

**PEMETAAN DAERAH RAWAN LONGSOR
DI WILAYAH SUB DAS TONDANO
DENGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS**

***MAPPING OF LANDSLIDE-PRONE AREAS
IN THE SUB WATERSHED OF TONDANO
BY USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS***

Melisa P. Todingan¹
Meldi Sinolungan²
Yani E.B. Kamagi²
Jeanne Lengkong²

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis daerah rawan longsor di wilayah Sub DAS Tondano untuk mendapatkan informasi tingkat kerawanan dan penyebarannya dalam bentuk peta dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Metode Deskriptif yang terdiri dari survei dan *overlay* peta, sedangkan identifikasi daerah rawan longsor menggunakan Metode Skoring. Parameter yang diamati adalah jenis tanah, kemiringan lereng, ketinggian, penggunaan lahan dan curah hujan. Hasil penelitian menunjukkan penyebaran daerah rawan longsor di sub DAS Tondano terdiri dari lima kelas kerawanan longsor yaitu (1) Kelas tidak rawan longsor seluas 993,12 ha, atau 23,64%, tersebar pada Kecamatan Eris seluas 137,42 ha, Kakas seluas 1,31 ha dan Tondano Timur seluas 854,39 ha; (2) Kelas kerawanan rendah seluas 207,59 ha atau 4,94%, tersebar pada Kecamatan Eris seluas 144,10 ha, Kakas seluas 0,29 ha dan Tondano Timur seluas 63,20 ha; (3) Kelas kerawanan sedang seluas 894,19 ha atau 21,28% tersebar pada Kecamatan Eris seluas 503,06 ha, Kakas seluas 114,97 ha dan Tondano Timur seluas 276,16 ha; (4) Kelas kerawanan tinggi seluas 469,23 ha atau 11,17% tersebar pada Kecamatan Eris seluas 256,27 ha, Kakas seluas 48,03 ha dan Tondano Timur seluas 164,93 ha; (5) Kelas sangat rawan seluas 1637,23 ha atau 38,97% tersebar pada Kecamatan Eris seluas 455,60 ha, Kakas seluas 45,46 ha dan Tondano Timur seluas 1136,17 ha.

Kata Kunci : Pemetaan, Longsor, Sub DAS Tondano, SIG (Sistem Informasi Geografi)

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the landslide prone areas in Sub Watershed of Tondano in order to obtain the vulnerability information and dissemination in the form of map by using the Geographic Information Systems. The study was conducted by using a Descriptive Method which consisted of a survey and map overlay, while the identification of areas prone to landslides using the scoring method. Parameters measured were soil type , slope , elevation , land use and rainfall . The results showed that the spread of landslide-prone areas in the Sub Watershed of Tondano consisted of five classes of landslide susceptibility, namely (1) No class landslide prone area of 993.12 ha, or 23.64%, spread over an area of 137.42 ha districts Eris, Kakas of 1.31 ha and 854.39 ha area of East Tondano; (2) The low vulnerability class area of 207.59 ha, or 4.94%, spread over an area of 144.10 ha district of Eris, Kakas area of 0.29 ha and 63.20 ha area of East Tondano; (3) Moderate impact class area of 894.19 ha, or 21.28% spread over an area of 503.06 ha district of Eris, Kakas area of 114.97 ha and 276.16 ha area of East Tondano; (4) High vulnerability class area of 469.23 ha, or 11.17% spread over an area of 256.27 ha district of Eris, Kakas area of 48.03 ha and 164.93 ha area of East Tondano; (5) Highest area of 1637.23 ha or 38.97% spread over area of 455.60 ha district of Eris, Kakas area of 45.46 ha and 1136.17 ha area of East Tondano.

Key Words : Mapping, Landslide, Sub Watershed of Tondano, GIS (Geographic Information System)

¹ Student of Agroecotechnology/Land Resources Management of Agriculture Faculty, Sam Ratulangi University.

² Lecturer of Soil Science Department of Agriculture Faculty, Sam Ratulangi University.

PENDAHULUAN

Bencana longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana lainnya yang bisa berdampak negatif 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 pemukiman di lahan berkemiringan lereng yang terjal (Nugroho *dkk*, 2009).

