

PEMETAAN DAERAH RAWAN LONGSOR DENGAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (STUDI KASUS : KAWASAN HUTAN LINDUNG KABUPATEN MOJOKERTO)

Jefri Ardian Nugroho¹, Bangun Muljo Sukojo¹, Inggit Lolita Sari²

¹Program Studi Teknik Geomatika, FTSP, ITS - Sukolilo, Surabaya – 60111

²LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional), Jakarta

Abstrak

Bencana alam sebagai salah satu fenomena alam dapat terjadi setiap saat, dimanapun dan kapanpun, sehingga dapat menimbulkan kerugian material dan imaterial bagi kehidupan masyarakat. Bencana longsor adalah salah satu bencana alam yang sering mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana lainnya yang bisa berdampak pada kondisi ekonomi dan sosial. Bencana tanah longsor yang terjadi di tahun 2002 dan 2007 pada kawasan hutan lindung di Kabupaten Mojokerto disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi dan banyaknya kawasan hutan gundul yang menyebabkan air hujan tidak bisa terserap pada kawasan tersebut. Sehingga jatuh membawa material bukit. Untuk itu dilakukan pemetaan daerah yang rawan terhadap bahaya longsor dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis.

Data penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit SPOT 4 tahun 2008, ditunjang data lain; peta jenis tanah Kabupaten Mojokerto skala 1:100000 tahun 2006, data curah hujan tahun 2006, peta kawasan hutan Kabupaten Mojokerto skala 1:100000 tahun 2001, peta geologi Kabupaten Mojokerto tahun 2006 skala 1:100000 dan data SRTM

Dalam pengolahan citra SPOT 4 ini didapatkan hasil koreksi geometrik dengan nilai rata-rata RMS error sebesar 0,603 dan nilai SOF sebesar 0.000136. Adapun metode yang digunakan dalam analisa ini adalah melakukan proses tumpang susun (overlay), yaitu dengan meng-overlay beberapa peta parameter (peta jenis tanah, peta curah hujan, peta tutupan lahan, peta kemiringan, peta ketinggian) dan memberikan pengharkatan (skor) pada masing-masing kriteria dari peta parameter tersebut

Hasil dari penelitian ini memperlihatkan kawasan hutan lindung Kabupaten Mojokerto memiliki tingkat kerawanan longsor rendah (13,28 Ha) kerawanan longsor sedang (177,24 Ha) dan kerawanan longsor tinggi (427,15 Ha.)

Kata Kunci : Bencana longsor, SPOT 4, Tingkat Kerawanan Longsor

PENDAHULUAN

Bencana alam sebagai salah satu fenomena alam dapat terjadi setiap saat, dimanapun dan kapanpun, sehingga dapat menimbulkan kerugian material dan imaterial bagi kehidupan masyarakat. Bencana longsor adalah salah satu bencana alam yang sering mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana lainnya yang bisa berdampak pada kondisi ekonomi dan sosial. Bencana alam tanah longsor dapat terjadi karena pola pemanfaatan lahan yang tidak mengikuti kaidah kelestarian lingkungan, seperti gundulnya hutan akibat deforestasi, dan konversi hutan menjadi lahan pertanian dan

permukiman di lahan berkemiringan lereng yang terjal. Bencana tanah longsor yang terjadi di tahun 2002 dan 2007 pada kawasan hutan lindung di Kabupaten Mojokerto disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi dan banyaknya kawasan hutan gundul yang menyebabkan air hujan tidak bisa terserap pada kawasan tersebut. Sehingga jatuh membawa material bukit. Kejadian longsor disebabkan oleh ketidakstabilan lahan yang diakibatkan umumnya oleh ulah manusia. Ketidakstabilan lahan terjadi karena dua hal, pertama hilangnya tumbuhan atau pohon-pohon didataran tinggi yang memiliki fungsi mengikat butir-butir tanah sekaligus menjaga pori-pori tanah dibawahnya sehingga infiltrasi air hujan berjalan lancar. Kedua akibat eksploitasi lahan

miring yang tidak tepat misal pembangunan pemukiman dengan memotong tebing atau pengambilan tanah atau pasir di daerah bawah yang berlebihan. Kedua hal penyebab longsor tersebut dipacu oleh adanya hujan lebat yang datang tiba-tiba, sehingga tanah tidak mampu lagi menahan hantaman air hujan dan tergelincir ke bawah. Untuk itu pemetaan daerah rawan longsor pada kawasan hutan lindung Kabupaten Mojokerto menjadi penting dilakukan sebagai salah satu upaya mitigasi bencana.

