

## Model Keruangan untuk Identifikasi Kawasan Rawan Longsor

Spatial Model for Identification Landslide Prone Areas

Imam Buchori<sup>1</sup> dan Joko Susilo<sup>2</sup>

Diterima: 17 September 2012

Disetujui: 30 Oktober 2012

**Abstrak:** Studi ini bertujuan mengembangkan model keruangan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dipergunakan untuk mengidentifikasi kawasan rawan bencana longsor. Model tersebut menggunakan teknik overlay peta dan pembobotan tabular pada atributnya, melibatkan tujuh variabel, yaitu kelerengan, geologi, curah hujan, kandungan air tanah, laju infiltrasi, zona gempa, dan penutup lahan. Output model adalah peta kawasan rawan longsor yang terklasifikasi ke dalam tiga kelas, yaitu sangat rawan, agak rawan dan aman. Untuk memastikan bahwa model dapat bekerja dengan baik, model diujicobakan di Kota Semarang, dengan pertimbangan bahwa kota tersebut memiliki topografi yang beragam, mulai dari kawasan pantai dan dataran rendah di sisi Utara, serta kawasan perbukitan di sisi Selatan. Selain itu, Kota Semarang juga memiliki kepadatan penduduk cukup tinggi, sehingga tekanan aktivitas penduduk yang ada menambah kerawanan terhadap lingkungan. Validasi terhadap model dilakukan dengan membandingkan output model dengan kondisi riil di lapangan di beberapa titik sampel. Hasil ujicoba menunjukkan bahwa model dapat bekerja dengan baik, dengan validitas sekitar 92,5%. Dari peta output terlihat bahwa kawasan sangat rawan longsor di Kota Semarang seluas 306,82 ha atau hanya 1% luas kota. Selanjutnya, model diharapkan diaplikasikan di wilayah lain yang memiliki karakteristik kurang lebih sama dengan Kota Semarang.

*Kata kunci: longsor, model keruangan, Sistem Informasi Geografis (SIG)*

**Abstract:** This study aims to develop a spatial model based on Geographic Information System (GIS) that can be used to identify landslide prone areas. The model uses map overlay and tabular weighted methods involving seven variables, i.e. slope, geological condition, rainfall, soil water, water infiltration, earthquake zone, and land cover. Output of the model are classified into three categories: very vulnerable, somewhat vulnerable and safe. To ensure that the model can work well, it is applied in Semarang City due to the consideration that it has various topographical conditions, i.e. flat on the North side and hilly on the South side. Besides, the high population density has been increasing population activities, which in turn increases environmental vulnerability. To validate the model, its output is compared with the real situation on the field using some sample points. The result has shown that the model can work well, with a validity of approximately 92.5%. The output map shows that the very prone landslide area of Semarang City is about 306.82 hectare or 1% of the city's area. Furthermore, the model is supposed to be applicable in other areas having the same characteristics as Semarang City.

*Keywords: landslide, spatial model, Geographic Information System (GIS)*

---

<sup>1</sup>Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedharto, SH – Tembalang, Semarang, 50275

<sup>2</sup>Pemerintah Kota Samarinda, Jl. Kesuma Bangsa 82, Samarinda

Korespondensi: [i.buchori@undip.ac.id](mailto:i.buchori@undip.ac.id) atau [jo.susilo@gmail.com](mailto:jo.susilo@gmail.com)

## Pendahuluan

Selain potensi sumber daya alamnya yang luar biasa, Indonesia juga rawan terhadap berbagai potensi bencana alam. Oleh karena itu, seluruh wilayah di Indonesia harus siap untuk menghadapi potensi bencana tersebut. Salah satu bencana yang seringkali terjadi di berbagai wilayah adalah bencana longsor, karena sekitar 45% luas lahan di Indonesia adalah lahan pegunungan berlereng yang peka terhadap longsor dan erosi (Deptan, 2006). Artinya, cukup banyak wilayah kabupaten atau kota di Indonesia yang berada di kawasan pegunungan dengan derajat kelerengan cukup tinggi. Hal ini tentunya merupakan hambatan sekaligus tantangan bagi para perencana wilayah.

Kelerengan bukanlah satu-satunya faktor penyebab longsor di Indonesia. Secara umum, faktor penyebab longsor dapat dibedakan menjadi dua, yaitu faktor alam dan manusia. Faktor alam meliputi kelerengan, curah hujan, geologi, dll., sedangkan faktor manusia adalah semua tindakan dalam mengubah kondisi alam yang berakibat meningkatnya potensi longsor. Di antara kedua faktor tersebut, faktor manusia adalah faktor yang lebih memungkinkan untuk dikendalikan.

Kerawanan terhadap bencana longsor akan menghambat pembangunan suatu wilayah. Bencana longsor yang terjadi dapat menimbulkan berbagai dampak dan kerugian yang cukup besar, terutama korban jiwa, kerusakan fasilitas umum dan kerugian materi lainnya. Untuk tahun 2010, sudah terjadi 121 kali bencana tanah longsor dengan memakan jumlah korban mencapai 120 orang (Suara Merdeka, 2010). Oleh karena itu, perencanaan pembangunan wilayah perlu memasukkan variabel potensi rawan longsor sebagai salah satu pertimbangan kelayakan fisik.

Dengan latar belakang di atas, studi ini bertujuan untuk mengembangkan suatu model keruangan yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi kerawanan suatu wilayah terhadap bahaya longsor. Pengetahuan terhadap zona-zona rawan longsor akan bermanfaat bagi para perencana tata ruang wilayah ketika menyusun dokumen rencana. Perencanaan tata ruang yang tepat juga akan mampu meminimalkan berbagai dampak kerugian akibat bencana alam yang mungkin terjadi.

