

## ANALISIS TINGKAT KERAWANAN LONGSOR MENGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC* DAN KINEMATIK DAERAH LEUWISADENG DAN SEKITARNYA KABUPATEN BOGOR, JAWA BARAT

W.Ramadhona<sup>1\*</sup>, B.K Susilo<sup>1</sup>, Falisa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

\*Corresponding author: budhikuswansusilo@unsri.ac.id

**ABSTRAK:** Lokasi penelitian terletak di 4 daerah yaitu daerah Leuwisadeng, Leuwiliang, Cigudeg, dan Rumpin Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Daerah ini memiliki morfologi berbukit, berlereng, dan memiliki tingkat curah hujan yang lebih tinggi dibanding daerah lainnya sehingga rentan terjadinya bencana longsor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerawanan longsor serta tipe longsor yang berkembang di masing-masing daerah tersebut menggunakan metode *fuzzy logic* dan kinematik sehingga akan didapatkan cara penanggulangan yang tepat apabila terjadi longsor. Berdasarkan hasil analisis setelah melewati tahapan *overlay fuzzy* menggunakan 5 parameter yang di *overlay* yaitu peta jenis tanah, ketinggian, kemiringan lereng, tutupan lahan, dan sebaran litologi hingga didapatkan peta tingkat kerawanan longsor yang memiliki 4 kelas kerawanan, diantaranya kelas kerawanan tidak rawan, kelas kerawanan rendah, kelas kerawanan sedang, dan kelas kerawanan tinggi. Selain penggambaran tingkat kerawanan longsor menggunakan metode *fuzzy logic*, penelitian akan mengamati jenis longsor/keruntuhan lereng yang berkaitan dengan struktur geologi sehingga dapat mengakibatkan terbentuknya bidang lemah pada suatu massa batuan. Lereng yang dijadikan lokasi penelitian berjumlah 4 lereng yang terbagi di setiap daerah. Hasil dari analisis kinematik menggunakan metode scanline sampling dimana data longsor dikelompokkan menggunakan bantuan perangkat lunak *Rocscience Dips v.5.1* ditemukan 2 tipe longsor berbeda yaitu, tipe longsor baji, dan tipe longsor bidang. Berdasarkan hasil-hasil dari analisis tersebut maka terdapat 3 cara penanggulangan longsor, yaitu membuat saluran air di permukaan lereng, pembobotan geometri lereng, dan melakukan pengamatan lereng secara terus-menerus untuk mengetahui adanya pergerakan tanah yang ekstrim.

**Kata Kunci:** Longsor, Fuzzy Logic, Overlay, Kinematik

**ABSTRACT:** The research location is located in 4 regions, that is Leuwisadeng, Leuwiliang, Cigudeg, and Rumpin, Bogor Regency, West Java. This area has a morphological hilly, sloping, and has a higher level of rainfall than other regions making it vulnerable to landslides. This study aims to analyze the level of landslide vulnerability and types of landslides that develop in each of these areas using fuzzy logic method and kinematic methods so that appropriate ways to tackling landslides will be found. Based on the results of the analysis after passing the fuzzy overlay stage using 5 parameters namely soil type map, altitude map, slope map, land cover map, and lithology distribution map to obtain a map of landslide hazard level which has 4 classes of vulnerability, including hazard class vulnerable, low hazard class, moderate hazard class, and high hazard class. In addition to describing the level of landslide vulnerability using the fuzzy logic method, the study will observe various types of avalanches/slope failure associated with geological structures so that it can result in a discontinuity in a rock mass. The slopes used as the location of the study amounted to 4 slopes divided into each region. The results of the kinematic analysis using the scanline sampling method in which landslide data were grouped using the help of Rocscience Dips v.5.1 software found 2 different types of landslides, namely wedge landslide type, and plane landslide type. Based on the results of the analysis, there are 3 ways to prevent landslides, namely making waterways on the slope surface, weighting the slope geometry, and monitoring slopes regularly to find out the existence of extreme soil movements.

