

Pemetaan Indeks Stabilitas Tanah Menggunakan SINMAP di Sub-DAS Rawatamtu

Mapping of Soil Stability Index Using SINMAP at Rawatamtu Sub Watershed

Aulia Nafiza Andalina, Lab. Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (Lab. TPKL), Program Studi Teknik Pertanian, FTP - UNEJ. Jl. Kalimantan No. 37, Kampus - Tegalboto, Jember 68121.

Hamid Ahmad, Lab. Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (Lab. TPKL), Program Studi Teknik Pertanian, FTP - UNEJ. Jl. Kalimantan No. 37, Kampus - Tegalboto, Jember 68121.

Indarto, Lab. Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (Lab. TPKL), Program Studi Teknik Pertanian, FTP - UNEJ. Jl. Kalimantan No. 37, Kampus - Tegalboto, Jember 68121

E-mail: indarto.ftp@unej.ac.id

Abstract

The research shows the application of Soil Stability Index Mapping (SINMAP) to predict the potential of landslide hazard. The study was conducted at Rawatamtu sub-Watershed, located at Jember Regency. Input data for this study are: (1) digital elevation model (DEM), (2) physical properties of soil, (3) rainfall data, and (4) other GIS layers collected from the study area. The DEM was obtained from ASTER GDEM2. SINMAP calculate the soil stability index based on combination effect of: slope stability, soil properties, land use and rainfall intensity. Then, interaction of those four factors are integrated on SINMAP and are classified as soil stability index. About 50 locations were surveyed by GPS and optical camera to interpret the map qualitatively. Result show the stable zone (index value > 1.5) occupied about 64.7 % of the watershed area. Area that classified in the upper and bottom limit of landslide (i.e. potentially subject to landslide hazard) are located at both mountain areas (Mount Argopuro and Raung) of the sub-watershed.

Keywords: soil-stability-index, SINMAP, Landslide, Rawatamtu

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat peta stabilitas tanah dan menginterpretasikan indeks stabilitas tanah tersebut untuk prediksi longsor dengan menggunakan SINMAP (*Soil Stability Index Mapping*). Penelitian dilakukan di Sub-Das Rawatamtu (Kab. Jember). Input data terdiri dari: (1) ASTER GDEM2 (ketelitian pixel \pm 30m), (2) data karakteristik fisik tanah, (3) karakteristik fisik hujan, dan (4) lokasi titik kontrol hasil survei GPS. SINMAP menghitung indeks stabilitas tanah dengan asumsi bahwa: proses longsor merupakan hasil kombinasi dari: stabilitas lereng, karakteristik tanah, jenis peruntukan lahan dan besarnya hujan. Pengaruh dan interaksi antara ke empat faktor tersebut diintegrasikan di dalam SINMAP dan diklasifikasikan dalam suatu nilai indeks stabilitas tanah. Hasil studi menunjukkan bahwa: 64.7% dari kawasan Sub-Das Rawatamtu berada pada zona stabil; 3.2% berada pada zona agak stabil; 3.5% berada pada zona kurang stabil; 27.1% berada pada kawasan zona batas bawah longsor; dan 1.4% berada pada kawasan zona batas atas longsor. Sebagian besar wilayah yang mencakup zona batas atas dan batas bawah longsor, berada pada lereng Gunung Argopuro dan sebagian kecil berada pada kecamatan Sumberjambe (daerah lereng Gunung Raung).

Kata Kunci : Indek Stabilitas tanah, SINMAP, Longsor, Rawatamtu.

Diterima: 03 Desember 2013; Disetujui: 10 Maret 2014

Pendahuluan

Bencana longsor merupakan salah satu bencana yang cukup merugikan lingkungan di sekitarnya. Longsor dapat terjadi karena beberapa faktor, baik faktor yang berasal dari alam maupun dari tingkah laku manusia. Longsor erat kaitannya dengan

tingkat stabilitas tanah, karena pada hakekatnya longsor terjadi akibat tingkat kestabilan tanah yang rendah. Bencana longsor sering terjadi di Indonesia terutama dimusim penghujan. Frekuensi kejadian ini lebih tinggi dibandingkan dengan bencana alam lain, meskipun kerugian yang ditimbulkan baik kerugian jiwa ataupun ekonomi relatif lebih kecil

(Widiastuti, 2011:6). Di Jember, bencana Longsor menyebabkan jembatan penghubung antar desa di kecamatan Panti rusak parah akibat longsor dan banjir bandang yang terjadi pada tahun 2006 (Marwanta *et al*, 2007). Identifikasi dan pemetaan daerah rawan longsor sangat penting untuk dilakukan, sebagai upaya dalam menanggulangi dan mengantisipasi terjadinya longsor. Artikel ini memaparkan hasil pemetaan indeks stabilitas tanah yang dilakukan menggunakan SINMAP. Penelitian bertujuan untuk: (1) mengevaluasi apakah pemetaan indeks stabilitas yang dilakukan dengan menggunakan data DEM resolusi rendah, secara kualitatif dapat menggambarkan kenyataan yang ada di Lapangan, (2) memetakan indeks stabilitas tanah untuk wilayah Sub-DAS Rawatamtu.

