

TEKNIK IDENTIFIKASI DAERAH YANG BERPOTENSI RAWAN LONGSOR PADA SATUAN WILAYAH DAERAH ALIRAN SUNGAI (*Technique of Identification Area that Potential Landslide Prone at Unit Area of Watershed*)*

Beny Harjadi dan/*and* Paimin

Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
Jl. Ahmad Yani Pabelan, Po.Box.295, Surakarta 57102; Telp. 0271-716709; Fax. 0271-715969;
e-mail: adbsolo@yahoo.com; paimin_das@yahoo.com

*Diterima : 21 September 2012; Disetujui : 14 Maret 2013

ABSTRACT

Incidence of landslides in Indonesia lately continues to increase in intensity and distribution. Landslides occur when shearing resistance during soil or rock is smaller than the shear stress along the plane of avalanches caused by an increase in water saturation of the soil during the rainy season. The purpose of this study was to obtain identification techniques that have the potential landslide areas, so that people easily recognize and there was no unnecessary casualties. The research location was on land located in areas prone to landslide in Purworejo, Banjarnegara, and Karanganyar in Central Java Province. Methods avalanche observations by noting some of the parameters causes landslides include: slope, rainfall, soil texture, soil regolith, delivery, population density. The observation areas prone to landslide sequence of sub watershed (watershed) heaviest: Banjarnegara in sub watershed Merawu (12 cm), Purworejo in sub watershed Gesing (8 cm), and Karanganyar in sub watershed Mungkung-Grompol (0 cm). The higher the clay content, the more potential landslides, besides factor slope, depth regolith, the faults and high rainfall. Impacts or benefits of this research were: a) anticipated/minimize casualties in the event of landslides in areas prone to landslide, b) provided information to the public to get to know potential landslide areas and adapt to landslides, c) provided early warning by installing a variety of tools, such as: extensometer, graduated ombrometer rain, and introduce a wide range of plants that were resistant to landslides.

Keywords: Identification of landslides, the hills, the ground motion, rainfall intensity

ABSTRAK

Kejadian tanah longsor di Indonesia belakangan ini terus meningkat intensitas dan sebarannya. Tanah longsor terjadi jika tahanan geser massa tanah atau batuan lebih kecil dari tekanan geser pada sepanjang bidang longsor yang disebabkan oleh adanya peningkatan kejenuhan air tanah saat musim penghujan. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan teknik identifikasi daerah yang berpotensi longsor, agar masyarakat mudah mengenali dan tidak terjadi korban yang tidak perlu. Lokasi penelitian adalah pada lahan yang berada pada wilayah berpotensi longsor di Kabupaten Purworejo, Banjarnegara, dan Karanganyar di Provinsi Jawa Tengah. Metode pengamatan longsor dengan mencatat beberapa parameter penyebab longsor, antara lain: kemiringan lereng, curah hujan, tekstur tanah, *regolith* tanah, sesar, kepadatan penduduk. Hasil pengamatan daerah yang berpotensi longsor berurutan dari sub Daerah Aliran Sungai (DAS) terberat: Banjarnegara di sub DAS Merawu (12 cm), Purworejo di sub DAS Gesing (8 cm), dan Karanganyar di sub DAS Mungkung-Grompol (0 cm). Semakin tinggi kandungan liat maka semakin berpotensi longsor, selain faktor kemiringan lereng, kedalaman regolit, adanya sesar, dan tingginya curah hujan. Dampak atau manfaat penelitian ini adalah: a) mengantisipasi/meminimalisir terjadinya korban jika terjadi longsor pada daerah yang berpotensi longsor, b) memberi informasi kepada masyarakat untuk mengenal daerah berpotensi longsor dan beradaptasi dengan bencana longsor, c) memberi peringatan dini dengan memasang berbagai alat, antara lain: *extensometer*, penakar hujan ombrometer, dan mengenalkan berbagai macam tanaman yang tahan longsor.

Kata kunci: Identifikasi longsor, perbukitan, gerakan tanah, intensitas hujan

I. PENDAHULUAN

Bencana tanah longsor yang terjadi di daerah perbukitan dan pegunungan telah

menelan banyak korban jiwa akibat kurang informasi masyarakat awam tentang tanda-tanda suatu daerah memiliki kerentanan terhadap longsor. Bencana alam ta-

nah longsor ini mulai sering terjadi pada periode 1997-2004. Di Indonesia tercatat 219 kali kejadian, dengan korban jiwa 435 jiwa meninggal dan kerugian harta benda lebih dari 30 milyar rupiah (Bakor-nas, 2004 dalam DPRRI, 2006).

Beberapa faktor yang mempengaruhi tanah longsor, adalah: 1) topografi, 2) tanah dan batuan penyusun, 3) tingkat curah hujan, 4) vegetasi/hutan, dan 5) gempa bumi (Mardiatno *et al.*, 2001). Tanah longsor akan terjadi jika terpenuhi tiga keadaan, yaitu: 1) lereng cukup curam, 2) terdapat bidang peluncur (batuan) di bawah permukaan tanah yang kedap air, dan 3) terdapat cukup air (hujan) yang masuk ke dalam pori-pori tanah di atas lapisan batuan kedap sehingga tekanan tanah terhadap lereng meningkat (Brook *et al.*, 1991). Max Suter (2004) menyebutkan bahwa longsor akan terjadi pada daerah yang memiliki sesar yang masih aktif, dan dapat dipantau dengan seismografi. Begitu juga longsor akan semakin meningkat pada daerah dengan lansekap pegunungan yang terjal dan banyak tanaman hutan yang ditebang (Montgomery *et al.*, 2000). Pada tanaman hutan yang sudah tua dan dilakukan pemanenan untuk memenuhi kebutuhan industri kayu dapat meningkatkan potensi terjadinya longsor (Schmidt *et al.*, 2001), jika tidak dilakukan dengan hati-hati.