**Keywords:** Landslide, Fuzzy Logic, Overlay, Kinematic

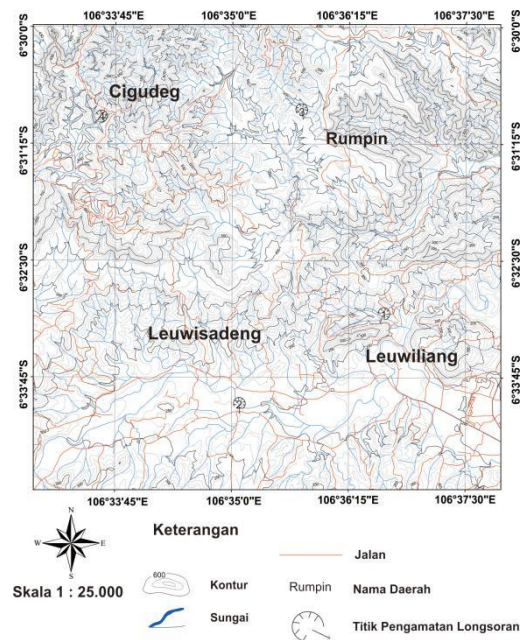
PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan adanya pergerakan massa tanah dan batuan dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Kondisi topografi yang berbukit dan bergunung, tingginya tingkat kepadatan penduduk dan kurangnya pemanfaatan tata lahan dan ruang menyebabkan tidak seimbang pertumbuhan ekosistem. Oleh karena itu, masalah bencana tanah longsor ini harus ditanggapi dengan serius dan dicegah agar tidak menimbulkan kerugian baik materil maupun moril yang tidak diinginkan. Menurut data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Jawa Barat, dari 40 Kecamatan yang terdapat di Kabupaten Bogor, sejumlah daerah ditetapkan sebagai lokasi rawan longsor kategori menengah hingga tinggi. Dari permasalahan tersebut peneliti tertarik untuk mencari solusi dalam mencegah bahaya tanah longsor di sekitar daerah penelitian mengingat banyaknya kejadian longsor dalam beberapa tahun terakhir. Lokasi penelitian apabila ditinjau secara administratif berada di Daerah Leuwisadeng, Kabupaten Bogor, Jawa Barat (Gambar 1.) Secara posisi geografis, daerah ini berada di antara Mandala Sedimentasi Banten dan Mandala Paparan Kontinen (Satyana & Armandita, 2004). Penelitian berfokus pada empat kecamatan yang mempunyai potensi besar terjadinya bencana tanah longsor yaitu Daerah Leuwisadeng, Leuwiliang, Cigudeg, dan Rumpin, dikarenakan berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) daerah-daerah tersebut memiliki potensi bencana longsor menengah hingga tinggi dan pertumbuhan penduduk daerah tersebut yang meningkat cenderung di wilayah sekitaran perbukitan. Penelitian ini mempunyai luasan 81km<sup>2</sup> yang dipetakan menggunakan skala 1 : 25.000. Gambar 1 menunjukkan peta lokasi penelitian dan titik pengamatan.

Dalam pengkajian dan pemahaman dari peta tingkat kerawanan bencana longsor, peneliti berfokus pada perkembangan struktur di daerah penelitian yang seringkali menyebabkan timbulnya gerakan tanah. Berdasarkan hasil survei awal (*reconnaissance*) dan pemetaan rinci yang telah dilakukan sebelumnya, maka banyak dijumpai titik longsor yang disebabkan oleh pengaruh struktur, sehingga hal ini menjadi dasar bagi peneliti untuk melakukan suatu pengkajian dan menitikberatkan bahasan utama penelitian dengan menentukan tipe longsor menggunakan analisis kinematik dan metode scanline sampling dimana data yang diambil berupa kedudukan kekar yang menciptakan bidang lemah pada massa batuan, biasanya ditemukan disekitar longsor lalu data tersebut dikelompokkan

menggunakan bantuan perangkat lunak *Rocscience Dips v.5.1*.

Selain mengetahui jenis longsor potensi bahaya tanah longsor pada daerah penelitian dapat diidentifikasi menggunakan sistem informasi geografis metode *overlay Fuzzy Logic* terhadap parameter-parameter penyebab tanah longsor seperti : kemiringan lereng, ketinggian, tutupan lahan, jenis tanah dan sebaran litologi yang berguna untuk menentukan titik persebaran kerawanan tanah longsor di daerah penelitian sehingga dapat menghasilkan peta tingkat kerawanan tanah longsor. Selanjutnya akan digunakan untuk menemukan solusi dalam meminimalisir dampak buruk berupa korban jiwa, kerugian berupa kehilangan harta benda, dan banyak akibat buruk lainnya yang disebabkan oleh bahaya tanah longsor.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian dan titik pengamatan longsor

METODE PENELITIAN

Ada 2 macam metode yang digunakan dalam penelitian ini, kedua metode ini akan menggambarkan kondisi dan tipe-tipe longsor di daerah penelitian hingga menemukan solusi/upaya pencegahan terjadinya bencana tanah longsor.