Teknologi penginderaan jauh (remote sensing) dan sistem informasi geografis (SIG) terbukti mampu menyediakan informasi data geospasial setiap objek dipermukaan bumi secara cepat, sekaligus menyediakan sistem analisa keruangan yang akurat. Sehingga dapat dilakukan upaya mitigasi bertujuan untuk mencegah bahaya (resiko) yang berpotensi menjadi bencana atau mengurangi efek dari bencana ketika bencana tersebut sudah terjadi.

Dari latar belakang di atas, maka permasalahan yang timbul adalah *“Bagaimana memperoleh informasi dari Citra Spot 4 dan data-data pendukung lainnya yang diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis sehingga dapat diketahui daerah rawan longsor”*.

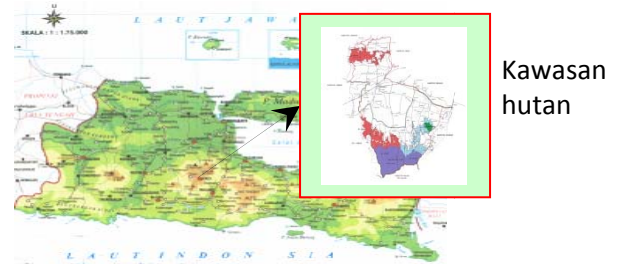
Batasan masalah yang akan di bahas dalam penelitian adalah Citra yang digunakan citra Spot 4 resolusi 20 meter yang terdiri dari 3 scene, dengan akuisisi tanggal 11 Januari 2008 dan tanggal 16 Juli 2008, daerah penelitian di kawasan hutan lindung Kabupaten Mojokerto dan parameter yang digunakan untuk menentukan daerah rawan longsor yaitu jenis tanah, kemiringan, ketinggian, curah hujan, penggunaan lahan.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pengolahan dan analisis data dari citra satelit SPOT 4 dan data-data pendukung lainnya yang digunakan untuk menentukan lokasi daerah rawan longsor di Kawasan Hutan Lindung Kabupaten Mojokerto.

METODOLOGI PENELITIAN

Kabupaten Mojokerto secara geografis terletak pada koordinat $112^{\circ} 19' 39''$ hingga $112^{\circ} 39' 54''$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 18' 14''$ hingga $7^{\circ} 46' 43''$ Lintang Selatan. Secara administratif luas wilayah Kabupaten Mojokerto adalah $692,15 \text{ km}^2$ yang terbagi menjadi 18 kecamatan dan 304 desa. Adapun batas wilayah Kabupaten Mojokerto adalah :

- Batas utara : Kabupaten Lamongan dan Kabupaten Gresik
- Batas timur : Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Pasuruan
- Batas selatan : Kabupaten Malang dan Kota Batu
- Batas barat : Kabupaten Jombang



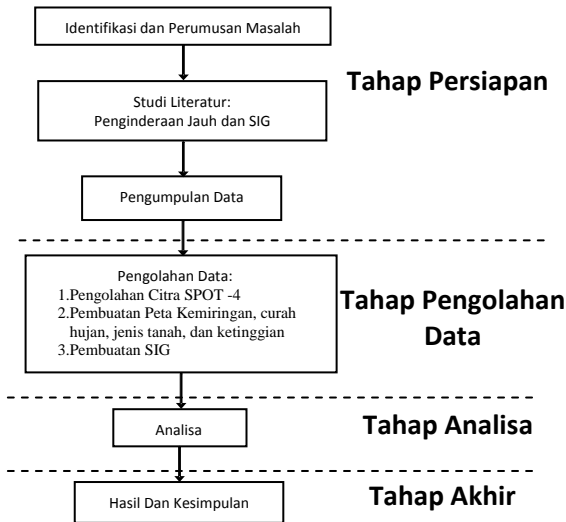
Gambar 1. Lokasi Geografis Kabupaten Mojokerto dan Kawasan Hutan Kabupaten Mojokerto