Berkenaan dengan masalah longsor yang dapat mengancam jiwa manusia di suatu daerah, maka penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan teknik identifikasi daerah yang berpotensi longsor, agar masyarakat mudah mengenali sehingga tidak terjadi banyak jatuh korban.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada tahun 2011 di Karanganyar (sub Daerah Aliran Sungai/DAS) Mungkung dan Grompol), Purworejo (sub DAS Gesing), dan Banjarnegara (sub DAS Merawu) di Provinsi

Jawa Tengah (Gambar (Figure) 1). Pemilihan lokasi tersebut karena di ketiga lokasi tersebut telah terjadi longsor dan memakan jiwa dan harta benda. Lokasi tersebut dipilih karena dari kondisi biofisik lahan berpotensi terjadinya longsor yang dicirikan oleh kandungan liat yang tinggi dan pada daerah yang curam sampai terjal. Kandungan liat tinggi yang merupakan lahan peka longsor dicirikan oleh adanya rekahan tanah selebar > 2 cm dan dalam > 50 cm yang terjadi pada musim kemarau pada tanah Vertisols. Pada tanah Ultisols dan Alfisols terdapat akumulasi liat (argilik) yang pada kondisi jenuh air dapat juga berfungsi sebagai bidang luncur saat terjadinya longsor (Soetedjo dan Kartosa-poetra, 2010).

B. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan, adalah:

1. Peta-peta dasar skala 1:25.000, seperti RBI, Gerakan Tanah (Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2004) dan citra satelit.
2. Literatur/data dan dokumentasi.
3. ATK (alat tulis kantor) dan operasional komputer.

Peralatan yang digunakan, yaitu:

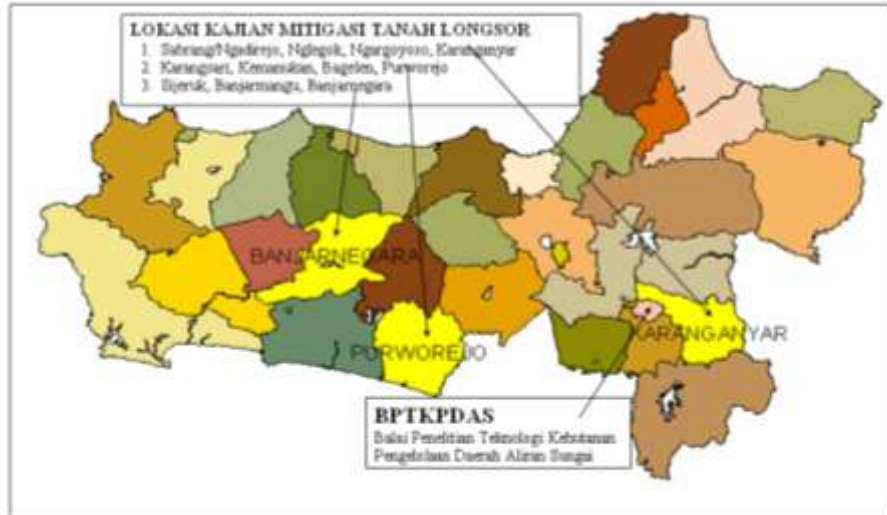
1. Perlengkapan lapangan (bibit tanaman, sling besi, spanduk, pos info).
2. Plot longsor (plastik klaim, sling besi, dan *extensometer*) (**Error! Reference source not found.**).
3. Stasiun pengamatan hujan (penakar hujan ombrometer).
4. Peralatan penelitian tanah (blanko ISDL/Inventarisasi Sumber Daya Lahan), ring sampel, plastik sampel, kertas label (Gambar 3).

C. Metode Penelitian

1. Cara Pengambilan Data

Data yang dikumpulkan di lapangan meliputi data biofisik kondisi tanah, yaitu:

- a. Data kondisi fisik lapangan dengan mengumpulkan penyebab faktor tetap



Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian di Karanganyar, sub DAS Mungkung dan Grompol; Purworejo, sub DAS Gesing; dan Banjarnegara, sub DAS Merawu (*Location of study in Karanganyar, Mungkung and Grompol watershed; Purworejo, Gesing watershed; and Banjarnegara, Merawu watershed*)



Plastik klaim mudah molor. Dihitung dari tanda terakhir

Sling kawat dengan bandul, lebih stabil. Dihitung dari titik nol

Extensometer otomatis GSM, dikirim melalui SMS, internet atau alarm

Gambar (Figure) 2. Beberapa peralatan untuk pengamatan gerakan tanah secara manual, plastik dan sling; dan otomatis, *extensometer* (*Some equipment for the observation of soil movement manually, plastics and sling; and automatic, extensometer*)



Gambar (Figure) 3. Pengambilan sampel tanah terganggu, dengan plastik; dan tanah tidak terganggu, dengan ring sampel tanah (*Taking of disturbed soil sampling, with plastic; and soil not disturbed, with soil ring samples*)

- (bentuk lahan, tipe batuan, tanah, dan kemiringan lereng) serta faktor berubah (erosi, teras, dan penggunaan lahan).
- b. Karakteristik biogeofisik (topografi/lereng, geologi/geomorfologi, tanah) dan gerakan tanah manual dan otomatis.
 - c. Sifat fisik dan kimia tanah, gerakan massa tanah pada lereng.

2. Analisis Data

Data dianalisis dengan mencermati sifat kondisi biofisik dan kimia tanah yang merupakan pelaku proses pada saat butiran hujan masuk ke dalam tanah. Faktor utama dalam tanah yang sangat berperan terjadinya longsor di luar dari karakter geologi adanya sesar, adalah (Tabel 1 dan Gambar 4):

- a. Kemiringan lahan (*slope*) yang merupakan faktor utama, semakin terjal atau curam lahan maka akan mudah terjadi longsor.
- b. Tekstur tanah yang ditandai dengan semakin halus tekstur tanah seperti *clay* (liat) maka akan mudah terjadi longsor.
- c. Bobot isi (BI) tanah yaitu untuk tanah yang sudah matang dan padat cenderung memiliki BI yang tinggi, dan pada lahan dengan BI yang tinggi akan mudah terjadi longsor.
- d. Kemasaman tanah (pH) yang menun-

jukkan tingkat kandungan H^+ yang tinggi pada tanah akan semakin berpotensi longsor.

- e. Kesuburan tanah yang ditandai dari sifat fisik dan kimia yang baik dari aerasi tanah, pori-pori tanah sampai pada pH tanah yang netral, dan pada lahan yang subur akan tahan terjadinya longsor.
- f. Dari kelima komponen di atas selanjutnya diberi skor dari satu (tahan) sampai lima (longsor berat).