Bencana alam yang terjadi di Indonesia khususnya di Sulawesi Utara pada Januari 2014 ini begitu memprihatinkan dan mengundang perhatian dari seluruh masyarakat Indonesia. Banjir bandang dan tanah longsor yang terjadi di wilayah Manado dan sekitarnya telah melumpuhkan aktivitas perekonomian masyarakat. Pada kondisi ini terlihat bahwa efek dari bencana memberikan kerugian yang sangat besar bagi pemerintah dan masyarakat. Kerugian yang ditimbulkan dari bencana longsor antara lain terputusnya jalur transportasi, hilangnya rumah dan harta benda serta kerugian ekonomi lainnya, bahkan merenggut korban jiwa. Oleh karena itu penting dilakukan identifikasi daerah rawan longsor agar dapat dilakukan pencegahan dini terhadap bahaya longsor.

Sub DAS Tondano bagian timur yang mempunyai luas 4201,36 ha adalah wilayah yang topografinya bervariasi dari datar sampai bergunung. Beberapa lokasi di daerah ini sering terjadi longsor,

seperti di wilayah Tandengan Kecamatan Eris yang merupakan jalur transportasi yang menghubungkan ibukota Kabupaten Minahasa dan daerah pesisir pantai timur. Untuk mencegah terjadinya bencana longsor di daerah ini, maka penelitian ini dilakukan.

Sistem Informasi Geografis digunakan dalam penelitian ini karena terbukti mampu menyediakan informasi data geospasial setiap objek dipermukaan bumi secara cepat, sekaligus menyediakan sistem analisa keruangan yang akurat. Sehingga dapat dilakukan upaya mitigasi yang bertujuan untuk mencegah bahaya (resiko) yang berpotensi menjadi bencana atau mengurangi efek dari bencana ketika bencana tersebut sudah terjadi.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis daerah rawan longsor di wilayah Sub DAS Tondano untuk mendapatkan informasi tingkat kerawanan dan penyebarannya dalam bentuk peta dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis.

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pemerintah Kabupaten Minahasa dan stakeholder lainnya dalam pencegahan bencana longsor.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan (Agustus 2013 – Januari 2014) dan dilaksanakan di wilayah Sub DAS Tondano bagian timur yang mencakup tiga wilayah Kecamatan yakni Kecamatan Eris (Desa Touliang Oki, Ranomerut, Telap, Watumea dan Tandengan), Kecamatan Kakas (Desa Toulimembet dan Tasuka) dan Kecamatan Tondano Timur (Kelurahan Katinggolan, Kendis, Kiniar, Liningaan, Makalonsouw, Papakelan, Ranowanko, Taler, Toulour dan Wengkol).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini ialah:

- Perangkat Keras (*Hardware*): satu unit Komputer, Kamera digital, Alat Tulis Menulis.
- Perangkat Lunak (*Software*): Software Arc-view 3.3, Software Microsoft Excel 2007, Software Microsoft Word 2007.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah:

- Peta RBI Lembar Langowan (2417-21), Lembar Manado (2417-23) skala 1:50.000 tahun 1991 (Sumber: BAKOSURTANAL).
- Peta Jenis Tanah Digital Kabupaten Minahasa skala 1:250.000 (Sumber: BAPPEDA Sulawesi Utara tahun 2006).
- Peta Kemiringan Lereng Digital Kabupaten Minahasa skala 1:50.000 (Sumber: BAPPEDA Sulawesi Utara tahun 2006).
- Data penggunaan lahan (Sumber: Citra Satelit dari Google Earth 2013 dan kroscek lapangan).
- Data curah hujan stasiun terdekat yaitu Stasiun Tondano

(Sumber: BMKG Winangun Manado).

Penelitian ini menggunakan Metode Deskriptif yang terdiri dari survei dan *overlay* peta, dan untuk identifikasi daerah rawan longsor menggunakan Metode Skoring (*Scoring*).

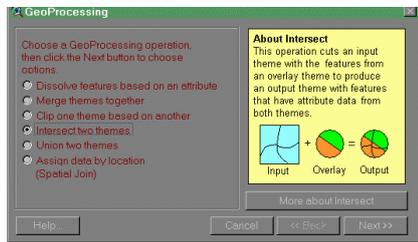
Parameter rawan longsor yang diamati adalah jenis tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan, ketinggian dan curah hujan.