Model keruangan yang dikembangkan adalah model berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) karena SIG terbukti handal sebagai alat bantu (*tools*) dalam melakukan berbagai analisis keruangan (Buchori, 2005). Untuk memastikan bahwa model dapat berkerja dengan baik, model akan diujicobakan di Kota Semarang, dengan pertimbangan bahwa kota ini memiliki topografi dan morfologi yang beragam, mulai dari kawasan pesisir di sisi Utara dan kawasan perbukitan di sisi Selatan. Dengan keberagaman tersebut, diharapkan uji coba yang dilakukan akan lebih komprehensif. Pertimbangan lain adalah bahwa sebagian data keruangan telah terkumpul dalam beberapa penelitian sebelumnya. Apabila terbukti valid, algoritma model diharapkan dapat diaplikasikan di wilayah lain di Indonesia.

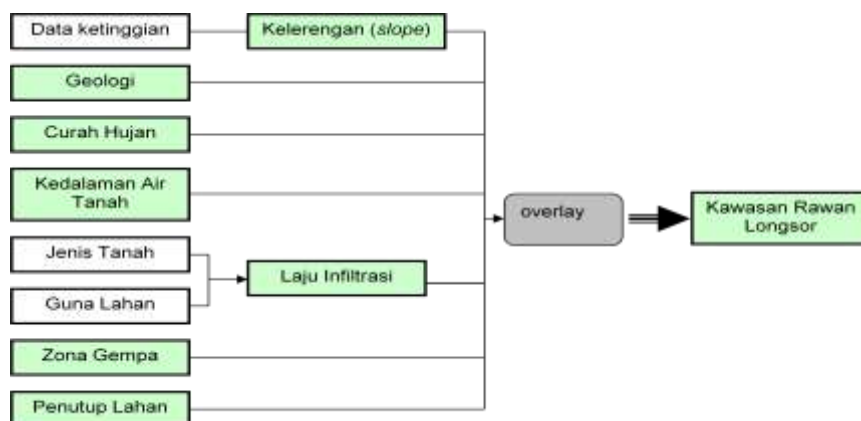
## Pengembangan Model

### Konsep Model

Model ini pertama kali dikembangkan sebagai bagian dari penelitian berjudul "Upaya Mitigasi Bencana Dengan Pendekatan Penataan Ruang Berbasis Model Sistem Informasi Geografis (SIG), Studi Kasus: Kota Semarang" pada tahun 2008. Model ini juga pernah diujicoba dalam Tugas Akhir S1, tetapi dengan lokasi ujicoba yang berbeda, yaitu Kabupaten Tegal (Susilo, 2008). Berdasarkan hasil ujicoba tersebut, model diperbaiki dan diujicobakan kembali di Kota Semarang, sebagaimana diuraikan dalam tulisan ini.

Pada dasarnya, pengembangan model ini mengikuti tahapan yang biasa dilakukan dalam pengembangan model keruangan, yaitu (Environmental System Research Institute,

1997): menentukan variabel (kriteria) untuk analisis, menentukan kebutuhan data, menentukan operasi analisis dalam SIG akan dilakukan, menyiapkan data, menyusun model, menjalankan model, menganalisis hasil, dan memperbaiki model jika diperlukan. Secara umum, model ini adalah model SIG berbasis raster (*raster based model*), yang terdiri dari tiga bagian, yaitu penentuan faktor/variabel model, penentuan skor dalam sub model per kriteria, dan model overlay untuk pembobotan. Penentuan faktor/variabel model dilakukan dengan mengkaji berbagai literatur dan beberapa model sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya. Dari kajian berbagai literatur tersebut (lihat Guillard dan Zezere, 2012, Althuwaynee et al., 2012, Akgun et al., 2012, Van Westen et al., 2008, Tejakusuma, 2007, Gritzner et al., 2001), ditetapkan tujuh variabel/faktor kriteria penentu kawasan rawan longsor, yaitu (1) kelerengan, (2) geologi, (3) curah hujan, (4) laju infiltrasi, (5) kedalaman air tanah, (6) zona patahan (gempa), dan (7) penutup lahan. Di antara ketujuh variabel tersebut, kelerengan adalah variabel yang paling berpengaruh secara signifikan (Gritzner et al., 2001). Selanjutnya, tujuh sub model dikembangkan bagi masing-masing faktor, yang berupa diagram alir proses sub model. Tujuan pengembangan sub model adalah untuk menghasilkan input data untuk model pembobotan yang berupa peta berbasis raster. Masing-masing diagram alir tersebut kemudian ditransformasikan ke dalam proses analisis berbasis SIG, dengan menggunakan bantuan “model builder”, yaitu suatu program tambahan (*extention*) dalam ArcView.



Sumber: Penyusun

**Gambar 1. Konsep Model**

Bagian ketiga model adalah model pembobotan berupa analisis *overlay* berbasis raster. Sebagian besar input data untuk model pembobotan diperoleh langsung dari data berbasis vektor yang ada. Secara diagramatis, konsep model pembobotan adalah seperti terlihat pada Gambar 1. Beberapa data yang tidak dapat diperoleh langsung diolah dari data lain yang tersedia. Sebagai contoh, peta laju infiltrasi adalah diolah dari peta guna lahan dan peta jenis tanah, sedangkan peta zona patahan merupakan hasil konversi dari peta garis sesar atau patahan.

Dalam model pembobotan tersebut, masing-masing faktor/variabel dibagi ke dalam lima kriteria dengan nilai atau skor minimal 1 dan maksimal 5. Mengingat tidak semua faktor memberikan kontribusi kerawanan yang sama terhadap bahaya longsor, masing-masing faktor tersebut diberikan bobot proporsional (sebagai faktor pengali) sesuai kontribusi masing-masing. Penjelasan lebih detail tentang skor per kriteria dalam masing-masing sub model dan model *overlay* untuk pembobotan akan dijelaskan dalam sub bagian berikut.