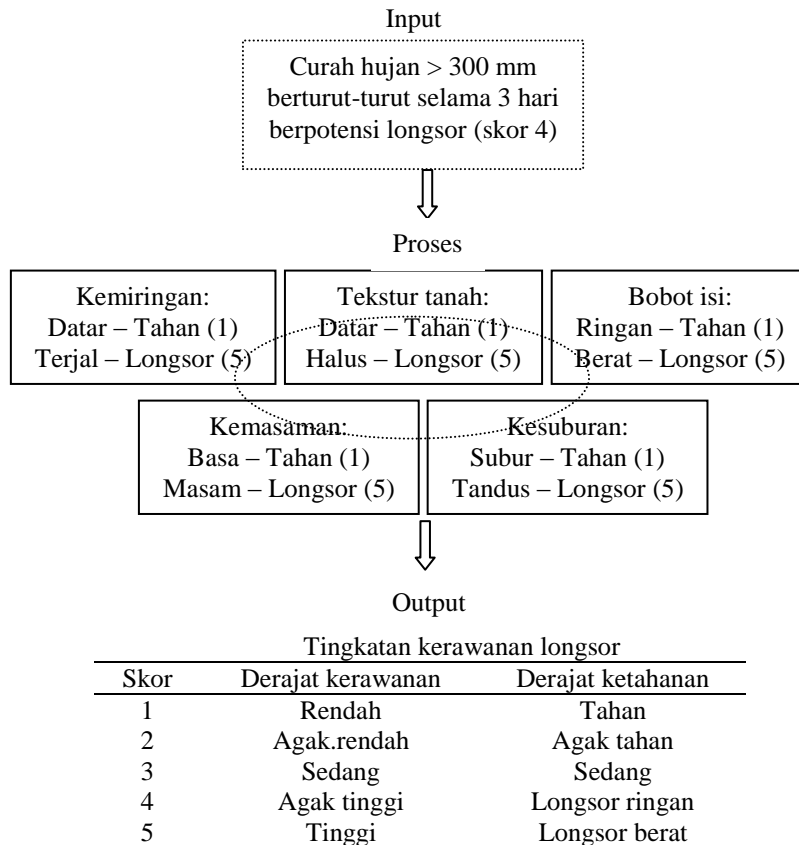
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Permasalahan DAS

Karakteristik DAS sejumlah sungai utama di Indonesia khususnya di Jawa dicirikan lahan budidaya pertanian dan padi sawah yang mencapai 50-85% sedangkan luas hutan sudah di bawah 20%, diyakini telah mempengaruhi terjadinya peningkatan frekuensi dan volume debit banjir maupun kekeringan di banyak wilayah DAS (Pawitan, 2010). Permasalahan DAS meliputi permasalahan bencana kekeringan dan banjir, adanya lahan kritis dan tanah longsor seperti yang terjadi di beberapa tempat, khususnya di Banjarnegara, Purworejo, dan Karanganyar menyebabkan degradasi lahan atau kerusakan lingkungan.

Tabel (Table) 1. Tingkatan longsor yang dipengaruhi oleh faktor curah hujan dan kondisi biofisik tanah (*Landslide levels are influenced by factors rainfall and soil biophysical conditions*)

Tingkat longsor (Level landslide)	Curah hujan (Rainfall) mm	Lereng (Slope) %	Tekstur tanah (Soil texture)	Bobot isi (Bulk density) g/cm ³	pH tanah (Soil pH)	Kesuburan (Fertility)	Ketahanan longsor (Soil resistance)
1. Rendah (<i>Low</i>)	<50	<15	Kasar (<i>Coarse</i>)	>1,7	>8,5	Subur (<i>Fertile</i>)	Tahan (<i>Stand</i>)
2. Agak rendah (<i>Rather low</i>)	50-99	15-24	Agak kasar (<i>Rather coarse</i>)	1,4-1,7	7,9-8,4	Agak subur (<i>Rather fertile</i>)	Agak tahan (<i>Rather stand</i>)
3. Sedang (<i>Moderate</i>)	100-199	25-44	Sedang (<i>Moderate</i>)	0,9-1,4	6,1-7,8	Sedang (<i>Moderate</i>)	Sedang (<i>Moderate</i>)
4. Agak tinggi (<i>Rather high</i>)	200-300	45-65	Agak halus (<i>Rather fine</i>)	0,6-0,9	5,1-6	Agak tandus (<i>Rather</i>)	Longsor (<i>Landslide</i>)
5. Tinggi (<i>High</i>)	>300	>65	Halus (<i>Fine</i>)	<0,6	<5	Tandus (<i>Barren</i>)	Longsor berat (<i>Heavy landslide</i>)



Gambar (Figure) 4. Diagram alur identifikasi kondisi lahan berpotensi longsor untuk analisis tingkat kerawanan longsor (*Flow chart of identification of potential soil movement for analysis of avalanche vulnerability level*)

B. Identifikasi Daerah Longsor

Beberapa parameter yang menyebabkan terjadinya longsor perlu diidentifikasi agar diketahui faktor penyebab utama dan faktor penyebab ikutan. Beberapa faktor yang berperan terhadap timbulnya longsor yaitu kemiringan lereng, tekstur tanah, bobot sisi tanah, kemasaman tanah, dan faktor kesuburan tanah.