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Perangkat Keras (*Hardware*) seperti Notebook TOSHIBA Intel Core 2 Duo (2.0 GHz) Memori 2 GB DDR2, Printer HP Deskjet-F380 dan GPS Navigasi GARMIN *eTrex Vista* Memori Internal 24 MB, 12 parallel *chanel GPS receiver*, *Barometric Altimeter*, *Electronic Compass*. Serta Perangkat Lunak (*Software*) seperti Sistem Operasi *Windows XP*, *Microsoft Word 2003* *Microsoft Excel 2003*, *Matlab R2008a*, *ER Mapper 7.0*, *Arc View 3.3* dan *Arc GIS 9.2*.

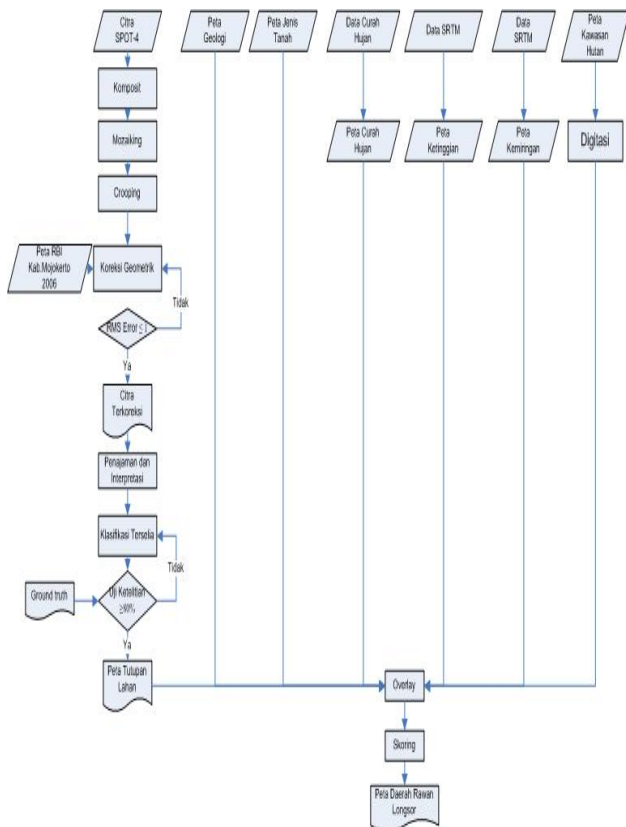
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra satelit SPOT-4 Kabupaten Mojokerto dengan *path/row* 296/365 tanggal 11 Januari 2008 level 2A , 297/365 tanggal 16 Juli 2008 level 2A, 297/366 tanggal 16 Juli 2008 level 2A. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Peta RBI Digital Kabupaten Mojokerto skala 1:25000 tahun 2006 (Sumber: BAPPEDA Kabupaten Mojokerto), Data *SRTM/Shuttle Radar Topographic Mission* (Sumber : LAPAN), Peta

Geologi Kabupaten Mojokerto tahun 2006 (Sumber : BAPPEDA Kabupaten Mojokerto, Peta Kawasan Hutan Kabupaten Mojokerto skala 1: 100000 tahun 2001 (Sumber : Perhutani) dan Peta Jenis Tanah Kabupaten Mojokerto tahun 2006 (Sumber : BAPPEDA Kabupaten Mojokerto).

Tahapan Kegiatan Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Kegiatan Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Pengolahan Data

Perhitungan Jaring Titik Kontrol (Strength of Figure)

Jumlah Titik : 21 titik
 Jumlah Baseline : 47 baseline
 N Ukuran = Baseline x 3
 = 47 x 3 = 141
 N Parameter = Titik x 3
 = 21 x 3 = 63
 U = N Ukuran – N Parameter
 = 141 – 63 = 78
 Besar SoF = $\text{trace} \{ ([A] \times [A]^T)^{-1} \}$
 U
 = 0.000136

Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan acuan peta RBI tahun 2006 dengan skala 1:25000. Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan 21 buah titik GCP. Perhitungan nilai *root mean square (RMS) error* sebesar 0,603. Hasil atau nilai dari koreksi geometrik diwakili oleh nilai *RMS error* dari perhitungan GCP. Batas toleransi untuk nilai kesalahan *RMS error* adalah 1 *pixel*, sehingga apabila nilai *RMS error* lebih dari 1 harus dilakukan perhitungan ulang (Purwadhi, 2001).