### Skor Masing-masing Sub Model

#### Kelerengan/Kemiringan

Kelerengan lahan adalah salah satu faktor pemicu terjadinya erosi dan longsor di kawasan pegunungan. Biasanya longsor terjadi pada kawasan dengan kelerengan curam. Oleh karena itu, dalam berbagai model penentuan erosi dan longsor, faktor kelerengan selalu dimasukkan sebagai salah satu faktor utama (Guillard dan Zezere, 2012, Gritzner et al., 2001).

**Tabel 1. Skor Faktor Kelerengan**

Kelerengan (30%)	Keterangan	Skor
< 2%	datar	1
2 - 15%	berombak	2
15 - 25%	bergelombang	3
25 - 45%	berbukit	4
>45%	bergunung, curam	5

Sumber: Dimodifikasi dari Kepmentan no.837 Th 1980 (Pemerintah Republik Indonesia, 1980)

#### Geologi

Faktor geologi berpengaruh terhadap potensi longsor berdasar susunan dan sifat litologi batuan. Sifat batuan ditentukan oleh asal batuan dan komposisi mineral yang berpengaruh terhadap kepekaan terhadap erosi dan longsor. Di daerah pegunungan, bahan induk tanah didominasi oleh batuan kokoh dari batuan vulkanik, sedimen, dan metamorfik. Tanah yang terbentuk dari batuan sedimen, terutama batu liat, batu liat berkapur atau marl dan batu kapur, relatif peka terhadap erosi dan longsor. Batuan vulkanik umumnya tahan erosi dan longsor. Skoring faktor geologi dibedakan berdasarkan susunan atau formasi geologi yang terdiri dari satu sifat tekstur atau lebih, sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Skor Faktor Geologi**

Klasifikasi Geologis (20%)	Periode Pembentukan	Deskripsi	Unsur Geologi	Skor
Qs (Batuan Sedimen)	Pleistosen	Endapan Danau dan Sungai Tua: pasir, lanau dan lempung	Aluvium muda (berasal dari campuran endapan muara dan endapan sungai) Aluvium, endapan kipas aluvial (aluvium muda berasal dari endapan gunung)	1
Qv (Batuan Gunung Api)	Holosen	Batuan Gunung Api Muda : lava, bom, lapili, dan abu	Tefra berbutir halus Aluvium muda (berasal dari endapan gunung berapi)	2
QTv (Batuan Gunung Api)	Pleistosen-Pliosen	Tuf, tuf lapili, breksi dan lava bersifat andesit banyak mengandung pecahan batu apung	Tefra berbutir halus, tefra berbutir kasar	3
Tmv (Batuan Gunung Api)	Miosen Tengah	Breksi, aglomerat, tuf dan lava, bersifat andesit basalt, mengandung sisipan batupasir, batulanau serpih dan batugamping.	Andesit, basalt, tefra berbutir halus, tefra berbutir kasar	4
			Andesit, Basalt	5

Sumber: Putra (2006) dengan modifikasi

## Curah Hujan

Curah hujan adalah salah satu unsur iklim yang besar perannya terhadap kejadian longsor dan erosi. Hujan berpotensi menimbulkan longsor jika intensitasnya cukup tinggi dan dalam durasi waktu yang relatif lama. Selain itu, ukuran butir hujan juga berperan dalam menentukan longsor. Hal tersebut karena energi kinetik merupakan penyebab utama dalam penghancuran agregat-agregat tanah di dalam proses longsor (Utomo, 1989).

**Tabel 3. Skor Faktor Curah Hujan**

Curah hujan (20%)	Skor
<2000mm/th	1
2000-3000mm/th	2
3000-4000mm/th	3
4000-5000mm/th	4
>5000mm/th	5

Sumber: Keputusan Dirjen Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan, 1998 (Pemerintah Republik Indonesia, 1998) dengan modifikasi

## Kandungan Air Tanah

Letak kedalaman air tanah sangat berpengaruh dalam terjadinya longsor. Beberapa peristiwa longsor yang terjadi disebabkan oleh keadaan tanah yang jenuh air akibat kedalaman air tanah yang dangkal. Akibat tanah yang jenuh air maka jumlah beban yang ada menjadi terlalu besar sehingga tanah mudah labil dan terjadi longsor.

**Tabel 4. Skor Faktor Kedalaman Air Tanah**

Kedalaman Air Tanah (10%)	Keterangan	Skor
Air tanah dalam (>40m)	akifer tertekan (air tanah produktif sedang - langka)	1
Air tanah dangkal (<40m)	akifer tak tertekan (air tanah produktif - sangat produktif)	5

Sumber: Tolman (1937) dengan modifikasi

## Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi air akan mempengaruhi sifat tanah. Apabila laju infiltrasi yang ada sangat cepat, tanah akan mudah jenuh air sehingga akibatnya menjadi labil dan rentan longsor. Secara umum laju infiltrasi dipengaruhi oleh jenis tanah, dan penggunaan lahan. Laju infiltrasi diperkirakan dari tekstur tanah. Ada tiga kelas berdasarkan BAI (*Booker Agriculture International*), yaitu:

Sangat lambat sampai lambat: kurang dari 1,5 cm/jam; lempung, lempung debuan, lempung pasir, geluh lempung debuan, dan geluh lempungan.

Sedang: 1.5 – 25 cm/jam; geluh lempung pasir, debu, geluh debuan, geluh, geluh pasir

Cepat sampai sangat cepat: > 25 cm/jam; pasir geluhan, pasir.

**Tabel 5. Skor Faktor Laju Infiltrasi**

Laju Infiltrasi (10%)	Keterangan	Skor
Lambat	Air hujan tidak mudah meresap ke dalam tanah	1
Sedang	Air hujan mudah meresap ke dalam tanah	3
Cepat	Air hujan sangat mudah meresap	5

Sumber: Asdak (1995) dengan modifikasi

### Zona Patahan/Gempa

Adanya peristiwa gempa dapat memicu terjadinya longsor karena getaran yang diakibatkannya. Apabila tanah dalam keadaan labil maka akan sangat mudah longsor apabila terdapat getaran yang mempengaruhinya. Faktor pemicu terjadinya longsor yang berasal gerakan patahan tektonik dimasukkan dalam model estimasi ini. Menurut Sartohadi (2007), longsor terjadi bukan hanya terkait waktu musim hujan tetapi juga faktor tektonis.