Stability Index Mapping (SINMAP) diperkenalkan oleh Tarboton *et al.*, (2001) dan merupakan salah satu metode pemetaan potensi longsor yang menggunakan prinsip stabilitas tanah. Nilai indeks stabilitas atau kestabilan tanah yang dihasilkan oleh SINMAP digunakan untuk mengidentifikasi atau menginterpretasikan daerah rawan longsor. Nilai stabilitas tanah yang besar, menunjukkan bahwa daerah tersebut stabil, cukup stabil, agak stabil, dan kecenderungan untuk longsor sangat kecil. Sebaliknya, nilai stabilitas tanah yang rendah menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki tingkat kestabilan tanah yang rendah dan potensi longsor cukup tinggi.

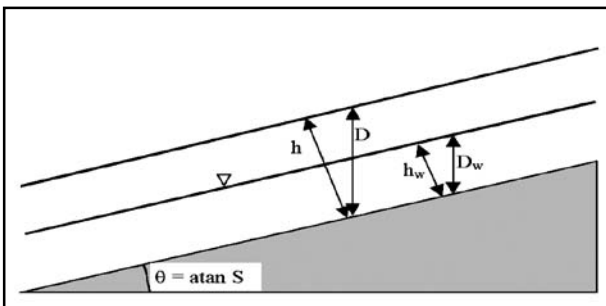
Model Stabilitas Lereng

Model stabilitas lereng tak-terhingga (Gambar 1) merupakan model yang digunakan untuk menentukan faktor keamanan (FS) dari adanya perbedaan gaya kelembaban dan gaya keruntuhan (Tarboton *et al.*, 2001), persamaan model tersebut ditulis sbb:

$$FS = \frac{C_r + C_s + \cos^2 \theta [\rho_s g (D - D_w) + (\rho_s g - \rho_w g) D_w]}{D \rho_s g \sin \theta \cos \theta} \quad (1)$$

dimana :

- C_r = kohesi akar (N/m²), C_s = kohesi tanah (N/m²), θ = sudut lereng,
- ρ_s = densitas tanah basah (kg/m³), ρ_w = densitas air (kg/m³),
- D = kedalaman tanah (m), D_w = ketinggian vertikal permukaan air dalam lapisan tanah (m),



Gambar 1. Konsep stabilitas lereng tak terhingga.

g = gaya gravitasi (9,81 m/s²) dan ϕ = sudut geser di dalam tanah. Nilai θ dapat dihitung dengan menggunakan rumus arc tangen S , S adalah jarak yang tegak lurus per unit jarak horizontal.

Dalam hal ini, model hidrologi digunakan untuk menjelaskan konsep dari stabilitas lereng. Hubungan antara tebal tanah “h” (m) dengan kedalaman tanah “D” (m) adalah sebagai berikut:

$$h = D \cos \theta \quad (2)$$

selanjutnya, faktor keamanan (FS) berubah menjadi :

$$FS = \frac{C + \cos \theta (1 - wr) \tan \theta}{\sin \theta} \quad (3)$$

keterangan :

$$w = Dw/D = hw/h \quad (4)$$

adalah tingkat kebasahan relatif (*relative wetness index*).

$$C = (C_r + C_s)/(hps g) \quad (5)$$

$$r = \rho_w/\rho_s \quad (5)$$

Kombinasi kohesi (persamaan 5) yang terjadi membuat besaran tanpa dimensi (*dimensionless*) yang relatif tegak lurus antara garis ketebalan tanah dan rasio densitas air terhadap densitas tanah. Persamaan (3) merupakan besaran tanpa dimensi yang berasal dari permodelan lereng-tak-terhingga. Persamaan tersebut dianggap cocok oleh para pakar karena melibatkan kombinasi antara besarnya kohesi (tanah dan akar) dan densitas tanah ke dalam faktor kohesi C (persamaan 5).

Model tersebut bekerja terhadap kemiringan dan kebasahan pada masing-masing grid (*pixel DEM*) dengan asumsi bahwa parameter yang lain adalah konstan atau memiliki kemungkinan distribusi yang konstan pada daerah yang cukup luas. Selanjutnya, Indeks stabilitas tanah dimodelkan dengan menggunakan persamaan (7), yang merupakan kombinasi dari persamaan kebasahaan (8) dan persamaan (3).

$$FS = \frac{C + \cos \theta [1 - \min \left(\frac{R}{T \sin \theta}, 1 \right) r] \tan \theta}{\sin \theta} \quad (7)$$

$$w = \text{Min} \left(\frac{Ra}{T \sin \theta}, 1 \right) \quad (8)$$

keterangan :

w = Indeks basah (*wetness*); R = Curah hujan (mm/hari) ;

Tabel 1. Kelas Indeks Stabilitas Tanah

Kondisi SI	Kelas	Kondisi	Kisaran Parameter
> 1.5	1	Zona slope stabil	Kisaran tidak memodelkan longsor
1.5 - 1.25	2	Zona agak stabil	Kisaran tidak memodelkan longsor
1.24 - 1.0	3	Zona slope kurang stabil	Kisaran tidak memodelkan longsor
0.9 - 0.5	4	Zona batas bawah longsor	Kemungkinan longsor kecil
0.4 - 0.1	5	Zona batas atas longsor	Kemungkinan longsor besar
0.0	6	Zona slope longsor	Kisaran memodelkan longsor

a = Area tangkapan spesifik (m^2/m) didefinisikan sebagai kenaikan lereng area per unit panjang kontur, dihitung dengan persamaan $a = A/b$ dimana A adalah kontribusi area (m^2) dan b adalah unit panjang kontur (m) (lihat gambar 2);

T = Transmisivitas tanah (m^2/jam), dihitung dengan persamaan $T = k_s \times h$, dimana k_s