Uji Ketelitian

Sebelum melakukan uji ketelitian, dilakukan *groundtruth* untuk mengecek kebenaran hasil klasifikasi di citra dengan kenampakan obyek di lapangan. Caranya dengan pengambilan *sample-sample* tutupan lahan dari citra terklasifikasi kemudian mencocokkan *sample-sample* tersebut di lapangan dengan menggunakan hand GPS untuk menentukan posisi *sample* tersebut di lapangan.

Berdasarkan uji ketelitian dengan menggunakan *confusion matrix*, didapatkan hasil kebenaran ketelitian citra sebesar 85,93% sedangkan kesalahannya sebesar 14,07%. Sehingga dari hasil perhitungan tersebut, maka klasifikasi dianggap benar, karena nilainya lebih besar dari 80%.

Klasifikasi Citra

Klasifikasi yang dilakukan pada citra SPOT 4 menggunakan klasifikasi terselia. Hasil dari klasifikasi citra SPOT 4 yaitu berupa Peta tutupan lahan yang diklasifikasi menjadi 6 kelas yaitu :

- a. Tubuh Air
- b. Pemukiman
- c. Sawah
- d. Tegalan
- e. Kebun
- f. Hutan

Tabel 1. Jenis dan Luas Area Tutupan Lahan

No.	Jenis Tutupan Lahan	Area (Ha)	Area (%)
1	Tubuh Air	38,155	00,05
2	Pemukiman	451,488	11,33
3	Sawah	1,893,440	55,53
4	Tegalan	8,952,126	226,13
5	Kebun,perkebunan	11,390,367	333,25
6	Hutan	11,550,760	333,71
Total		34,256,336	1100

Kawasan Hutan

Berdasarkan data Peta Kawasan Hutan Kabupaten Mojokerto, kawasan hutan di Kabupaten Mojokerto terbagi menjadi 4 macam, Hutan Lindung, Klas Perusahaan Jati, Klas perusahaan pinus, Taman Hutan Raya.

Tabel 2. Luas Kawasan Hutan

Kecamatan	Hutan Lindung (Ha)	Klas Perusahaan Jati (Ha)	Klas Perusahaan Pinus (Ha)	Taman Hutan Raya (Ha)
Dawarblando	-	1,877,384	-	-
Jetis	-	805,077	-	-
Kemlagi	-	1,832,982	-	-
Gondang	-	2,075,228	-	5,504,881
Jatirejo	-	2,857,770	-	2,641,665
Ngoro	3,399,376	-	452,455	-
Punggging	-	-	1,957	-
Trowulan	-	687,816	-	-
Trawas	2,219,236	-	2,363,395	469,667
Pacet	-	89,684	2,094,079	3,303,602
Total	618,672	10,225,941	4,911,886	11,906,815

Dari hasil tabel 2 diatas dapat diketahui bahwa luas total kawasan hutan Kabupaten Mojokerto adalah 27663,294 Ha yang terdiri dari Hutan Lindung seluas 618,672 Ha, Klas Perusahaan Jati seluas 10225,941 Ha, Klas Perusahaan Pinus seluas 4911,886 Ha, dan Taman Hutan Raya seluas 11906,815 Ha.

Geologi Batuan

Penamaan dan pengelompokan satuan batuan didaerah pemetaan berdasarkan data peta geologi kabupaten mojokerto tahun 2006. Sedangkan pemerian (deskripsi) tentang sifat fisik batuan dan tanah pelapukan didasarkan pada data hasil penelitian yang dilakukan oleh Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi tahun 2003.