Zona gempa/patahan adalah suatu kawasan dimana terdapat sesar atau patahan gempa atau memiliki potensi terjadinya gempa. Sebagian besar wilayah di Indonesia memiliki daerah sesar atau patahan yang sewaktu-waktu dapat aktif untuk terjadi pergerakan. Keberadaan sesar tersebut merupakan potensi adanya gempa bagi daerah di sekitarnya. Menurut Kelarestaghi (2003), jarak optimal yang terpengaruh oleh adanya sesar/patahan dalam terjadinya longsor adalah sejauh 5.000 m. Artinya suatu wilayah dengan jangkauan luasan kurang lebih 5.000 m dari garis sesar/patahan merupakan daerah yang rawan atau berpotensi untuk terjadi gempa.

**Tabel 6. Skor Faktor Zona Patahan/Gempa**

Zona Gempa (10%)	Keterangan	Skor
Kawasan dalam jarak < 5000 m dari garis patahan	Zona rawan gempa	5
Kawasan dalam jarak >5000 m dari garis patahan	Zona bebas/aman gempa	1

Sumber: Kelarestaghi (2003) dengan modifikasi

### Penutup Lahan (*Land Cover*)

Penutupan lahan juga memberikan andil dalam kerawanan longsor. Perubahan penutup lahan terjadi akibat campur tangan manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya. Dalam hal ini, penutup lahan memiliki konteks yang mengarah pada karakteristik penggunaan lahan.

**Tabel 7. Skor Faktor Penutupan Lahan**

Penutupan Lahan (10%)	Skor
Hutan	1
Permukiman, Sawah, Perkebunan	2
Tegalan/ladang	3
Semak belukar	4
Bukit pasir, Tanah kosong	5

Sumber: Darmawan dan Theml (2006) dengan modifikasi

### Model Pembobotan

Model spasial ini adalah merupakan kombinasi antara analisis *overlay* peta dengan analisis pembobotan. Proses *overlay* dilakukan dengan menggunakan bantuan ekstension *model builder* yang berupa tampilan *flow chart* atau diagram alir. Dengan ekstension ini, analisis *overlay* tidak perlu dilakukan tahap demi tahap, tetapi dapat dilakukan sekaligus untuk beberapa peta.

Proses *overlay* menggunakan fungsi *weighted overlay* dilakukan dengan input data spasial (peta dalam format \*.shp) yang dilengkapi dengan atribut keterangan dari masing-masing data spasial yang berupa variabel penentu rawan longsor. Dari format \*.shp tersebut kemudian dilakukan konversi menjadi format grid. Proses *overlay* dilakukan dengan menggunakan menu *Add Process-Overlay-Weighted Overlay*.

Tahap selanjutnya adalah proses input variabel, yaitu peta-peta yang akan dioverlay. Proses input dilakukan dengan menambahkan *theme* ke dalam kolom *input theme* untuk dilakukan pembobotan dan skoring. Pembobotan ini dilakukan untuk menunjukkan besarnya pengaruh dari tiap jenis variabel terhadap terjadinya longsor. Skoring dilakukan terhadap masing-masing kriteria dengan diberi nilai 1 s.d. 5, dimana semakin tinggi skor berarti semakin tinggi pengaruhnya terhadap longsor. Untuk data yang tidak dapat diidentifikasi dipilih *restricted* tanpa diberikan nilai skor.

**Tabel 8 Model Pembobotan**

30%	(1) Kelerengan (slope)	Apabila kelerengan kawasan tersebut sangat curam maka akan sangat berpotensi terhadap terjadinya longsor. Pemicu utama longsor biasanya adalah hujan deras yang terjadi dalam selang waktu cukup lama.
20%	(2) Geologi dan (3) Curah hujan	Formasi geologi yang bersifat labil dan ditambah dengan curah hujan tinggi mendukung terjadinya longsor. (Faktor ini masih tetap dibawah peringkat kelerengan yang memiliki bobot paling tinggi) Laju infiltrasi terkait dengan kejenuhan tanah akan kandungan air.
10%	(5) Laju Infiltrasi dan (7) penutup lahan (land cover)	Perlakuan tutupan lahan yang kurang baik pada suatu lahan dapat semakin meningkatkan potensi longsor yang terjadi. (Pengaruh yang ditimbulkan tidak begitu besar seperti kelerengan, curah hujan dan geologi) Adanya potensi gangguan kestabilan pada suatu kawasan yang rawan longsor.
5%	(4) Kandungan air tanah dan (6) zona patahan/gempa	Apabila zona tersebut aktif (terjadi pergeseran/ pergerakan) maka sangat berpotensi mengakibatkan longsor Kandungan air tanah tidak begitu berpengaruh kuat sebagai pemicu longsor, namun apabila ditambah dengan variabel pemicu longsor yang lainnya akan sangat berpengaruh bagi timbulnya longsor. (Kedua faktor bersifat pasif/ tidak setiap saat menimbulkan kerawanan)

