

KERAWANAN BENCANA TANAH LONGSOR DI WILAYAH HULU DAS JENEBERANG DENGAN ANALISIS GID-3D

Vulnerability of Landslide in The Upstream DAS Jeneberang, GID Analysis-3D

¹Yoenus Osman, ²Ramli Rahim, ³Saleh Pallu, ⁴Sumbangan Baja

¹Doctorate Program, Civil Engineering, Hasanuddin University, South Sulawesi, 90111 Indonesia.

Email: yoenusosman@yahoo.com

²Professor, Hasanuddin University, South Sulawesi, 90111 Indonesia, Email: yb8bri@yahoo.com.

³Professor, Hasanuddin University, South Sulawesi, 90111 Indonesia, Email:

salehpallu@hotmail.com.

⁴Professor, Hasanuddin University, South Sulawesi, 90111 Indonesia, Email: sbja02@yahoo.com.au.

Abstract

The assessment of landslide hazard and risk has become a topic of major interest for both geoscientists and engineering professionals as well as for local communities and administrations in many parts of the world. Recently, Geographic Information Systems (GIS), with their excellent spatial data processing capacity, have attracted great attention in natural disaster assessment. In this paper, an assessment of landslide hazard at Upper Area of Jeneberang Watershed has been studied using GIS technology. By simulating the potential landslide according the minimum safety factor value using GIS, it can be expected that great contribution as a basic decision making for many prevention works before future landslide occurs at Jeneberang River Watershed, South Sulawesi, Indonesia

Keywords: Geographic Information Systems, three-dimensional slope stability, landslide hazards, deterministic model, slope unit, Jeneberang River Watershed

PENDAHULUAN

Bencana tanah longsor telah menjadi perhatian utama di hampir seluruh bagian dunia oleh karena frekuensi kejadiannya yang sering terjadi sebagai akibat dari perubahan iklim dunia akhir-akhir ini serta besarnya risiko yang ditimbulkannya yaitu kehilangan nyawa dan harta benda. Salah satu wilayah yang telah mengalami longsor di Pulau Sulawesi adalah Sungai Jeneberang yang merupakan sungai terbesar yang mengalir di jazirah selatan Propinsi Sulawesi Selatan. Peranan besar dan penting dari sungai Jeneberang adalah mengairi bendungan serbaguna Bilibili (total kapasitas penyimpanan air: 380 juta m³; dan selesai dibangun pada tahun 1999). Manfaat yang sangat strategis dari bendungan ini bagi kota Makassar dan sekitarnya adalah untuk pengendalian banjir, saluran irigasi pertanian, air baku untuk Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Makassar dan PDAM Kabupaten Gowa. Daerah aliran sungai

Jeneberang membentang sekitar 75 km di barat daya pulau Sulawesi, Wilayah resapan memiliki luas 760 km persegi dan berhulu di ketinggian gunung Bawakaraeng (2833 meter dari permukaan laut/DPL)

Pada 26 Maret 2004, terjadi tanah longsor skala besar di dinding caldera bagian dalam di puncak gunung. Bawakaraeng (pada ketinggian 2,830 mDPL) di mana materi longsor yang sangat besar jumlahnya terguling masuk ke hulu sungai Jeneberang. Ada dua wilayah runtuh yang ditemukan sebagai tanah longsor yang ambruk dengan skala besar, yaitu: yang pertama dengan lebar 500m; yang lainnya runtuh berbentuk tapal kuda memanjang sekitar 1.300 m. Relatif ketinggian dari lereng yang runtuh di kedua reruntuhan adalah sekitar 700 m. Titik kejadian tanah longsor di puncak teratas gunung Bawakaraeng ini adalah hulu sungai Jeneberang yang tempat kejadiannya berjarak sekitar 40 km dari bendungan Bilibili. Tanah dan bebatuan serta aliran debris dari longsoran

tercurah ke lembah di bantaran sungai, yang menyebabkan kehancuran dan kerusakan di Desa Lengkesa (tercatat 10 orang meninggal dunia dan dinyatakan hilang sebanyak 22 jiwa; kerusakan rumah 10 unit; kerusakan pada bangunan gedung umum 1 (sekolah); kehilangan binatang ternak 635 ekor sapi; kerusakan lahan pertanian seluas 1.500 ha;

Peristiwa longsor telah berlangsung lebih dari satu dekade akan tetapi peristiwa itu telah meninggalkan trauma bagi penduduk Desa Lengkesa yang terpapar langsung oleh bencana serta kepada BBSJP selaku instansi yang mengelola DAS Jeneberang, khususnya dalam menjaga kelangsungan fungsi Dam Bili-Bili.

Untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya tanah longsor ikutan dan atau tanah longsor lainnya di masa yang akan datang serta untuk melakukan langkah penanggulangannya maka perlu dilakukan kajian untuk meneliti tingkat kerawanan bencana tanah longsor di wilayah hulu dalam wilayah tangkapan air (catchment area) DAS Jeneberang.

Rumusan masalah penelitian ini adalah: bagaimana tingkat kerawanan bencana tanah longsor di wilayah hulu DAS Jeneberang dihitung dengan menggunakan parameter faktor keamanan lereng dengan GIS-3D?

Penelitian ini bertujuan untuk: Mengetahui dan menemukan lereng-lereng yang berbahaya dan mudah longsor di wilayah hulu DAS Jeneberang dengan menggunakan dan mengembangkan analisis sistematis untuk penilaian bahaya kegagalan lereng dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS) tiga dimensi (3D). Sedangkan hasil penelitian ini diharapkan: (a) Memberi manfaat bagi perbaikan dan peningkatan kualitas lingkungan dalam wilayah hulu DAS Jeneberang, (b) Menjaga kelangsungan fungsi dam (waduk) serbaguna Bili-Bili. Ruang lingkup penelitian ini: (a) Penelitian berbasis aplikasi system informasi geografis dengan menggunakan metodologi GIS-3D (b) Wilayah studi dibatasi pada wilayah hulu DAS Jeneberang, yaitu wilayah hulu wilayah tangkapan air (catchment area) DAS Jeneberang, mulai dari batas Dam Bili-bili hingga ke puncak Gunung Bawakaraeng.