Analisis data terdiri atas:

- Pengolahan Data Spasial dan Data Atribut. Data spasial dan data atribut yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari Peta RBI, Peta Jenis Tanah, Peta Kemiringan Lereng data Penggunaan Lahan, data Ketinggian, dan data Curah Hujan. Dalam pengolahan tahap awal setiap data harus dijadikan peta digital dengan format vektor. Peta digital format vektor disimpan dalam bentuk garis, titik dan poligon. Proses pemasukan data-data dilakukan melalui seperangkat komputer dengan *software* ArcView 3.3. Data keluaran ini kemudian digunakan sebagai data acuan penelitian.
- Pembuatan Peta Unit Lahan
Prosedur pembuatan unit lahan adalah sebagai berikut :
 1. Input data spasial dan data atribut peta jenis tanah dalam bentuk digital (BAPPEDA Sulawesi Utara tahun 2006).
 2. Input data spasial dan data atribut peta kemiringan lereng dalam bentuk digital (BAPPEDA Sulawesi Utara tahun 2006).
 3. Input data spasial dan data atribut peta penggunaan lahan dalam bentuk digital (Citra

Satelit dari Google Earth 2013 dan kroscek lapangan).

4. Input data spasial dan data atribut peta ketinggian dalam bentuk digital.
5. Input data spasial dan data atribut peta curah hujan dalam bentuk digital (BMKG Winangun Manado)
6. Untuk mendapatkan peta unit lahan daerah penelitian dilakukan *overlay* dengan operasi *Geoprocessing Intersect two themes* seperti pada Gambar 1. (Prahasta, 2004)



Gambar 1. *Geoprocessing Intersect two themes*

Peta unit lahan ini dijadikan sebagai peta dasar dalam analisis daerah rawan longsor, dan untuk memudahkan informasi lokasi, peta unit lahan yang ada di *overlay* dengan peta administrasi. Unit yang terbentuk dijadikan ID penelitian.

- Analisis Kerawanan Longsor. Berdasarkan metode skoring dalam Nugroho *dkk* (2009), parameter – parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan longsor adalah jenis tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan, ketinggian dan curah hujan. Analisis kerawanan longsor dilakukan pada peta unit lahan. Dalam setiap jenis peta di input data atribut yaitu skor berdasarkan klasifikasi yang telah ditetapkan. Penentuan skor tiap kelas parameter didasarkan pada Nugroho *dkk* (2009). Tingkat

kerawanan longsor dibagi menjadi lima kelas, yaitu:

1. Tidak rawan
2. Kerawanan rendah
3. Kerawanan sedang
4. Kerawanan tinggi
5. Sangat rawan

Untuk mendapatkan kelas kerawanan longsor, skor yang sudah dimasukkan sebagai data atribut dijumlahkan sehingga mendapatkan informasi nilai minimal dan nilai maksimal. Nilai ini akan digunakan untuk menentukan Interval Tingkat Kerentanan, yaitu :

$$ITK = \frac{\text{Nilai Maksimal} - \text{Nilai Minimal}}{5}$$

Langkah kerja yaitu:

1. Siapkan satu unit komputer yang telah dilengkapi Software Arc-view 3.3 dan data – data yang diperlukan.
2. Buka aplikasi Arc-view 3.3, pilih ‘with a new project’ lalu OK.
3. Aktifkan jendela View, klik tombol Add Theme hingga muncul kotak dialog ‘Add Theme’ box.
4. Pilih file peta digital yang tersedia yang berformat *.shp dan klik OK.
5. Kemudian mendeliniasi daerah penelitian dalam hal ini sub DAS Tondano dari peta digital DAS Tondano yang tersedia.
6. Hasil deliniasi tersebut di *overlay* dengan peta digital kemiringan lereng yang tersedia dengan menggunakan fasilitas *Geoprocessing* dalam Arc-view dan menghasilkan peta kemiringan lereng sub DAS Tondano.
7. Demikian selanjutnya dengan peta jenis tanah, peta penggunaan lahan, peta

ketinggian dan peta curah hujan.

