

Pemetaan Ancaman Gerakan Tanah berdasarkan Indeks Stabilitas pada ekstensi SINMAP di Kabupaten Bangli, Bali

I Nengah Sinarta

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa, Denpasar.

Kandidat Doktor Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Ahmad Rifa'i

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Teuku Faisal Fathani

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Wahyu Wilopo

Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

ABSTRAK: Pemetaan ancaman gerakan tanah dengan menggunakan indeks stabilitas tanah pada ekstensi SINMAP (*Soil Stability Index Mapping*), menggunakan parameter tanah berupa nilai kohesi (c), sudut gesek internal tanah (ϕ) dan nilai konduktivitas hidrolik tanah (k_s) tersebut untuk prediksi gerakan tanah berdasarkan nilai keamanan (FS). Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Bangli. Data terdiri dari: (1) ASTER DEM; (2) sifat-sifat fisik tanah; (3) curah hujan; dan (4) titik longsor hasil survei GPS. SINMAP menghitung indeks stabilitas tanah atau angka keamanan dengan asumsi bahwa proses longsor merupakan hasil kombinasi dari: sifat-sifat fisik tanah wilayah, kemiringan lereng, tata guna lahan dan curah hujan. Interaksi antara ke empat faktor tersebut diintegrasikan di dalam SINMAP dan diklasifikasikan dalam suatu nilai indeks stabilitas tanah. Hasil studi menunjukkan 74% dari wilayah Kabupaten Bangli berada pada zona stabil, 5% berada pada zona agak stabil, 6% berada pada zona kurang stabil, 4% berada pada zona batas bawah longsor, 3% berada pada zona batas atas longsor dan 8% untuk wilayah terjadi longsor. Sebagian besar wilayah dalam zona batas bawah dan batas atas longsor, sedangkan potensi zona longsor terbanyak terjadi di Kecamatan Kintamani yaitu sekitar kaldera Gunung Batur dan lereng Gunung Abang dengan jumlah titik longsor 208 titik dan sebagian kecil berada sisi barat utara Kabupaten Bangli.

Kata Kunci: SINMAP, Stabilitas Tanah, Ancaman longsor, Sifat Fisik Tanah, Gerakan Tanah

ABSTRACT: Mapping landslides hazard of soil stability in extension SINMAP (*Soil Stability Index Mapping*), using soil parameters such as the value of cohesion (c), internal friction angle of soil (ϕ), and the value hydraulic conductivity of soil (k_s) are for the prediction of movement land based on the value of the safety factor (FS). Research held in Bangli regency, inputting data consists of: (1) ASTER DEM; (2) soil properties; (3) the rainfall; and (4) Point location of landslides GPS survey results. SINMAP calculate indices of soil stability or safety factor assuming that: the landslide was a result of the soil properties, slope, land use and rainfall. The interaction between all four factors are integrated in SINMAP and clasification of stability index values. The study shows 74% of the Bangli regency are in stable zones, 5% are in the zone rather stable, 6% were in the zone is less stable, 4% were in the zone of the lower limit of the landslide, 3% are in the zone of the upper limit of landslides and 8% for the area of landslides. Most areas in the upper and bottom limit of landslide condition, while the zone landslide for landslides occured in the district of Kintamani which is around the caldera of Mount Batur and Mount Abang slopes with a point of landslides 208 points and the fraction is the north west side of Bangli regency.

Keywords: SINMAP, Soil Stability, Landslide Hazard, Soil Properties, Soil Movement

1 PENDAHULUAN

Gerakan tanah adalah gerakan massa tanah dengan berbagai bentuk dan cara pergerakannya. Longsoran tanah telah menjadi

bencana nasional, jumlah korban jiwa bertambah setiap tahunnya. Longsoran tanah sangat terkait dengan tingkat stabilitas tanah atau stabilitas lereng, karena pada hakekatnya longsor terjadi akibat tingkat kestabilan tanah

yang rendah. Bencana tanah longsor paling sering terjadi di musim hujan pada tingkat curah hujan sedang dengan frekuensi panjang. Jumlah bencana gerakan tanah di Indonesia lebih tinggi dibandingkan dengan bencana alam lainnya, dengan kerugian yang ditimbulkan baik korban jiwa ataupun ekonomi semakin meningkat. Berdasarkan laporan Pusat Pengendalian Operasi (Pusdalop) BNPB Provinsi Bali (2012) total kejadian tanah longsor dari delapan Kabupaten dan satu kota di Provinsi Bali terbanyak terjadi di Kabupaten Buleleng dengan persentase kejadian sebesar 36,5%. Kabupaten Tabanan dengan jumlah kejadian sebesar 18,25%, dan Kabupaten Bangli dengan jumlah kejadian sebesar 16,79%.

Penelitian ini berupaya melakukan pemetaan ancaman gerakan tanah dengan menggunakan *Stability Index Mapping (SINMAP)* yang diperkenalkan oleh Tarboton dkk., (2001) dalam metode ini menggunakan prinsip stabilitas tanah. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi apakah pemetaan indeks stabilitas yang dilakukan dengan menggunakan data DEM resolusi rendah, secara kualitatif dapat menggambarkan kenyataan yang ada di lapangan, dan memetakan indeks stabilitas tanah untuk wilayah Kabupaten Bangli. 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. (Sinarta, 2013, 2014)