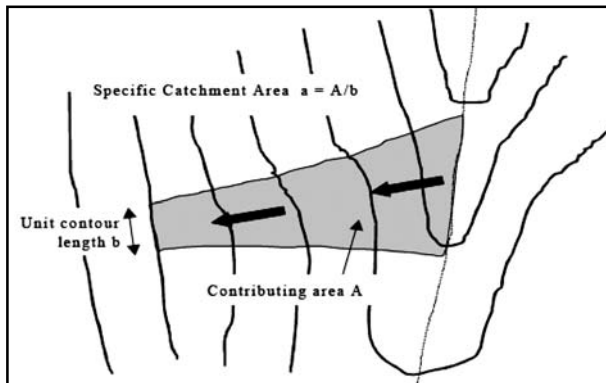
adalah konduktivitas hidrolik (m/jam) dan h adalah ketebalan tanah (m) ;

θ = Kemiringan lereng ($^\circ$) (Tarbotton *et al.*, 2001).

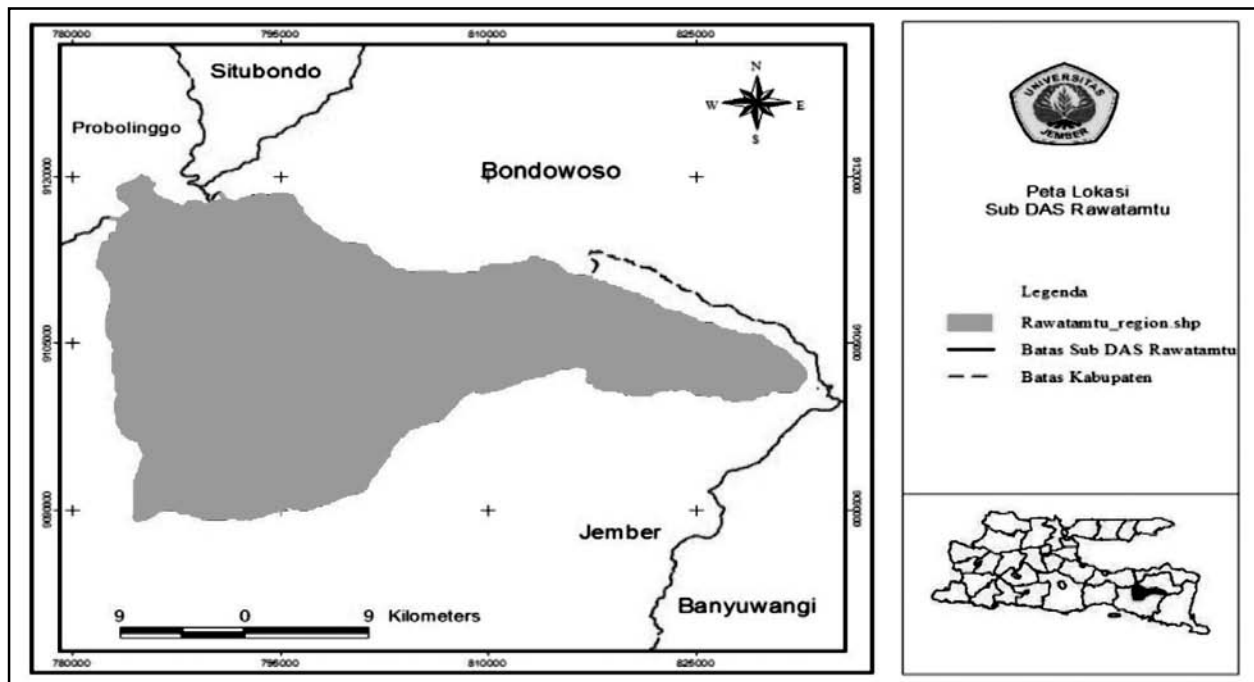
Selanjutnya di dalam SINMAP, indeks stabilitas dibagi menjadi 6 kelas (Tabel 1). Kelas tersebut menunjukkan kondisi daerah yang didasarkan pada nilai indeks stabilitas atau *Stability Index (SI)*.

Permodelan SINMAP pernah digunakan, misalnya di DAS Kilpala, bagian utara Vancouver, British Columbia. Representasi indeks stabilitas tanah yang dihasilkan, menginformasikan bahwa 69.2% dari total wilayah yang diteliti berada dalam zona slope longsor dengan indikasi 45 titik longsor (Tarbotton *et al.*, 2001).

Pada penelitian ini, SINMAP digunakan untuk membuat peta indeks stabilitas tanah di wilayah sub-DAS dengan menggunakan data DEM yang relatif kasar. Validasi peta dilakukan dengan melihat kondisi wilayah di lapangan, melalui survei GPS pada 50 titik pengamatan yang diambil secara acak



Gambar 2. Area Tangkapan Spesifik



Gambar 3. Lokasi Sub DAS Rawatamtu

berdasarkan informasi visual ataupun informasi yang diperoleh dari literatur dan masyarakat sekitar.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Sub-DAS Rawatamtu. Sub-DAS Rawatamtu merupakan bagian dari DAS Bedadung. Secara Administratif, 90% Wilayah DAS Bedadung berada di Wilayah Kabupaten Jember. Penelitian dilakukan dari bulan April sampai September 2012.

Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Teknik Pengendalian Konservasi dan Lingkungan (Lab.TPKL), FTP - Universitas Jember. Survei GPS dilakukan dengan *Mobil Mapping System* pada wilayah bekas kejadian longsor dan wilayah hulu sub-DAS.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, data *Digital Elevation Model (DEM)* yang merupakan data ASTER-DEM 2, dengan ketelitian pixel (30 m x 30 m) dan format data adalah ASCII GRID; data curah hujan harian periode 1996-2005 yang diperoleh dari Lab. TPKL Universitas Jember; data titik kontrol penelitian merupakan data primer yang digunakan sebagai titik kontrol; data fisik tanah mencakup data kedalaman tanah (h), kohesi (c), dan sudut geser dalam (Φ^0) (Galuh, 2007). Nilai konduktivitas hidraulik diperoleh dari tabel sifat fisik tanah (Rawls and Brakeniek, 1993).

Alat

Alat yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah ekstensi SINMAP v.1 versi Arc View GIS 3.3. GPS (*Global Positioning System*), yang digunakan untuk memperoleh titik kontrol di kawasan Sub-DAS Rawatamtu, *Software Map Window 4.6* digunakan untuk mengkonversi data DEM dalam format ASCII.

Metode

Penelitian ini dimulai dengan mengkonversi data DEM ke dalam format ASCII. Jika data DEM yang dimiliki telah berformat [*.ASC]. Data curah hujan harian periode 1996-2005, digunakan untuk menentukan nilai parameter R (untuk R batas atas dan R batas bawah). Dimulai dengan mencari curah hujan bulanan terbasah di tiap tahunnya per stasiun hujan. Setelah bulan terbasah di tiap-tiap tahun telah ditentukan. Selanjutnya adalah menentukan rata-rata minggu terbasah di tiap-tiap tahunnya sehingga data hujan yang diperoleh merupakan data hujan 7 harian yang maksimum.

Selain data curah hujan dan data DEM, data fisik tanah juga dibutuhkan dalam penelitian ini. Data fisik tanah yang diolah untuk memperoleh parameter *T* (Transmisivitas) dengan menggunakan rumus berikut.

$$T = K_s \times h \quad (9)$$

Keterangan:

T = Transmisivitas (m^2/jam);

K_s = Konduktivitas hidraulik (m/jam) dan

h = kedalaman tanah (m).

Kedalaman tanah berfungsi untuk menentukan nilai transmisivitas dari Sub-DAS Rawatamtu. Nilai kedalaman yang digunakan adalah nilai kedalaman tanah sebagai batas atas dan bawah sehingga nilai transmisivitas yang dihasilkan ada dua, yaitu transmisivitas batas atas dan batas bawah. Parameter lain yang dibutuhkan oleh SINMAP adalah data kohesi dan sudut geser dalam. Nilai kedua parameter diperoleh dari Galuh (2007).

Pengaturan nilai-nilai kalibrasi wilayah merupakan tahap memasukkan data yang dibutuhkan oleh SINMAP seperti kohesi (C), sudut geser tanah dalam (Φ), perbandingan T/R dari analisis data. Nilai tersebut ditampilkan dalam jendela "*Calibration Input Parameter*" yang akan muncul jika kita mengklik menu "*Set Calibration Parameter*" dalam menu SINMAP. Adapun tampilan dari menu "*Set Calibration Parameter*".

Pembuatan data titik-titik kontrol penelitian yang diperoleh di lapang ditransfer ke dalam komputer, diolah menggunakan *microsoft excel* dan disimpan dalam format *.dbf*. Data dengan format tersebut kemudian dibuka dengan menggunakan *software arcview* dan di konversikan ke dalam format *.shp (shapefile)*.

Data Transmisivitas Tanah

Nilai transmisivitas yang diperoleh untuk batas atas adalah $0.3367 m^2/jam$, sedangkan untuk batas bawah adalah sebesar $0.00072 m^2/jam$. Nilai konduktivitas hidraulik yang digunakan untuk memperoleh nilai transmisivitas sebagai batas atas ditentukan berdasarkan nilai yang paling besar yaitu $0.0259 m/jam$ untuk tekstur geluh berpasir (*sandy loam*) dan batas bawah ditentukan dari tekstur lempung berpasir (*silty clay*) sebesar $0.0009 m/jam$. Jika nilai untuk transmisivitas sudah diperoleh sebagai parameter *T*, dan nilai untuk curah hujan juga sudah diperoleh sebagai parameter *R*. Hal selanjutnya adalah menentukan parameter "*T/R*" baik sebagai batas atas dan juga batas bawah. Nilai *T/R* untuk batas atas sebesar $96.448 m$ dan batas bawah sebesar $0.595 m$.

Data Kohesi (C) dan Sudut Geser Dalam (ϕ)

Nilai batas atas untuk kohesi yang digunakan adalah 1.049 yang berada pada Kecamatan Sumberjambe, dan 0.132 sebagai batas bawah yang berada di Kecamatan Sukorambi. Nilai kohesi dibutuhkan SINMAP karena pengaruhnya dalam prediksi longsor. Nilai sudut-geser tanah-dalam yang digunakan sebagai batas atas adalah sebesar 58.1^0 dan batas bawah sebesar 10^0 .

