

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/280796454>

# Deteksi Daerah Rawan Longsor Menggunakan Data Geospasial dan Satelit Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Provinsi Banten, DKI Jakarta dan Jawa Barat)

Research · August 2015

DOI: 10.13140/RG.2.1.2131.4402

CITATION

1

READS

2,821

2 authors:



[Ardhi Adhary Arbain](#)

The University of Tokyo

26 PUBLICATIONS 85 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Dodi Sudiana](#)

University of Indonesia

54 PUBLICATIONS 94 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Face recognition using local face descriptor [View project](#)



Electrical Capacitance Volume Tomography [View project](#)

# Deteksi Daerah Rawan Longsor Menggunakan Data Geospasial dan Satelit Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Provinsi Banten, DKI Jakarta dan Jawa Barat)

Ardhi Adhary Arbain<sup>1</sup>, Dodi Sudiana<sup>2</sup>

Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia<sup>1,2</sup>, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi<sup>1</sup>  
email : ardhi108@yahoo.com, dodi@ee.ui.ac.id

**Abstract**— Penelitian ini membahas teknik deteksi daerah rawan longsor di wilayah Banten, DKI Jakarta dan Jawa Barat, menggunakan data geospasial dan satelit dengan memanfaatkan metode *Weighted Linear Combination* (WLC) berbasis Sistem Informasi Geografis. Beberapa pembobotan berbeda dilakukan untuk menguji faktor-faktor yang paling dominan menyebabkan longsor, seperti elevasi, kemiringan lereng, jenis tanah, tutupan lahan, rata-rata dan simpangan baku curah hujan. Hasil pengolahan data dengan metode WLC untuk masing-masing pembobotan dibandingkan dengan data kejadian longsor di wilayah kajian dalam periode tahun 2004-2011. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa kemiringan lereng adalah faktor dominan penyebab longsor, dengan nilai akurasi  $r=0.56723$ . Penelitian ini juga mengkaji distribusi daerah rawan longsor selama beberapa tahun yang tidak hanya bergantung pada fluktuasi faktor dinamis seperti tutupan lahan dan curah hujan, dengan persentase rata-rata sebesar 25-26% dari total luas wilayah kajian. Keakuratan dari hasil penelitian ini bergantung pada presisi dan skala dari data geospasial yang dapat ditingkatkan dengan menggunakan data satelit yang terbaru.

**Keywords ;** *Landslide susceptibility, remote sensing, Weighted Linear Combination, Geographic Information System*

## I. PENDAHULUAN

Tanah longsor (*landslide*) atau yang lebih populer disebut longsor, adalah salah satu bencana alam yang paling umum terjadi di seluruh dunia [1] dan merupakan salah satu bencana yang menyebabkan kerugian materiil dan non-materiil dalam jumlah sangat besar setiap tahunnya [2]. Di

Indonesia, tanah longsor merupakan bencana alam yang paling sering terjadi setelah banjir, di mana persentase kedua jenis bencana ini mencapai 60 persen dari keseluruhan bencana yang pernah terdata oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana [3].

Kejadian longsor bergantung kepada interaksi yang kompleks antara sejumlah besar faktor yang saling berhubungan. Faktor-faktor ini dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori [4] : (1) faktor penyebab, misalnya kemiringan lereng, sifat-sifat tanah, elevasi, aspek, tutupan lahan, jenis batuan dan lain-lain; serta (2) faktor pemicu, misalnya curah hujan lebat, gempa bumi atau semburan gletser. Dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, kondisi geografis Indonesia diyakini merupakan salah satu faktor kunci penyebab tanah longsor yang sering terjadi di negara ini. Indonesia berada di pertemuan tiga pelat tektonik besar dan Sembilan pelat tektonik kecil, yang mengakibatkan negara ini sangat rawan gempa bumi. Karena gempa bumi merupakan salah satu faktor pemicu longsor, maka Indonesia juga termasuk negara yang rawan longsor. Indonesia juga merupakan salah satu negara yang berada di wilayah tropis ekuator yang sering disebut sebagai ‘benua maritim’ [5] karena dikelilingi lautan yang lebih hangat dibandingkan daerah tropis lainnya. Konveksi aktif yang terjadi di wilayah ini menyebabkan Indonesia memiliki curah hujan yang relatif tinggi sepanjang tahun [6]. Hal ini mengindikasikan bahwa, selain gempa bumi, bencana tanah longsor yang dipicu oleh curah hujan tinggi juga sangat rawan terjadi di wilayah Indonesia. Jawa Barat merupakan salah satu daerah di Indonesia yang paling rawan mengalami bencana tanah longsor.

Dalam tahun 2005 misalnya, dari 47 bencana tanah longsor yang mengakibatkan 243 orang tewas di seluruh Indonesia, 39 di antaranya terjadi di Jawa Barat [7]. Selain gempa bumi dan curah hujan, kondisi geografis seperti topografi dan tata guna lahan yang buruk merupakan penyebab utama terjadinya tanah longsor di provinsi ini.