2 KONSEP INDEKS STABILITAS

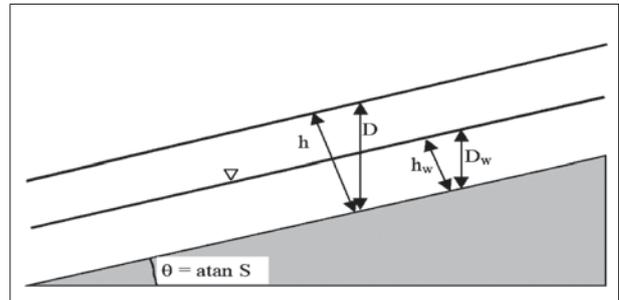
Analisis stabilitas tanah pada SINMAP berdasarkan analisis lereng tak-terhingga (Gambar 1) merupakan model yang digunakan untuk menentukan faktor keamanan (FS) dari adanya perbedaan gaya penahan keruntuhan dan gaya penyebab keruntuhan (Tarboton dkk., 2001), persamaan model tersebut ditulis sebagai berikut:

$$FS = \frac{1}{X} (A + B + C) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$X = D \rho_s g \sin\theta \cos\theta$$

$$A = C_r; B = C_s$$

$C = \cos^2[\rho_s g(D - D_w) + (\rho_s g - \rho_w g)D_w] \tan\phi$
 dimana:
 C_r = kohesi akar (N/m²), C_s = kohesi tanah (N/m²), θ = kemiringan 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),
 g = gaya gravitasi (9,81 m/s²) dan ϕ = sudut gesek internal.
 Nilai θ dapat dihitung dengan menggunakan



rumus arc tangent S, S adalah jarak yang tegak lurus per unit jarak horizontal.

Gambar 1. Lereng tak berhingga

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:

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

selanjutnya, faktor keamanan (FS) berubah menjadi :

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

keterangan :

$$w = D_w/D = h_w/h \quad \dots\dots\dots (4)$$

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

$$C = (C_r + C_s)/(h \rho_s g) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$r = \rho_w/\rho_s \quad \dots\dots\dots (6)$$

dimana; r = rasio air thd density tanah

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

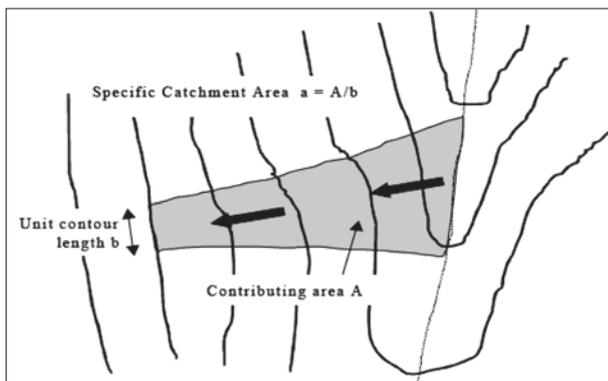
kemungkinan distribusi yang konstan pada daerah yang cukup luas. Selanjutnya, Indeks stabilitas tanah dimodelkan dengan menggunakan persamaan (7), yang merupakan kombinasi dari persamaan kebasahaan (8) dan persamaan (3).

$$FS = \frac{C + \cos\theta \left(\frac{R}{T} \frac{a}{\sin\theta}, 1 \right) r \tan\phi}{\sin\theta} \dots\dots\dots (8)$$

$$w = \text{Min} \left(\frac{R \cdot a}{T \cdot \sin\theta}, 1 \right)$$

keterangan :

w = Indeks basah (*wetness*); R= Curah hujan (mm/hari) ; a = Area tangkapan spesifik(m²/m) didefinisikan sebagai kenaikan lereng area per unit panjang kontur, dihitung dengan persamaan $a = A/b$ dimana; A adalah kontribusi area (m²) dan b adalah unit panjang kontur (m) (lihat Gambar 2); T= Transmisivitas tanah (m²/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 (°) (Tarbotton dkk., 2001).



Gambar 2. Area Tangkapan Spesifik

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

Tabel 1. Kelas Indeks Stabilitas Tanah

Kondisi SI	Kelas	Kondisi
> 1.5	1	Zona slope stabil
1.5 - 1.25	2	Zona agak stabil
1.24 - 1.0	3	Zona slope kurang stabil
0.9 – 0.5	4	Zona batas bawah longsor
0.4 -0.1	5	Zona batas atas longsor
0.0	6	Zona slope longsor

Penggunaan SINMAP dilakukan pada tingkat skala regional atau cakupan wilayah yang lebih luas, hal ini merujuk kepada penelitian tesis yang dilakukan oleh Prabin

Kayastha yang berjudul “Slope stability analysis using GIS on a regional scale” pada tahun 2006 yang mempunyai are penelitian seluas 347 km² dan Govind Acharya yang berjudul *GIS Approach for Slope Stability Risk Analysis: A Case Study from Nepal* pada tahun 2003 yang mempunyai area penelitian seluas 885 km². Dari kedua penelitian tersebut metode model SINMAP dari skala makro ke skala mikro pada prinsipnya dapat dilakukan dengan cara mengubah parameter-parameter sifat mekanika tanah, seperti nilai kohesi, *friction angle* (sudut gesek internal), dan nilai transmittas (T/R) pada tiap-tiap perbedaan jenis tanah dalam suatu area penelitian.

Pada penelitian ini, SINMAP digunakan untuk membuat peta indeks stabilitas tanah di wilayah Kabupaten Bangli dengan menggunakan data DEM dengan ketelitian pixel 30m. Validasi peta dilakukan dengan melihat kondisi wilayah di lapangan, serta survei GPS pada 14 titik longsor yang pernah terjadi berdasarkan data BPBD Kabupaten Bangli dan Pusdalop BNPB Provinsi Bali tahun 2014, dan juga berdasarkan informasi pengamatan visual ataupun data sekunder yang diperoleh dari literatur dan informasi masyarakat.

3 METODEDELOGY PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bangli memiliki luas 520,81 km² atau 9,25% dari luas Provinsi Bali dengan Kecamatan Kintamani sebagai pengamatan utama sebab wilayah ini yang paling sering mengalami longsor. Secara administratif Kecamatan Kintamani memiliki luas 366,92 km² merupakan 70,45% dari luas Kabupaten Bangli.

Data 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). Data curah hujan harian periode 1993-2011 yang diperoleh dari BMKG wilayah III, Denpasar, dan data titik kejadian longsor merupakan data primer yang digunakan sebagai titik kontrol. Data properties tanah mencakup data kedalaman tanah (h), kohesi (c), dan sudut gesek internal (φ) berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan data laboratorium lainnya hasil penyelidikan penulis lakukan. Nilai konduktivitas hidraulik diperoleh dari tabel sifat fisik tanah (Rawls,Brakeniek dan Saxton, 1993).

