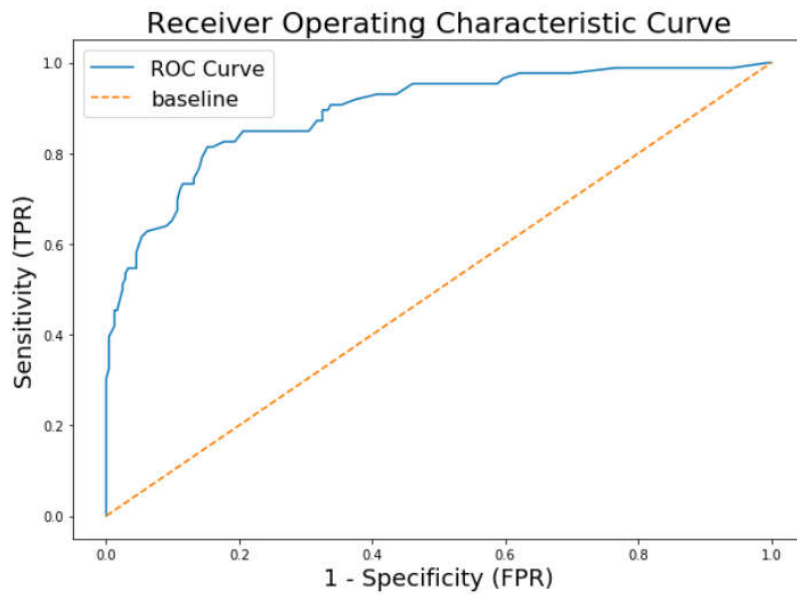
2.8.1. Grafik dan Kurva ROC (*Receiver Operating Characteristics*)

Grafik ROC adalah grafik dua dimensi hubungan antara *True Positive Rate* (TPR) atau *Sensitivity* (sumbu Y) dengan *False Positive Rate* (FPR) atau *1-Specificity* (sumbu X). Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan dalam grafik ROC adalah jika grafik menunjukkan titik kiri terbawah (0,0), maka mewakili nilai probabilitas yang tidak pernah menunjukkan kondisi positif, yang artinya klasifikasi tidak menghasilkan kondisi *false positive* dan *true positive*. Sebaliknya, grafik menunjukkan titik kanan atas (1,1) mewakili nilai probabilitas yang menunjukkan kondisi positif. Hubungan nilai TPR dan FPR saling terikat satu sama lain, apabila terjadi peningkatan pada TPR maka FPR akan mengalami penurunan

dan sebaliknya. Grafik ROC dapat menghasilkan sebuah garis diagonal dengan menentukan klasifikasi secara acak yang disebut *Random Performance*. Gambar 2.1 menampilkan garis diagonal pada grafik ROC dapat dibuat apabila nilai pada sumbu $y = x$ (Fawcett, 2006). Ketika seluruh data klasifikasi mencakup TPR dan FPR, data tersebut dapat diplotkan ke dalam grafik ROC dan setiap titik yang mewakili data dari klasifikasi dapat dihubungkan sehingga menjadi sebuah kurva ROC. Kurva inilah yang menunjukkan tingkat probabilitas atau keakuratan dari model. Gambar 2.2 menampilkan contoh bentuk kurva ROC pada dua model yang dievaluasi menurut Zou dkk (2007). Nilai keakuratan dikatakan *Perfect Classification*, apabila kurva mendekati titik kiri atas (0,1) (Piciullo dkk, 2017).



Gambar 2.1 Grafik ROC untuk *Random Performance*



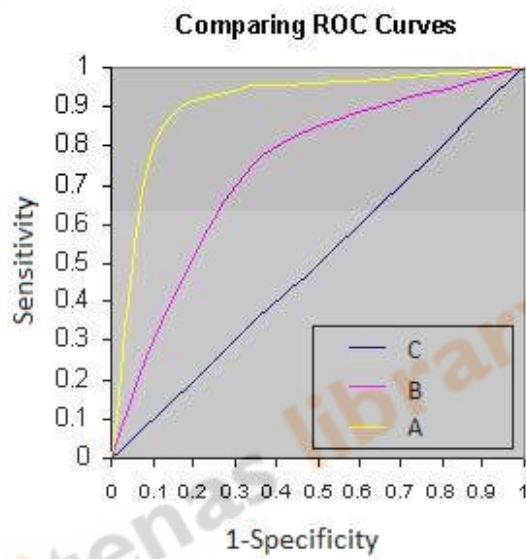
Gambar 2.2 Kurva ROC

2.8.2. Area Under Curve (AUC)

Area yang berada dibawah kurva merupakan wilayah yang menunjukkan tingkat keakuratan dari model prediksi dan dihitung dengan metode perhitungan yang disebut *Area Under Curve* (AUC). AUC merupakan daerah berbentuk persegi yang nilainya selalu berada diantara 0 dan 1. *Random Performance* menghasilkan nilai AUC sebesar 0.5 dikarenakan kurva yang didapatkan berupa garis diagonal antara titik (0,0) dengan titik (1,1). Jika AUC yang dihasilkan < 0.5 , maka model statistik yang dievaluasi memiliki tingkat keakuratan yang sangat rendah dan mengindikasikan bahwa model tersebut sangat buruk jika digunakan (Fawcett, 2006; Zou dkk, 2007). Gambar 2.3 menampilkan kurva A, B dan C dengan nilai AUC yang berbeda. Kurva A menghasilkan $AUC = 1$, kurva B dengan $AUC = 0.85$ dan kurva C yang merupakan *Random Performance* dengan $AUC = 0.5$. Berdasarkan hal tersebut, Yasilnacar (2005) melakukan penyajian terhadap penilaian AUC untuk mengkategorikan model prediksi yang dihasilkan seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Nilai AUC

Nilai AUC	Keterangan
>0,9 – 1	Luar biasa
>0,8 – 0,9	Sangat baik
>0,7 – 0,8	Baik
>0,6 – 0,7	Cukup baik
0,5 – 0,6	Tidak baik



Gambar 2.3 Perbandingan Nilai Area Under Curve (AUC)