Berdasarkan hasil pengolahan data, Kawasan Hutan Lindung di Kabupaten Mojokerto, termasuk Formasi Notopuro (Qpn) terdiri dari breksi, batu pasir tufaan. Breksi berwarna abu-abu tua, komponennya terdiri dari andesit dan batu apung, kemas terbuka, kompak, dan keras. Pelapukan batuan berupa lanau lempungan, berwarna coklat, bersifat lunak sampai agak teguh, plastisitas sedang, tebal antara 0,75 sampai 1,25 m. Sebaran batuan ini pada kawasan Hutan Lindung seluas 618,672 Ha.

Curah Hujan

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan data curah hujan tahun 2006 (selama 10 tahun terakhir), kawasan hutan lindung Kabupaten Mojokerto curah hujan per tahun berkisar antara 2000-2500 mm/thn.

Kelerengan

Kelerengan lereng di daerah penelitian di bagi menjadi 5 kelas, yaitu : 0-8%, 8-15%, 15-25%, 25-40%, >40%. Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan kawasan hutan lindung Kabupaten Mojokerto termasuk dalam kriteria kelerengan antara 15-25%(agak curam) seluas 32,318 Ha, 25-40%(curam) seluas 109,939 Ha dan >40%(sangat curam) seluas 476,385 Ha.

Jenis Tanah

Dari hasil pengolahan di atas dapat diketahui bahwa kawasan hutan lindung Kabupaten Mojokerto jenis tanahnya adalah grumusol seluas 618,672. Tanah grumusol pada umumnya mempunyai tekstur liat, berwarna kelabu hingga hitam, pH netral hingga alkalis, dan mudah pecah saat musim kemarau.

Ketinggian

Ketinggian di daerah kawasan hutan lindung Kabupaten Mojokerto meliputi < 1000 m dpl seluas 271,058 Ha, 1000-2000 m dpl seluas 347,406 Ha.

Hasil Overlay Peta

Didalam memprediksi tanah longsor diperlukan beberapa parameter antara lain bentuk lahan, ketinggian, jenis tanah, penggunaan lahan, serta curah hujan. Berikut merupakan tabel parameter rawan longsor dan nilai skornya.

Tabel 3 Parameter Rawan Longsor dan Nilai

No.	Variabel	Kriteria	Nilai
1	Kelerengan	• Datar, kemiringan 0-8%	1
		• Landai, berombak sampai bergelombang, kemiringan 8-15 %	2
		• Agak curam, berbukit, kemiringan 15-25%	3
		• Curam s/d sangat curam, kemiringan 25-40%	4
		• Sangat curam s/d terjal, kemiringan >40%	5
2	Ketinggian	• Hutan Dataran Rendah 0-1000 m dpl	1
		• Hutan Dataran Tinggi 1000-2000m dpl	2
		• Hutan Pegunungan >2000 m dpl	3

No.	Variabel	Kriteria	Nilai
3	Curah Hujan	• Curah Hujan <1000 mm/thn	1
		• Curah Hujan 1000-1500 mm/thn	2
		• Curah Hujan 1500-2000 mm/thn	3
		• Curah Hujan 2000-2500 mm/thn	4
		• Curah Hujan >2500 mm/thn	5
4	Jenis Tanah	• Alluvial	1
		• Mediteran, Brown Forest, Non Calcic Brown	2
		• Andosol	3
		• Litosol	4
5	Penggunaan Lahan	• Tubuh Air	1
		• Hutan	2
		• Kebun	3
		• Tegalan, Sawah, Pemukiman	4

Kriteria tingkat kerentanan terhadap bahaya longsor di klasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu (Aryanto dalam Alfian 2002) : Tidak rawan, Kerawanan rendah, Kerawanan sedang, Kerawanan tinggi dan Sangat rawan.

Dengan proses overlay akan dihasilkan data spasial baru (data analisis).Pada data analisis, nilai skor dari setiap area di jumlahkan. Dengan membagi selisih nilai tersebut dengan 5 kelas tingkat kerentanan terhadap bahaya longsor (Deliar dalam Alfian 2000).

$$\begin{aligned}
 &\text{Nilai minimal} = 7 \\
 &\text{Nilai maksimal} = 21 \\
 &\text{Interval Tingkat Kerentanan (ITK)} = \\
 &\text{ITK} = \frac{\text{Nilai Max} - \text{Nilai Min}}{5} \\
 &= \frac{21 - 7}{5} \\
 &= 2,8 \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan kriteria dari tingkat kerentanan bahaya longsor dibagi menjadi lima kelas, yaitu Tidak rawan (nilai total skor 7-9), Kerawanan rendah (nilai total skor 10-12), Kerawanan sedang (nilai total skor 13-15), Kerawanan tinggi (nilai total skor 16-18) dan Sangat rawan (nilai total skor 19-21).