Tanah Longsor dan Analisis Stabilitas Lereng

Tanah longsor (*landslide*) adalah bencana alam yang kompleks yang kejadiannya merupakan distribusi ruang (wilayah atau wilayah) dan waktu akibat dari berbagai faktor: geologi, geomorfologi, fisik, dan manusia (Crozier, 1986; Cruden dan Vanes, 1996). Istilah "tanah longsor" adalah akumulasi dari berbagai gerakan massa, tanah, air dan bebatuan di lereng pegunungan seperti batu jatuh, permukaan tanah terbuka bergerak turun, menyebar dan mengalir ke bagian di bawahnya (Varnes, 1996).

Tanah longsor dapat terjadi karena intensitas hujan yang tinggi dan lebat, gempa bumi, aktivitas vulkanik, perubahan aliran air tanah, gangguan dan perubahan lereng oleh karena kegiatan konstruksi atau oleh perbuatan manusia, atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut (Sidle, 2007; Djamaludin dkk, 2006).

Penelitian terhadap tanah longsor telah menjadi topik utama bagi para ilmuwan *geoscience* dan teknik profesional serta bagi masyarakat setempat dan pemerintah wilayah di mana terjadi tanah longsor di berbagai belahan dunia (Huabin, 2005; Chuangbing dkk, 2009.). Metode yang berbeda dan teknik analisis yang berbeda untuk mengevaluasi bahaya dari tanah longsor telah banyak dikaji dan diterapkan.

Metode penilaian terhadap bahaya tanah longsor juga melibatkan beberapa pendekatan yaitu pendekatan kualitatif dan atau pendekatan kuantitatif (Soeters dan Van Westen, 1996, Aleotti dan Chowdhury, 1999; Guzzetti dkk, 1999.). Pada saat yang sama, berkembang alat analisis untuk menangani dan menganalisis data spasial, yaitu Sistem Informasi Geografis (Geographic Information System/GIS). Dengan bantuan perangkat GIS dapat diterapkan teknik kuantitatif untuk mengevaluasi dan menilai bahaya tanah longsor dan memetakannya (Wang dkk., 2007).

GIS memiliki kemampuan fungsional untuk mengolah data, input data, manipulasi, transformasi, visualisasi, kombinasi, permintaan, analisis, pemodelan dan hasil

akhir. Setiap aspek khusus dari bahaya tanah longsor dapat dipetakan, memberikan informasi yang cukup tentang distribusi permasalahan. Suatu peta bahaya longsor yang ideal harus memberikan informasi yang berkaitan dengan analisis spasial serta aspek keruangan dan waktu dari bahaya yang dipetakan (Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R., Guzzetti, F., Pasqui, V., and Reichenbach, P., 1991).

Analisis stabilitas lereng 3D (tiga dimensi) dapat dilakukan untuk menganalisis kemiringan lereng serta dapat dipartisi. Namun, model tersebut tidak dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng bentuk 2D karena bentuknya akan terus menerus seperti itu dan juga tak dapat dipisah-pisah. Model stabilitas kemiringan 3D, dapat menghitung faktor keamanan serta memberikan penilaian kemungkinan terjadinya bahaya tanah longsor yang lebih akurat pada wilayah-wilayah tertentu (Carrara dkk, 1995; Xie dkk., 2003; Wang dkk, 2005; Qiu dkk, 2004).

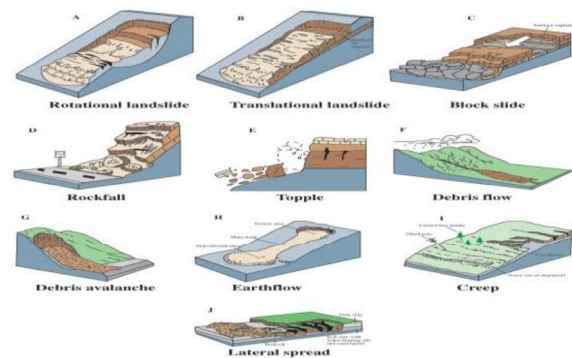
Namun demikian, sebagian besar penelitian melakukan penilaian secara rinci dari bahaya longsor hanya pada wilayah tertentu saja. Hal ini disebabkan karena biasanya sulit dan memakan waktu yang panjang untuk melakukan di wilayah yang lebih luas (Nithya dkk., 2010). Hanya sedikit penelitian yang telah melakukan penilaian kegagalan lereng di wilayah yang luas yang mempertimbangkan penilaian logis baik dalam skala regional dan lokal, sistematis dan komprehensif mengenai penilaian terhadap bahaya yang ditimbulkan (Wu dkk., 1996).

Jenis Tanah longsor

Sistem pengelompokan jenis tanah longsor yang paling umum digunakan adalah berdasarkan jenis bahan dan jenis gerakan (Cruden D.M. dan Varnes, D.J. 1996). Berbagai jenis longsor dapat dibagi menjadi lima kelompok utama (National Academy of Science, 1978 dalam USGS, 2004): jatuh, tidak bertutup, geser, menyebar, dan bergerak menurun.

Peristiwa longsor adalah suatu gerakan lereng bawah tanah atau batuan massa yang terjadi pada permukaan tanah yang pecah atau zona

yang relatif tipis terhadap regangan intensitas geseran. Ada dua jenis utama dari bagian ini adalah rotasi dan translasi.



Gambar 1. Ilustrasi jenis dari gerakan tanah longsor (USGS, 2004).