Data titik-titik kejadian longsor berfungsi sebagai pembanding 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 Kintamani dan berdasarkan informasi dari pemberitaan tentang bencana longsor dan juga informasi dari masyarakat Kabupaten Bangli.

Penelitian ini diawali dengan menkonversi data DEM ke ASCII, selanjutnya data curah hujan harian periode 1993-2011, 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;

$$T = k_s \cdot h \dots\dots\dots (9)$$

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 Kecamatan Kintamani. 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 pengujian properties tanah di laboratorium.

Nilai-nilai parameter tanah wilayah merupakan tahap memasukkan data yang dibutuhkan oleh SINMAP seperti kohesi (c), sudut gesek internal (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". Data titik-titik kejadian longsor berdasarkan data GPS dan laporan Pusdalop di lapangan ditransfer ke

dalam komputer, diolah menggunakan *microsoft excel* dan disimpan dalam format .dbf. Data dengan format tersebut kemudian dibuka dengan menggunakan software arcGIS 10.2 dan di konversikan ke dalam format .shp (*shapefile*).

4 NILAI TRANSMISIVITAS TANAH DAN STABILITAS TANAH

Berdasarkan data penyelidikan tanah di lapangan berupa boring, diperoleh nilai transmisivitas yang diperoleh untuk batas atas adalah $0.1295 m^2/jam$ dengan ketebalan tanah sample rata-rata 5m titik pengambilan di desa Abang, sedangkan untuk batas bawah adalah sebesar $0.0048 m^2/jam$ dengan ketebalan tanah 4m, titik pengambilan sample di desa Kedisan. Mengacu tabel klasifikasi hidrologi tanah berdasarkan tekstur tanah, Rvals (1989), nilai konduktivitas hidraulik untuk memperoleh nilai transmisivitas sebagai batas atas ditentukan berdasarkan nilai yang paling besar yaitu $0.0259 m/jam$ untuk tekstur berpasir sedikit lempung dengan bahan organik (*sandy loam*) dan batas bawah ditentukan dari tekstur pasir berlempung (*sandy clay*) sebesar $0.0012 m/jam$. Nilai transmisivitas sudah diperoleh sebagai parameter T , dan nilai untuk curah hujan juga sudah diperoleh sebagai parameter R , selanjutnya adalah menentukan parameter T/R baik sebagai batas atas dan juga batas bawah. Nilai T/R untuk batas atas sebesar 30,76 m dan batas bawah sebesar 4,324 m.

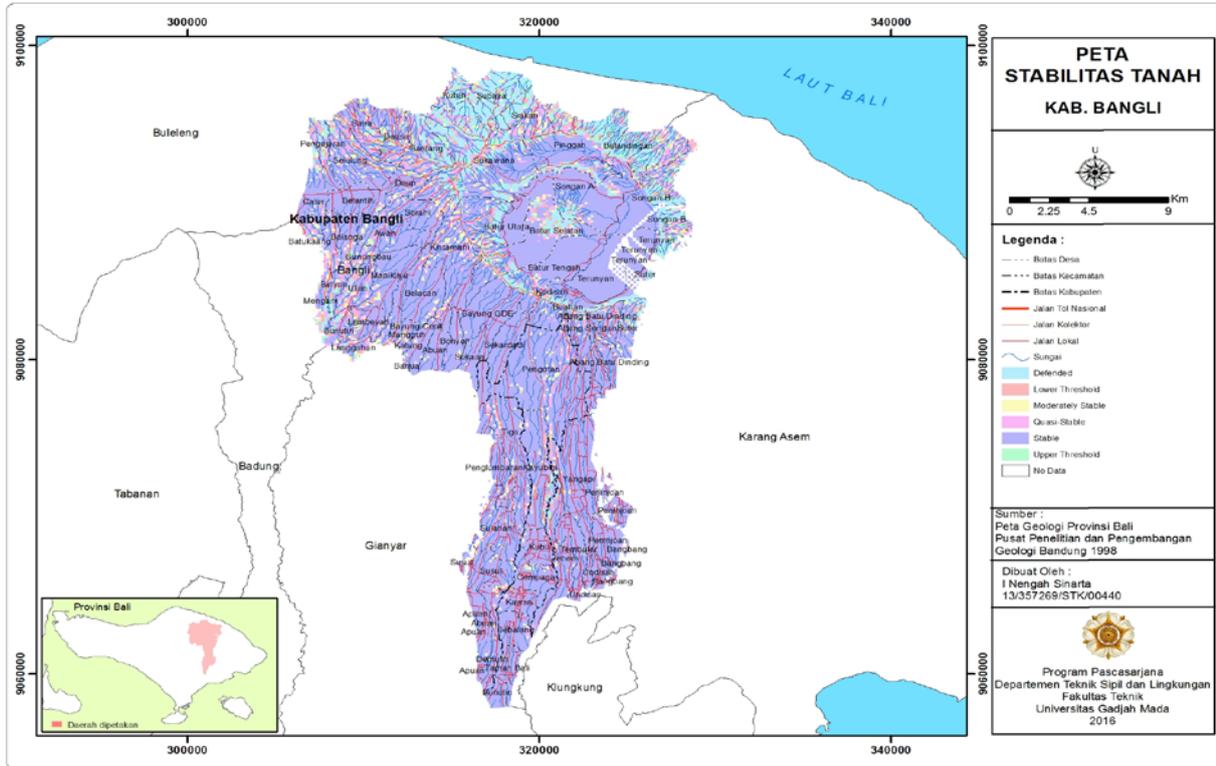
Nilai stabilitas tanah berupa nilai kohesi (c) dan sudut gesek internal (ϕ), nilai batas atas untuk kohesi yang digunakan adalah 1.049 yang berada pada Desa Abang, dan 0.132 sebagai batas bawah yang berada di Desa Kedisan yang keduanya berada di Kecamatan Kintamani. Nilai sudut geser dalam yang digunakan sebagai batas atas adalah sebesar 58.1° dan batas bawah sebesar 10° .