1. Kemiringan Lereng

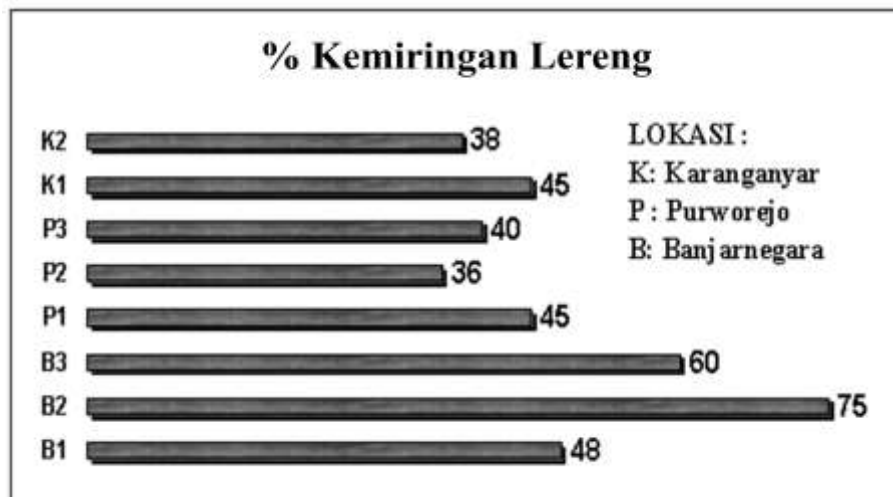
Kelas kemiringan lereng dapat dilihat pada Gambar (Figure) 5, di Karanganyar ($K_2 = 38\%$ dan $K_1 = 45\%$), Purworejo (36%, 40%, dan 45%), dan Banjarnegara (48%, 60%, dan 75%). Semakin miring lahan maka akan semakin tinggi tingkat kerawanan longsor, sehingga dari ketiga lokasi berurutan dari yang paling rawan longsor adalah Banjarnegara, Purworejo, dan Karanganyar.

Indeks kelas kemiringan lereng menurut Kucera (1988) dari datar (A = 0-4%)

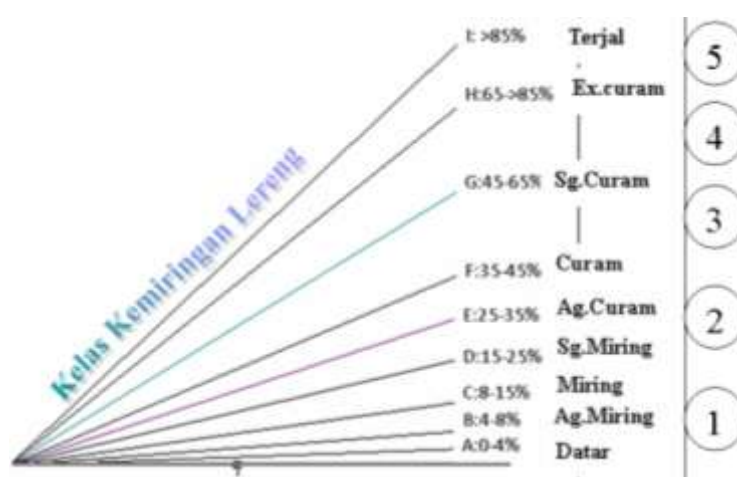
sampai terjal ($I > 85\%$) dapat dilihat pada Gambar 6, kelas kemiringan lereng tersebut berturut-turut dari datar sampai terjal yaitu: A = datar (0-4%), B = agak miring (4-8%), C = miring (8-15%), D = sangat miring (15-25%), E = agak curam (25-35%), F = curam (35-45%), G = sangat curam (45-65%), H = ekstrim curam (65-86%), dan I = terjal ($> 85\%$). Pada daerah dengan kemiringan di atas 25% tidak dibangun infrastruktur jalan, dan untuk lereng yang memiliki kemiringan $> 45\%$ perlu dijaga agar tidak terbuka kondisi lahannya karena sangat berpotensi terjadinya longsor.

2. Tekstur Tanah

Tekstur tanah dari yang kasar ke halus: pasir, debu, liat. Yang paling berpengaruh terhadap terjadinya longsor yaitu tekstur liat, terutama yang memiliki komposisi koloidal atau mineral liat tipe 2:1 (liat berat, montmorillonit). Berdasarkan kandungan liat yang ada maka Karanganyar



Gambar (Figure) 5. Kelas kemiringan lereng dari yang sangat curam: Banjarnegara, > 48%; Purworejo, > 45%; dan Karanganyar, > 38% (Slope class of a very steep: Banjarnegara, > 48%; Purworejo, > 45%; and Karanganyar, > 38%)



Gambar (Figure) 6. Indeks kelas kemiringan lereng dari datar (< 4%) sampai terjal (> 85%), dari tingkat kerentanan longsor Tahan (1) sampai Rentan (5) (Index class of slope from flat (< 4%) to steep (> 85%) of avalanche vulnerability level from hold (1) to vulnerable (5))

yang tertinggi >70%, diikuti dengan Purworejo 60%, dan Banjarnegara 38% (Gambar (Figure) 7).

Urutan tekstur tanah dari yang terhalus sampai terkasar yaitu: 1) *Sand* (S), 2) *Loamy sand* (LS), 3) *Loam* (L), 4) *Sandy loam* (SL), 5) *Silty loam* (SiL), 6) *Silt* (Si), 7) *Sandy clay loam*, 8) *Clay loam*, 9) *Silty loam* (SiL), 10) *Sandy clay*, 11) *Silty clay* (SiC), 12) *Clay* (C). Semakin halus kelas tekstur tanah maka akan semakin mudah mengalami kembang-kerut atau tanah dalam keadaan tidak stabil atau bergerak. Kalau dilihat dari kelas tekstur tanah, maka berurutan dari yang paling