A. Tahap *Overlay Fuzzy*

Metode *Fuzzy Logic* merupakan sistem cerdas yang meniru cara berpikir manusia dengan menggunakan konsep sifat kesamaran suatu nilai misalnya merepresentasikan nilai tinggi, miring, bising, dan lain-

lain. Dengan teori himpunan fuzzy, suatu objek dapat menjadi anggota dari banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda dalam masing-masing himpunan.

Pada tahap pembuatan *rule fuzzy* ditentukan aturan – aturan dari hasil konversi variabel input ke variabel output. Aturan tersebut merupakan kemungkinan terjadinya longsor dari parameter yang mempengaruhi terjadinya longsor di lokasi penelitian. Adapun tolak ukur penentuan titik daerah rawan tanah longsor ialah berdasarkan pada pengelompokan tiap kelas dari masing-masing parameter yang telah disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian. Peneliti menggunakan 5 parameter faktor penyebab tanah longsor sebagai fokus menentukan titik daerah yang rawan terkena tanah longsor untuk nantinya diolah dengan pendekatan *fuzzy logic*.

Sebelum dilakukan proses *overlay*, terlebih dahulu ditentukan derajat keanggotaannya dengan cara memilih *Fuzzy Membership*. Lalu diinput kedalam *toolbox Overlay Fuzzy* yang terdapat pada ArcGIS.

Berikut ini ialah beberapa tabel parameter *overlay fuzzy logic* berupa variabel input kemiringan lereng (Tabel 1), ketinggian (table 2), jenis tanah (Tabel 3), tutupan lahan (Gambar 4), litologi (Tabel 5).

Tabel 1 Parameter kemiringan lereng

No	Kelas	Tingkat Kemiringan Lereng
1	Datar	0-8%
2	Landai	8-15%
3	Agak Curam	15-25%
4	Curam	25-40%
5	Sangat Curam	>40%

Sumber: Karnawati, 2003

Tabel 2 Parameter ketinggian

No	Kelas	Ketinggian
1	Sangat rendah	<1000 m
2	Rendah	1000-1500 m
3	Sedang	1500-2000 m
4	Tinggo	2000-2500 m
5	Sangat Tinggi	>2500 m

Sumber: BPBD, 2014

Tabel 3 Parameter jenis tanah

NO	Kepekaan Terhadap Erosi	Jenis Tanah
1	Kurasangat peka	Mediteran
2	Peka	<i>Andosol</i> , <i>Grumosol</i>
3	Sangat peka	<i>Regosol</i>

Sumber: Karnawati, 2003

Tabel 4 Parameter tutupan lahan

No	Kepekaan Terhadap Erosi	Tutupan Lahan
1	Kurang peka	Pasir, hutan
2	Agak Peka	Perkebunan, semak belukar
3	Peka	Sawah, permukiman
4	Sangat Peka	Tegalan

Sumber: Karnawati, 2003

Tabel 5 Parameter Litologi

No	Jenis Batuan
1.	Batupasir
2.	Batulempung
3.	Tuff
4.	Breksi
5.	Andesit
6.	Basalt

Sumber : Peta Geologi Daerah Penelitian

Hasil dari pengolahan *fuzzy logic* tersebut kemudian dimasukan kedalam *attribute table* peta longsor pada variabel output yang telah ada untuk mengidentifikasi dan mengelaskan sebaran kerawanan longsor di lokasi penelitian (Tabel 6).

Tabel 6 Variabel output Fuzzy

No	Kelas Kerentangan Longsor	Nilai Linguistik
1	Tidak rentan	$x \leq 3,40$
2	Rendah	$3,40 \leq x \leq 4,50$
3	Sedang	$4,50 \leq x \leq 5,40$
4	Tinggi	$5,40 \leq x \leq 7,00$
5	Sangat Rentan	$x \geq 7,00$

Sumber : Akhsar, 2014

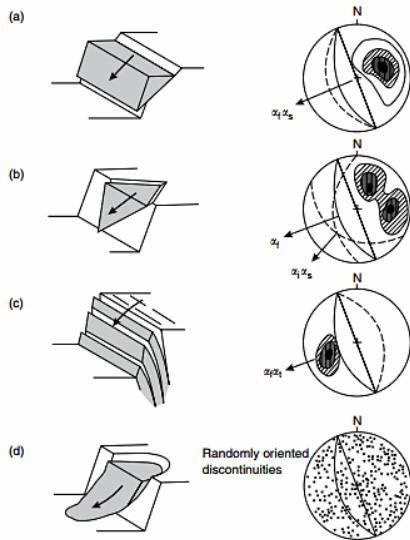
## B. Tahap Analisis Kinematik

Tahap analisis ini menggunakan metode stereografis yang berguna mempermudah untuk mengidentifikasi jenis longsor di daerah penelitian. Data struktur berupa kekar yang didapatkan dilapangan diplotkan secara bersamaan antara *stike* dan *dip* pada stereonet guna mengetahui jenis dan arah keruntuhannya. (Gambar 2).