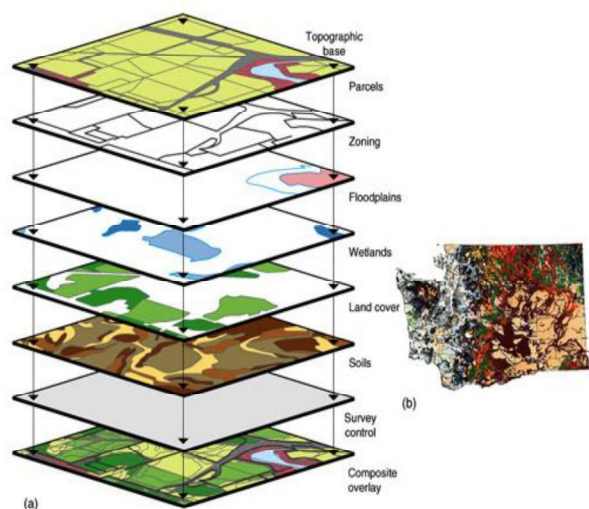
GIS untuk Penilaian Stabilitas Longsor

GIS merupakan teknologi berbasis komputer yang dirancang untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan beragam susunan data spasial atau rujukan geografis

Langkah pertama dalam setiap penilaian terdiri dari pengumpulan semua informasi yang tersedia dan data pada wilayah studi. Konsep penggunaan GIS diilustrasikan dalam Gambar 2.4. Juga, GIS berisi fasilitas untuk membangun dan mengimpor model digital elevasi (DEM) dan segitiga jaringan yang tidak teratur (TINS).

Dalam beberapa tahun terakhir, pengembangan teknik pemetaan GIS juga telah dilakukan. Xie dkk., (2003) yaitu mengusulkan model analisis stabilitas lereng 3D yang dikembangkan dari model Hovlands (1997) yaitu untuk menghitung faktor keamanan dengan aplikasi GIS dan selanjutnya model ini digunakan untuk mencari permukaan lereng yang berbahaya dalam area yang luas dengan cara meminimalkan faktor keamanan 3D. Demikian pula halnya dengan yang telah ditemukan oleh Esaki dkk. (2005) yang mengembangkan sebuah model prediksi statistik berbasis GIS untuk mengidentifikasi dan mengukur variabel geologi dan geomorfologi yang paling berpengaruh dan kontribusi relatif dengan cara statistik probabilitas unit sampling. Model prediksi ini telah menunjukkan kemampuan GIS untuk

menutupi area yang luas. Model terintegrasi dalam GIS juga akan penting untuk menimbulkan hasil subjektif dan terpercaya untuk penilaian bahaya longsor.



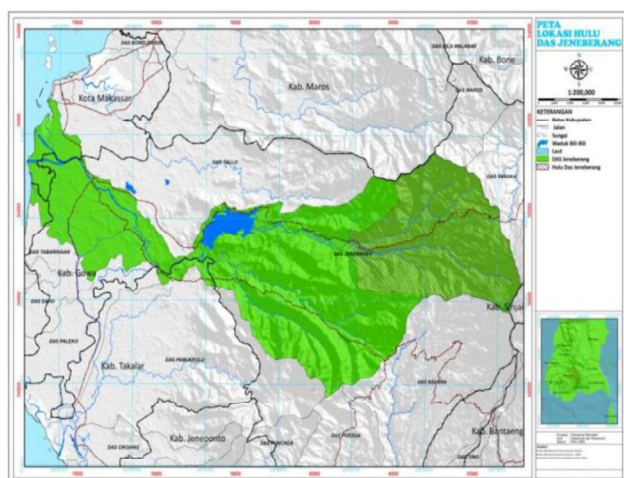
Gambar 2. Database konsep lapisan dalam GIS. (Hovlands,1997; Xie dkk., 2003; Esaki dkk.,2005)

METODE PENELITIAN

Analisis Tanah Longsor Berbasis GIS-3D

Metode penelitian ini merupakan gabungan metode kuantitatif dan kualitatif yang diterapkan dalam model Aplikasi Penilaian Kestabilan Lereng menggunakan Analisis GIS-3D.

Penelitian berlokasi di Wilayah Hulu DAS Jeneberang sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Peta Daerah Aliran Sungai Jeneberang dan peta Wilayah Hulu

Data dan Analisis

Data dan Sumber Data

Data untuk penelitian ini merupakan data dalam seri waktu dan ruang. Data dalam seri waktu adalah data sebelum terjadinya longsor, saat terjadi longsor dan sesudah terjadi longsor hingga saat penelitian dilaksanakan.

Data primer diperoleh oleh penulis melalui survei langsung serta dari sumber resmi antara lain BBSJP, BMGF, peta digital dari satelit dan Bakosurtanal. sedangkan data sekunder dan data penunjang lainnya diperoleh melalui kutipan buku, jurnal otentik dan dari sumber data dan instansi lainnya.

Analisis

Analisis Kerawanan Bencana Tanah Longsor

Penelitian kerawanan bencana tanah longsor di wilayah hulu DAS Jeneberang dilakukan dengan proses:

Parameter utama adalah: Geologi, Geomorfologi, Geoteknik, Hidrologi dan Vegetasi;

Factor keamanan 3D dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (1). (Xie, dkk, 2003):

$$F_{3D} = \frac{\sum_J \sum_I (cA + W \cos\theta \tan \phi)}{\sum_J \sum_I W \sin \theta}$$

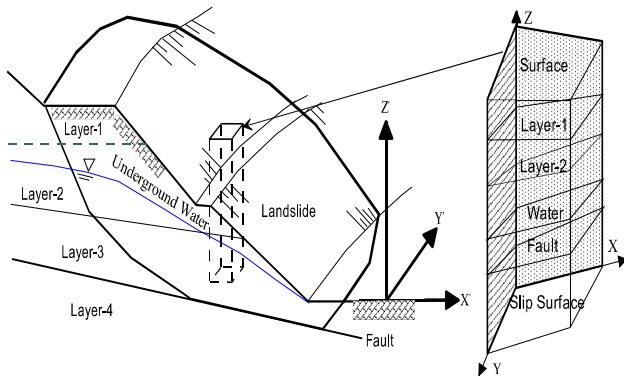
Di mana

- F_{3D} faktor keamanan lereng 3D;
- W berat satu kolom;
- A daerah permukaan tergelincir;
- c kohesi;
- ϕ sudut gesekan;
- θ dip (sudut normal dari permukaan tergelincir);
- J, I jumlah baris dan kolom dari grid di kisaran kegagalan lereng.