8. Hasil peta tersebut di-overlay dan mendapat satuan penelitian untuk analisis tingkat kerawanan longsor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi geografi daerah penelitian meliputi letak dan luas daerah penelitian. Secara geografis letak daerah penelitian ini adalah $1^{\circ}10' - 1^{\circ}18'$ Lintang Utara dan $124^{\circ}54' - 124^{\circ}57'$ Bujur Timur. Secara UTM terletak pada 129.898 – 145.267 mU dan 711.337 – 719.602 mT. Secara administrasi lokasi penelitian ini terdapat di Kabupaten Minahasa yang menyebar pada tiga kecamatan yaitu Kecamatan Eris (Desa Touliang Oki, Ranomerut, Telap, Watumea dan Tandengan), Kecamatan Kakas (Desa Toulimembet dan Tasuka) dan Kecamatan Tondano Timur (Kelurahan Katinggolan, Kendis, Kiniar, Liningaan, Makalonsouw, Papakelan, Ranowanko, Taler, Toulour dan Wengkol). Berdasarkan hasil analisis, luas daerah penelitian adalah 4201,36 ha. Untuk luasan dan prosentase masing – masing kecamatan dapat dilihat dalam Tabel 1 dan secara keruangan daerah penelitian disajikan pada Gambar 2.

Tabel 1. Luasan dan Prosentase Masing – Masing Kecamatan di Wilayah Administrasi Sub DAS Tondano

No.	Wilayah Kecamatan	Luas (ha)	Prosentase (%)
1.	Eris	1496,44	35,62
2.	Kakas	210,06	5,00
3.	Tondano Timur	2494,86	59,38
Total		4201,36	100,0

(Sumber: Statistik Kabupaten Minahasa, 2013)



Gambar 2. Peta Administrasi Wilayah Sub DAS Tondano

a. Unit Lahan

Unit lahan merupakan suatu kesatuan lahan yang arealnya relatif seragam atas sejumlah faktor penentu rawan longsor. Unit lahan diperoleh berdasarkan tumpang tindih dari peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, peta penggunaan lahan, peta ketinggian dan peta curah hujan. Hasil tumpang tindih tersebut menghasilkan 81 unit lahan.

Dalam analisis SIG, unit lahan diberi nomor identitas (id) dan untuk mendapatkan informasi luasan dan letak masing-masing unit lahan dalam jumlah yang banyak dalam waktu yang singkat sangat mudah diperoleh.

b. Penentuan Nilai Skor Tingkat Kerawanan Longsor di Wilayah Sub DAS Tondano

Di dalam memprediksi tanah longsor diperlukan beberapa parameter antara lain jenis tanah, kemiringan lereng, ketinggian, penggunaan lahan, serta curah hujan. Kriteria tingkat kerawanan terhadap bahaya longsor diklasifikasikan menjadi lima kelas yaitu :

1. Tidak rawan
2. Kerawanan rendah
3. Kerawanan sedang
4. Kerawanan tinggi
5. Sangat rawan

Untuk mendapatkan kelas kerawanan longsor, skor yang sudah dimasukkan sebagai data atribut di jumlahkan sehingga mendapatkan informasi nilai minimal dan nilai maksimal. Nilai minimal yang diperoleh yaitu 10 dan nilai maksimal yang diperoleh yaitu 16. Nilai ini akan digunakan untuk menentukan Interval Tingkat Kerentanan, yaitu :

$$ITK = \frac{\text{Nilai Maksimal} - \text{Nilai Minimal}}{5}$$

$$ITK = \frac{16 - 10}{5} = \frac{6}{5} = 1,2$$

Berdasarkan nilai ITK tersebut maka tingkat kerawanan longsor di wilayah Sub DAS Tondano diperoleh sebagai berikut:

1. Kelas tidak rawan, nilai skor 10 – 11,2
2. Kelas kerawanan rendah, nilai skor 11,2 – 12,4
3. Kelas kerawanan sedang, nilai skor 12,4 – 13,6
4. Kelas kerawanan tinggi, nilai skor 13,6 – 14,8
5. Kelas sangat rawan, nilai skor 14,8 – 16

c. Penyebaran Daerah Rawan Longsor dan Tingkat Kerawanannya di Wilayah Sub DAS Tondano