Secara umum perpaduan bidang orientasi kekar pada batuan akan menghasilkan 4 tipe longsor, yaitu :

- Longsor bidang (*plane sliding failure*),
- Longsor baji (*wadge sliding failure*),
- Longsor jungkiran (*toppling failure*),
- Longsor busur (*circular sliding failure*).





Gambar 2. Tipe-Tipe Longsoran (Hoek dan Bray, 1981)

Pada daerah penelitian struktur geologi berperan penting dalam menyebabkan longsoran. Dikarenakan terdapatnya banyak bukti berupa kekar yang mengindikasikan bahwa banyak bidang lemah yang terbentuk pada massa batuan. Salah satu metode yang seringkali digunakan untuk melakukan identifikasi dan karakteristik bidang diskontinuitas pada singkapan lereng batuan yaitu scanline (Hudson dan Harrison, 1997). Berkaitan dengan pemantauan pada lereng batuan, perlunya dilakukan pengambilan data pada semua singkapan batuan yang ada di daerah penelitian. Parameter yang diukur di lapangan adalah panjang lintasan scanline (L), jumlah kekar (N) dalam lintasan scanline, dan kedudukan bidang kekar. Setelah itu, semua data diolah menggunakan stereonet.

Hasil yang sudah diolah dapat menunjukkan pembagian bidang-bidang yang berpotensi mengalami keruntuhan, dengan bidang-bidang yang kemungkinan tidak akan terlibat di dalam longsoran. Faktor kinematik lereng dikatakan memenuhi syarat untuk menyebabkan kestabilan lereng apabila pada lereng terdapat ruang bagi blok massa batuan untuk bergerak pada bidang gelincirnya menuju ruang tersebut (Hoek dan Bray, 1981).

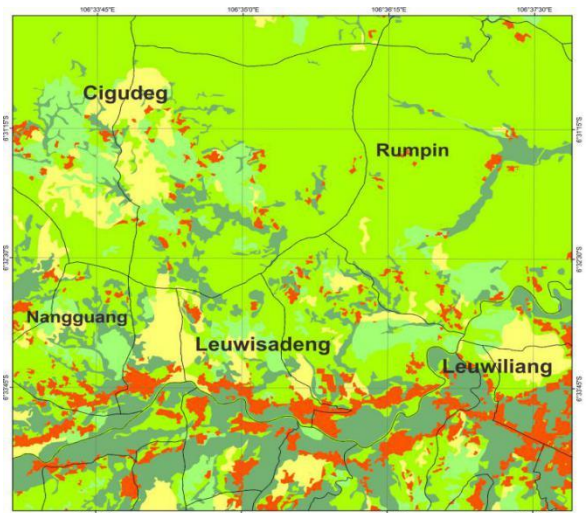
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kondisi pada daerah yang rentan terjadinya bencana longsor biasanya ditandai dengan adanya gejala-gejala tertentu contohnya terbentuknya mata air baru setelah hujan, kerikil yang mulai berjatuh secara perlahan, tebing merapuh, timbulnya retakan kecil pada lereng yang sejajar dengan arah tebing. Beberapa fenomena alam tersebut merupakan ciri umum terjadinya longsoran pada daerah penelitian. (Gambar 3).



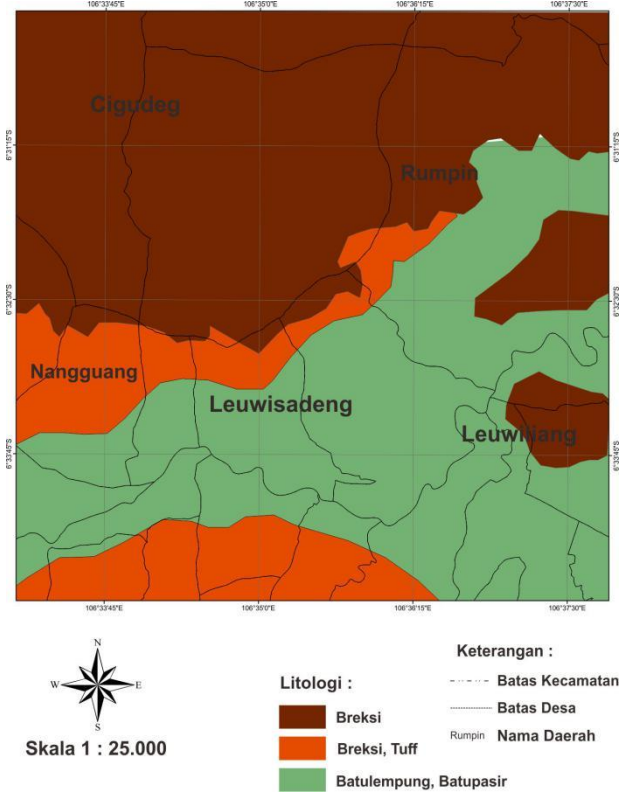
Gambar 3 Kenampakan longsoran daerah penelitian