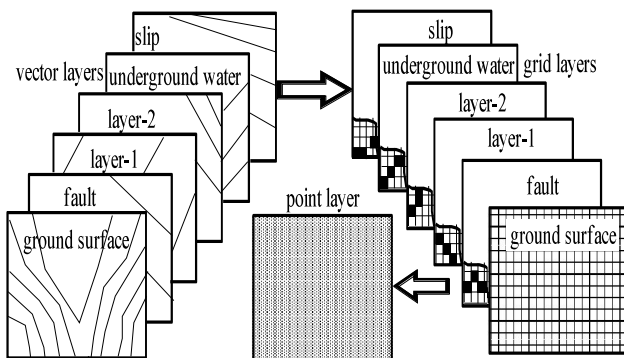
Tanpa aplikasi GIS maka perhitungan faktor keamanan model 3D berbasis kolom ini akan sangat sulit dan tentu saja memerlukan waktu lama yang membosankan dan menjadi tugas yang tentu saja sulit. Tetapi dalam sistem GIS, dengan menggunakan GIS analisis data spasial, fungsi yang terkait stabilitas lereng

pada keseluruhan daerah penelitian dapat direpresentasikan sebagai lapisan vektor GIS seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Setiap lapisan vektor, lapisan berbasis grid/jaringan dapat diperoleh dengan menggunakan fungsi analisis spasial GIS dan ukuran sel yang dapat diatur dengan presisi sesuai yang diperlukan. Gambaran umum proses analisis GIS 3D adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Tampilan kegagalan lereng 3D dan satu kolom kotak.



Gambar 5. Lapisan sel GIS untuk analisis stabilitas lereng dan titik dataset

Berdasarkan database, persamaan (1) dapat diubah ke persamaan berbasis GIS di mana semua kekuatan tanah dan geser mengacu pada arah kemungkinan geser tapi tidak perlu arah sumbu Y yang digunakan dalam model Hovland (1977). Di sini arah tepian utama daerah lereng diasumsikan arah kemungkinan geser. Dengan mengacu pada Gambar 5, area permukaan yang tergelincir dapat dihitung dengan persamaan (2):

$$A = absin \alpha$$

Dari Gambar 3.5, persamaan berikut ini bisa dihasilkan:

$$c' = g \tan \theta, d = g / \cos(Asp)$$

$$\cos \alpha = \sin \theta_{xz} \sin \theta_{yz}$$

Selanjutnya, tepian yang jelas sumbu X dan Y dapat diturunkan:

$$\begin{aligned} \tan \theta_{yz} &= \tan \theta \cos(Asp), \\ \tan \theta_{xz} &= \tan \theta \sin(Asp) \end{aligned} \quad (5)$$

Dengan memperhatikan bahwa $a = cellsize / \cos \theta_{xz}$ and $b = cellsize / \cos \theta_{yz}$, daerah gelincir permukaan pada satu jaringan kolom adalah

$$A = cellsize^2 \left[\frac{\sqrt{(1 - \sin^2 \theta_{xz} \sin^2 \theta_{yz})}}{\cos \theta_{xz} \cos \theta_{yz}} \right]$$

Tepian yang jelas dari arah utama lereng yang berpotensi longsor dapat dihitung dengan persamaan berikut:

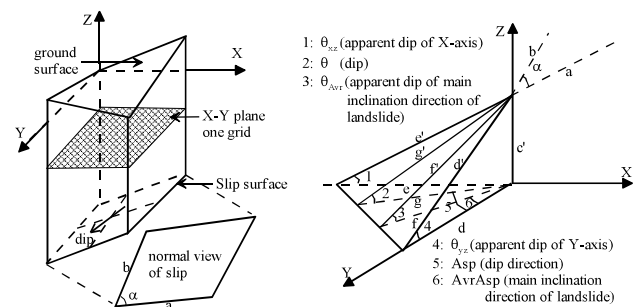
$$\tan \theta_{Avr} = \tan \theta |\cos(Asp - AvrAsp)|$$

Pada tahap ini, faktor aman kemiringan 3D dapat ditunjukkan dengan menggunakan keseimbangan arah geser horizontal seperti:

$$F_{3D} = \frac{\sum \sum (cA + [(Z_{ji} - z_{ji}) \gamma' \cos \theta - u_{ji}] \tan(\phi)) \cos \theta_{Avr}}{\sum \sum (Z_{ji} - z_{ji}) \gamma' \sin \theta_{Avr} \cos(\theta_{Avr})}$$

Di mana untuk setiap jaringan:

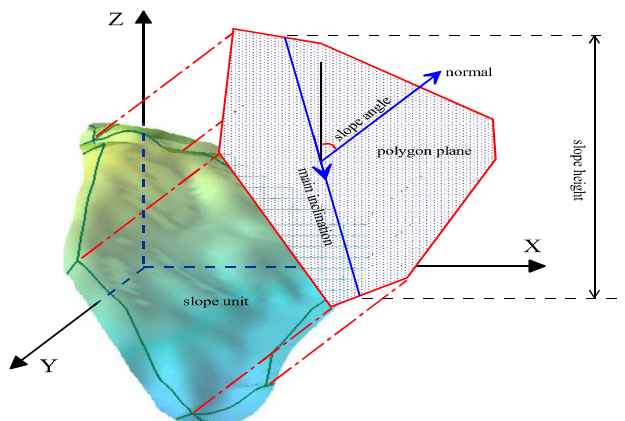
- Z_{ji}, z_{ji} = ketinggian tanah-permukaan dan permukaan gelincir;
- u_{ji} = tekanan pori air pada permukaan; dan
- γ' = unit berat



Gambar 6. Tampilan 3D dari satu kolom jaringan untuk menurunkan faktor persamaan keamanan

Semua perhitungan untuk penilaian bahaya longsor telah dilaksanakan dengan program komputer yang disebut 3DSLOPEGIS. Semua data untuk perhitungan faktor keamanan lereng 3D dalam bentuk data GIS (vektor dan

lapisan jaringan) telah tersedia, sehingga tidak perlu untuk mengkonversi data antara bentuk data GIS dan bentuk program lainnya.