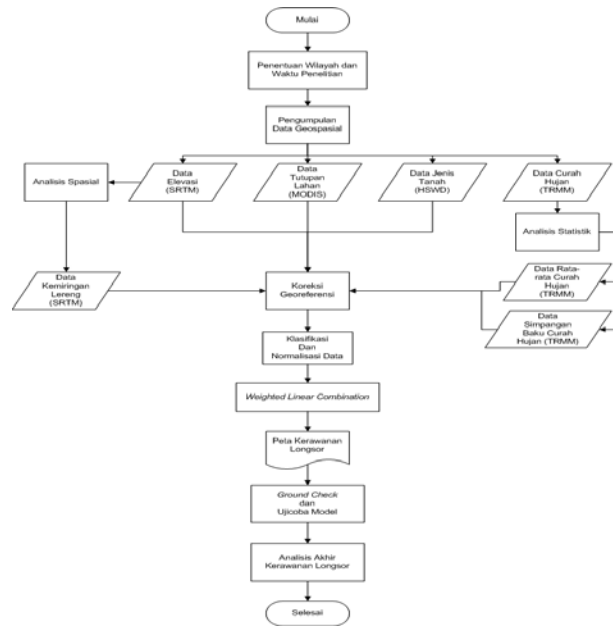
Secara konvensional, survey lapangan merupakan metode terbaik untuk mengkaji kerawanan longsor. Namun, melakukan analisis terhadap potensi longsor yang mungkin terjadi pada suatu wilayah yang luas relatif sukar serta menghabiskan waktu dan biaya, terutama pada negara-negara berkembang seperti Indonesia, di mana jaringan observasi kebumihan relatif terbatas dan banyaknya daerah pegunungan yang sulit dijangkau. Untuk mengatasi masalah ini, informasi yang diperoleh melalui penginderaan jauh merupakan salah satu solusi terbaik yang dapat diperoleh. Data penginderaan jauh yang saat ini tersedia dapat memberikan informasi yang akurat dan berguna dari fitur-fitur permukaan dan proses dinamis yang berhubungan dengan kejadian longsor.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan analisis dan informasi terhadap daerah yang rawan bencana tanah longsor, khususnya di wilayah Banten, DKI Jakarta dan Jawa Bara dengan menggunakan data hasil penginderaan jauh beberapa satelit (SRTM, Aqua, Terra dan TRMM) dengan data geospasial hasil observasi lapangan (*ground observation*). Informasi ini diharapkan dapat memberikan manfaat dengan meminimalisasi kerugian yang ditimbulkan oleh bencana ini di masa mendatang, meningkatkan kewaspadaan masyarakat yang tinggal di lokasi-lokasi rawan longsor, serta membantu para pengambil keputusan (pemerintah) dalam hal perencanaan dan pengembangan wilayah di ketiga provinsi tersebut.

## II. PERANCANGAN MODEL PETA KERAWANAN LONGSOR

### A. Diagram Alir Perancangan Model

Secara umum, diagram alir perancangan model peta kerawanan longsor pada penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Model Peta Kerawanan Longsor

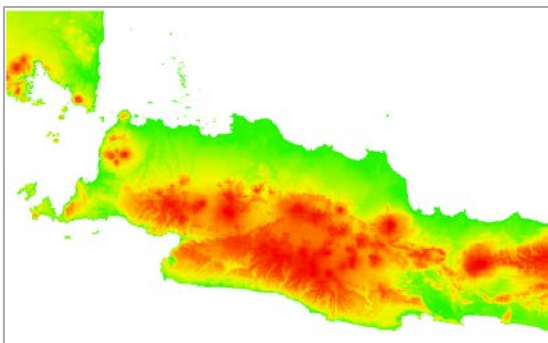
Penelitian ini menggunakan data Geospasial dari beberapa parameter yang merupakan faktor pengontrol terjadinya tanah longsor. Data Geospasial yang menjadi masukan model diperoleh dari hasil observasi langsung di lapangan dan observasi wahana penginderaan jauh dengan berbagai format, antara lain GeoTIFF (*Geo Tagged Image File Format*), NetCDF (*Network Common Data Format*) dan HDF-EOS (*Hierarchical Data Format – Earth Observation System*). Resolusi spasial yang digunakan berkisar antara 90-meter sampai  $0,25^\circ$  (ukuran grid).

Proses pengolahan data dimulai dengan penurunan beberapa faktor pengontrol longsor dari data geospasial yang ada, misalnya data kemiringan lereng yang diturunkan dari data DEM SRTM 90m. Penggunaan data turunan ini didasari oleh beberapa studi tentang longsor yang pernah dilakukan sebelumnya, antara lain : Dai dan Lee [4], Carrara et al. [8], Anbalagan et al. [9], Larsen dan Torres Sanchez [10], Lee dan Min [11], Saha et al. [12]-[13], Fabbri et al. [14], Sarkar dan Kanungo [15] serta Coe et al. [16]. Studi-studi di atas menyimpulkan bahwa parameter-parameter seperti lereng, jenis dan tekstur tanah, akumulasi aliran, elevasi serta tutupan lahan merupakan faktor-faktor dominan yang

menyebabkan longsor. Sementara itu, dalam beberapa studi lain mengenai tanah longsor di Indonesia, antara lain oleh Suryolelono [17] dan Karnawati [18], menyimpulkan bahwa curah hujan tropis yang tinggi sepanjang tahun merupakan salah satu faktor pengontrol utama kejadian tanah longsor di Indonesia. Berdasarkan beberapa penelitian di atas, maka data yang digunakan untuk model daerah rawan longsor dalam penelitian ini adalah : elevasi, jenis dan tekstur tanah, kelerengan, tutupan lahan dan curah hujan.