Dari proses overlay beberapa peta tematik yang dijadikan parameter daerah rawan longsor dan proses skoring pada daerah penelitian didapatkan hasil bahwa Daerah Hutan Lindung di kabupaten Mojokerto terletak pada kecamatan Ngoro dan kecamatan Trawas. Berdasarkan geologi batuan, Hutan Lindung di Kabupaten Mojokerto terletak pada Formasi Notopuro. Terdiri dari breksi, batu pasir tufaan. Breksi berwarna abu-abu tua, komponennya terdiri dari andesit dan batu apung, kemas terbuka, kompak, dan keras. Pelapukan batuan berupa lanau lempungan, berwarna coklat, bersifat lunak sampai agak teguh, plastisitas sedang, tebal antara 0,75 sampai 1,25 m. Curah hujan pada kawasan Hutan Lindung Kabupaten Mojokerto tergolong tinggi antara 2000-2500 mm. Jenis tanah pada Hutan Lindung di Kabupaten Mojokerto merupakan jenis tanah Mediteran. Tanah ini berkembang dari bahan induk batu gamping dengan perkembangan profil solum tanah sedang hingga dangkal. Sifat tanah ini bertekstur lempung dengan struktur granuler gempal. Konsistensi dalam keadaan lembab dan basah sangat lekat, pH antara 6.5-7.5. Warna tanah merah sampai coklat kemerahan.

Kawasan Hutan Lindung kemiringan lerengnya meliputi 15-25% (agak curam) seluas 31,068 ha, 25-40% (curam) seluas 109,669 ha dan > 40% (sangat curam) seluas 475,135 ha. Berdasarkan overlay Hutan Lindung di Kabupaten Mojokerto terletak pada kelas ketinggian < 1000 (271.058 ha) dan 1000-2000 (347,406 ha). Berdasarkan hasil overlay dari peta tematik yang merupakan parameter dari rawan longsor dan proses skoring kawasan Hutan Lindung Kabupaten Mojokerto terletak pada kelas kerawanan longsor rendah (13.28), kelas kerawanan sedang (177,24 ha) dan kerawanan tinggi (427,15 ha).

Tabel 4. Luas Daerah Rawan Longsor Berdasarkan Tingkat Kerawanan

Klasifikasi Hutan / Tingkat Kerawanan	Hutan Lindung (Ha)	Klas Perusahaan Jati (Ha)	Klas Perusahaan Pinus (Ha)	Taman Hutan Raya (Ha)
Tidak Rawan	-	436.35	-	228.71
Kerawanan Rendah	13.28	7018.7	704.13	2190.18
Kerawanan Sedang	177.24	2610.05	2559.79	5491.84
Kerawanan Tinggi	427.15	160.81	1536.45	3840.26
Sangat Rawan	-	-	110.67	156.16

Kesimpulan

Area Hutan Lindung pada Kabupaten Mojokerto termasuk kriteria daerah dengan tingkat kelongsoran rendah (13.28), tingkat kelongsoran sedang (177,24 ha) dan tingkat kelongsoran tinggi (427,15 ha). Daerah Hutan Lindung Kabupaten Mojokerto berdasarkan struktur geologi batuan termasuk ke dalam Formasi Notopuro, dengan jenis tanahnya adalah Mediteran

Adapun salah satu faktor penyebab kelongsoran pada daerah Hutan Lindung Kabupaten Mojokerto disebabkan karena tingkat curah hujan yang tinggi yaitu 2000-2500 mm/tahun, dan juga kelerengan daerah yang mencakup kelerengan sebesar 15-25% (agak curam) seluas 32,318 ha, 25-40% (curam) seluas 109,939 ha dan > 40% (sangat curam) seluas 476,385 ha

Nilai rata – rata RMS *error* citra SPOT 4 tahun 2008 adalah 0,603 pergeseran rata-rata setelah dilakukan rektifikasi adalah sebesar 0,603 x 20 m = 12,06 meter. Perhitungan SOF didapat besar SOF yaitu 0,000136. Nilai SOF tersebut memenuhi batas toleransi yang disyaratkan untuk koreksi geometrik yaitu kurang dari 1 (abidin, 2002).