Overlay menggunakan metode *fuzzy logic* terhadap kelima parameter yang sudah diklasifikasikan sebelumnya akan menghasilkan peta tingkat kerawanan longsor. Adapun kelima parameter, yaitu peta tutupan lahan (Gambar 4), peta sebaran litologi (Gambar 5), peta jenis tanah (Gambar 6), peta ketinggian (Gambar 7), dan peta kemiringan lereng (Gambar 8).

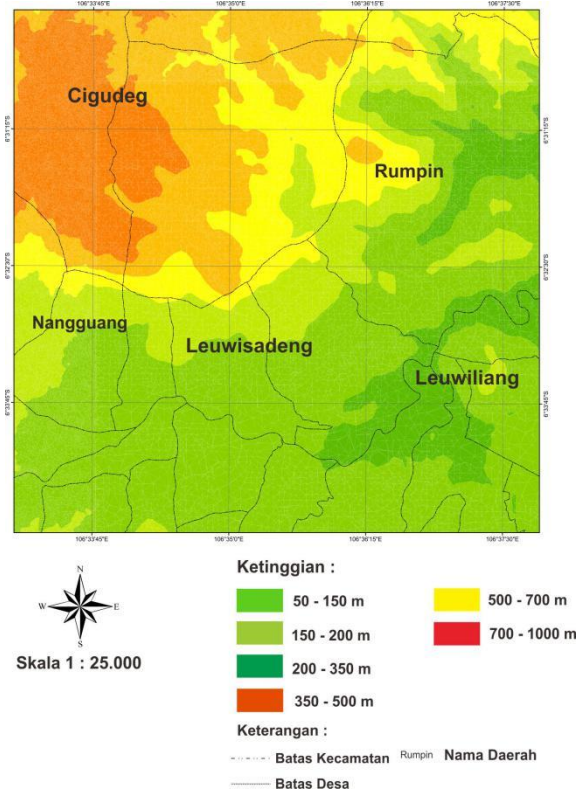


Gambar 4 Peta tutupan lahan Daerah Leuwisadeng dan sekitarnya Kabupaten Bogor, Jawa Barat

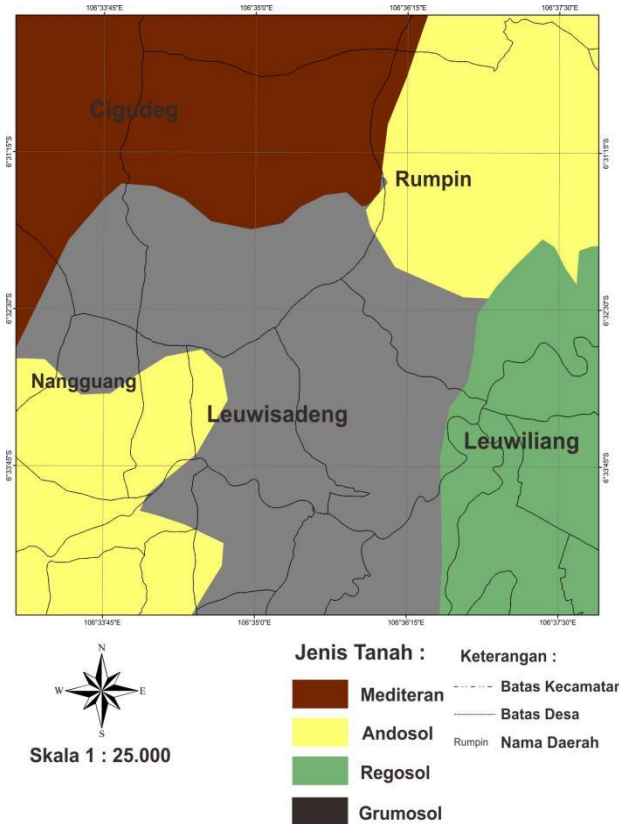
Analisis Tingkat Kerawanan Longsor Menggunakan Metode Fuzzy Logic dan Kinematik Daerah Leuwisadeng, Kabupaten Bogor, Jawa Barat