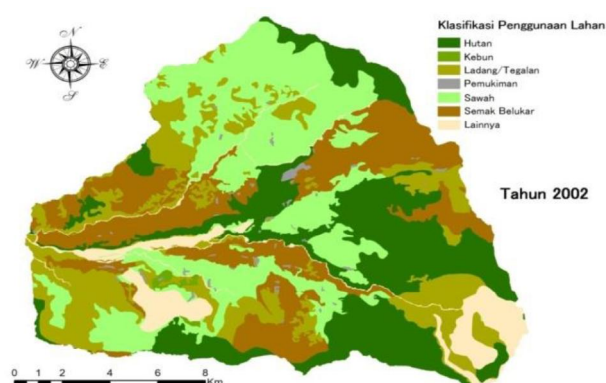
Gambar 7. Konsep untuk karakteristik unit lereng.

HASIL DAN PEMBAHASAN

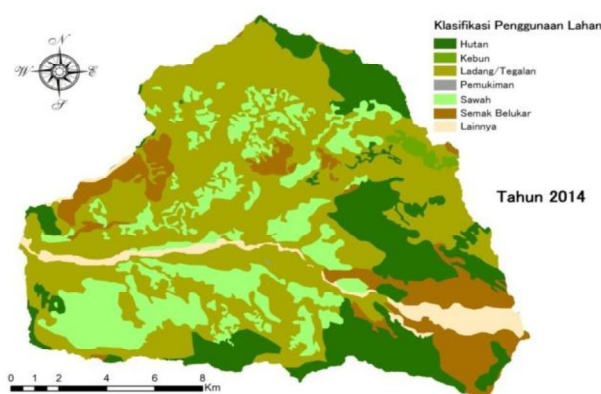
Kerawanan Bencana Tanah Longsor di Wilayah Hulu DAS Jeneberang

Penggunaan Lahan

Berdasarkan data penggunaan lahan sebelum terjadinya longsor pada tahun 2004 yang lalu (Budiman dan Haeruddin C. Maddi, 2010) terlihat bahwa kawasan hutan di daerah hulu adalah cukup luas (lihat peta pada gambar 4.2.) Penggunaan lahan menurut data terakhir tahun 2014 (peta/gambar 8) terlihat bahwa sebagian kawasan yang tadinya hutan saat ini merupakan kawasan semak belukar dan hutan yang tadinya berada di sepanjang aliran sungai pada Gambar 4.2 sudah tidak terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta Penggunaan Lahan sebelum terjadinya Longsor tahun 2004, tanda panah menunjukkan area hutan



Gambar 9. Peta Penggunaan Lahan tahun 2014, tanda panah menunjukkan sudah tidak ada lagi area hutan

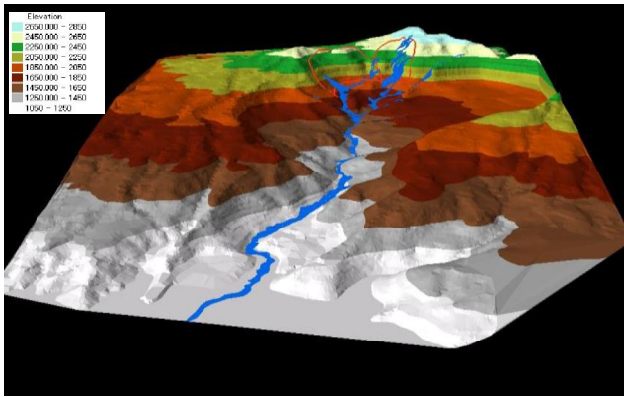
Analisis Aspek-aspek Kerawanan Bencana Tanah Longsor

Analisis Gradian kemiringan

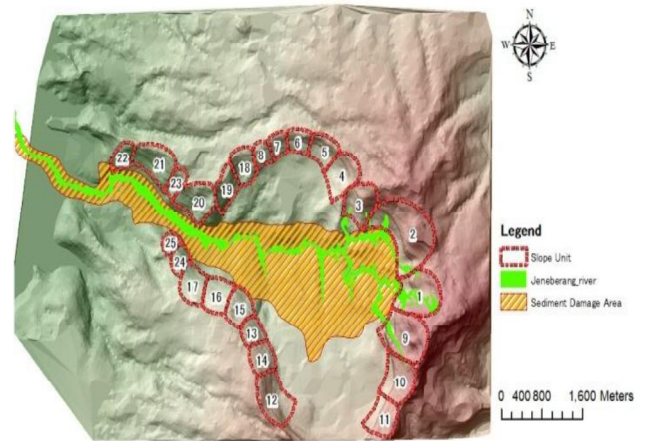
Analisis Gradian kemiringan sangat berpengaruh terhadap fenomena terjadinya tanah longsor. Bahan-bahan isotropic pada bentuk kemiringan secara umum juga berhubungan dengan kerusakan yang akan terjadi. Dengan demikian, dua faktor yaitu kekuatan dan kelemahan batuan sangat berpengaruh pada terjadinya atau tidak terjadinya kerusakan di lokasi. Untuk menentukan frekuensi terjadinya longsor pada gradian kemiringan lainnya sangat dipengaruhi oleh distribusi kategori gradian kemiringan menggunakan data DEM. Kondisi kemiringan di kawasan tangkapan air adalah berkisar 15° , $15^\circ\sim 25^\circ$, $25^\circ\sim 35^\circ$, $35^\circ\sim 45^\circ$ dan yang kemiringannya lebih besar dari 45° .