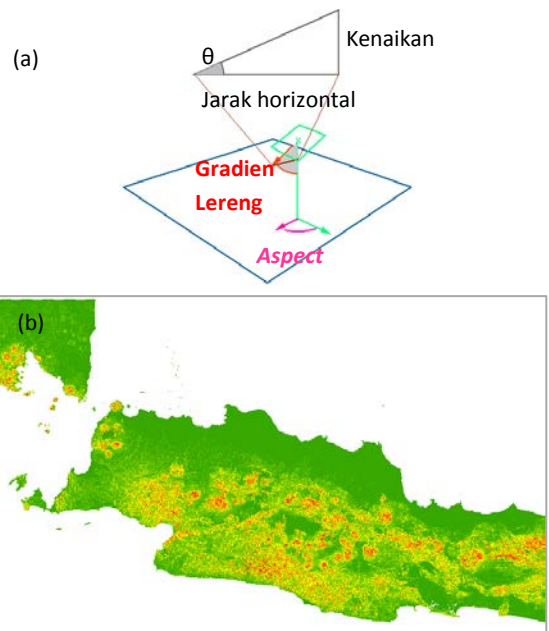
### B. Data Digital Elevation Model

Data model elevasi digital atau *Digital Elevation Model* (DEM) merupakan salah satu data dasar yang paling esensial dalam penelitian ini. DEM yang digunakan adalah data *Shuttle Radar Topography Mission* (“*The Shuttle Radar Topography Mission*”) milik *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) Amerika Serikat. Data SRTM merupakan salah satu terobosan baru dalam teknologi pemetaan digital bumi (dengan resolusi spasial hingga 30 meter dan *vertical error* kurang dari 16 meter) dan mampu menyajikan data elevasi berkualitas tinggi dalam cakupan yang luas di daerah tropis dan bagian dunia lainnya. Produk data SRTM yang digunakan dalam penelitian ini adalah SRTM 90m yang merupakan produk turunan dari data SRTM3 yang diproses lebih lanjut untuk menghilangkan beberapa kekosongan data (*no-data void*) akibat beberapa fitur hidrologi yang mencegah proses kuantisasi data elevasi. Sesuai namanya, data SRTM 90m memiliki resolusi spasial 90 meter dengan format GeoTIFF.



Gambar 2. Data elevasi (DEM) SRTM 90m

Data DEM tidak hanya dapat digunakan untuk memperoleh informasi elevasi, namun juga dapat diturunkan untuk memperoleh faktor-faktor topografi lainnya, misalnya lereng, *aspect*, *hill shading*, kurvatur lereng, kekasaran lereng, daerah lereng maupun klasifikasi kualitatif pembentukan lahan [19]. Lereng didefinisikan sebagai nilai tangen bidang terhadap suatu permukaan topografik, yang dimodelkan oleh DEM pada suatu titik [20]. Lereng diklasifikasikan sebagai suatu vektor yang memiliki besar (gradien) dan arah (*aspect*). Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 3.



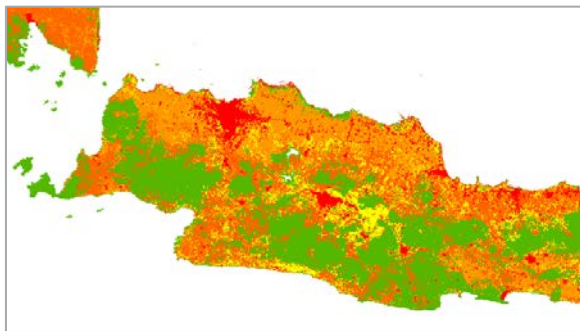
Gambar 3. Komponen gradien dan *aspect* dari lereng (a) dan data kemiringan lereng yang diturunkan dari data DEM (b)

Gradien suatu lereng didefinisikan sebagai laju perubahan maksimum dalam ketinggian ( $\tan \theta$ ), sedangkan *aspect* didefinisikan sebagai arah (kompas) dari gradien lereng ( $\beta$ ). Nilai gradien lereng dapat dinyatakan dalam sudut dan atau persentase, sedangkan *aspect* dinyatakan dalam arah angin (utara, timur laut dan lain-lain). Bila elevasi dinyatakan sebagai  $Z$ , maka gradien lereng  $S$  pada suatu titik merupakan turunan pertama dari  $Z$ , dengan *aspect*  $\beta$  sebagai arah lerengnya. Sehingga :

$$\tan \theta = \frac{\text{kenaikan}}{\text{jarak horizontal}} = \frac{\partial Z}{\partial S}$$

### C. Data Tutupan Lahan

MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectrometer*) merupakan salah satu instrumen kunci dari satelit *Terra* dan *Aqua*. MODIS mengamati seluruh permukaan Bumi dalam periode 1-2 hari dan mengumpulkan data dalam 36 pita spektral atau beberapa kelompok panjang gelombang. Data tutupan lahan global dari MODIS dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis vegetasi dan tutupan lahan di permukaan Bumi. Data MODIS yang digunakan dalam penelitian ini adalah produk kombinasi *level 3* dari satelit *Terra* dan *Aqua* (MCD12Q1) yang memberikan informasi tipe tutupan lahan tahunan dengan proyeksi sinusoidal dan resolusi spasial 500 meter, dalam format HDF-EOS, dengan seri observasi tahun 2005 sampai tahun 2009.



Gambar 4. Data tutupan lahan MODIS MCD12Q1

Produk MCD12Q1 mampu mengidentifikasi sebaran geografis dari 17 kelas tutupan lahan dengan menggunakan skema yang didefinisikan oleh *International Geosphere Biosphere Programme* (IGBP). Satu produk MCD12Q1 memiliki beberapa *layer* data, antara lain tipe tutupan lahan (dalam angka 0-16), *assessment layer* dan *quality flag* untuk tiap jenis tutupan lahan. Dengan melakukan pendekatan yang dikemukakan oleh Larsen dan Torres Sanchez [10], tutupan lahan dapat dikategorikan menjadi beberapa kelompok, mulai dari yang kurang berpotensi menyebabkan longsor (a) sampai yang sangat berpotensi menyebabkan longsor (e). Dalam penelitian ini, pendekatan serupa dilakukan dengan mengklasifikasikan 17 tipe tutupan lahan dari data MODIS MCD12Q1 ke dalam 11

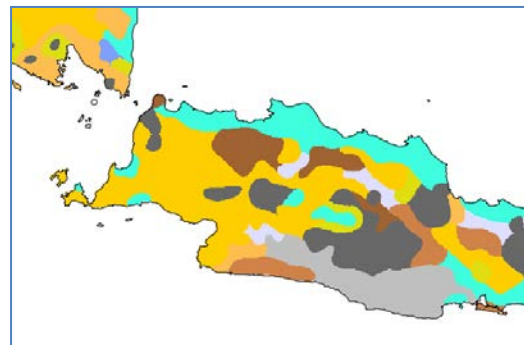
kategori, di mana nilai kerawanan longsor berkisar antara 0 sampai 1 untuk setiap kategori (Tabel 1). Nilai yang tinggi (mendekati 1) menyatakan tingkat kerawanan yang tinggi, sedangkan nilai yang rendah (mendekati 0) menyatakan tingkat kerawanan yang rendah terhadap longsor.