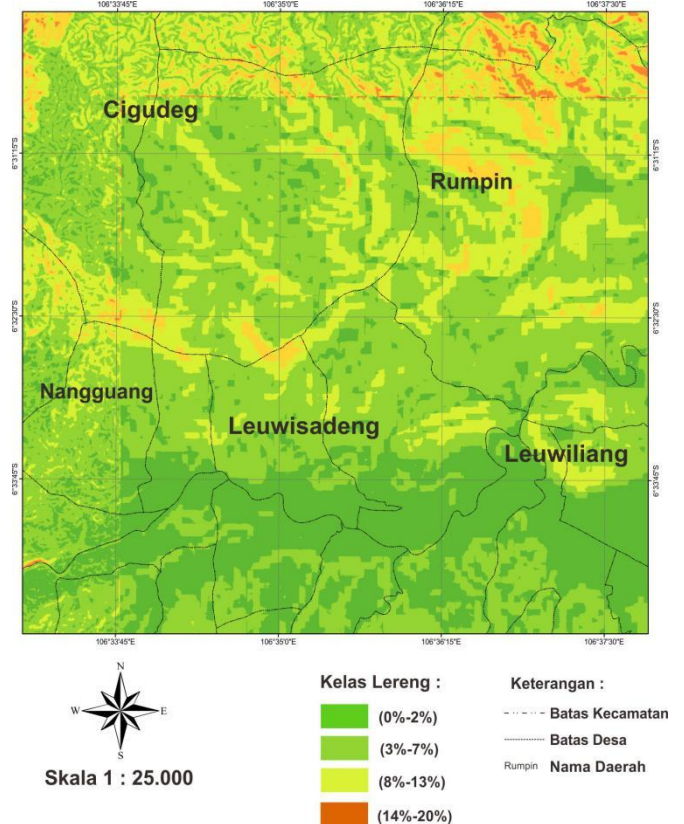
Gambar 5 Peta sebaran litologi Daerah Leuwisadeng dan sekitarnya Kabupaten Bogor, Jawa Barat



Gambar 7 Peta ketinggian Daerah Leuwisadeng dan sekitarnya Kabupaten Bogor, Jawa Barat



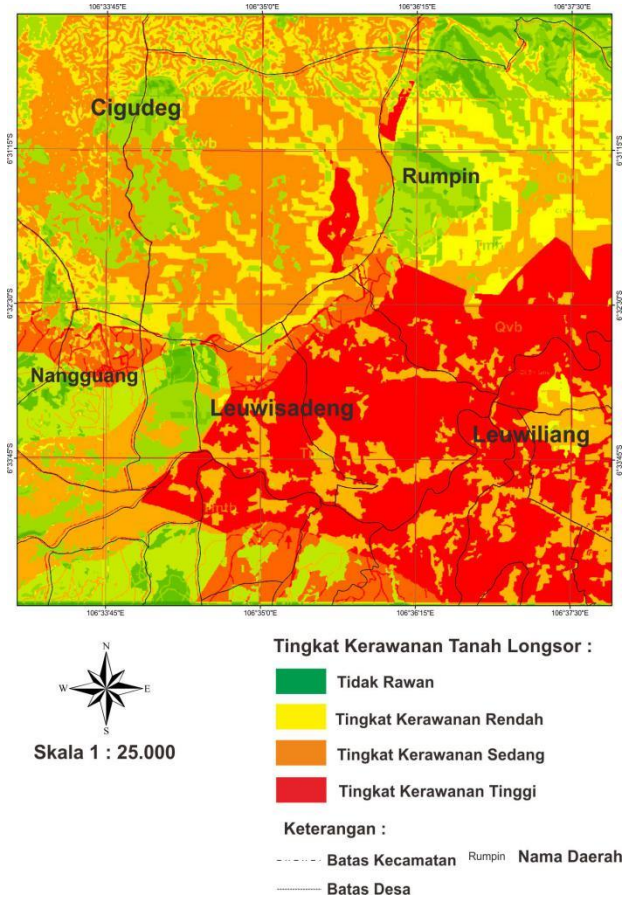
Gambar 6 Peta jenis tanah Daerah Leuwisadeng dan sekitarnya Kabupaten Bogor, Jawa Barat



Gambar 8 Peta kemiringan lereng Daerah Leuwisadeng dan sekitarnya Kabupaten Bogor, Jawa Barat



Dari hasil tersebut didapatkan 4 kelas tingkat kerawanan longsor diantaranya kelas dengan tingkat kerawanan tidak rawan, kelas dengan tingkat kerawanan rendah, kelas dengan tingkat kerawanan sedang dan kelas dengan tingkat kerawanan tinggi (Gambar 9).