Analisis Aspek Kemiringan Lereng

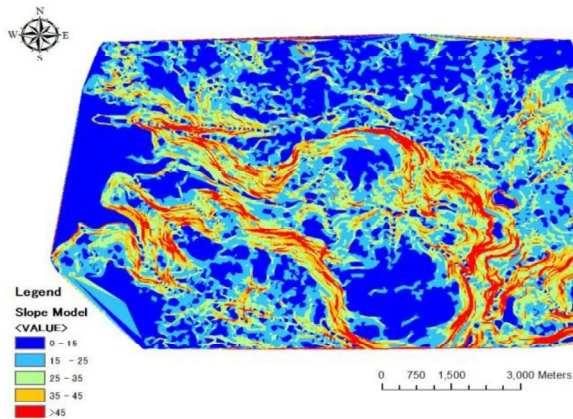
Kondisi kerapatan butiran batuan dan kerapatan tanaman (vegetasi) adalah aspek-aspek kemiringan di mana memberi pengaruh pada kekuatan tanah dan kerawanan terjadinya tanah longsor. Aspek lainnya yang juga sangat berpengaruh adalah jika turun hujan yang disertai bertiupnya angin kencang Gradian kemiringan dan aspek kemiringan adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Tampak tiga dimensi model ketinggian digital dan unit terjadinya longsor



Gambar 12. Nomor unit lereng dan wilayah terpapar. (Tanda panah menunjukkan aliran sedimen yang sangat merusak saat terjadi longsor yang lalu)

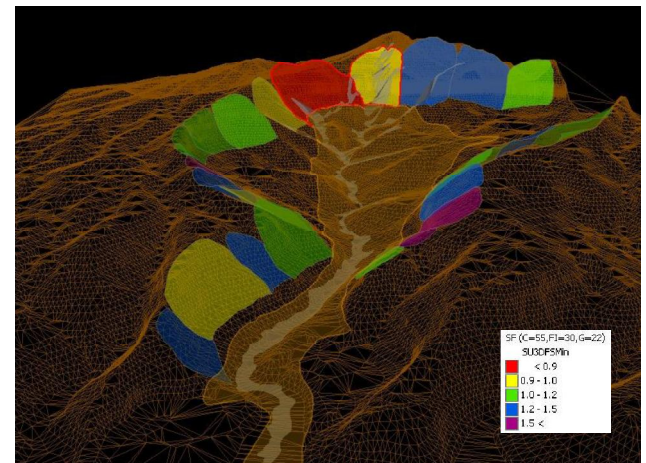


Gambar 11. Peta Gradien Kemiringan Lereng

Analisis Stabilitas Lereng dengan Model 3D

Kawasan sampel penelitian untuk mengkaji dan menjelaskan bencana tanah longsor dalam penelitian ini adalah area seluas kurang lebih seluas 40 km². Oleh karena besar dan luasnya skala topografi dan unit lereng wilayah yang dihitung maka penggantian parameter geomekanikal adalah tidak efektif untuk menghitung faktor keamanan minimum. Sehingga untuk informasi menyeluruh karakter tanah/batuan diperoleh perkiraan dengan parameter *c* adalah 25, *fi* adalah 30 dan *gamma* adalah 22.

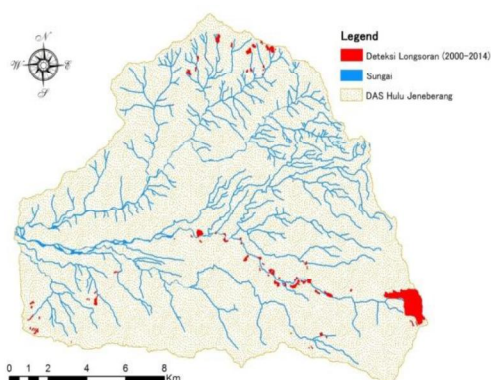
Variabel digital dalam peta menunjukkan bagian lereng yang berbencana di mana area sedimen yang sangat merusak saat terjadi tanah longsor adalah seperti terlihat dalam Gambar/peta 12. Unit lereng di mana stabilitas lereng yang relatif berbencana dengan menggunakan model 3D adalah seperti terlihat dalam peta pada Gambar 13 dan ini juga menunjukkan bagian lereng yang kritis dan menyebabkan terjadinya runtuh.



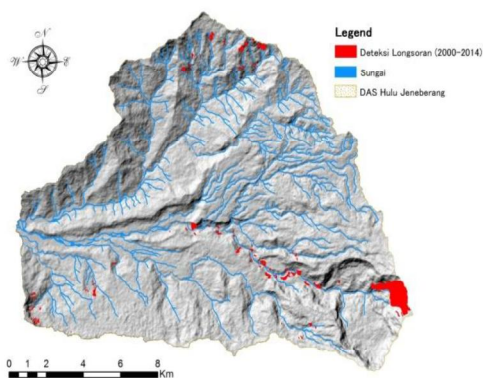
Gambar 13. Tampak 3D dari tahap distribusi kemiringan dan tampak 3D faktor keamanan minimal (warna merah dan kuning pada gambar)

Pemetaan Deteksi terjadinya Tanah Longsor

Dalam wilayah kajian, diidentifikasi cukup banyak terjadi tanah longsor baik sebelum terjadinya longsor besar di kaldera gunung Bawakaraeng maupun setelah terjadinya bencana longsor tersebut. Melalui identifikasi menggunakan data pencitraan satelit (*remote sensing*) serta beberapa penelitian di lapangan dapat digambarkan dalam peta 14. Dalam gambar peta 14, ini terlihat distribusi/penyebaran kejadian tanah longsor di kawasan hulu DAS Jeneberang sejak tahun 2000 sampai dengan 2014 seperti yang di Gambar dengan warna merah dalam peta.



Gambar 14. Tanah Longsor yang terdeteksi selama tahun 2000-2015



Gambar 15. Tampak 3D relief topografi dan penyebaran tanah longsor yang terdeteksi 2000-2014

Sejumlah longsor kecil yang terjadi di sepanjang aliran sungai di hulu DAS Jeneberang adalah sebagai rentetan dari runtuhnya sedimen yang sebelumnya terendap saat bencana tanah longsor tahun 2004, sedang beberapa longsor atau runtuhannya di kawasan lainnya dalam wilayah tangkapan air adalah runtuhannya yang tidak langsung berhubungan aliran sungai Jeneberang.