Tabel 1. Penentuan nilai kerawanan longsor untuk berbagai jenis tutupan lahan dari data MODIS

Kelas	Jenis Tutupan Lahan	Nilai Kerawanan Longsor
0, 15	Perairan, tutupan salju dan es permanen	0
11, 1, 2	Hutan lebat, daerah basah permanen	0.1
3, 4	Hutan musiman	0.2
5	Hutan campuran	0.3
6, 7	Semak belukar	0.4
8, 9	Sabana	0.5
10	Padang rumput	0.6
12	Daerah pertanian	0.7
14	Daerah vegetasi campuran/perkebunan	0.8
16	Daerah tandus/sedikit vegetasi	0.9
13	Daerah yang dikembangkan, jalan, daerah pantai	1.0

### D. Data Jenis Tanah

Data jenis tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Harmonized World Soil Database* (HWSD) yang dikembangkan oleh *International Institute for Applied System Analysis* (IIASA) dan *Food and Agriculture Organization* (FAO) PBB. Data ini memiliki format raster dengan resolusi spasial 1 km yang mampu memetakan lebih dari 16 ribu jenis tanah yang merupakan kombinasi dari data jenis tanah di seluruh dunia (SOTER, ESD, *Soil Map of China*, WISE) dengan informasi tanah dunia yang dimiliki oleh FAO-UNESCO.



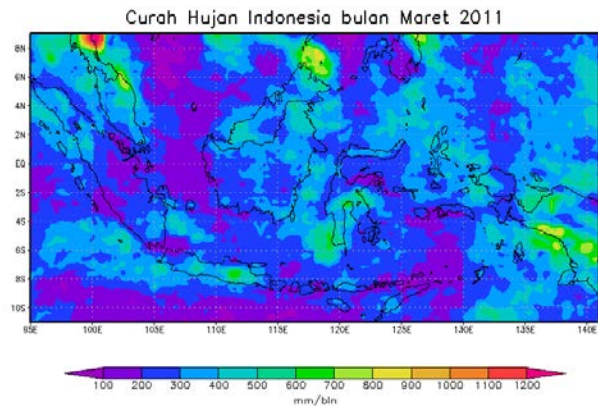
Gambar 5. Data *Harmonized World Soil Database* (HWSD)

Nilai kerawanan longsor dari suatu tipe tanah dapat ditentukan berdasarkan tekstur dari suatu tanah. Tekstur tanah adalah sifat yang menggambarkan proporsi relatif dari berbagai ukuran partikel mineral dari suatu tanah. Data HWSO memberikan informasi tekstur tanah yang mengikuti klasifikasi dari *United States Departement of Agriculture (USDA)*, yang membagi tipe tanah berdasarkan ukuran partikelnya. Beberapa penelitian mengenai longsor sebelumnya, seperti Lee dan Min [11], Dai dan Lee [4], Hong et al. [21], serta Roslee [22], menyatakan bahwa tingkat kerawanan longsor dari suatu tanah dapat ditentukan secara empirik berdasarkan jenis tekstur tanahnya. Tanah yang memiliki tekstur lebih kasar dan renggang seperti pasir akan memiliki tingkat kerawanan longsor yang lebih tinggi dibandingkan tanah dengan tekstur halus dan rapat seperti tanah liat.

#### E. Data Curah Hujan Spasial

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data TMPA (*TRMM-based Multi-satellite Precipitation Analysis*) yang merupakan kombinasi antara estimasi curah hujan dari berbagai satelit dengan analisis penakar hujan di permukaan Bumi, pada resolusi spasial  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  dan resolusi temporal mulai dari 3 jam, 1 hari hingga 1 bulan dalam rentang koordinat  $50^\circ \text{LU} - 50^\circ \text{LS}$ . TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) sendiri merupakan misi ruang angkasa hasil kerja sama NASA dan *Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)* yang dirancang untuk mengamati dan mempelajari curah hujan di daerah tropis.

TMPA adalah produk baku TRMM dalam periode tahun 1998 – sekarang dan tersedia baik secara *real-time* maupun setelah pengamatan. Data TMPA yang menjadi masukan model dalam penelitian ini adalah produk 3B43, dengan resolusi spasial  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  (grid) dan resolusi temporal 1 bulan. Periode pengamatan yang digunakan adalah dari bulan Januari 1998 – Desember 2010. Produk 3B43 dapat diunduh secara bebas melalui situs TRMM NASA. dalam dua jenis format, HDF dan NetCDF.



Gambar 6. Contoh data TMPA 3B43 yang memberikan informasi curah hujan di wilayah Indonesia untuk bulan Maret 2011.

Untuk daerah tropis seperti Indonesia, curah hujan merupakan salah satu faktor utama yang menjadi pemicu longsor. Menurut Subhan [23], terdapat dua jenis hujan yang dapat memicu terjadinya longsor, yaitu (1) hujan sedang (kurang deras) yang terjadi terus-menerus selama beberapa jam hingga beberapa hari dan (2) hujan deras yang mencapai 70 mm – 100 mm per hari.

#### F. Koreksi Georeferensi dan Klasifikasi Data

Kerawanan tanah longsor dapat dipetakan dengan menggunakan berbagai metode yang bergantung pada ketersediaan data [24]. Penelitian yang dilakukan oleh Fabbri et al. [14] dan Coe et al. [16] menunjukkan bahwa data yang jumlahnya terbatas tidak hanya bisa menghasilkan peta daerah rawan longsor, namun juga mampu memberikan hasil yang akurat. Informasi yang lebih banyak tidak selalu mengarah pada hasil yang lebih baik, semuanya bergantung pada kualitas dari data yang akan diolah.