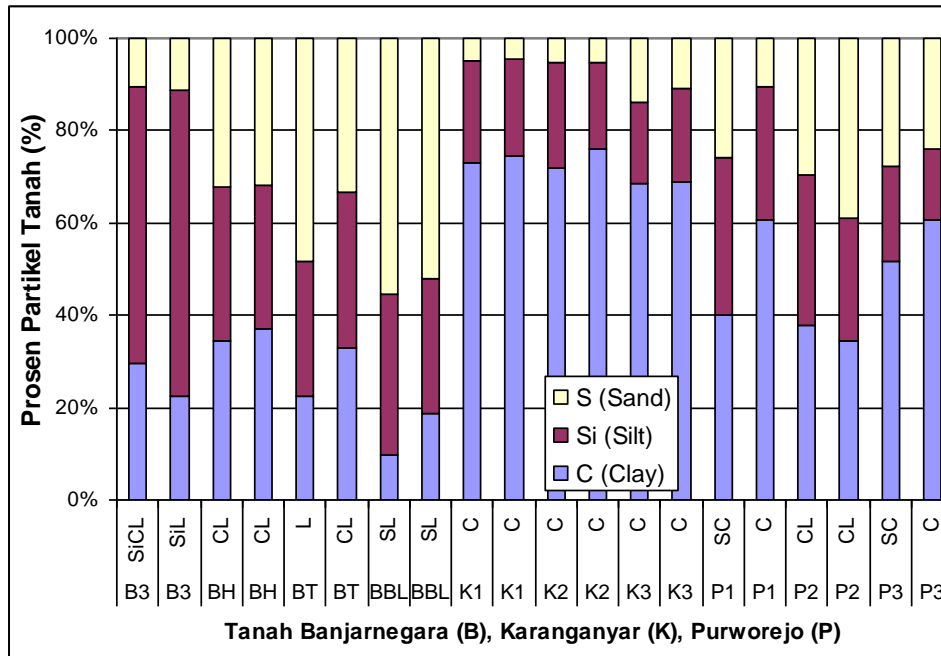
mudah terjadinya longsor adalah: Karanganyar, Purworejo, dan Banjarnegara. Kenyataan di lapangan Karanganyar relatif stabil karena faktor lain yang kurang mendukung yaitu tidak dilalui sesar dan curah hujan kumulatif selama tiga hari masih kurang dari 300 mm.

3. Bobot Isi Tanah

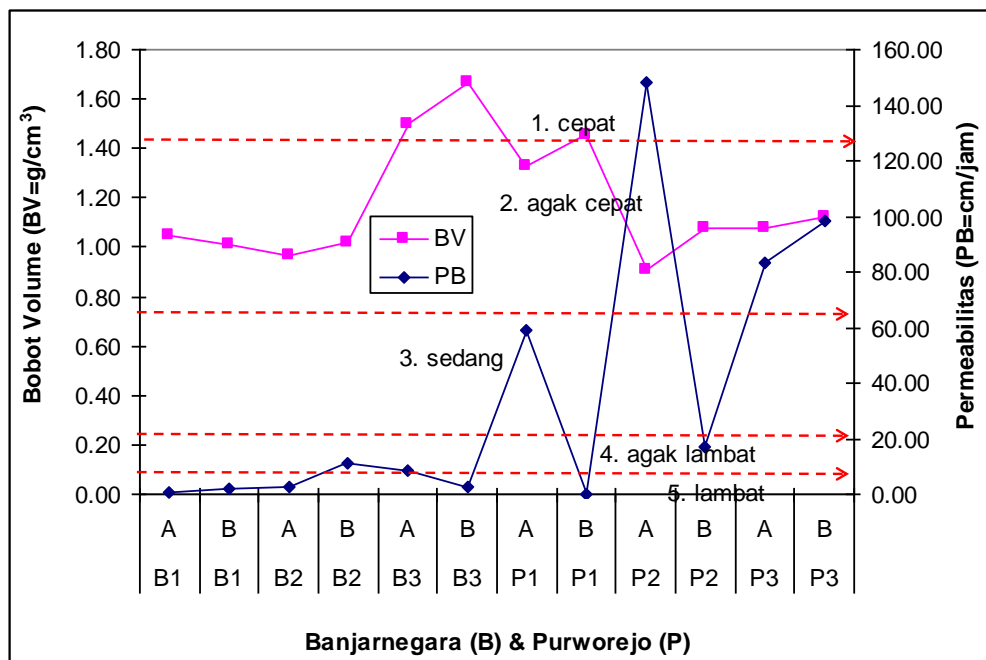
Bobot isi tanah merupakan kerapatan tanah per satuan volume yang dinyatakan dalam dua batasan yaitu BP (bobot partikel/kerapatan partikel) adalah bobot massa partikel padat per satuan volume tanah, biasanya tanah mempunyai kerapatan

partikel 2,6 gram/cm³; dan BI (bobot isi/kerapatan massa) adalah bobot massa tanah kondisi lapangan yang dikering-ovenkan per satuan volume, biasanya tanah memiliki bobot isi 1,2 gram/cm³. Pada Gambar (Figure) 8 dapat dilihat

perbandingan BI di Banjarnegara (0,8-1,7 gram/cm³) dan Purworejo (0,9-1,4 gram/cm³). Se-makin tinggi BI tanah akan semakin pa-dat, infiltrasi semakin lambat, konsistensi mantap, dan semakin sulit untuk dilaku-kan pengolahan lahan.



Gambar (Figure) 7. Perbandingan proposional kelas tekstur tanah lokasi longsor di Banjarnegara, Karanganyar, dan Purworejo (Soil texture class proportionals of landslide locations in Banjarnegara, Karanganyar, and Purworejo)



Gambar (Figure) 8. Bobot volume (0,9-1,65 g/cm³) dan permeabilitas (lambat-cepat) di Banjarnegara (B) dan Purworejo (P) (Specific gravity of (0.9 to 1.65 g/cm³) and permeability (slow-fast) in Banjarnegara (B) and Purworejo (P))

Besar-kecilnya BI banyak dipengaruhi oleh faktor tekstur, struktur, dan porositas. Semakin kecil/halus ukuran tekstur, semakin mantap struktur dan semakin sedikit pori tanah maka akan semakin tinggi nilai BI. Semakin tinggi bobot isi tanah maka selain tanah berat juga jumlah pori tanah berkurang sehingga sulit terjadi perkolasi air dalam profil tanah dan menyebabkan kondisi tanah selalu lembab dan mudah terjadi longsor seperti di daerah Banjarnegara.

4. Kemasaman Tanah

Tingkat kemasaman tanah (pH) dari yang terendah sampai yang tertinggi secara berurutan adalah: Karanganyar (4,5), Purworejo (5,5), dan Banjarnegara (7,8) (Gambar (Figure) 9). Dari pengamatan di lapangan bahwa semakin masam tanah maka akan semakin mudah terjadinya longsor, sehingga dari tingkat kemasaman tanah berurutan dari yang paling rawan longsor yaitu: Karanganyar, Purworejo, dan Banjarnegara.