Gambar 9 Peta tingkat kerawanan longsor Daerah Leuwisadeng dan sekitarnya Kabupaten Bogor, Jawa Barat

Potensi longsor paling tinggi terdapat pada daerah Leuwisadeng dan Leuwiliang. Berdasarkan peta geologi daerah penelitian yang merujuk pada penelitian sebelumnya daerah tersebut merupakan daerah dengan indikasi struktur paling banyak sehingga dapat dikatakan bahwa longsor yang terjadi pada daerah tersebut disebabkan oleh adanya struktur-struktur geologi yang masih terus berkembang.

Setelah menyelesaikan tahapan *overlay fuzzy logic*, peneliti lalu menentukan tipe longsor di daerah penelitian menggunakan analisis kinematik. Pada prinsipnya dalam melakukan analisis potensi longsor pada lereng batuan guna mengetahui tipe longsor daerah penelitian, langkah yang pertama adalah menganalisis pola-pola atau orientasi diskontinuitas yang dapat menyebabkan kestabilan lereng batuan. Proses ini pada umumnya dilakukan dengan menggunakan metode stereografis pada analisis kinematik.

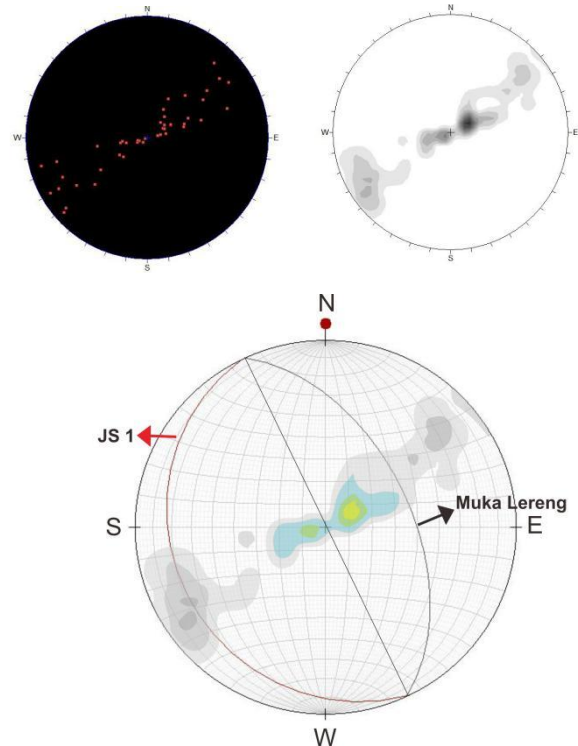
Pengambilan data lapangan dipilih pada daerah singkapan yang tergolong aman. Pengukuran scanline sampling dilakukan sebanyak 2 (dua) lintasan dengan lereng yang berbeda dengan keseluruhan berjumlah 4 lereng.

✓ Scanline I (Cigudeg - Rumpin)

Dari data pengamatan dan pengukuran, didapatkan data:

- Panjang Lereng ± 60 m dan Tinggi ± 17 m
- Arah dan Kemiringan Lereng N 288° E / 35°
- Panjang scanline 40 m
- Diskontinuitas berupa kekar berjumlah 50
- Litologi batupasir, berwarna coklat kekuningan, ukuran butir sedang, menyudut tanggung, terpilah buruk, kemas terbuka, kompak, keadaan umum kering.

Dari proses pengelompokan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Rocscience Dips v.5.1*, didapatkan satu set diskontinuitas yaitu JS1 dengan kedudukan N 66° E / 42°. Dengan demikian kondisi lereng memiliki tipe keruntuhan/longsoran bidang (*plane failure*) karena jurus bidang diskontinuitas dengan jurus permukaan lereng mendekati paralel dan arah kemiringan kedua bidang secara berlawanan (Hoek dan Bray, 1981) (Gambar 10).