5 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan SINMAP di Kabupaten Bangli, daerah yang berada pada zona rawan longsor ($0.1 < SI < 0.9$) terletak di daerah sekitar lereng Gunung Abang yaitu daerah Desa Abang Atas dan Desa Abang Batu Dinding. Daerah-daerah lainnya tersebut mencakup: Desa Buahon, Desa Suter, Desa Balandangan dan Desa Sukawana, dan sebagian kecil di Kecamatan Bangli, Kecamatan Susut dan

Kecamatan Tembuku lihat Gambar 3. Dapat disimpulkan bahwa sebagian besar wilayah yang termasuk ke dalam zona batas atas dan bawah longsor, dan berada di wilayah Kecamatan Kintamani atau sekitar kaldera Gunung Batur, lereng Gunung Abang dan

sebagian kecil berada disisi utara Kecamatan Bangli. Penilaian wilayah yang berpotensi longsor sangat tinggi mencapai 208 titik, dengan sebagian besar wilayah berada di Kecamatan Kintamani.



Gambar 3. Peta Stabilitas Tanah Kabupaten Bangli

Tabel 2. Resume SINMAP berdasarkan Nilai Indeks Stabilitas Tanah

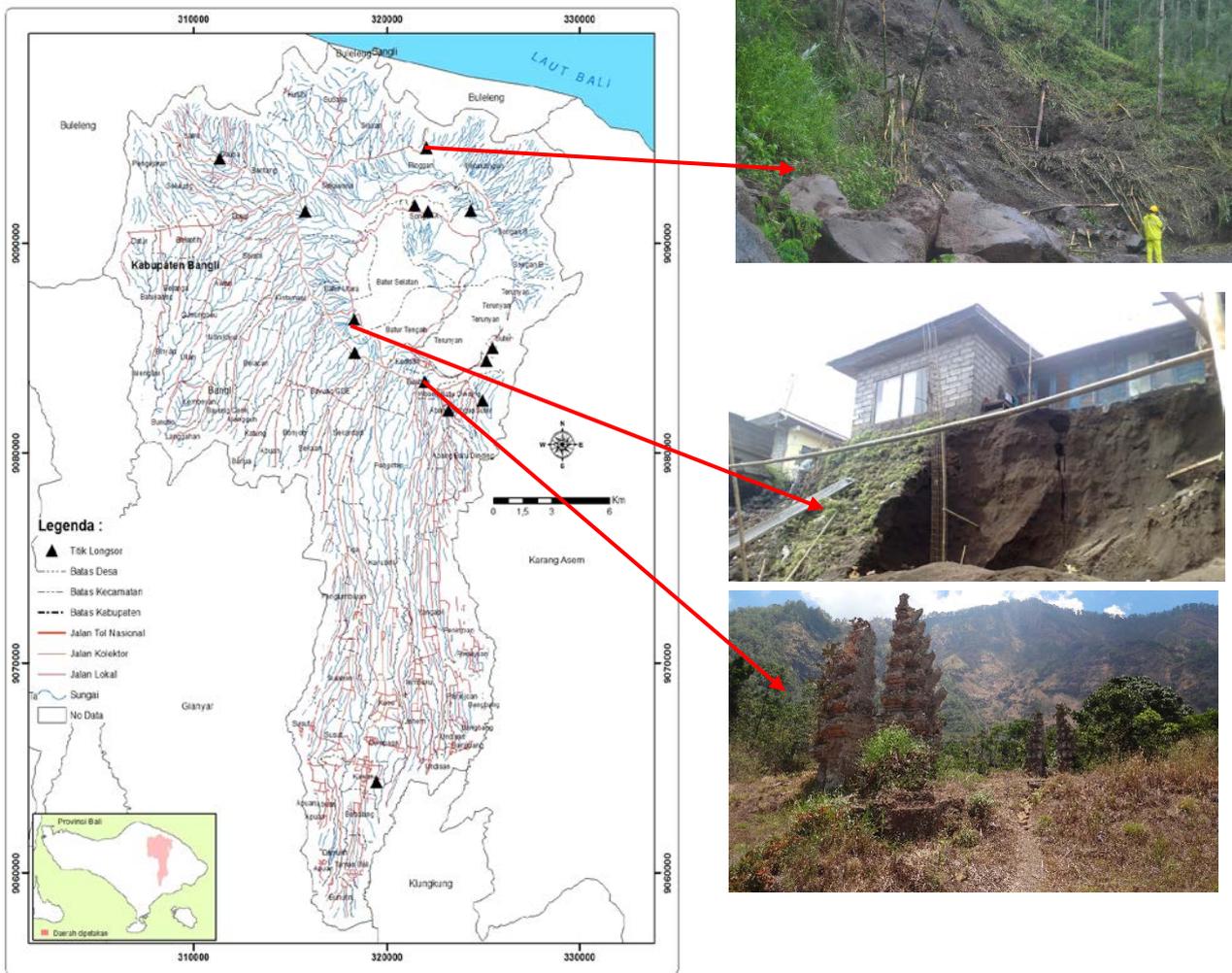
Item	Stabil	Agak Stabil	Cukup Stabil	Batas Bawah Longsor	Batas Atas Longsor	Longsor	Total
Luas (km ²)	336,20	24,83	27,42	20,23	12,89	35,80	457,37
% Luas	74%	5%	6%	4%	3%	8%	100%
Titik	381	759	702	509	340	208	2899
% titik	13%	26%	24%	18%	12%	7%	100%

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, persentase luas wilayah yang masuk ke dalam masing-masing kelas, ditampilkan dalam Tabel 2. Hasil mendapatkan bahwa 74% dari wilayah Kabupaten Bangli

berada pada zona stabil, 5% berada pada zona agak stabil, 6.% berada pada zona kurang stabil, 4% berada pada zona batas bawah longsor, 3% berada pada zona batas atas longsor dan 8% untuk wilayah terjadi longsor.