Secara garis besar, proses pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini dapat dijabarkan dalam beberapa langkah berikut :

1. Koreksi georeferensi, konversi dari sistem koordinat geografis ke sistem koordinat *Universal Transverse Mercator (UTM)*.
2. Penentuan nilai kerawanan longsor untuk setiap faktor dalam skala 0-1. Nilai 0 berarti tidak rawan longsor, sedangkan 1 berarti rawan longsor.

3. Pemetaan daerah rawan longsor dengan menggunakan metode *Weighted Linear Combination*.

Koreksi geometri atau georeferensi merupakan proses proyeksi peta ke dalam suatu sistem proyeksi peta tertentu. Penyeragaman data-data ke dalam sistem koordinat dan proyeksi yang sama perlu dilakukan, guna mempermudah proses pengintegrasian data-data. Proyeksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah UTM (*Universal Transverse Mercator*) yang membagi permukaan Bumi dalam rentang 80° LS dan 84° LU ke dalam 60 zona, dalam setiap kelipatan lebar 6° bujur ke arah timur. Proses selanjutnya adalah pengklasifikasian setiap faktor/data pengontrol longsor ke dalam berbagai kategori. Dari uraian sebelumnya mengenai data-data yang digunakan untuk masukan model, dapat disimpulkan bahwa nilai kerawanan tiap faktor pengontrol longsor dapat ditentukan berdasarkan beberapa asumsi empirik berikut :

1. Lereng yang lebih curam/tinggi memiliki nilai kerawanan yang lebih tinggi.
2. Tekstur tanah yang lebih kasar/renggang memiliki nilai kerawanan yang lebih tinggi.
3. Tutupan lahan yang lebih terbuka dan miskin vegetasi memiliki nilai kerawanan yang lebih tinggi.
4. Elevasi yang lebih tinggi memiliki nilai kerawanan yang lebih tinggi.
5. Curah hujan (rata-rata dan simpangan baku) yang lebih tinggi memiliki kerawanan yang lebih tinggi.

Misalnya dengan menggunakan asumsi pada poin 1 di atas, maka nilai 0 dapat diberikan pada titik yang memiliki lereng paling landai, dan nilai 1 pada titik yang memiliki lereng paling curam. Dengan demikian, nilai numerik untuk titik  $x_k(i,j)$  dari parameter/faktor pengontrol longsor  $k$  dapat dinormalisasi ke dalam nilai 0 sampai 1, seperti ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$y_k(i,j) = \frac{x_k(i,j) - x_k^{min}}{x_k^{max} - x_k^{min}}$$

Nilai  $x_k(i,j)$  adalah nilai numerik asli dari faktor ke- $k$  di lokasi piksel  $(i,j)$  dan  $y_k(i,j)$  adalah nilai numerik yang dinormalisasi dari  $x_k(i,j)$ . Di mana  $x_k^{max}$  (dan  $x_k^{min}$ ) adalah nilai maksimum (dan minimum) dari faktor ke- $k$ . Dengan menggunakan Persamaan di atas, nilai akhir kerawanan longsor yang akan diperoleh merupakan kombinasi dari beberapa nilai numerik dari tiap faktor pengontrol longsor.

#### G. *Weighted Linear Combination*

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk merepresentasikan dan menguji faktor-faktor pengontrol longsor secara interaktif adalah *Weighted Linear Combination* (WLC). WLC adalah metode yang mengkombinasikan faktor-faktor pengontrol longsor dengan menerapkan pembobotan primer dan pembobotan tingkat-kedua [25]. Dalam penelitian ini, metode WLC diterapkan untuk menghasilkan nilai kerawanan longsor akhir, seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$Z(i,j) = \sum_{k=1}^n w_k y_k(i,j) \text{ di mana } \sum_{k=1}^n w_k = 1$$

$Z(i,j)$  adalah nilai kerawanan akhir dari piksel  $(i,j)$  dan  $w_k$  adalah bobot kombinasi linear untuk faktor ke- $k$ , di mana dalam penelitian ini,  $k$  bernilai 1 sampai 7 (1 untuk lereng, 2 untuk elevasi, 3 untuk tipe tanah, 4 untuk tutupan lahan, 5 untuk densitas drainase, 6 untuk rata-rata curah hujan dan 7 untuk simpangan baku curah hujan). Langkah berikutnya adalah menentukan nilai bobot untuk tiap faktor/parameter pengontrol longsor. Dalam penelitian ini digunakan beberapa model pembobotan berdasarkan studi-studi mengenai longsor sebelumnya. Nilai akhir yang diperoleh dari beberapa pembobotan ini kemudian digambarkan dalam bentuk peta spasial dan dibandingkan dengan kejadian-kejadian longsor yang pernah terjadi di wilayah Jawa Barat, DKI Jakarta dan Banten. Model pembobotan terbaik adalah model yang hasilnya paling merepresentasikan atau mendekati kejadian-kejadian longsor yang pernah terjadi sebelumnya. Model yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembobotan yang digunakan untuk metode WLC

Pembobotan	SI	SoT	El	LC	PAv	PStd
Hong (2006), Dai & Lee (2002)	0.4	0.4	0.1	0.1	-	-
Direktorat VMBG Indonesia (2004)	0.15	0.2	0.2	0.15	0.3	-
Roslee (2010)	0.3	0.1	0.1	0.05	0.2	0.2
Arbain I (2011)	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Arbain II (2011)	0.25	0.15	0.25	0.15	0.1	0.1
Arbain III (2011)	0.3	0.2	0.1	0.1	0.15	0.15
Arbain IV (2011)	0.4	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15