Tabel 2. Klasifikasi Wilayah Berdasarkan Nilai Indeks Stabilitas Tanah

	Stabil	Agak Stabil	Cukup Stabil	Batas Bawah Longsor	Batas Atas Longsor	Longsor	Total
Luas (km ²)	367.8	46.6	49.9	262.5	11.8	0	738.7
% Luas	49.8	6.3	6.8	35.5	1.6	0	100
Titik	22	0	0	5	5	0	32
% titik	68.8	0	0	15.65	15.65	0	10

Pengolahan Data Titik-titik Kontrol Penelitian

Data titik-titik kontrol penelitian berfungsi sebagai pembandingan apakah peta yang dihasilkan sesuai dengan kenyataan yang ada di lapangan. Lokasi pengambilan titik-titik kontrol penelitian dibagi menjadi dua bagian, yaitu lokasi yang dianggap stabil dan lokasi yang dianggap kurang stabil. Lokasi yang stabil diambil di beberapa titik di wilayah perkotaan dan untuk wilayah yang kurang stabil diambil di beberapa titik di wilayah Kecamatan Panti dan Arjasa berdasarkan informasi dari pemberitaan tentang bencana longsor dan juga informasi dari masyarakat Jember.

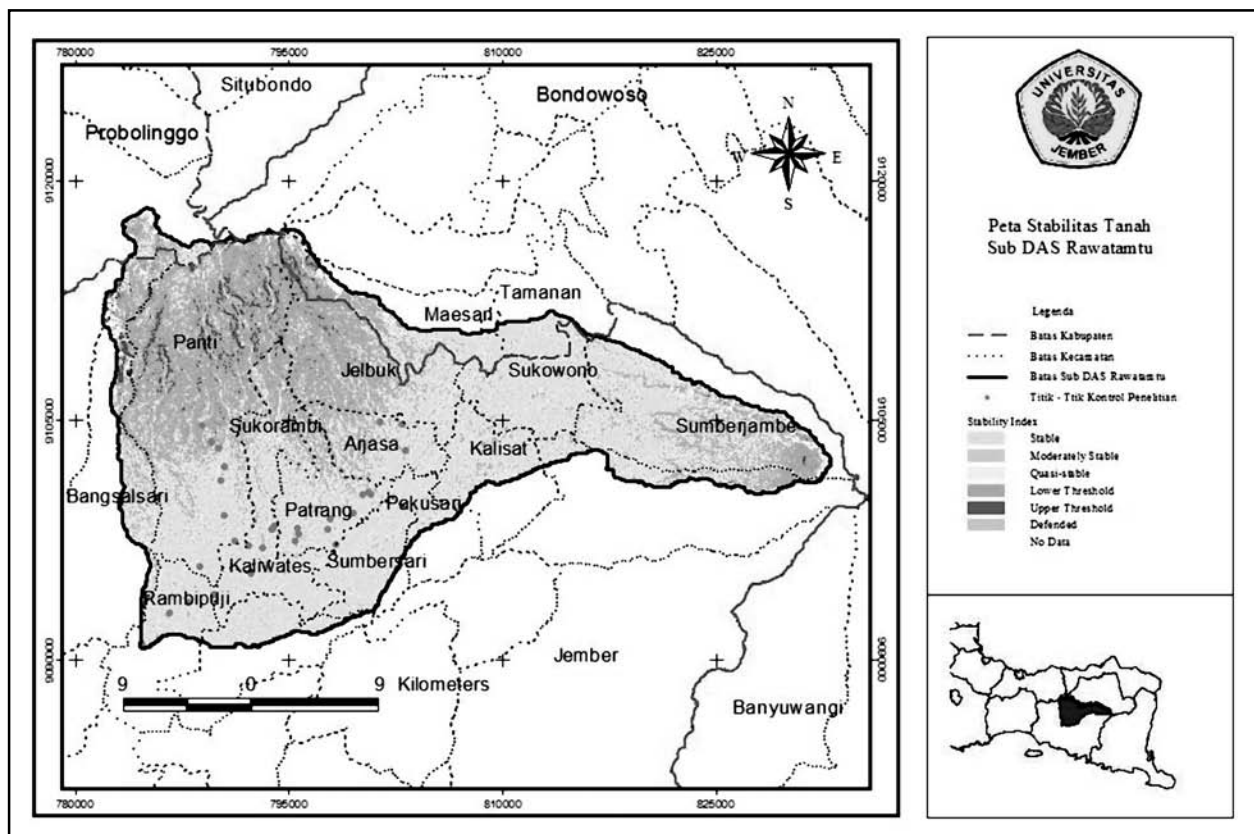
Hasil dan Pembahasan

Peta Indeks Stabilitas Tanah

Daerah yang berada pada zona rawan longsor ($0.1 < SI < 0.9$) terletak di daerah sekitar lereng

Gunung Argopuro dan Gunung Raung. Daerah tersebut mencakup: Kecamatan Panti, Arjasa, Sukorambi, Jelbuk, Bangsalsari dan sebagian kecil berada di kaki Gunung Raung yang mencakup sebagian kecil Kecamatan Sumberjambe (Gambar 4). Dari Gambar 4, juga dapat disimpulkan bahwa sebagian besar wilayah yang termasuk ke dalam zona batas atas dan bawah longsor berada di wilayah Gunung Argopuro dan sebagian kecil berada di Kecamatan Sumberjambe, atau lereng Gunung Raung. Semakin besar nilai SI suatu wilayah, maka dapat diprediksikan bahwa wilayah tersebut berada dalam zona wilayah stabil. Begitu juga sebaliknya, jika nilai SI semakin rendah, maka diprediksikan wilayah tersebut memiliki kestabilan tanah yang relatif rendah dibandingkan dengan wilayah lain. Tingkat kestabilan tanah yang rendah dapat menggambarkan daerah tersebut mudah longsor karena ketidakstabilan lereng.