Sumber: Analisis Penyusun

## Uji Coba Model

### Analisis Masing-masing Sub Model

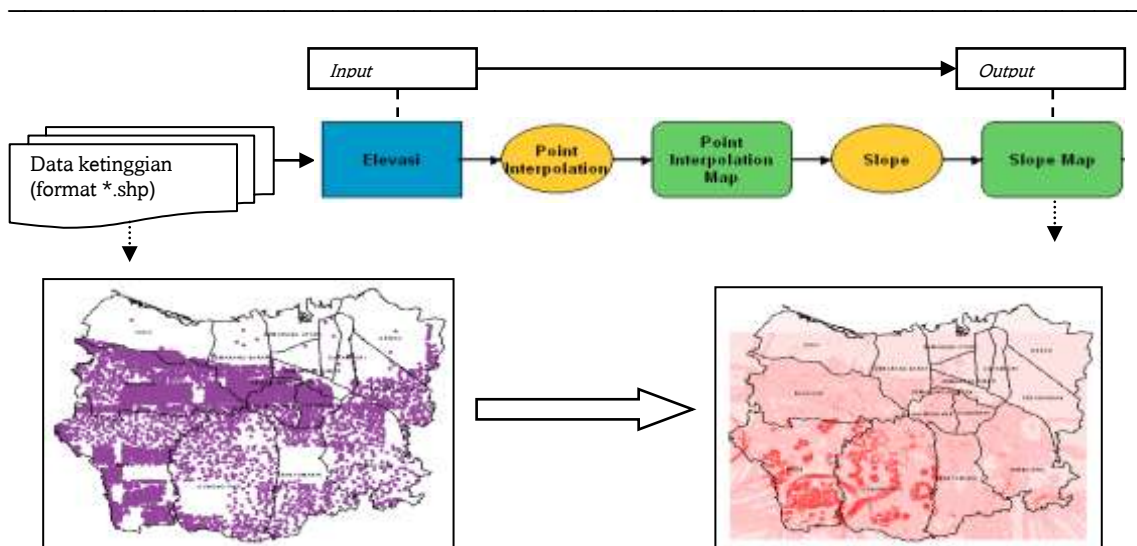
Penyusunan model dilakukan dengan menyusun submodel terlebih dahulu. Dalam model penentuan kawasan rawan longsor terdapat tujuh submodel yaitu kelerengan, geologi, curah hujan, kandungan air tanah, laju infiltrasi, zona patahan, dan submodel penutup lahan. Pemodelan penentuan kerawanan longsor dibuat dengan membagi masing-masing faktor ke dalam lima kriteria dengan nilai atau skor minimal 1 dan skor maksimal 5. Sedangkan untuk pembobotan faktor kelerengan, geologi dan curah hujan masing-masing 20%, sedangkan faktor lainnya seperti kedalaman air tanah, laju infiltrasi, zona patahan dan penutup lahan yaitu 10%. Pembobotan tersebut didasarkan pada besarnya pengaruh terhadap terjadinya longsor di beberapa wilayah. Langkah-langkah teknis dalam masing-masing sub model adalah sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 9.

Selanjutnya, masing-masing sub model diolah dengan menggunakan ekstensi *model builder*. Semua data yang masih dalam format \*.shp dikonversikan ke dalam format GRID dengan ukuran cell 100 m. Gambar 2 adalah contoh operasi *model builder* untuk Sub Model Kelerengan. Proses tersebut selanjutnya juga diberlakukan untuk sub model-sub model yang lain.

**Tabel 9. Teknis Aplikasi Masing-masing Sub Model**

(1) Submodel faktor kelerengan (slope)	<p>Data awal yang dipergunakan adalah titik tinggi dalam format *.shp. Data tersebut dijadikan input elevasi yang kemudian dikonversikan ke dalam format GRID (cell) dengan ukuran 100 m melalui perintah vektor conversion. Hasil konversi adalah data GRID titik tinggi.</p> <p>Selanjutnya, peta tersebut diinterpolasi untuk menghasilkan peta kelerengan (slope). Interpolasi dilakukan dengan mengambil titik terdekat dari suatu titik yang ada. Masing-masing titik tersebut selanjutnya akan saling dihubungkan sehingga membentuk poligon kelerengan. Data kelerengan dinyatakan dalam persen (%). Peta disajikan dalam gradasi warna untuk visualisasi kelerengan, mulai dari kelerengan curam hingga datar.</p>
(2) Submodel faktor geologi	<p>Sebagai input untuk submodel faktor geologi adalah data spasial peta geologi dengan format *.shp. Peta tersebut kemudian dikonversikan ke dalam bentuk GRID dengan ukuran cell 100 m.</p>
(3) Submodel faktor curah hujan	<p>Sebagai input untuk submodel faktor curah hujan adalah data spasial peta curah hujan tahunan dengan format *.shp. Peta tersebut kemudian dikonversikan ke dalam bentuk GRID dengan ukuran cell 100 m.</p>
(4) Submodel faktor kandungan air tanah	<p>Data submodel ini adalah peta air tanah dalam format *.shp. Peta tersebut kemudian dikonversikan ke dalam bentuk GRID dengan ukuran cell 100 m.</p>
(5) Submodel faktor laju infiltrasi	<p>Sebagai input untuk submodel faktor laju infiltrasi adalah data spasial peta jenis tanah dan peta guna lahan eksisting dengan format *.shp. Kedua peta tersebut masing-masing dilakukan skoring dengan nilai 1-5 untuk keterkaitannya terhadap laju infiltrasi. Setelah dilakukan skoring kemudian dioverlaykan guna mendapatkan informasi baru berupa tingkat laju infiltrasi. Dari hasil overlay tersebut kemudian dikonversikan ke dalam bentuk GRID dengan ukuran cell 100 m.</p> <p>Reclass laju infiltrasi bertujuan untuk mengubah format GRID peta, dari <i>continuous grid</i> menjadi <i>discreate grid</i>. Hal tersebut dilakukan karena hasil dari arithmetic overlay adalah berupa format continuous grid, sedangkan untuk dapat diproses dalam weighted overlay maka perlu dilakukan perubahan format menjadi <i>discreate grid theme</i>.</p>
(6) Submodel faktor zona gempa	<p>Data awal untuk submodel ini berupa data garis (line) sesar dan titik puncak Gunung dengan format *.shp. kemudian dari garis tersebut dilakukan <i>buffer</i> sehingga menghasilkan peta zonasi patahan. Selanjutnya, peta tersebut dikonversikan ke dalam bentuk GRID dengan ukuran cell 100 m.</p>
(7) Submodel faktor penutup lahan (land cover)	<p>Data awal submodel ini adalah hasil digitasi citra satelit dalam format *.shp. Peta tersebut kemudian dikonversikan ke dalam bentuk GRID dengan ukuran cell 100 m.</p>