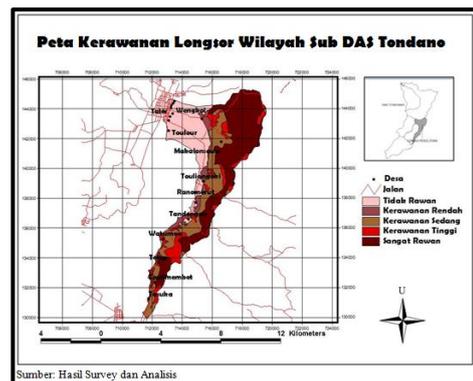
Daerah penelitian mempunyai luasan 4201,36 ha tersebar pada tiga wilayah kecamatan yakni Kecamatan Eris, Kakas dan Tondano Timur. Tingkat kerawanan longsor di daerah ini didominasi oleh kelas sangat rawan dengan luas 1637,23 ha atau 38,97% dan tersebar dalam 8 unit lahan. Sedangkan untuk tingkat kerawanan longsor yang memiliki luasan terkecil ialah kelas kerawanan rendah dengan luas 207,59 ha atau

4,94% dan tersebar dalam 19 unit lahan. Jumlah unit lahan, luasan dan prosentase tingkat kerawanan longsor ini dapat dilihat pada Tabel 2 dan penyebarannya ditunjukkan dalam Gambar 3.

Tabel 2. Jumlah Unit Lahan, Luasan dan Prosentase Tingkat Kerawanan Longsor di Wilayah Sub DAS Tondano

No.	Tingkat Kerawanan Longsor	Jumlah Unit Lahan	Luas (ha)	Prosentase (%)
1.	Tidak rawan	18	993,12	23,64
2.	Kerawanan rendah	19	207,59	4,94
3.	Kerawanan sedang	10	894,19	21,28
4.	Kerawanan tinggi	26	469,23	11,17
5.	Sangat rawan	8	1637,23	38,97
Total		81	4201,36	100,0

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 3. Peta Kerawanan Longsor Wilayah Sub DAS Tondano

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah rawan longsor di wilayah sub DAS Tondano bagian timur beragam tingkat kerawanan longsohnya yang terbagi menjadi lima kelas yaitu tidak rawan, kerawanan rendah, kerawanan sedang, kerawanan tinggi dan sangat rawan. Tingkat kerawanan longsor ini dipengaruhi oleh lima parameter yakni jenis tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan, ketinggian dan curah hujan.

Penentuan skor jenis tanah dilakukan berdasarkan tingkat kepekaan terhadap longsor dari jenis

tanah tersebut, semakin peka terhadap longsor maka semakin tinggi skor yang diberikan. Tingkat kepekaan terhadap longsor berhubungan dengan tingkat kemampuan tanah menahan dan melepaskan air yang masuk. Tanah dengan permeabilitas sangat lambat sangat kuat menahan air yang masuk dan sangat sulit untuk melepaskannya, hal itu akan menyebabkan tanah menahan beban yang lebih besar dan apabila curah hujan semakin tinggi serta tanah tersebut berada pada wilayah yang memiliki topografi yang terjal sampai sangat curam maka longsor kemungkinan besar terjadi (Haryani, 2011). Di daerah penelitian mempunyai dua jenis tanah yaitu Alluvial dan Latosol, dimana tanah Alluvial diberi skor 1 dan tanah Latosol diberi skor 2. Tanah Latosol mempunyai skor lebih tinggi dari tanah Alluvial karena tanah Latosol lebih peka terhadap terjadinya longsor. Penyebaran tanah Latosol seluas 3203,43 ha atau 76,25%.