Selanjutnya, prosentase luas wilayah yang



Gambar 4. Peta Stabilitas Tanah Sub DAS Rawatamtu.

masuk ke dalam masing-masing kelas, ditampilkan dalam Tabel 2.

Dari Tabel 2, didapatkan 49.8% dari wilayah Sub DAS Rawatamtu berada pada zona stabil, 6.3% berada pada zona agak stabil, 6.8% berada pada zona kurang stabil, 35.5% berada pada zona batas bawah longsor, 1.6% berada pada zona batas atas longsor dan 0% untuk wilayah terjadi longsor.

Evaluasi Kualitatif peta Indeks Stabilitas Tanah

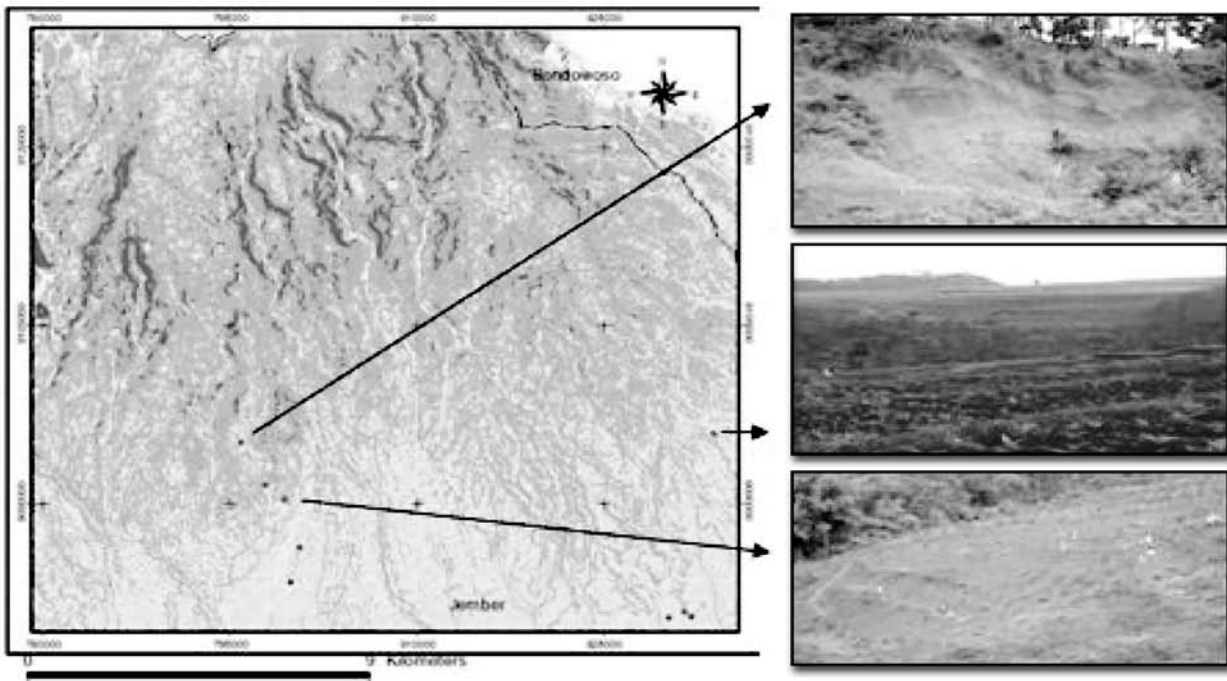
Hasil peta indeks stabilitas tanah yang dihasilkan, disesuaikan dengan keadaan yang ada dilapangan melalui keberadaan titik-titik kontrol penelitian. Dari

titik-titik tersebut dapat diketahui bahwa peta indeks stabilitas yang dihasilkan relatif sesuai dengan keadaan di lapang. Kondisi titik-titik yang diprediksi memiliki stabilitas tanah yang rendah dapat dilihat pada Gambar 5.

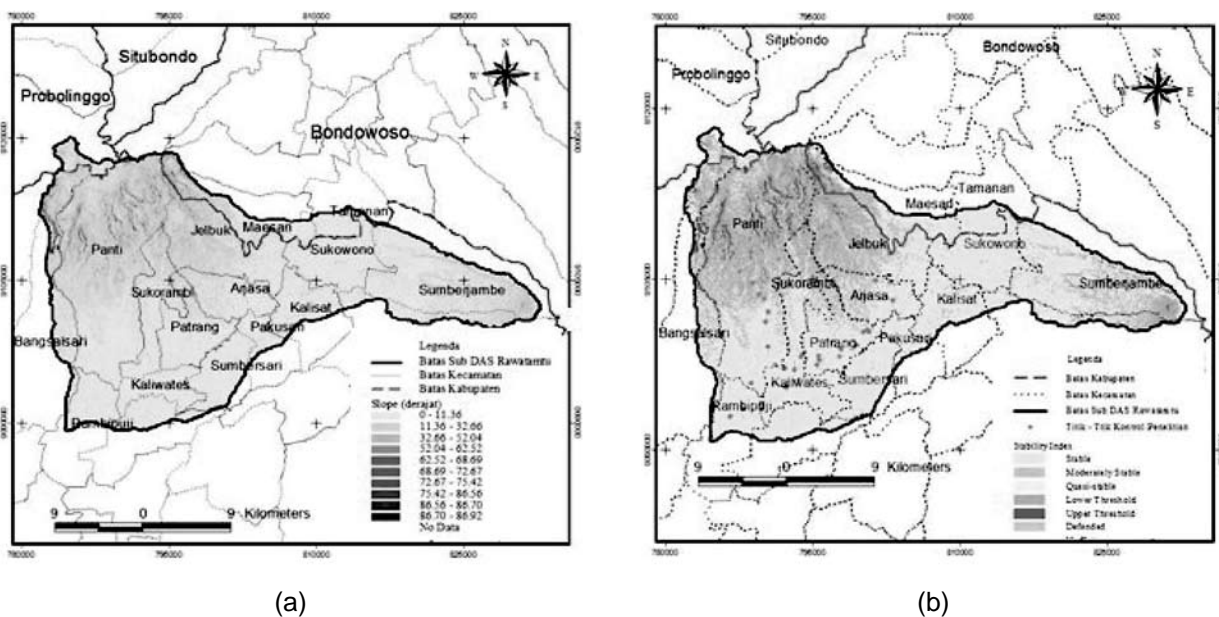
Peta Indeks Stabilitas Tanah dan Kemiringan Lereng