Analisis topografi lereng

Pada Gambar 4.9. terlihat pandangan 3D topografi permukaan di wilayah kajian di mana terlihat juga kawasan pemukiman yang tersebar dalam wilayah yang ada. Relief topografi di wilayah kajian juga menunjukkan jajaran pegunungan di wilayah hulu DAS Jeneberang.

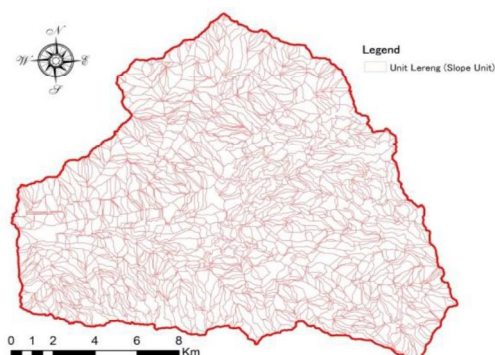
Pendugaan Stabilitas Lereng dengan 3D

Karakteristik Unit Lereng dan Model Rancangan. Pada wilayah yang sangat luas, analisis pendugaan bencana tanah longsor di

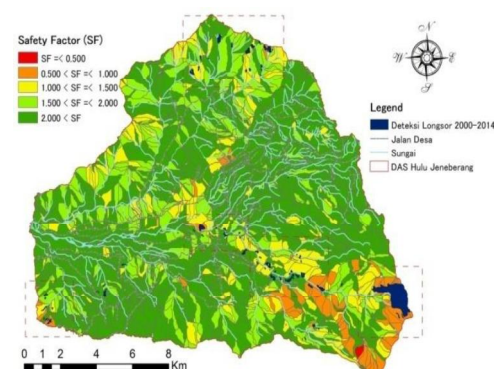
mana keadaan geologi dan kondisi geometri yang sangat kompleks (complicated) maka kunci pemecahannya adalah dengan mengambil intisari kajian pada wilayah studi. Unit lereng, penamaan, dan bagian permukaan tanah adalah termasuk yang dipengaruhi oleh topografi dan karakteristik geologi (Xie, et al, 2003). Unit lereng bias juga termasuk dalam bagian kiri atau kanan dalam wilayah tangkapan air.

Oleh sebab itu, dapat dilakukan identifikasi garis tepi/tebing dan garis lembah. Patahan lereng juga bisa diketahui melalui penggambaran topografi yang valid atau signifikan, antara lain penamaan garis, termasuk juga batas-batas antara unit-unit geomorfologi dalam peta serta ukuran unit lereng juga bisa dilakukan.

Melalui proses analisis stabilitas lereng 3D dengan aplikasi 3DSLOPEGIS, teridentifikasi faktor ketidakstabilan lereng pada 293 unit dari seluruh unit lereng yang dihitung sejumlah 1625 unit. Distribusi unit lereng tersebut adalah seperti digambarkan gambar 16.



Gambar 16. Distribusi/persebaran Unit Lereng dalam wilayah studi



Gambar 17. Distribusi faktor keamanan minimum model 3D dan deteksi penyebaran lokasi tanah longsor.

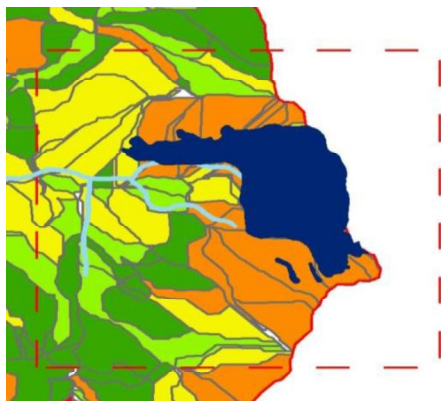
Zonasi Rawan Bencana Tanah Longsor

Berdasarkan perhitungan faktor keamanan maka zona yang rawan bencana tanah longsor adalah seperti yang terlihat dalam gambar 18

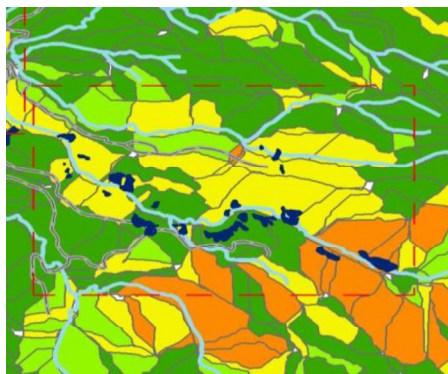
Zonasi rawan bencana tanah longsor seperti dalam Gambar 18. tersebut, adalah:

Zona rawan/bencana - 1: dengan tingkat kerawanan bencana tanah longsor tertinggi adalah di kawasan puncak gunung Bawakaraeng di sekitar kaldera yang sebelumnya longsor tahun 2004, di mana faktor keamanan adalah antara, 0,500 - ,1,00. (gambar/peta 19);

Zona rawan/bencana – 2: adalah di kawasan hulu di bawah lokasi puncak Bawakaraeng, di mana sebelumnya telah terjadi tanah longsor dalam skala kecil. Faktor keamanan di kawasan tersebut juga, dari 1,00. (lihat gambar/peta 20)