Menurut Dwi (2010), faktor kemiringan lereng sangat berpengaruh dalam proses terjadinya longsor, semakin tinggi dan semakin tegak lereng maka kemungkinan terjadinya longsor semakin besar. Hal tersebut berkaitan dengan kestabilan lereng, semakin curam lereng maka lereng akan mengalami tekanan beban yang lebih besar sehingga makin tidak stabil untuk menahan beban di atasnya dari pengaruh gravitasi bumi. Kemiringan lereng akan mempengaruhi kecepatan aliran air permukaan. Pada lahan yang datar atau landai, kecepatan aliran air lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang miring atau curam. Di daerah penelitian, kemiringan lereng >40%

atau sangat curam mempunyai luas terbesar yaitu 1649,14 ha atau 39,25%. Kemiringan lereng 25 – 40% atau curam seluas 304,51 ha dan kemiringan lereng 15 – 25% atau agak curam memiliki luas 1122,68 ha. Sedangkan untuk kemiringan lereng landai dan datar mempunyai luas 1125,03 ha. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kemiringan lereng maka tingkat kerawanan longsor semakin tinggi.

Kondisi penggunaan lahan sebagai faktor penyebab tanah longsor berkaitan dengan kestabilan lahan, kontrol terhadap kejenuhan air serta kekuatan ikatan partikel tanah. Lahan yang penggunaannya untuk hutan dan perkebunan relatif lebih bisa menjaga stabilitas lahan karena sistem perakaran yang dalam sehingga bisa menjaga kekompakan antar partikel tanah serta partikel tanah dengan batuan dasar dan bisa mengatur limpasan dan resapan air ketika hujan (Haryani, 2011). Pemukiman memiliki andil yang lebih kecil karena limpasan air lebih banyak terjadi dibanding genangan dan resapan karena sifat permukaan yang kedap air baik kondisi tanah permukaan maupun karena penutup tanah berupa beton atau sejenisnya. Tegalan dan sawah memiliki vegetasi yang tidak bisa menjaga stabilitas permukaan karena bersifat tergenang, serta memiliki sistem perakaran yang dangkal sehingga kurang menjaga kekompakan partikel tanah. Di daerah penelitian, kebun campuran mempunyai luasan yang terbesar yaitu 2992,19 ha atau 71,22%. Walaupun kebun campuran relatif lebih bisa menjaga stabilitas lahan karena sistem perakaran yang dalam tapi berada pada lokasi kemiringan lereng curam sampai sangat curam dan pada tanah yang

peka terhadap longsor, maka hasilnya akan memberikan kelas kerawanan tinggi dan kelas sangat rawan.

Faktor ketinggian sebagai salah satu faktor penyebab tanah longsor juga merupakan salah satu penentu kerawanan longsor. Ketinggian suatu daerah baik itu pada dataran rendah, dataran tinggi bahkan pegunungan dapat menentukan besarnya kekuatan tanah yang terjatuh apabila terjadi longsor. Semakin tinggi suatu tempat semakin besar kekuatan tanah yang terjatuh karena adanya pengaruh gravitasi (Noor, 2005). Di daerah penelitian, kondisi ketinggiannya adalah 700 – 1000 m dpl atau memiliki rata – rata 876,92 m dpl. Skor yang diberikan untuk ketinggian ini adalah 1.

Hermawan (2000) mengemukakan bahwa longsor disebabkan oleh kondisi tata air tanah dan sifat fisik/mekanik tanah yang tidak baik, sehingga pada saat musim hujan terjadi peningkatan air tanah (*pore water pressure*), penurunan kekuatan dan tahanan geser tanah yang akan menyebabkan longsor. Dalam penentuan skor curah hujan dibagi menjadi lima kelas, semakin besar curah hujan yang turun maka semakin tinggi skor curah hujan tersebut. Di daerah penelitian, total curah hujannya sebesar 2192,17 mm/tahun dan skornya termasuk tinggi yaitu 4. Hasil ini menunjukkan bahwa penentuan tingkat kerawanan longsor di daerah penelitian sangat dipengaruhi oleh curah hujan.