SI : Kemiringan lereng

SoT : Jenis dan tekstur tanah

El : Elevasi

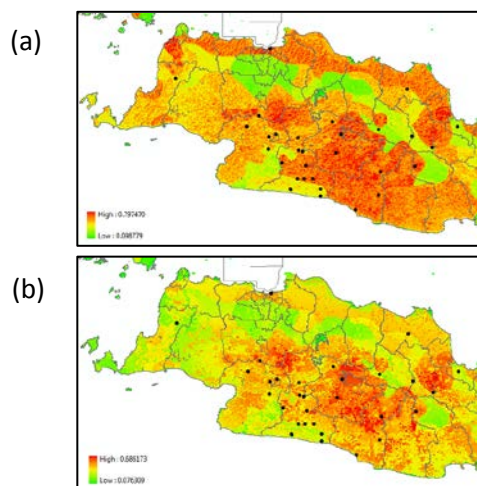
LC : Tutupan lahan

PAv : Rata-rata curah hujan

PStd : Simpangan baku curah hujan

### III. HASIL DAN ANALISIS

Peta rawan longsor yang dihasilkan metode WLC dengan pembobotan Hong seperti yang ditunjukkan Gambar 7 (a) menampilkan daerah-daerah rawan longsor dengan batasan yang tegas, terutama pada daerah utara Banten, DKI Jakarta dan Jawa Barat. Daerah rawan longsor paling dominan berada di wilayah Jawa Barat bagian tengah dan selatan. Batasan daerah rawan longsor yang tegas disebabkan karena Hong memberi bobot lebih pada data kemiringan lereng serta data jenis dan tekstur tanah dibandingkan data lainnya.



Gambar 7. Peta daerah rawan longsor yang dihasilkan metode WLC dengan pembobotan Hong (a) dan Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (b). Titik-titik hitam adalah lokasi kejadian longsor mulai tahun 2004-2011.

Peta rawan longsor kedua dihasilkan oleh metode WLC dengan pembobotan dari Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (DVMBG). Daerah rawan longsor paling dominan berada di Jawa Barat bagian tengah. Pembobotan DVMBG lebih menitikberatkan pada curah hujan, jenis tanah serta elevasi, sehingga daerah-daerah pesisir utara dan selatan Jawa Barat memiliki kerawanan longsor yang lebih rendah dibandingkan daerah Jawa Barat bagian tengah. Selain peta rawan longsor yang dihasilkan metode WLC dengan pembobotan Hong dan DVMBG, beberapa pembobotan lain juga diuji dan dibandingkan dengan data kejadian longsor. Masing-masing memberikan pembobotan berlebih pada satu atau dua faktor dibandingkan faktor yang lainnya. Pembobotan keempat (Arbain) merupakan kombinasi dari ketiga pembobotan sebelumnya dengan memberi bobot lebih pada kemiringan lereng.

Pengujian terhadap model kerawanan longsor terbaik dilakukan dengan membandingkan nilai grid (piksel) dari posisi kejadian longsor dalam periode 2004-2011 dengan nilai grid pada koordinat yang sama pada peta kerawanan longsor dari tiap model. Apabila kejadian longsor dengan koordinat  $(i,j)$  dinyatakan dengan  $l(i,j)$  dan nilai kerawanan longsor dari model di posisi yang sama dinyatakan dengan  $y(i,j)$ , di mana  $0 \leq l(i,j) \leq 1$  dan  $0 \leq y(i,j) \leq 1$ , maka tingkat akurasi suatu model kerawanan longsor pada suatu titik dapat dinyatakan dengan :

$$r(i,j) = 1 - |l(i,j) - y(i,j)|$$

$$0 \leq r(i,j) \leq 1$$

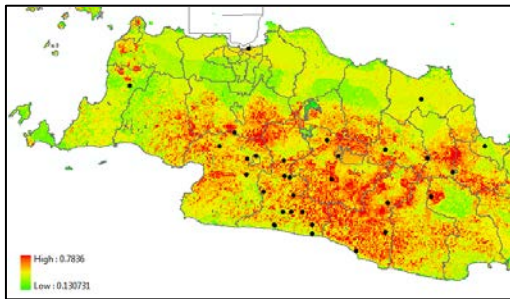
Seperti halnya proses klasifikasi data, perhitungan tingkat akurasi model kerawanan juga diawali dengan normalisasi pada kedua jenis data yang akan dibandingkan dalam skala 0 sampai 1. Nilai 0 berarti kedua jenis data tidak memiliki korelasi sama sekali, sehingga akurasinya paling rendah, dan sebaliknya untuk nilai 1. Dengan demikian, nilai total akurasi untuk  $n$  titik kejadian longsor yang dibandingkan dengan peta kerawanan longsor dapat dinyatakan dengan:



$$r_{total} = \sum_{k=1}^n \frac{1 - |1 - y_k(i_k, j_k)|}{n}$$

di mana,  $0 \leq r_{total} \leq 1$ .

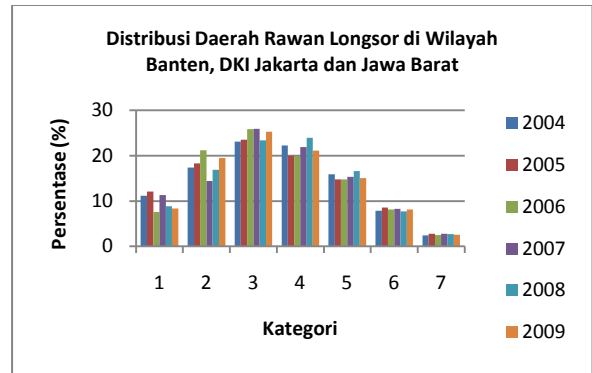
Pengujian tiap model dengan persamaan di atas menghasilkan nilai r tertinggi untuk model-model yang menggunakan kemiringan lereng sebagai faktor yang diberi bobot terbesar, yaitu 0.559964 untuk pembobotan Hong dan 0.56723 untuk pembobotan Arbain.



Gambar 8. Peta rawan longsor hasil metode WLC dengan pembobotan terbesar pada kemiringan lereng (0.5).