Gambar 19. Zona rawan bencana – 1

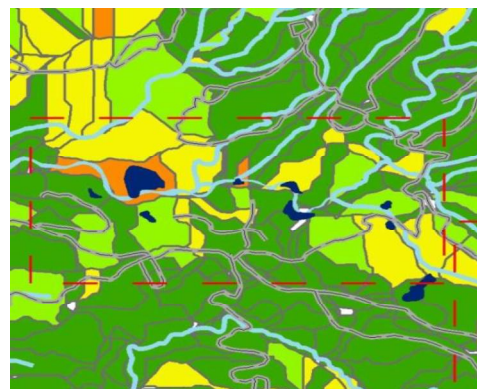


Gambar 20. Zona rawan bencana – 2

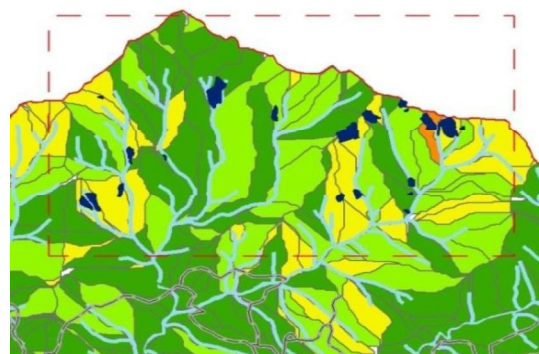
Zona rawan/bencana – 3: adalah di kawasan hulu DAS Jeneberang bagian bawah yaitu di

bagian bawah zona-2, di kawasan ini juga terdeteksi telah terjadi tanah longsor ikutan yaitu sedimentasi di lereng/jurang yang jatuh ke dalam aliran sungai Jeneberang. Kawasan ini masih berpotensi terjadi longsor bilamana terjadi hujan lebat disertai angin kencang yang menyebabkan menurunnya faktor keamanan. (lihat Gambar/peta 21)

Zona rawan/bencana – 4: terletak di wilayah utara dari kawasan tangkapan air (*catchment area*) DAS Jeneberang, yaitu di wilayah pegunungan dalam wilayah Kabupaten Maros/Bone. Di wilayah ini terdeteksi telah terjadi tanah longsor dalam skala kecil dan longsorannya tidak langsung mengarah ke aliran sungai Jeneberang. (Gambar/peta 22)



Gambar 21. Zona rawan bencana – 3



Gambar 22. Zona rawan bencana - 4

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penulisan maka disimpulkan bahwa:

Dalam wilayah hulu DAS Jeneberang terdapat 4 zona rawan bahaya tanah longsor, yaitu zona rawan bencana – 1, zona rawan bencana – 2, zona rawan bencana – 3 dan zona rawan bencana – 4. Ke empat zona rawan bencana tanah longsor

tersebut berpengaruh kepada terhadap tata ruang di wilayah hulu DAS Jeneberang, khususnya dalam hal perlunya perencanaan penataan ruang, pemanfaatan ruang dan pengendalian ruang. Penanggulangan untuk menaikkan faktor keamanan dilakukan dengan meningkatkan kekuatan geser tanah melalui kegiatan: reboisasi/penutupan lahan, drainase air permukaan, terasering dan peresapan air melalui sumur peresapan, biopori. Arahan tata ruang akibat pengaruh kerawanan bahaya tanah longsor di Wilayah Hulu DAS Jeneberang, adalah: perlu membagi wilayah hulu DAS Jeneberang berdasarkan zona rawan bahaya - 1 sampai dengan zona rawan bahaya - 4; Perlu penataan ruang, khususnya penatagunaan lahan, pemanfaatan ruang untuk lahan non budidaya (dilindungi dan atau dikonservasi) dan lahan budidaya, yaitu kawasan pemukiman yang aman, lahan usaha pertanian dan perkebunan; pengaturan ruang terbuka hijau, dalam hal ini perlu diperhatikan ketentuan peraturan tentang sempadan sungai dan perairan, serta penetapan fungsi hutan khususnya hutan lindung, termasuk juga menata kerapatan tanaman/vegetasi, jenis tanaman untuk preservasi dan konservasi.

REFERENSI

- Dai, F.C. and Lee, C.F., (2001). Terrain-based Mapping of Landslide Susceptibility Using a Geographical Information System: a case study, *Can. Geotech. J.*, 38, pp. 911-923.
- Tien H., Wu, Mohamed A.A., (2000). Prediction and Mapping of Landslide Hazard. *Can. Geotech. J.* 37, 2000, pp.781-795.
- Esaki, T., Xie, M., Zhou, G., Mitani, Y., (2003) 3D Critical Slope Stability Analysis Based on GIS and Monte Carlo Simulation, the 38th U.S. Rock Mechanics Symposium, Washington D.C., USA, pp.1137-1143.
- Rosidi D., (2007) Seismic Risk Assessment of Levees, *Journal of Civil Engineering Dimension*, 9(2), 2007, pp.57-63
- Mankelov, Joseph M., Muppy, William, (1998). Using GIS in Probabilistic Assessment of Earthquake Triggered Landslide Hazard. *Journal of Earthquake Engineering*. 2(4), 1998, pp.593-623.
- ESRI, (1999). *Map Objects Programmer's Reference, GIS and Mapping Components*, ESRI, USA
- Hutchinson, J.N., (1995). Landslide Hazard Assessment, *Proc. VI Int. Symp. On Landslide*, Christchurch, 1, pp.1805-1842,
- Leshchisky, D. and Huang Ching-Chang, (1992). Generalized Three Dimensional Slope Stability Analysis, *Journal of Geotechnical Engineering*, 118(11), pp. 1748-1763.
- Lam, L. and Fredland, D.G., (1993). A General Limit Equilibrium Model for Three-Dimensional Slope Stability Analysis. *Canadian Geotechnical Journal*. 30, 1993, pp.905-919.
- Hovland, H.J., (1977). Three-dimensional Slope Stability Analysis Method. *Journal of the Geotechnical Engineering, Division Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 103(GT9), 1977, pp.971-986.
- Terlien, M.T.J., Van Asch, T.W.J., Van Westen, C.J., (1995). Deterministic Modelling in GIS-Based Landslide Hazard Assessment. *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*, Dordrecht, The Netherlands, pp.57-77,
- Westen, C.J., Van (1998). *GIS in Landslide Hazard Assessment, A View, With Example from the Colombia Andes, Mountain Environment & GIS*, Taylor & Francis
- _____. (1993), *Application of Geographic Information Systems to Landslide Hazard Zonation*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Publication, p.15,
- _____, Rengers, N., Terlien, M.T.J., Soeters, R., 1997 Prediction of the Occurrence of Slope Instability Phenomena Through GIS-based Hazard Zonation. *Geologische Rundschau*, 86, 1997, pp.404-414.
- Evert Hoek., (2001). *Development of Rock Engineering. Course of Notes by Evert Hoek*,