Daerah Kecamatan Eris khususnya di Desa Touliang Oki, Tandengan dan Watumea memiliki peluang terjadinya longsor. Pada jalan penghubung desa ini mempunyai tingkat kerawanan

sedang dan sangat rawan longsor. Kemiringan lerengnya yang curam hingga sangat curam dan kurangnya teknik konservasi tanah menyebabkan daerah ini rawan longsor. Apabila terjadi longsor maka jalan atau jalur transportasi tersebut akan tertutupi oleh longsor. Selain itu adanya penggerusan tebing – tebing yang digunakan untuk pelebaran jalan penghubung antar desa. Tanpa adanya teknik konservasi, tebing – tebing ini akan menjadi rawan longsor. Teknik konservasi yang baik untuk kondisi daerah seperti ini ialah menggunakan metode mekanik. Meskipun tindakan konservasi vegetatif menjadi pilihan utama, namun perlakuan fisik mekanis seperti bangunan terjunan (barisan batu) searah kontur dan saluran pembuangan air (SPA) masih tetap diperlukan untuk mengalirkan sisa aliran permukaan yang tidak terserap oleh tanah terutama bila masalah erosi sangat serius.

Contoh penggunaan teknik konservasi tanah dan air seperti yang dilakukan di Negara Malaysia, yaitu daerah Genting yang merupakan daerah di ketinggian dan mempunyai kemiringan lereng yang curam. Tetapi teknik konservasi yang dilakukan sangat baik dengan menggunakan metode mekanik yaitu barisan batuan yang mengikuti kemiringan lereng dan disediakan tempat pengeluaran air dalam bentuk tangga – tangga sebagai luncuran airnya dan pembuatan bangunan beton sebagai penyanggah tebing untuk melindungi badan jalan. Metode ini membutuhkan biaya yang cukup mahal, tetapi akan menjadi lebih ekonomis apabila dibandingkan dengan kerugian yang akan ditimbulkan jika terjadi bencana

longsor khususnya bagi pemerintah dan masyarakat itu sendiri.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penyebaran daerah rawan longsor di sub DAS Tondano terdiri dari lima kelas kerawanan longsor yang menyebar pada tiga kecamatan yakni Kecamatan Eris, Kakas dan Tondano Timur.

- 1) Kelas tidak rawan longsor seluas 993,12 ha atau 23,64%, tersebar pada kecamatan Eris seluas 137,42 ha, Kakas seluas 1,31 ha dan Tondano Timur seluas 854,39 ha.
- 2) Kelas kerawanan rendah seluas 207,59 ha atau 4,94%, tersebar pada Kecamatan Eris seluas 144,10 ha, Kakas seluas 0,29 ha dan Tondano Timur seluas 63,20 ha.
- 3) Kelas kerawanan sedang seluas 894,19 ha atau 21,28% tersebar pada Kecamatan Eris seluas 503,06 ha, Kakas seluas 114,97 ha dan Tondano Timur seluas 276,16 ha.
- 4) Kelas kerawanan tinggi seluas 469,23 ha atau 11,17% tersebar pada Kecamatan Eris seluas 256,27 ha, Kakas seluas 48,03 ha dan Tondano Timur seluas 164,93 ha.
- 5) Kelas sangat rawan seluas 1637,23 ha atau 38,97% tersebar pada Kecamatan Eris seluas 455,60 ha, Kakas seluas 45,46 ha dan Tondano Timur seluas 1136,17 ha.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai upaya mitigasi bencana longsor agar dapat meminimalisir dampak yang akan ditimbulkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwi, Y. 2010. *Kesesuaian Penggunaan Lahan Berdasarkan Tingkat Kerawanan Longsor di Kabupaten Semarang*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Haryani, P. 2011. *Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan dan Perubahan Garis Pantai di DAS Cipunagara dan sekitarnya, Jawa Barat*. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat.
- Hermawan. 2000. *Pemetaan Geologi Teknik*. Kabupaten Jember, Jawa Timur.
- Nugroho J.A., B.M Sukojo., dan I.L Sari. 2009. *Pemetaan Daerah Rawan Longsor Dengan Penginderaan Jarak Jauh dan Sistem Informasi Geografis*. Prog. Studi Teknik Geomatika, FTSP, ITS, Sukolilo, Surabaya.
- Noor, D. 2005. *Geologi Lingkungan*. Graha Ilmu-Yogya. UIEU-Univ. Press. Jakarta.
- Prahasta, E. 2004. *Sistem Informasi Geografis: Tutorial ArcView*. CV Informatika, Bandung.