Gambar 6 memperlihatkan perbandingan antara peta kemiringan dan stabilitas tanah.

Dapat disimpulkan bahwa hubungan antara kemiringan lereng dengan nilai stabilitas tanah berbanding terbalik. Artinya semakin besar sudut



Gambar 5. Kesesuaian Peta Stabilitas Tanah untuk kriteria kurang stabil dengan kondisi di lapangan.



Gambar 6. Perbandingan antara: (a) peta kemiringan dan (b) peta Stabilitas Tanah untuk Sub DAS Rawatamtu

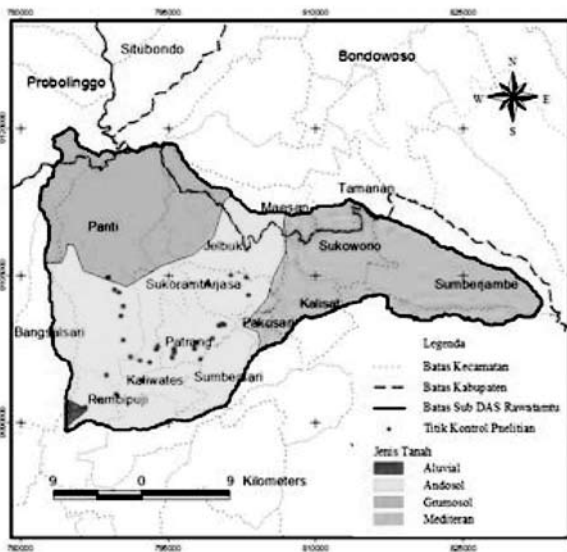
kemiringan lereng, nilai stabilitas tanah yang dihasilkan semakin kecil. Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa rata-rata wilayah yang termasuk ke dalam zona batas atas dan batas bawah longsor di Sub-DAS Rawatamtu berada pada kemiringan lebih dari 11° hingga 86° . Hal ini juga dipertegas oleh Marwanta *et.al* (2007), bahwa daerah lereng Gunung Argopuro memiliki nilai kelereng lebih dari 60° dan Gunung Argopuro termasuk kedalam zona kerentanan longsor menengah sampai tinggi.

Indeks Stabilitas Tanah dan Jenis Tanah

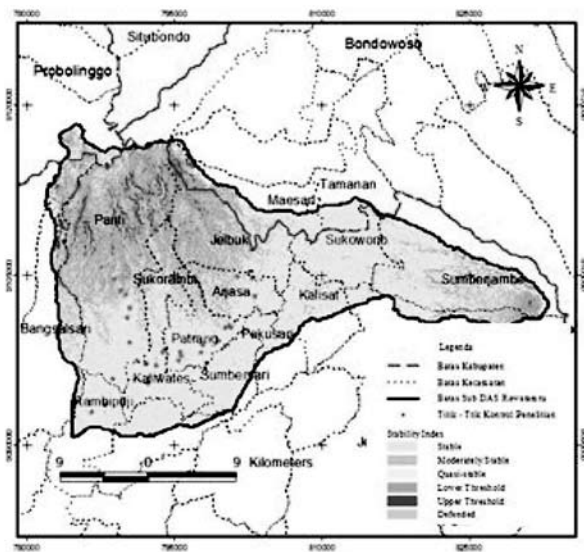
Terdapat empat jenis tanah untuk kawasan Sub DAS Rawatamtu, yaitu Aluvial, Andosol, Grumosol

dan Mediteran. Ke empat jenis tanah tersebut mendominasi sebagian besar kawasan Sub-DAS Rawatamtu (Gambar 7).

Zona batas atas dan batas bawah longsor banyak didominasi oleh jenis tanah grumosol, tanah jenis ini cenderung mudah pecah saat kering dan mengembang saat basah. Pada saat musim penghujan datang maka air dapat dengan mudah masuk dan membuat berat tanah meningkat sehingga mempengaruhi kestabilan tanah dan memicu terjadinya pergerakan tanah atau longsor. Daerah di sekitar lereng Gunung Raung atau Kecamatan Sumberjambe, daerah tersebut juga merupakan daerah yang termasuk ke dalam zona batas atas dan batas bawah longsor. Jenis tanah