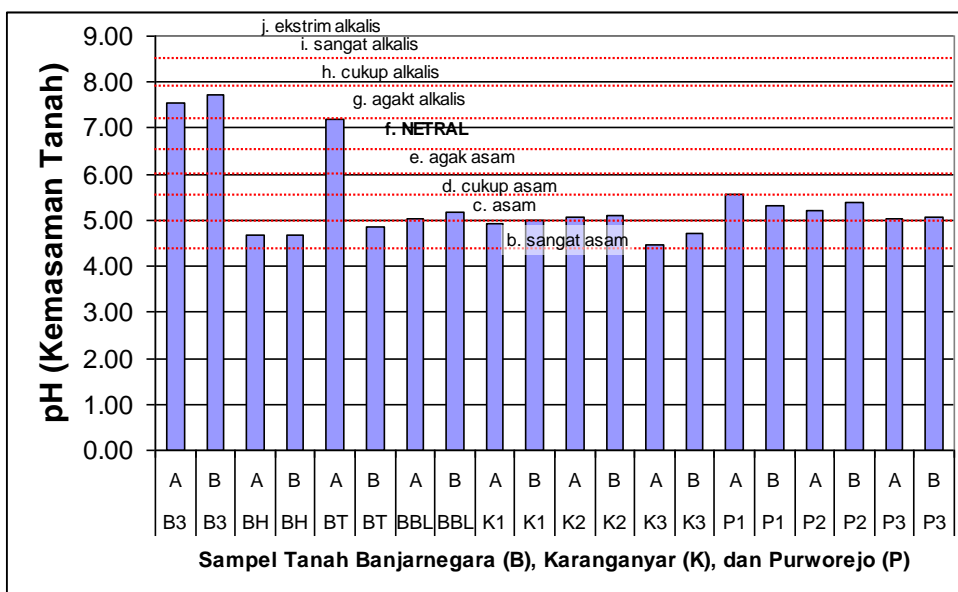
5. Kesuburan Tanah

Tingkat kesuburan tanah ditentukan terutama oleh ketersediaan unsur hara makro N (nitrogen), P (posfor), dan K (kalium). Karanganyar relatif kurang su-

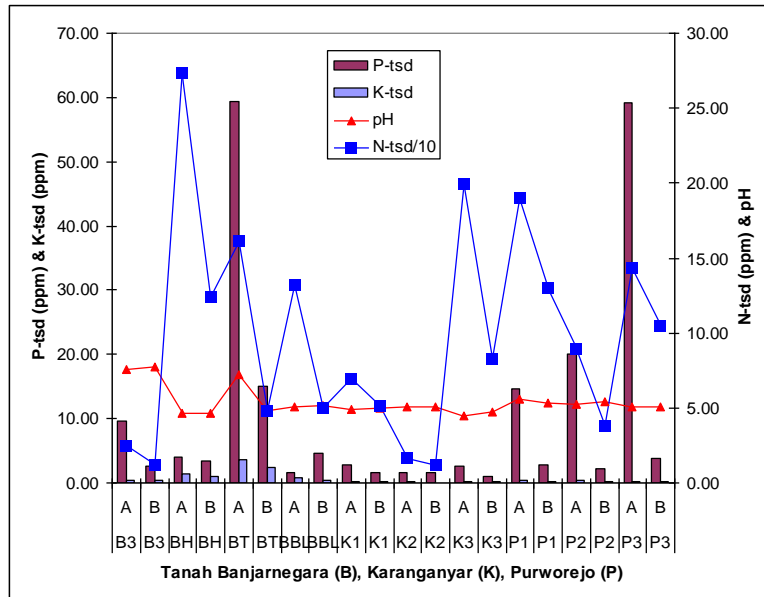
bur dibandingkan dengan dua lokasi lainnya (Gambar (Figure) 10). Semakin subur tanah maka mengindikasikan lahan dalam keadaan sehat dan unsur-unsur tersedia bagi tanaman. Hal tersebut didukung oleh kondisi biofisik yang baik, antara lain struktur tanah yang kuat, pori tanah yang cukup untuk aerasi. Tekstur tanah loam (lempung) terdapat pada lahan subur dan tahan terhadap longsor, sebaliknya untuk tekstur tanah yang halus (clay) akan mudah terjadi longsor. Lahan yang semakin subur akan relatif stabil dalam menahan bencana longsor. Berdasarkan tingkat kesuburan tanah maka berurutan dari yang paling rawan longsor adalah: Karanganyar, Purworejo, dan Banjarnegara.

C. Tingkat Kerawanan Longsor

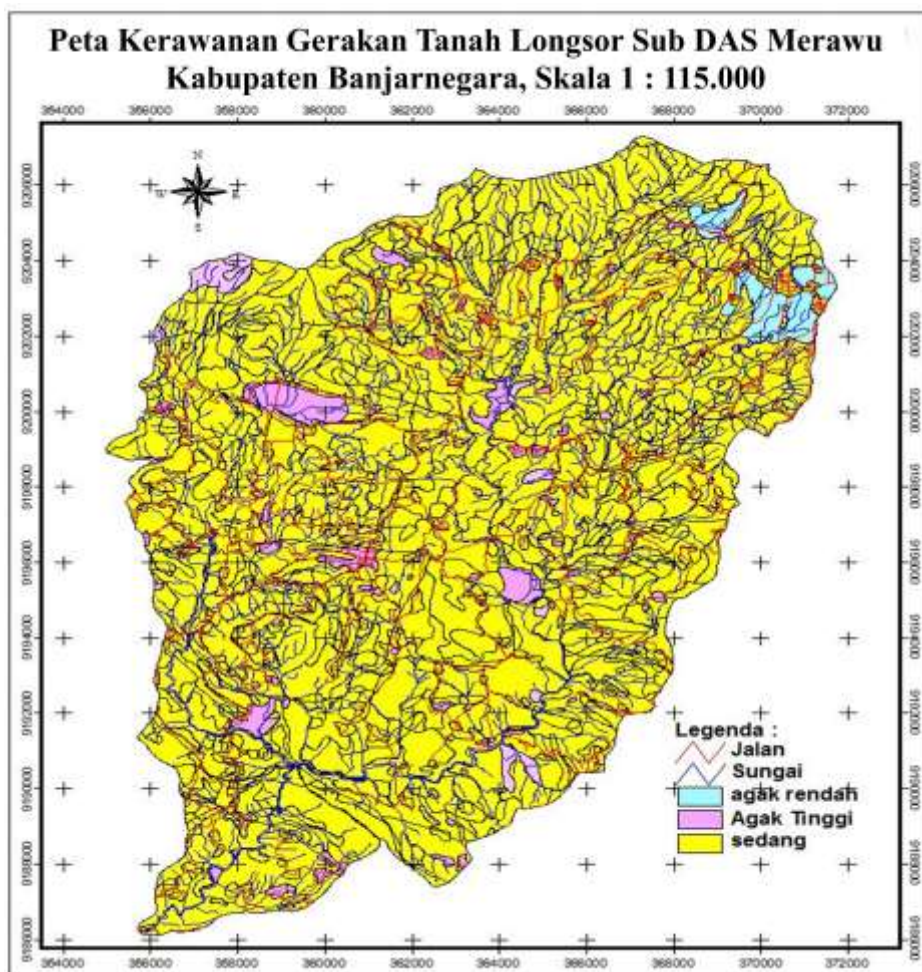
Gerakan tanah dianggap sebagai bencana longsor jika terjadi pada daerah yang cukup luas, dan pada saat musim hujan terjadi pergerakan tanah dalam waktu singkat dan menimbulkan korban rumah, hewan, dan jiwa manusia (Mardiatno *et al.*, 2001). Pemetaan rawan longsor telah dilakukan oleh Direktorat