Saran

Penelitian dilakukan secara berkala sehingga mempunyai data pembanding daerah rawan longsor. Daerah penelitian memiliki tingkat kerawanan sedang dan kerawanan tinggi, untuk itu diupayakan agar tidak meningkat kelas kerawanannya. Hal ini dapat dilakukan dengan tetap menjaga kelestarian hutan dengan tidak menebang pohon secara sembarangan.

Daftar Pustaka

Ali, H. 2009. Analisa Pendidikan Dasar Kecamatan Lowokwaru Kota Malang Dengan Menggunakan SIG Berbasis Web. Program Studi Teknik Geomatika ITS. Surabaya

Badan Geologi, 2006. Gerakan Tanah. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi

Badan Planologi Kehutanan, 2002. Petunjuk Teknis Skoring Penentuan Fungsi Kawasan Hutan. Departemen Kehutanan. Jakarta

GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007. *Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar*. Staf Pemerintahan Kota Banda Aceh. Banda Aceh

Kumajas, M. Desember 2006. "Inventarisasi dan Pemetaan Rawan Longsor Kota Manado- Sulawesi Utara". Forum Geografi Vol.20 No.2, 190-197

Kurniawan, A.F. 2005. Pemanfaatan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Pembuatan Peta Rawan Bencana Tanah Longsor (Studi Kasus : Kabupaten Situbondo). Program Studi Teknik Geodesi ITS. Surabaya.

Lilesand T.M, and Kiefer R. W. 2004. Remote Sensing and Image Interpretation., Fifth Edition, John Wiley & Sons. New York.

Lukitasari, F. 2009. Evaluasi Perubahan Tutupan Lahan Wilayah Pesisir Surabaya Timur Menggunakan Citra SPOT-4 Multispektral 2005 dan Peta LPI (Lingkungan Pantai Indonesia) Tahun 1983. Program Studi Teknik Geomatika ITS.Surabaya

Sudomo, O. Pengenalan ArcGIS 9.2, 2008, PT Duta Informatika.

Paripurno, ET. 2006.Pengenalan Longsor Untuk PenanggulanganBencana,<http://geohazard.blog.com/2006/09/15/pengenalan-longsor-untuk-penanggulangan-bencana/>. Di kunjungi pada tanggal 9 Juni 2009, jam 09.30

Pedoman Umum Budidaya Pertanian di Lahan Pegunungan. Faktor Penentu Kepekaan Tanah Terhadap Longsor dan

Erosi,
<http://www.litbang.deptan.go.id/regulasi/one/12/file/BAB-II.pdf>. Di kunjungi pada tanggal 9 Juni 2009, jam 09.30

Prahasta, E. 2001. Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Informatika. Bandung

Prahasta, E. 2004. Sistem Informasi Geografis : ArcView lanjut.Informatika. Bandung

Prahasta, E. 2007. Sistem Infomasi Geografis : Tutorial Arc View. Informatika. Bandung

Purnawati, N.P. 2009. Analisa Potensi Lahan Pertanian Dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Di Kabupaten Tabanan dan Badung-Bali. Program Studi Teknik Geodesi ITS. Surabaya

Purwadhji, H.F. 2001. Interpretasi Citra Digital. PT Grasindo. Jakarta.

Rahmah. 2009. Penentuan Daerah Retensi Banjir Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Kabupaten Mojokerto). Program Studi Teknik Geomatika ITS. Surabaya.

SPOT(satellites)<http://en.wikipedia.org/wiki/SPOT>.Dikunjungi pada tanggal 12 Maret 2009, pukul 19.00 WIB

Sutanto. 1994. Penginderaan Jauh Jilid I. Gajah Mada University Press. Yogyakarta

Usman, B dan Luthfi, A. 2003. Laporan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Mojokerto Dan Sekitarnya Jawa Timur. Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi-Badan Geologi. Bandung

Lampiran