5.1 Evaluasi Kualitatif peta Indeks Stabilitas Tanah

Pemetaan indeks stabilitas tanah yang dihasilkan berdasarkan ekstensi SINMAP pada ArcGIS, disesuaikan dengan keadaan yang ada di lapangan dengan keberadaan titik-titik kontrol berupa titik catatan kejadian longsor yang pernah terjadi. Berdasarkan titik-titik



Gambar 4. Titik Longsor di Kabupaten Bangli

tersebut dapat diketahui bahwa peta indeks stabilitas yang dihasilkan sesuai dengan keadaan di lapangan, dimana longsor pernah terjadi pada daerah yang terindikasi akan longsor. Kondisi titik-titik yang diprediksi memiliki stabilitas tanah yang rendah dapat dilihat pada Gambar 4.

5.2 Indeks Stabilitas Tanah terhadap Kemiringan Lereng

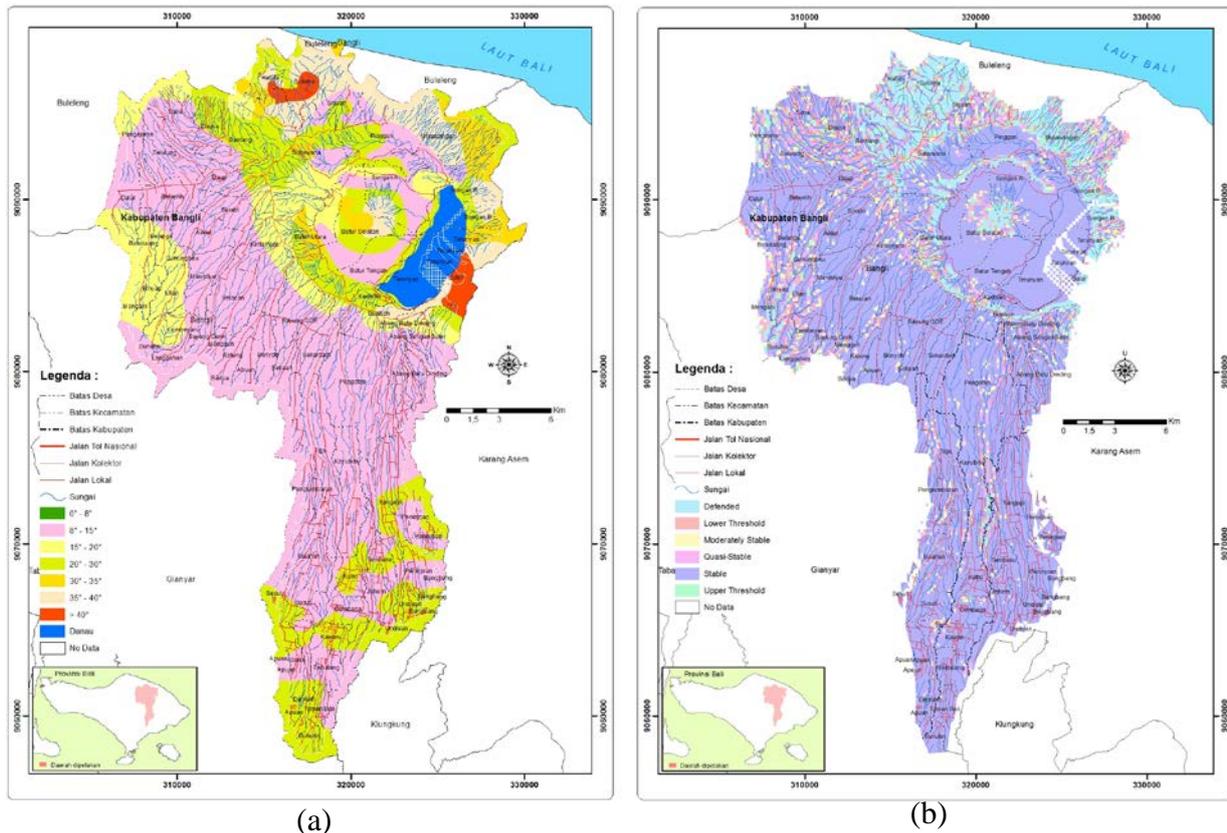
Berdasarkan Permen PU No.22/PRT/M/2007 tentang Kawasan Rawan Bencana Longsor pada Gambar 5, memperlihatkan perbandingan antara peta kemiringan dan stabilitas tanah, disimpulkan bahwa hubungan antara kemiringan lereng dengan nilai stabilitas tanah terjadi pada sudut kemiringan $35^{\circ} - 40^{\circ}$ atau berada pada tipologi berpotensi longsor type B yang berpotensi pada daerah kaki gunung kaki pegunungan dengan ketinggian 500meter 2000 meter di atas permukaan laut. Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa rata-rata wilayah yang termasuk

ke dalam zona batas atas dan batas bawah longsor di Kecamatan Kintamani.

Daerah kaldera gunung Batur dan daerah lereng Gunung Abang dengan Desa Abang Suter, Desa Abang Batu Dinding, Desa Buah dan Desa Suter memiliki nilai kelerengan lebih dari 30° dan di atas 40° , termasuk kedalam zona ancaman gerakan tanah tinggi. Titik longsor pada daerah tersebut berdasarkan SINMAP berjumlah 78 titik dari 208 titik longsor yang diprediksi.

5.3 Indeks Stabilitas Tanah dan Jenis Tanah

Jenis Tanah di Kabupaten Bangli pada Gambar 6, yaitu jenis regosol dengan variasi warna yaitu regosol coklat, regosol coklat kekuning-kuningan, regosol humus dan regosol kelabu, dari ke empat jenis tanah tersebut mendominasi adalah regosol humus. Tanah regosol berasal dari batuan vulkanik khususnya hasil letusan Gunung Batur pada jaman purba dengan ciri-ciri berbutir kasar, berwarna kelabu sampai kuning, dan berbahan organik sedikit,



Gambar 5. Perbandingan (a) peta kemiringan dan (b) peta Stabilitas Tanah

sedangkan daerah yang berpotensi terjadinya gerakan tanah di dominasi oleh jenis tanah regosol kelabu. Tanah regosol mempunyai bahan induk abu, pasir, dan tuf vulkan intermedier dengan fisiografi vulkanik (Sinarta, 2014).