Gambar (Figure) 9. Kemasaman tanah (pH) di Banjarnegara (asam-agak alkalis), Karanganyar (sangat asam), dan Purworejo (asam) (Soil acidity (pH) in Banjarnegara (slightly alkaline-acid), Karanganyar (very acidic), and Purworejo (acid))



Gambar (Figure) 10. Ketersediaan nitrogen (N), posfor (P), dan kalium (K) di tanah Banjarnegara, Karanganyar, dan Purworejo (*Availability of nitrogen (N), phosphorous (P) and potassium (K) in soil of Banjarnegara, Karanganyar, and Purworejo*)



Gambar (Figure) 11. Peta tingkat kerawanan gerakan tanah longsor di DAS Merawu Banjarnegara yang didominasi tingkat sedang (*Map of the vulnerability of landslide movement in the watershed are dominated Merawu Banjarnegara moderate*)

Sumber (Source): Wuryanta, 2011

Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi untuk Pulau Jawa, tetapi perlu dilakukan pemutakhiran terhadap peta yang dihasilkan karena kemungkinan adanya perubahan kondisi biofisik lahan (AbulaMedia, 2009). Pemutakhiran dapat dilakukan berdasarkan survei lapangan sehingga dapat memberikan hasil yang sangat teliti.

Dari faktor penyebab terjadinya longsor dari alam (60%) dan manajemen (40%) dengan menginventarisir masing-masing faktor maka akan diperoleh tingkat kerawanan longsor. Faktor alami yang sangat berpengaruh antara lain: hujan harian kumulatif selama tiga hari berturut-turut >100 mm, kemiringan lereng > 45%, geologi batuan, adanya batuan metamorf yang masif dan sebagai bidang luncur, adanya sesar, dan kedalaman regolith > 2 m. Faktor manajemen yang sangat berpengaruh antara lain: penggunaan lahan sawah, infrastruktur jalan dan bangunan, serta kepadatan pemukiman > 5.000 jiwa/km² (Paimin *et al.*, 2009).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Teknik identifikasi daerah yang berpotensi rawan longsor pada satuan wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dilakukan dengan menginventarisir faktor alami dan faktor manajemen.
2. Faktor alami dengan mencatat kondisi biofisik lahan yang berpengaruh terjadinya longsor, antara lain: hujan harian kumulatif, kemiringan lereng, keberadaan sesar, kedalaman regolit.
3. Untuk mengidentifikasi daerah yang berpotensi longsor diperlukan beberapa analisis biofisik dan kimia tanah, yaitu: kemiringan lereng > 45%, tekstur tanah liat yang kembang-kerut, bobot isi tanah yang tinggi > 1,2 g/cm³, kemasaman rendah < 5,5, lahan kurang subur/tandus (Lampiran 1 dan Lampiran 2).

B. Saran

1. Pemetaan daerah rawan longsor bersifat dinamis sehingga harus sering dilakukan *updating* data dan segera diinformasikan ke masyarakat untuk meminimalisir korban jiwa jika terjadi longsor.
2. Tahapan penelitian longsor dimulai dari pemetaan, penyelidikan, pemeriksaan, pemantauan, dan sosialisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- AbulaMedia. (2009). *Sekilas mitigasi bencana : longsor*. Diakses 11 Pebruari 2010 dari <http://abulamedia.com/2009/10/11/sekilas-mitigasi-bencana-longsor/>
- Brook, K.N., Folliott, P. F., Gregersen, H.M., & Thames, J.K. (1991). *Hydrology and the management of watersheds*. Ames, USA: Iowa State University Press.
- Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. (2004). *Peta zona kerentanan gerakan tanah Kabupaten Banjarnegara*. Bandung: Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- DPR RI. (2006). *Naskah akademik RUU tentang penanggulangan bencana*. Jakarta: DPR RI.
- Kucera, K.P. (1988). *Guidelines for soil and terrain field description in integrated watershed management studies for Indonesia using USDA system*. (Project Communication No. 6). Konto River Project ATA 206 Phase III.
- Mardiatno, D., Woro, S., Sulaswono, B., Budiani, S.R., & Marfa'I, M.A. (2001). Penelitian daerah rawan longsor dan sistem penanggulangannya di Kabupaten Gunung Kidul. *Prosiding Hasil-hasil Penelitian Fakultas Geografi, UGM* (pp. 36-42).
- Max Suter. (2004). A neotectonic-geomorphologic investigation of the

- prehistoric rock avalanche damming laguna de metztitlán (Hidalgo State, east-central Mexico). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21(3), 397-411.
- Montgomery, D.R., Schmidt, K.M., Greenberg, H.M., & Dietrich, W.E. (2000). Forest clearing and regional landsliding. *Geology*, 28(4), 311-314.
- Paimin, Sukresno, & Irfan B.P. (2009). *Teknik mitigasi banjir dan tanah longsor*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam - Tropenbos International Indonesia Programme.
- Pawitan, H. (2010). *Perubahan penggunaan lahan dan pengaruhnya terhadap hidrologi Daerah Aliran Sungai*. Bogor: Laboratorium Hidrometeorologi FMIPA-IPB.
- Schmidt K.M., Roering, J.J., Stock, J.D., Dietrich, W.E., Montgomery, D.R., & Schaub, T. (2001). The variability of root cohesion as an influence on shallow landslide susceptibility in the Oregon Coast Range. *Can. Geotech. J.* 38, 995-1024.
- Soetedjo, M.M. & Kartosapoetra. (2010). *Pengantar ilmu tanah. Terbentuknya tanah dan tanah pertanian*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Wuryanta, A. (2011). *Peta kerawanan gerakan tanah longsor sub DAS Merawu Kabupaten Banjarnegara, skala 1 : 115.000*. (Laporan Hasil Penelitian). Solo: BPTKPDAS.