Sumber: Analisis Penyusun



Sumber: Analisis Penyusun

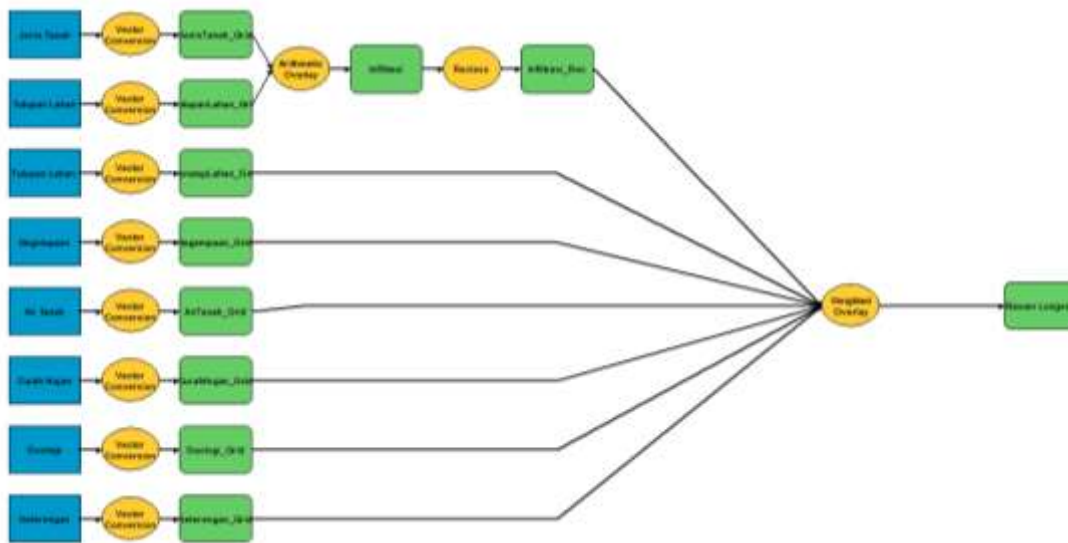
**Gambar 2. Sub Model Kelerengan**



### Analisis Overlay Pembobotan

Proses overlay dengan menggunakan bantuan ekstensi *model builder* akan lebih efisien dan efektif serta mudah untuk dipahami. Hal tersebut karena pada overlay ini menggunakan konsep *flow chart* atau diagram alir. Overlay dengan menggunakan ekstensi *model builder* tidak dilakukan tahap demi tahap untuk prosesnya, namun dapat dilakukan sekaligus dari beberapa peta.

Proses overlay dengan menggunakan fungsi *weighted overlay* dilakukan dengan input data spasial (format \*.shp) yang dilengkapi dengan atribut dari masing-masing data spasial. Dari format \*.shp tersebut kemudian dikonversi menjadi format grid. Proses overlay dilakukan dengan menggunakan menu *Add Process-Overlay-Weighted Overlay*.



Sumber: Analisis Penyusun

**Gambar 4. Proses Pembobotan dengan Model Builder**

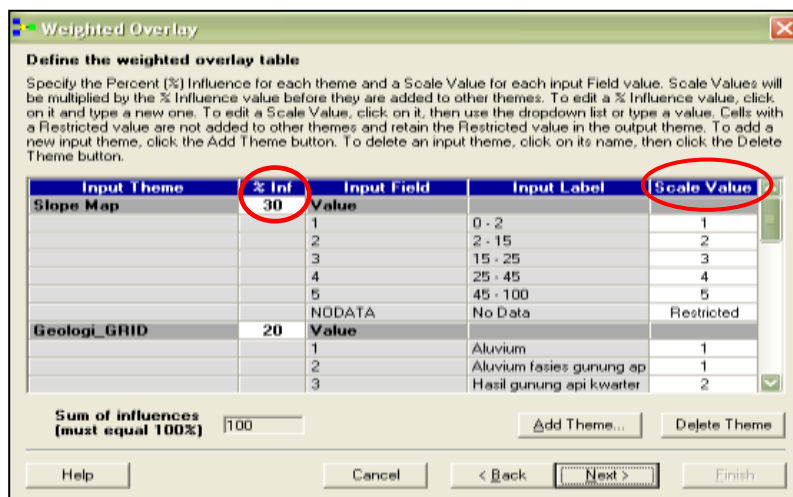
Tahap selanjutnya adalah memasukkan variabel dengan menambahkan *theme* ke dalam kolom *input theme* untuk dilakukan skoring dan pembobotan. Pembobotan diperlukan untuk menunjukkan besarnya pengaruh masing-masing variabel terhadap potensi longsor. Dalam *weighted overlay*, pembobotan dinyatakan dalam persen (%) dengan jumlah total 100%. Skoring dilakukan terhadap masing-masing kriteria dengan nilai antara 1 sampai dengan 5. Semakin tinggi skor yang diberikan maka semakin berpengaruh terhadap potensi longsor.

Tingkat kerawanan longsor di Kota Semarang terdiri dari 3 zona, pertama zona aman, zona agak aman dan zona rawan. Zona aman meliputi hampir 64 % dari luas wilayah studi atau seluas 24.687,41 ha. Zona agak aman seluas 35 % dari luas wilayah studi atau seluas 13.434,69 ha. Sedangkan zona rawan meliputi 1 % dari wilayah studi atau seluas 306,82 ha. Dari hasil tersebut terlihat bahwa sebagian besar zona agak rawan longsor berlokasi di Semarang bagian Selatan, sedangkan zona sangat rawan berada di Kecamatan Mijen, Gunung Pati, Banyumanik, Tembalang dan Tugu.