Tanah regosol mempunyai tekstur geluh lempung atau *clay loam* dan *Sandy Loam* dan sebagian berupa lempung berpasir (*Sandy Clay*) Tanah ini mempunyai konsistensi sedang dan ke bawah berangsur-angsur beralih ke bahan induk yang pejal dan tanahnya rawan terhadap erosi. Zona batas atas dan batas bawah terhadap gerakan tanah banyak didominasi oleh jenis tanah regosol kelabu, dimana pada 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 dan khususnya jenis tanah regosol yang berbutir kasar (*sandy loam*) sangat mudah tererosi sehingga menimbulkan aliran debris atau banjir bandang. Daerah di sekitar kaldera Gunung Batur dan lereng Gunung Abang di Kecamatan Kintamani, merupakan daerah tersebut juga merupakan daerah yang termasuk ke dalam zona batas atas dan batas bawah longsor dan mendekati longsor dengan potensi

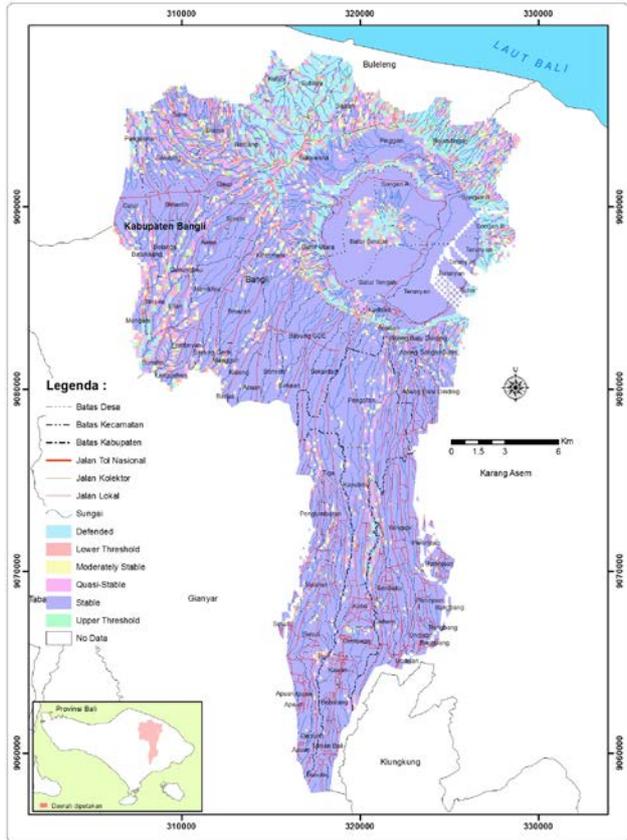
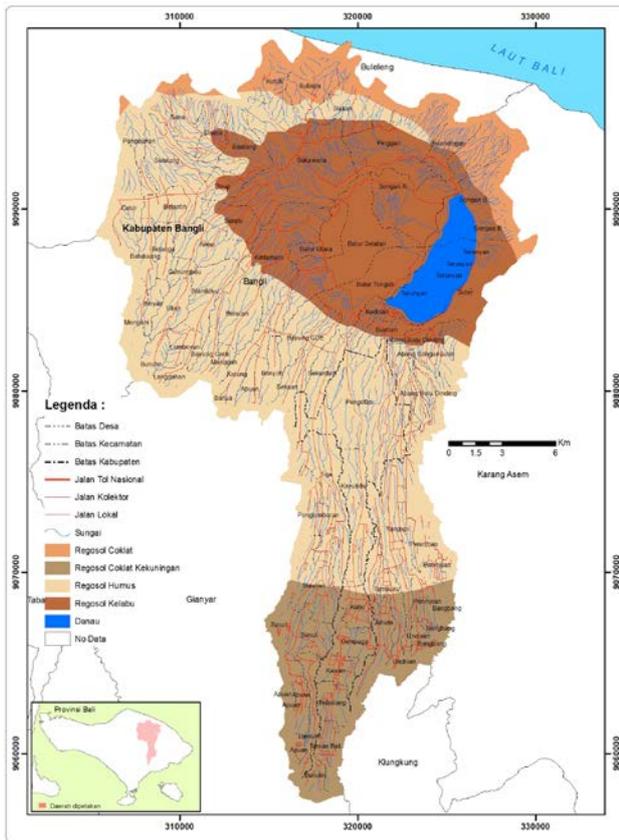
gerakan tanah berupa aliran debris atau banjir bandang.