Gambar 10 Analisis kinematik scanline lereng I

Berdasarkan syarat kinematik untuk longsor bidang yang diusulkan oleh Goodman dan Bray's (1976 op cit. Hoek, 2000), JS1 memiliki arah kemiringan ( $\alpha_p$ ) yang berlawanan dengan arah kemiringan muka lereng

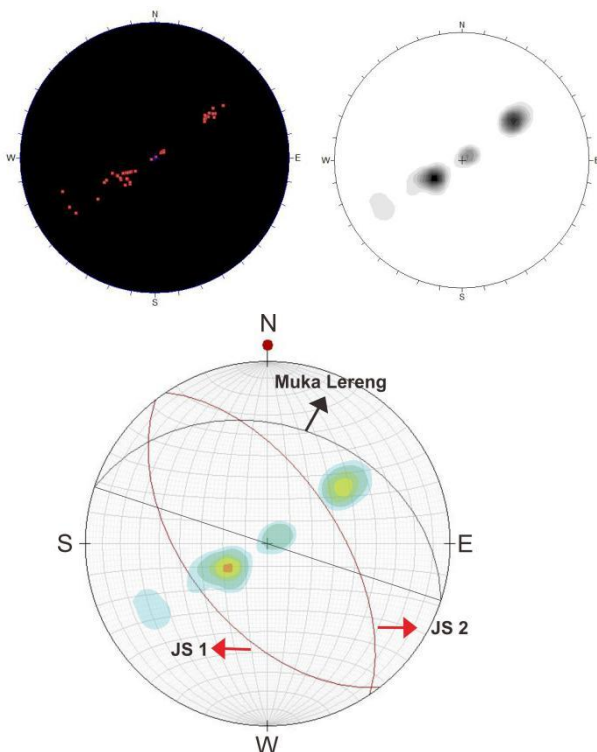
( $\alpha$ f), atau dengan kata lain arah kemiringan JS1 berada dalam zona kritis.

✓ Scanline II (Leuwiliang - Leuwisadeng)

Dari data pengamatan dan pengukuran, didapatkan data:

- Panjang Lereng  $\pm 85$  m dan Tinggi  $\pm 20$  m
- Arah dan Kemiringan Lereng N  $335^\circ$  E /  $53^\circ$
- Panjang scanline 25 m JS 1, 23 m JS 2
- Diskontinuitas berupa kekar berjumlah 60
- Litologi batupasir, berwarna abu keputih, ukuran butir sedang, terpilah baik, kemas tertutup, kompak, keadaan umum kering.

Dari proses pengelompokan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Rocscience Dips* v.5.1, didapatkan dua set diskontinuitas yaitu JS1 dan JS2 dengan kedudukan N  $239^\circ$  E /  $61^\circ$  dan N  $54^\circ$  E /  $37^\circ$ . Dengan demikian kondisi lereng memiliki tipe keruntuhan/longsoran baji (*wedge failure*) karena terdapat dua bidang diskontinuitas yang saling berpotongan sehingga membentuk baji terhadap lereng (Hoek dan Bray, 1981) (Gambar 11).



Gambar 11 Analisis kinematik scanline lereng II

Berdasarkan pola-pola diskontinuitas yang ada dan kedudukan lereng menunjukkan adanya model keruntuhan/longsoran baji (*wedge failure*) yang dibentuk oleh dua set diskontinuitas yaitu JS1 dan JS2, memiliki sudut penunjaman yang dibentuk oleh perpotongan kedua set diskontinuitas tersebut.

## KESIMPULAN

1. Hasil analisis peta tingkat kerawanan bencana longsor mendapatkan empat kategori yaitu: tidak rawan, tingkat kerawanan rendah, tingkat kerawanan sedang dan tingkat kerawanan tinggi.
2. Pada daerah penelitian tingkat kerawanan longsor dikategorikan sedang - tinggi.
3. Jenis longsoran dengan tingkat kerawanan tinggi banyak terdapat di daerah Leuwisadeng - Leuwiliang.
4. Hasil analisis kinematik ditemukan 2 tipe longsoran yaitu, tipe longsoran bidang dan tipe longsoran baji.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhsar, (2014). Pemetaan Prediksi Sebaran Kerentanan Longsor di Kecamatan Tawamangu, Kabupaten Karanganyar Menggunakan Pendekatan Fuzzy Logic. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah. (2014). Data Kawasan Rawan Longsor, Jawa Barat. Bogor. Pusat BPBD Indonesia.
- Goodman., Bray, J. (1997). *Engineering Rock. Mechanics, An Introduction to the Principles*, Pergamon,UK
- Hoek, E., Bray, J.(1981). *Rock Slope Engineering, Civil and Mining* 4th Edition.
- Karnawati, D. (2003). Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya. Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Satyana, A.H., Amandita. (2004). Mandala Sedimentasi Jawa Barat. Proceedings, HAGI 33<sup>rd</sup> Annual Convention and Exhibition.