### Evaluasi Model

Validasi model dilakukan dengan membandingkan antara hasil model dengan hasil observasi lapangan. Observasi dilakukan pada beberapa sampel spasial yang dipilih

dengan menggunakan pola grid dengan interval 2.000 meter. Dengan pola tersebut, jumlah titik sampel yang terpilih adalah sebanyak 80 titik sampel, dengan klasifikasi 3 titik sampel untuk zona sangat rawan, 53 titik sampel untuk zona agak rawan dan 24 sampel untuk zona aman (lihat Gambar 5).



Sumber: Analisis Penyusun

**Gambar 4. Proses Pembobotan dan Skoring dengan Weighted Overlay**

**Tabel 10. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Longsor**

Skor	Kategori	Reklasifikasi Kategori	Luas (ha)
1	Aman	Zona bebas longsor (aman)	24.687,41
2	Aman		
3	Agak Rawan	Zona agak rawan longsor	13.434,69
4	Sangat Rawan	Zona sangat rawan longsor	306,82
5	Sangat Rawan		

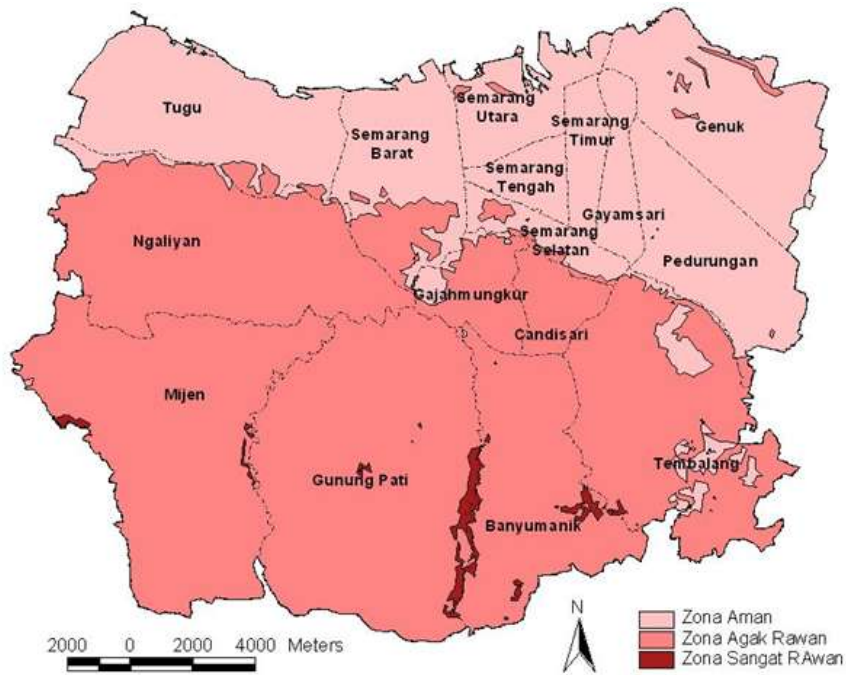
Sumber: Analisis Penyusun

**Tabel 11. Titik Sampel Validasi**

No	Kategori	Jumlah Sampel	Titik Tidak Sesuai	Sesuai	Prosentasi Kesesuaian
1	Aman	24	1	23	95,8%
2	Agak Rawan	53	5	48	90,6%
3	Sangat Rawan	3	0	3	100,0%
	Jumlah	80	6	74	92,5%

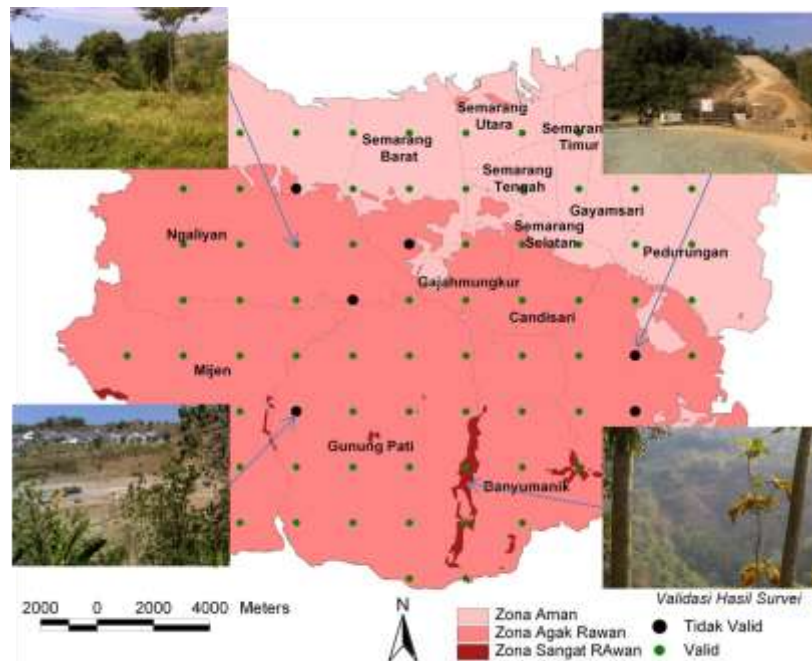
Sumber: Analisis Penyusun

Berdasarkan perbandingan tersebut diperoleh fakta bahwa 92,5% titik sampel yang diamati adalah valid. Artinya, kondisi di lapangan memiliki kesesuaian dengan hasil model. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model yang dibangun cukup valid di dalam merepresentasikan realita dan memiliki kepercayaan lebih dari 90%. Untuk lebih jelasnya hasil validasi dan contoh gambar pada beberapa titik sampel adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 11 dan Gambar 6.