5.4 Indeks Stabilitas Tanah dan Kondisi Geologi

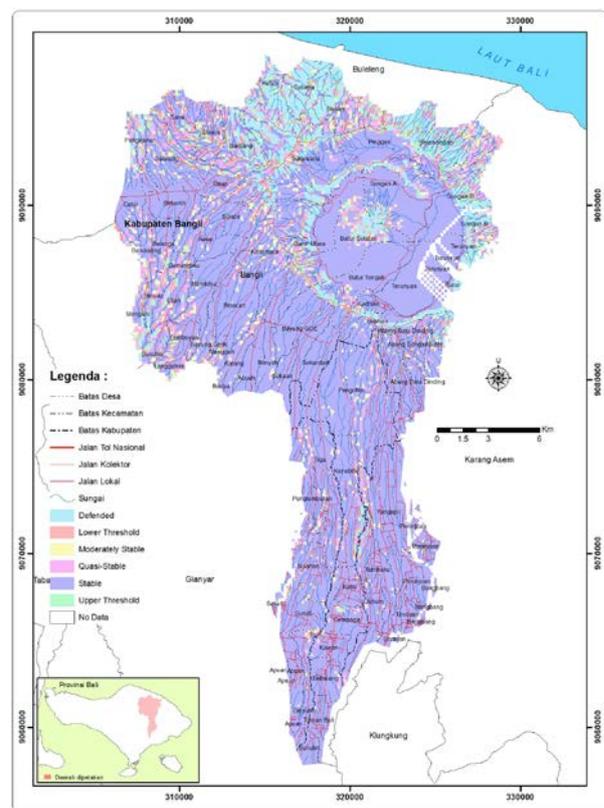
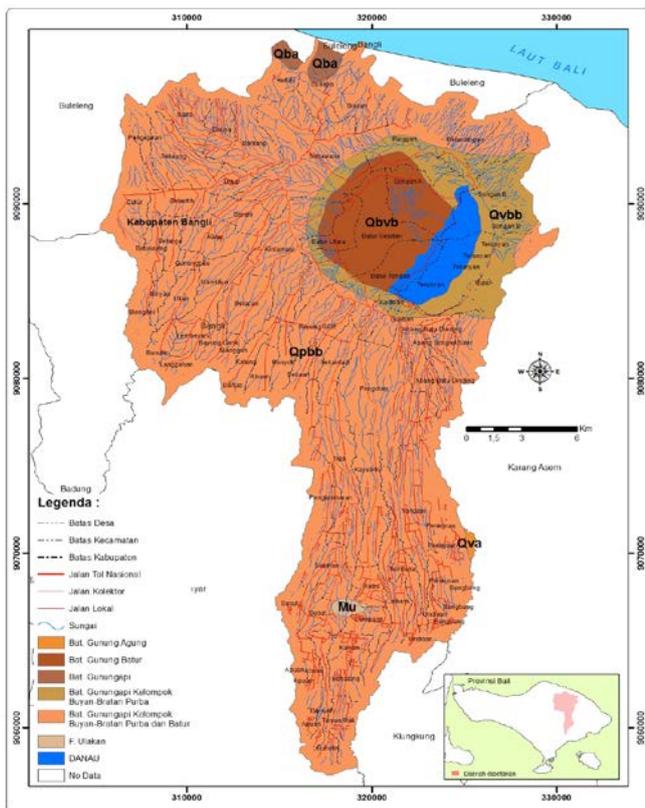
Penampakan bentang alam dan kondisi geologi Gambar 7, berdasarkan peta geologi lembar Bali (Purbo. H, 1998) batuan penyusun daerah ini berupa breksi dan lava yang berasal dari kelompok Batuan gunung api Buyan-Bratan Purba (Qpbb), yang terdiri dari tufa dan endapan lahar vulkanik Buyan-Beratan dan Batur yang berumur kwarter atas. Formasi geologi yang berumur kwarter bawah ada di sekeliling Gunung Batur termasuk Gunung Abang yang merupakan batuan muntahan dari gunung berapi Buyan - Bratan purba serta Batur Purba.

Satuan tufa dan breksi vulkanik yang menyusun sebagian besar daerah penelitian terbentuk pada jaman *Pleistosen* dengan penanggalan umur $2,33 \pm 0,12$ juta tahun sampai $0,77 \pm 0,06$ juta tahun, sangat mudah tererosi akibat hujan (Sinarta dkk, 2016).

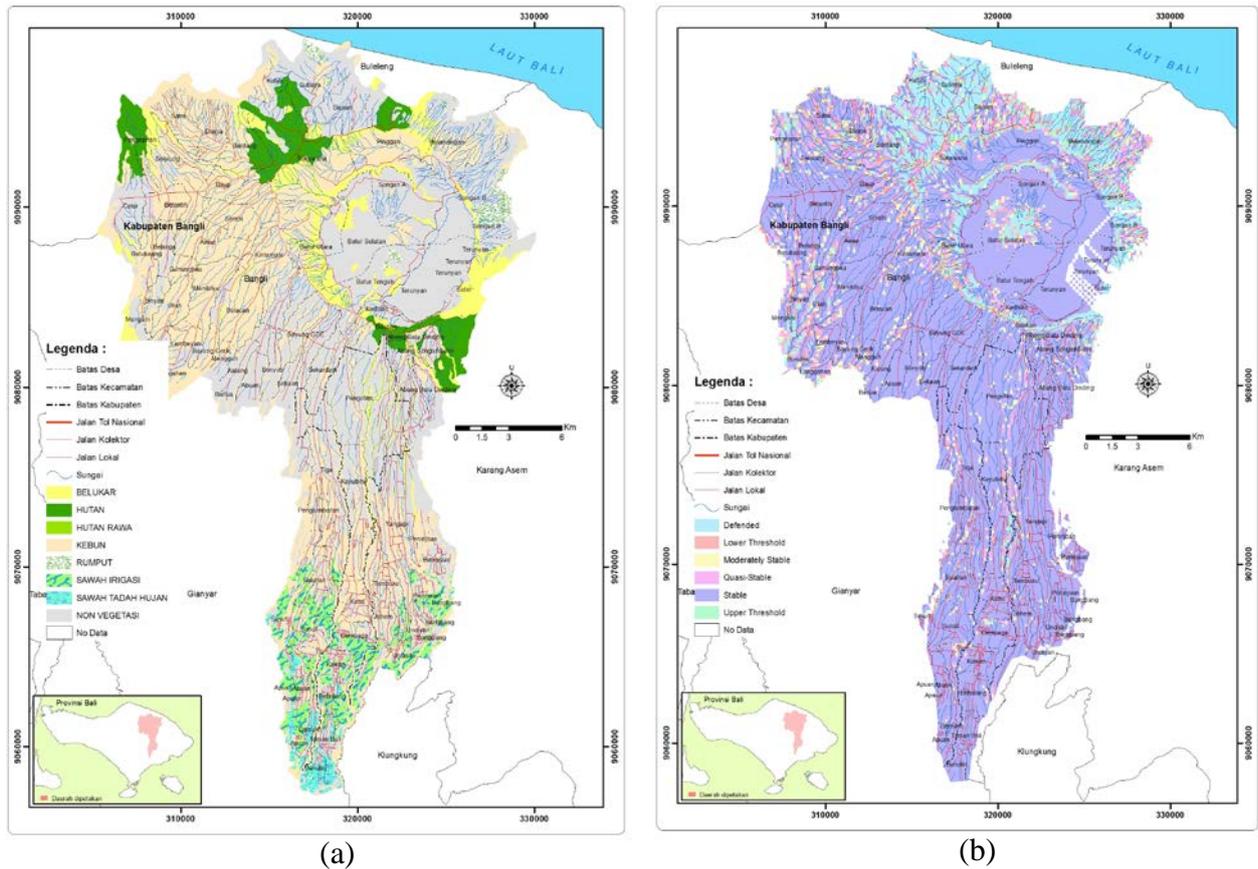
Berdasarkan analisa ekstensi SINMAP berada pada zona batas bawah dan batas atas longsor, dan sebagaian zona longsor karena secara litologi berupa lava, breksi vulkanik, dan breksi tufaan dalam kondisi agak lapuk hingga lapuk sedang.