Bila diperhatikan dari peta kerawanan longsor tahunan, dapat dilihat bahwa curah hujan berpengaruh pada kecenderungan longsor di suatu daerah. Daerah yang memiliki rata-rata dan simpangan baku curah hujan yang tinggi akan memiliki resiko longsor yang lebih tinggi. Karena nilai curah hujan bersifat dinamis, maka kerawanan longsor dapat bervariasi dari tahun ke tahun. Berdasarkan hasil pengolahan data di atas, bisa disimpulkan bahwa faktor utama (primer) yang paling mempengaruhi terjadinya longsor di wilayah Banten, DKI Jakarta dan Jawa Barat adalah kemiringan lereng, diikuti oleh jenis dan tekstur tanah, elevasi, tutupan lahan, rata-rata curah hujan dan simpangan baku curah hujan sebagai faktor sekunder.

Skala kontinyu dari indeks numerik kerawanan longsor dapat diklasifikasikan kembali ke dalam beberapa kategori [15]. Salah satu cara terbaik untuk menentukan klasifikasi tersebut adalah dengan mencari batas-batas kategori yang mengalami perubahan drastis/tajam pada histogram dari nilai kerawanan longsor [26].

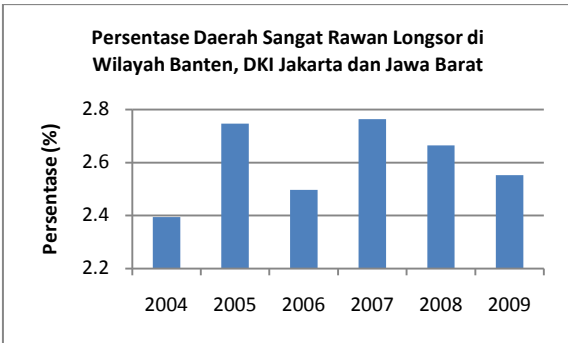


Gambar 9. Distribusi daerah rawan longsor berdasarkan persentase periode tahun 2004-2009

Dari histogram tersebut, nilai kerawanan longsor dapat dibagi menjadi 7 kategori : (1) sangat rendah, (2) rendah, (3) cukup rendah, (4) sedang, (5) cukup tinggi, (6) tinggi, (7) sangat tinggi. Dengan cara ini, fluktuasi dari distribusi daerah rawan longsor dari suatu daerah dapat diketahui. Gambar 9 menunjukkan distribusi kategori kerawanan longsor selama tahun 2004-2009. Tampak bahwa daerah rawan longsor untuk wilayah Banten, DKI Jakarta dan Jawa Barat berkisar antara 25-26% dari total seluruh wilayah dan sebagian besar berada dalam wilayah Jawa Barat, terutama di Jawa Barat bagian tengah dan selatan. Daerah-daerah rawan longsor di Jawa Barat yang termasuk dalam kategori 7 antara lain : Kabupaten Bandung, Kabupaten Bogor, Kabupaten Cianjur, Kabupaten Garut, Kabupaten Kuningan, Kabupaten Majalengka, Kabupaten Sukabumi, Kabupaten Sumedang dan Kabupaten Tasikmalaya. Daerah DKI Jakarta relatif aman terhadap longsor, sedangkan untuk Banten, daerah rawan longsor meliputi sebagian Kabupaten Serang, Kabupaten Pandeglang, dan Cilegon.

Distribusi daerah rawan longsor dari tahun ke tahun memiliki pola yang cenderung mengikuti nilai curah hujan. Pada Gambar 10, tampak bahwa persentase daerah rawan longsor bernilai paling rendah pada tahun 2004 dan 2006, di mana pada saat yang sama terjadi fenomena *El Nino*. Walaupun *El Nino* yang terjadi masih tergolong lemah, pengaruhnya cukup signifikan terhadap intensitas curah hujan yang relatif rendah pada tahun-tahun tersebut. Sebaliknya, pola distribusi daerah rawan longsor tertinggi terjadi pada tahun 2007, di mana

saat itu terjadi kombinasi fenomena cuaca antara lain fenomena *La Nina*, *Dipole Mode* negatif dan *Cold Surge* yang berakibat pada tingginya curah hujan pada daerah kajian.



Gambar 10. Persentase daerah sangat rawan longsor (kategori 7) di wilayah Banten, DKI Jakarta dan Jawa Barat periode tahun 2004-2010

Hal ini menunjukkan bahwa, selain merupakan faktor pemicu longsor utama, nilai curah hujan juga bisa digunakan untuk memprediksi pola kejadian longsor di masa mendatang.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data, terlihat bahwa kemiringan lereng merupakan faktor yang paling dominan dalam menyebabkan bencana tanah longsor, terutama pada wilayah Jawa Barat bagian tengah dan selatan. Hal ini terbukti melalui pengujian akurasi ( $r$ ) antara kejadian longsor yang terjadi dalam periode 2004-2009 dengan nilai kerawanan pada titik yang sama, di mana nilai  $r$  terbaik diperoleh untuk pembobotan tertinggi pada kemiringan lereng, yaitu sebesar 0.56723. Hasil pengolahan juga menunjukkan bahwa faktor-faktor dinamis seperti perubahan tutupan lahan dan besarnya curah hujan ikut memberikan pengaruh terhadap distribusi dari daerah rawan longsor. *El Nino* pada tahun 2004 dan 2006 menyebabkan berkurangnya curah hujan di wilayah Indonesia yang berimbas pada nilai persentase daerah rawan longsor yang rendah di wilayah kajian. Sebaliknya, *La Nina* yang terjadi bersamaan dengan fenomena *Dipole Mode* negatif dan *Cold Surge* pada tahun 2007 di wilayah kajian, menyebabkan peningkatan curah hujan yang

berakibat pada tingginya persentase daerah rawan longsor di wilayah tersebut.