Sumber: Analisis Penyusun

**Gambar 5. Peta Tingkat Kerawanan Longsor Kota Semarang**



Sumber: Analisis Penyusun

**Gambar 6. Peta Hasil Validasi Model**

## Kesimpulan

Dari studi ini dapat disimpulkan bahwa output model cukup valid dan dapat dipergunakan untuk menganalisis zona rawan longsor. Namun demikian, studi ini masih memiliki beberapa kelemahan, antara lain tidak adanya uji validitas input data/peta, ketidakseragaman skala peta input, dan uji validasi model yang masih terbatas pada sejumlah titik sampel. Keakuratan input data yang berupa peta akan sangat mempengaruhi output karena model ini adalah model keruangan. Oleh karena itu, kesalahan pada peta input akan berdampak pada ketidakakuratan peta hasil model.

Untuk pengembangan ke depan, selain perlu dikaji alternatif penambahan kriteria dan variabel, model juga perlu diujicobakan lagi di beberapa kabupaten/kota yang lain, sehingga validitas model menjadi semakin dapat dipertanggungjawabkan. Selain itu, justifikasi terhadap proses skoring dan pembobotan juga masih memerlukan beberapa iterasi lagi sehingga dapat dicapai komposisi yang semakin tepat. Setelah proses pengembangan tersebut, diharapkan model ini akan menjadi model general yang dapat diterapkan di berbagai kabupaten/kota di Indonesia, sepanjang memenuhi kriteria yang dipersyaratkan oleh model.

## Ucapan Terima Kasih

Tulisan ini adalah bagian yang diolah kembali dari penelitian induk yang berjudul "Upaya Mitigasi Bencana Dengan Pendekatan Penataan Ruang Berbasis Model Sistem Informasi Geografis (SIG), Studi Kasus: Kota Semarang" yang dibiayai oleh Hibah Penelitian Kompetitif DIPA Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Penelitian ini dilaksanakan dengan melibatkan tiga mahasiswa S1 yang saat ini semuanya telah lulus menjadi sarjana PWK. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Yudi Basuki, ST., MT., Sri Rahayu, ST, MT., dan Ir. Hadi Nugroho, MT., atas masukannya sebagai anggota peneliti yang sekaligus mengerjakan bagian lain dari penelitian ini. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Ira Adiatma, ST, Pangi, ST, MT. dan Dian Prasetyaning, ST yang telah membantu penulisan makalah ini.

## Daftar Pustaka

- AKGUN, A., KINEAL, C. & PRADHAN, B. 2012. Application of Remote Sensing Data and GIS for Landslide Risk Assessment as an Environmental Threat to Izmir City (West Turkey). *Environ Monit Assess*, 184, 5453-5470.
- ALTHUWAYNEE, O. F., PRADHAN, B. & LEE, S. 2012. Application of an Evidential Belief Function Model in Landslide Susceptibility Mapping. *Computers & Geosciences*, 44, 120-135.
- ASDAK, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- BUCHORI, I. 2005. *Developing a Spatial Information System for Regional Planning in Indonesia*, Vechta, HS Vechta.
- DARMAWAN, M. & THEML, S. 2006. *Katalog Metodologi Untuk Pembuatan Peta Geo-Hazard dalam Workshop Banda Aceh, 14-15 Desember 2006*.
- DEPTAN 2006. *Lampiran Permentan no. 47 Th 2006 tentang Pedoman Umum Budidaya Pertanian pada Lahan Pegunungan*.
- ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE 1997. *Getting to Know ArcView GIS*, Redlands, ESRI.
- GRITZNER, M. L. G., MARCUS, W. A., ASPINAL, R. & CUSTER, S. G. 2001. Assessing Landslide Potensial Using GIS, Soil Wetness Modelling and Topographic Attributes, Payette River, Idaho. *Geomorphology*, 37, 149-165.
- GUILLARD, C. & ZEZERE, J. 2012. Landslide Susceptibility Assessment and Validation in The Framework of Municipal Planning in Portugal: The Case of Lourses Municipality. *Environmental Management*.

- KELARESTAGHI, A. 2003. *Investigation of Effective Factors on Landslides Occurrence and Landslide Hazard Zonation-Case Study Shirin Rood Drainage Basin, Sari, Iran* [Online]. Available: [http://www.gisdevelopment.net/application/natural\\_hazards/landslides/ma03003pf.htm](http://www.gisdevelopment.net/application/natural_hazards/landslides/ma03003pf.htm) [Accessed 15 Desember 2010].
- PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA. 1980. Kepmentan no. 837 Th 1980 tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung,.
- PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA. 1998. Keputusan Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan No 041/Kpts/V 1998 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai. Jakarta: Departemen Kehutanan.
- PUTRA, E. H. 2006. Daerah Rawan Longsor di DAS Tondano Menggunakan Metode Raster Based Overlay. *Forum Geografi*, 20.
- SARTOHADI, J. 2007. Geomorfologi Tanah dan Aplikasinya untuk Pembangunan Nasional. . *Orasi Ilmiah Dies Natalies ke-44. Fakultas Geografi UGM 01 Sept 2007*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- SUARA MERDEKA. 2010. *Frekuensi Bencana Tanah Longsor Kian Meningkat* [Online]. Available: <http://www.suaramerdeka.com/v1/index.php/read/news/2010/08/06/61705> [Accessed 30 Agustus 2010].
- SUSILO, J. 2008. *Pengembangan Model SIG Penentuan Kawasan Rawan Longsor Sebagai Masukan Rencana Tata Ruang; Studi Kasus: Kabupaten Tegal (tidak dipublikasikan)*. S1, Universitas Diponegoro.
- TEJAKUSUMA, I. G. 2007. Ancaman Bencana Longsor. *Alami*, 12, 72-75.
- TOLMAN, C., F 1937. *The New Science of Ground Water Hydrology*, New York and London, McGraww-Hill Book company, Inc.
- UTOMO, W. H. 1989. *Konservasi Tanah di Indonesia*, Jakarta, CV Rajawali.
- VAN WESTEN, C. J., CASTELLANOS, E. & KURIAKOSE, S. L. 2008. Spatial Data For Landslide Susceptibility, Hazard, And Vulnerability Assessment: An Overview. *Engineering Geology Journal*, 102, 112-131.