Lampiran (Appendix) 1. Kondisi tingkat longsor di Banjarnegara (B), Purworejo (P), dan Karanganyar (K)
(Level conditions landslide in Banjarnegara (B), Purworejo (P) and Karanganyar (K))

	CH	KL	GEO	Sesar	REG	PL	IS	KP	TL	Tingkat longsor (Level of landslide)
B ₁	3	3	3	5	4	4	1	1	3.0	Sedang (Moderate)
B ₂	3	4	3	5	4	4	1	1	3.1	Sedang (Moderate)
B ₃	3	3	3	5	4	5	5	2	3.8	Agak tinggi (Slightly high)
P ₁	4	3	3	5	3	4	5	2	3.6	Agak tinggi (Slightly high)
P ₂	4	2	3	5	3	4	5	2	3.5	Agak tinggi (Slightly high)
P ₃	4	2	3	5	3	4	5	2	3.5	Agak tinggi (Slightly high)
K ₁	3	3	3	5	5	4	1	2	3.3	Sedang (Moderate)
K ₂	3	2	3	5	5	4	1	2	3.1	Sedang (Moderate)

Keterangan (Remarks): CH: Curah hujan (Rainfall), KL: Kemiringan lereng (Slope), GEO: Geologi (Geology), REG: Regolit (Regolith), PL: Penggunaan lahan (Landuse), IS: Infrastruktur (Infrastructure), KP:Kepadatan penduduk (Population density), TL:Tingkat longsor (Level of landslide)

Lampiran (Appendix) 2. Formula kerentanan tanah longsor di DAS (*Landslide vulnerability formula in watershed*) (Paimin et al., 2009)

No	Parameter/bobot (Parameter/weight)	Besaran (Range)	Kategori nilai (Value category)	Skor (Score)
A.	Alami (<i>Natural</i>) (60%)			
1.	Hujan harian kumulatif 3 hari berurutan (<i>Cumulative daily rainfall 3 consecutive days</i>) (mm/3 hari) (25%)	<50 50-99 100-199 200-300 > 300	Rendah (<i>Low</i>) Agak rendah (<i>Slightly low</i>) Sedang (<i>Moderate</i>) Agak tinggi (<i>Slightly high</i>) Tinggi (<i>High</i>)	1 2 3 4 5
2.	Lereng lahan (<i>Slope</i>) (%) (15%)	<15 15-24 25-44 45-65 >65	Rendah (<i>Low</i>) Agak rendah (<i>Slightly low</i>) Sedang (<i>Moderate</i>) Agak tinggi (<i>Slightly high</i>) Tinggi (<i>High</i>)	1 2 3 4 5
3.	Geologi (batuan) (<i>Geology</i>) (10%)	Dataran aluvial (<i>Alluvial plains</i>) Perbukitan kapur (<i>Limestone hills</i>) Perbukitan granit (<i>Granite hills</i>) Perbukitan batuan sedimen (<i>Sedimentary rock hills</i>) Bukit basal-clay shale (<i>Basalt-clay shale hills</i>)	Rendah (<i>Low</i>) Agak rendah (<i>Slightly low</i>) Sedang (<i>Moderate</i>) Agak tinggi (<i>Slightly high</i>) Tinggi (<i>High</i>)	1 2 3 4 5
4.	Keberadaan sesar patahan/gawir (<i>The existence of fault fracture/escarpment</i>) (m) (5 %)	Tidak ada (<i>Not exist</i>) Ada (<i>Exist</i>)	Rendah (<i>Low</i>) Tinggi (<i>High</i>)	1 5
5.	Kedalaman tanah (Regolit) sampai lapisan kedap (<i>Soil depth (regolith) to impermeable layer</i>) (m) (5%)	<1 1-2 2-3 3-5 >5	Rendah (<i>Low</i>) Agak rendah (<i>Slightly low</i>) Sedang (<i>Moderate</i>) Agak tinggi (<i>Slightly high</i>) Tinggi (<i>High</i>)	1 2 3 4 5
B.	Manajemen (<i>Management</i>) (40%)			
1.	Penggunaan lahan (<i>Landuse</i>) (20%)	Hutan alam (<i>Natural forest</i>) Hutan tanaman/perkebunan (<i>Forest plantation</i>) Semak/belukar/rumput (<i>Bush/shrub/grass</i>) Tegal/pekarangan (<i>Yard</i>) sawah/pemukiman (<i>Rice field/settlement</i>)	Rendah (<i>Low</i>) Agak rendah (<i>Slightly low</i>) Sedang (<i>Moderate</i>) Agak tinggi (<i>Slightly high</i>) Tinggi (<i>High</i>)	1 2 3 4 5
2.	Infrastruktur (<i>Infrastructure</i>) (15%)	Ada/tidaknya jalan memotong lereng pada kelas lereng > 25% (<i>Exist/not exist slope cutted by road, >25%</i>)	Tidak ada (<i>Not exist</i>) Ada (<i>Exist</i>)	1 5
3.	Kepadatan pemukiman (<i>Population density</i>) (org/km ²) (5%)	<2.000 2.000-5.000 5.000-10.000 10.000-15.000 >15.000	Rendah (<i>Low</i>) Agak rendah (<i>Slightly low</i>) Sedang (<i>Moderate</i>) Agak tinggi (<i>Slightly high</i>) Tinggi (<i>High</i>)	1 2 3 4 5