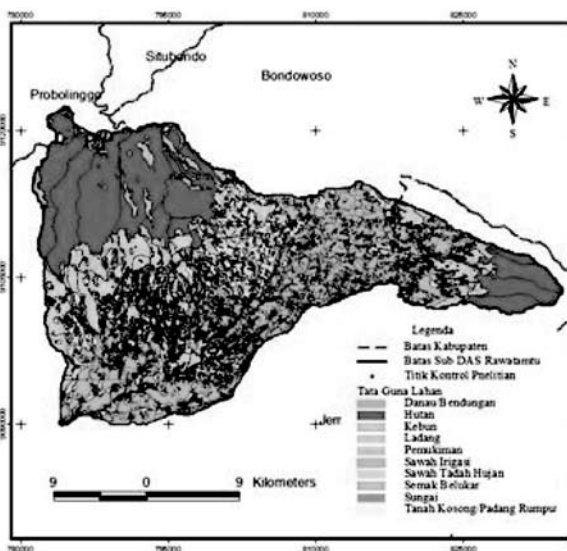


(a)

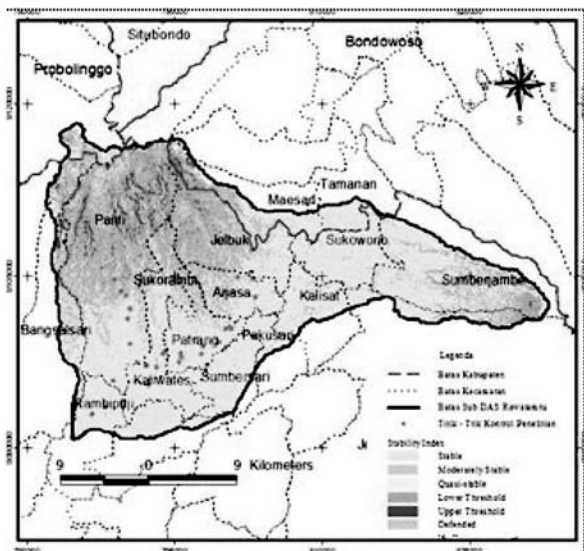


(b)

Gambar 7. Perbandingan Peta: (a) Jenis Tanah dan (b) Stabilitas Tanah Sub DAS Rawatamtu



(a)



(b)

Gambar 8. Perbandingan antara : (a) peta tataguna lahan dan (b) Peta Stabilitas Tanah Sub DAS Rawatamtu.

yang terdapat di wilayah Kecamatan Sumberjambe merupakan jenis tanah mediteran. Sifat dari tanah tersebut yang tidak lekat membuat tanah tersebut mudah runtuh jika berada di kelerengan yang cukup curam.

Indeks Stabilitas Tanah dan Tata Guna Lahan

Gambar 8 memperlihatkan perbandingan antara peta indek stabilitas tanah dengan peta tata guna lahan.

Dari Gambar 8 terlihat bahwa daerah Sub-DAS Rawatamtu yang sebagian besar berada dalam zona batas atas dan batas bawah longsor memiliki jenis tata guna lahan berupa: kebun, hutan, pemukiman dan ladang. Di wilayah lereng perkebunan Gunung Argopuro Kecamatan Panti, memiliki lereng yang cukup curam. Sebagian wilayah di daerah tersebut juga ditanami beberapa jenis tanaman yang akarnya tidak cukup kuat untuk mengikat tanah. Jenis tanaman tersebut antara lain tanaman kacang-kacangan, cabai, kopi, coklat dan beberapa tanaman yang lain.

Simpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada peta indeks stabilitas tanah, 64.7% dari kawasan Sub DAS Rawatamtu berada pada zona stabil; 3.2% berada pada zona agak stabil; 3.5% berada pada zona kurang stabil; 27.1% berada pada kawasan zona batas bawah longsor; 1.4% berada pada kawasan zona batas atas longsor dan 0% untuk daerah longsor. Sebagian besar wilayah yang termasuk ke dalam zona batas atas dan batas bawah longsor berada pada lereng Gunung Argopuro dan sebagian kecil berada pada Kecamatan

Sumberjambe atau daerah lereng Gunung Raung. Daerah tersebut sebagian besar memiliki tingkat kelerengan yang curam. Disamping itu faktor tata guna lahan yang kurang tepat di daerah tersebut juga dapat memberikan kontribusi dalam terjadinya longsor.

Daftar Pustaka

- Bowles, J. E. 1991. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Jakarta : Erlangga
- Galuh, A. 2007. Analisis Karakteristik Tanah Di Wilayah Kabupaten Jember Ditinjau Dari Hasil Pengujian Parameter Tanahnya. Tidak diterbitkan. Tugas Akhir. Jember: Fakultas Teknik sipil, Universitas Jember
- Marwanta, B., Naryanto, H.S., dan Wisyanto. 2007. Potensi Longsor dan Banjir Bandang Serta Analisis Kejadian Bencana 1 Januari 2006 di Pegunungan Argopuro, Kabupaten Jember. Buletin Alami, Vol.12:54-65.
- Tarbotton, D.G., Pack, R.T., dan Goodwin, C.N. 2001. Sinmap a Stability Index Approach To Terrain Stability Hazard Mapping. USA : Canadian Forest Product Ltd.
- Widiastuti, F. 2011. Teknik Identifikasi dan Karakterisasi Lahan Rawan Longsor Menggunakan Teknologi Inderaja dan SIG. Buletin Teknik Pertanian, 16:6-11.
- Rawls, W. and D. Brakensiek (1989). Estimation of soil water retention and hydraulic properties. Unsaturated Flow in Hydrologic Modelling: Theory and Practice. Nato ASI Series. Series C: Mathematical and Physical Sciences-Vol.275. M.s.Ed). Kluwer Academic Publisher, pp: 275-300.