(a) (b)
 Gambar 6. Perbandingan (a) Peta Jenis Tanah dan (b) Peta Stabilitas Tanah



(a) (b)
 Gambar 7. Perbandingan (a) Peta Formasi Geologi dan (b) Peta Stabilitas Tanah



Gambar 8. Perbandingan (a) Peta Tata Guna Lahan dan (b) Peta Stabilitas Tanah

Dinding kaldera batur bagian selatan dengan batuan penyusun berasal dari batuan gunung api Buyan-Bratan dan Batur (Qpbb) yang terdiri dari pasir sampai pasir kelanauan yang bersifat lepas dan porous. Kondisi tersebut tanah cenderung mudah lepas, sehingga dengan intensitas hujan sedang dengan frekuensi yang panjang akan menimbulkan gerakan tanah berupa banjir bandang.

5.5 Indeks Stabilitas Tanah dan Tata Guna Lahan

Gambar 8 memperlihatkan bahwa daerah Kecamatan Kintamani 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 Gunung Abang memiliki lereng yang cukup curam dengan vegetasi sebagian besar berupa semak belukar. ebagian wilayah yang merupakan zona longsor di daerah tersebut juga berupa hutan dan diselingi dengan semak belukar. Beberapa jenis tanaman yang akarnya tidak cukup kuat untuk mengikat tanah di tanami sekitar kaldera gunung batur dengan jenis tanaman antara lain tanaman kacang-

kacangan, cabai, sayur-sayuran, coklat dan beberapa tanaman yang lain.

6 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan dengan ekstensi SINMAP pada ArcGIS 10.2 menghasilkan peta indeks stabilitas tanah, dengan menunjukkan 74% dari wilayah Kabupaten Bangli berada pada zona stabil, 5% berada pada zona agak stabil, 6% berada pada zona kurang stabil, 4% berada pada zona batas bawah longsor, 3% berada pada zona batas atas longsor dan 8% untuk wilayah terjadi longsor. Sebagian besar wilayah dalam zona batas bawah dan batas atas longsor dengan total luas 33,12 km², sedangkan potensi longsor terbanyak terjadi di Kecamatan Kintamani yaitu sekitar kaldera Gunung Batur dan lereng Gunung Abang dengan jumlah titik longsor 208 titik dan sebagian kecil berada sisi barat utara Kabupaten Bangli.

Sebagian besar wilayah yang termasuk ke dalam zona batas atas dan batas bawah longsor berada pada kaldera Gunung Batur dan lereng Gunung Abang dengan desa-desa di sekitarnya memiliki tingkat keterlerasan yang curam yaitu 30° - 40°. faktor kondisi geologi yang menyangkut umur geologi sangat berpengaruh

terhadap pelapukan batuan vulkanik sehingga mudah lepas dan menimbulkan gerakan tanah. Tata guna lahan yang sebagian semak belukar pada lereng-lereng sangat mudah menimbulkan gerakan tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada bapak Ir. I Wayan Wiraga, Ir. Surya, CV Soil Indo, Pustalop Provinsi Bali dan BPBD Kabupaten Bangli, yang telah banyak memberikan data dan akses melakukan penelitian di wilayah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2007 Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007, Direktorat Jenderal Penataan Ruang
- Hardiyatmo, H. C. (2012). Tanah Longsor dan Erosi (Vol. 2). Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- G. Legorreta Paulin, M. B. J. L.-H. J. Z. O., 2010. Effect of pixel size on cartographic representation of shallow and deep-seated landslide, and its collateral effects on forecasting of landslides by SINMAP and Multiple Logistic Regression landslide models. *Physics and Chemistry of the Earth, Elsevier, Volume 35*, pp. 137-148.
- Karnawati, D. (2002). Basic Concept on Landslide Mapping, Department of Geological Engineering, Gajah Mada University.
- 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.
- Purbo-Hadiwidjojo, M. M., Samodra, H. & Amin, T., 1998. Peta Geologi Lembar Bali, Nusa Tenggara. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- 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.
- R.T. Pack, D. T. C. G. A. P., 2005. *A Stability Index Approach to Terrain Stability Hazard Mapping, SINMAP User's Manual*. Utah State: Canadian Forest Products Ltd.
- R.T.Pack, D. T. C. G. A. P., 2005. *SINMAP 2 A Stability Index Approach to Terrain Stability Hazard Mapping*. Utah, USA: David Tarboton, Utah State University.
- Sinarta.I.N, Rifa'i. A, Fathani.T.F, Wilopo.W, (2016), Geotechnical Properties And Geologi Age On Characteristics Of Landslides Hazards Of Volcanic Soils In Bali, Indonesia, *International Journal of GEOMATE*, Oct., 2016, Vol. 11, Issue 26, ISSN: 2186-2982(Print), 2186-2990 (Online), Japan DOI:10.21660/2016.26.67987.
- Sinarta, I N, (2014), *Metode Penanganan Tanah Longsor Dengan Pemakuan Tanah (Soil Nailing)*. Paduraksa, 3 (2). pp. 1-16. ISSN 2303-2693
- Sinarta, I N, (2013), *Ancaman Tanah Longsor Sebagai Salah Satu Indikator Dalam Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan*, Seminar Nasional Structure, ISBN 978-979-18045-5-4.