Kualitas dari peta kerawanan longsor yang diperoleh pada penelitian ini sangat bergantung kepada keakuratan dan skala informasi data geospasial yang digunakan, serta data kejadian longsor yang telah terjadi sebagai data pembanding. Lebih dari itu, peta rawan longsor ini juga memerlukan validasi dari data di lapangan, sehingga keakuratannya dapat lebih ditingkatkan. Peta rawan longsor dari penelitian ini dapat diperbaharui kapan saja, apabila terdapat data geospasial yang lebih baik sebagai masukan model. Pembaharuan peta rawan longsor ini juga dapat dilakukan secara dinamis, mengingat beberapa data masukan yang digunakan juga diperbaharui secara periodik, misalnya data tutupan lahan MODIS dan data curah hujan dari TRMM. Dengan demikian, dapat diharapkan bahwa keakuratan peta kerawanan longsor untuk wilayah Banten, DKI Jakarta dan Jawa Barat ini akan meningkat seiring dengan berjalannya waktu.

#### REFERENSI

- [1] E. Bryant. *Natural Hazards*, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge Univ. Press, New York, 2005.
- [2] The Broker Online (2009, Jun. 17). "World Disaster Reports 2009 : A huge Death Toll". Available: <http://www.thebrokeronline.eu/en/Online-discussions/Blogs/Thea-Hilhorst/World-Disaster-Report-2009-A-huge-death-toll>.
- [3] Badan Penanggulangan Bencana Daerah Prov. Nusa Tenggara Timur (2010, Sep. 30). "Bencana Alam di Indonesia Didominasi Banjir". Available: [http://www.bpbddntprov.go.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=66:-bencana-alam-di-indonesia-didominasi-banjir&catid=9:berita-nasional&Itemid=61](http://www.bpbddntprov.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=66:-bencana-alam-di-indonesia-didominasi-banjir&catid=9:berita-nasional&Itemid=61).
- [4] F. C. Dai and C. F. Lee, "Landslide characteristic and slope instability modelling using GIS, Lantau Island, Hongkong", *Geomorphology*, vol. 42, 2003, pp. 213-238.
- [5] C.S. Ramage, "Role of a tropical "maritime continent" in the atmospheric circulation", *Mon. Wea. Rev.*, vol. 96, 1968, pp. 365-369.
- [6] J. Hamada et. al. "Spatial and temporal variations of the rainy season over Indonesia and their link to ENSO", *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol.80, No.2, 2002, pp. 285-310.

- [7] Portal Nasional Republik Indonesia (2008, Jan. 24). "Jabar, Kawasan Paling Rawan Bencana Longsor". Available: <http://ina.indonesia.go.id/index.php/en/region-al-government/west-java-province/1172.html>.
- [8] A. Carrara et al., "GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard", *Earth Surf Proc Land*, vol. 16, 1991, pp. 427-445.
- [9] R. Anbalagan, "Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain", *Eng Geol*, vol. 32, 1992, pp. 269-277.
- [10] M.C. Larsen and A.L. Torres Sanchez, "The frequency and distribution of recent landslides in three montane tropical regions of Puerto Rico", *Geomorphology*, vol. 24, 1998, pp. 309-331.
- [11] S. Lee and K. Min, "Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korea", *Environ Geol*, vol. 40, 2001, pp. 1095-1113.
- [12] A. K. Saha et al., "GIS-based landslide hazard zonation in the Bagirathi (Gangga) Valley, Himalayas", *Int J Remote Sens*, vol. 23(2), 2002, pp. 357-369.
- [13] A. K. Saha et al., "An approach for GIS-based statistical landslide susceptibility zonation-with a case study in the Himalayas", *Landslides*, vol. 2, 2005, pp. 61-69.
- [14] A. G. Fabbri, "Is prediction of future landslides possible with GIS?", *Nat Hazards*, vol. 30, 2003, pp. 487-499.
- [15] S. Sarkar and D.P. Kanungo, "An integrated approach for landslide susceptibility mapping using remote sensing and GIS", *Photo Eng Remote Sens*, vol.70, 2004, pp. 617-625.
- [16] J. A. Coe et al., "Landslide susceptibility from topography in Guatemala" In: *Lacerda et al. (eds) Landslides evaluation and stabilization*, Taylor and Francis Group, London, 2004, pp. 69-78.
- [17] K. B. Suryolelono (2005, Mar. 01). "Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik". Available: [http://lib.ugm.ac.id/data/download/1079402588\\_bencana.doc](http://lib.ugm.ac.id/data/download/1079402588_bencana.doc).
- [18] D. Karnawati, "Bencana Gerakan Massa Tanah/ Batuan di Indonesia; Evaluasi dan Rekomendasi, Dalam Permasalahan, Kebijakan dan Penanggulangan Bencana Tanah Longsor di Indonesia", *P3-TPSLK BPPT dan HSF*, Jakarta, 2004.
- [19] T. Fernandez, "Methodology for landslide susceptibility mapping by means of a GIS, application to the contraversia area (Granada, Spain)", *Nat Hazards*, vol. 30, 2003, pp. 297-308.
- [20] P. A. Burrough, *Principle of Geographical Information System for Land Resources Assessment*, Clarendon Press, Oxford, 1986
- [21] Y. Hong et al., "Use of satellite remote sensing data in the mapping of global landslide susceptibility", *Nat Hazards*, 2006.
- [22] R. Roslee et al., "Integrated geospatial technology on landslide susceptibility analysis in Kota Kinibalu area, Sabah, Malaysia", *Map Malaysia*, 2010, pp.1-18
- [23] Subhan, "Identifikasi dan Penentuan Faktor-faktor Utama Penyebab Tanah Longsor di Kabupaten Garut, Jawa Barat", M.Sc. Thesis, Sekolah Pasca Sarjana.Institut Pertanian Bogor, 2006.
- [24] F. Guzzetti et al., "Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy", *Geomorphology*, vol. 31, 1999, pp. 181-216
- [25] L. Ayalew et al., "Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan", *Landslide*, 2004, ch. 1, pp. 73-81.
- [26] J. C. Davis, *Statistics and data analysis in geology*, John Wiley & Sons, New York, 1986.