

TIPE DAN SEBARAN LONGSORAN DI DAS ALO PROVINSI GORONTALO*)

Fitryane Lihawa, Indriati Martha Patuti, dan Nurfaika
Staf Pengajar Universitas Negeri Gorontalo
Jln. Jend. Sudirman No. 6 Kota Gorontalo
email: fitryane.lihawa@ung.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sebaran aspek keruangan tipe longsor di DAS Alo Provinsi Gorontalo dan menyajikannya dalam bentuk Peta Sebaran Longsor Skala 1 : 50.000. Lokasi penelitian ini meliputi seluruh wilayah DAS Alo Provinsi Gorontalo dengan luas 7.588 Ha. Penentuan sampel penelitian dilakukan secara *Accidental Sampling* yaitu dengan melakukan penelusuran di seluruh wilayah yang rawan longsor di DAS Alo untuk menemukan titik-titik kejadian longsor. Dalam pengkajian tipe dan sebaran longsor, dilakukan pengamatan dan pengukuran terhadap kejadian longsor yang terjadi pada seluruh wilayah DAS Alo yaitu sejumlah 15 (lima belas) titik kejadian longsor. Tipe longsor ditentukan melalui pengukuran dan pengamatan morfometri longsor untuk menentukan indeks klasifikasi longsor dan hasil analisis tersebut di plot ke dalam Peta Lokasi Sebaran Longsor Skala 1 : 50.000 untuk mengetahui sebaran keruangan dari kejadian longsor di DAS Alo Provinsi Gorontalo. Berdasarkan analisis morfometri dan indeks klasifikasi longsor menunjukkan bahwa tipe longsor yang terjadi adalah *rotational slide*, *planar slide*, *slide flow* dan *rock block slide*. Kejadian longsor yang terjadi di DAS Alo Provinsi Gorontalo tersebar pada wilayah dengan kemiringan lereng curam dan sangat curam dengan bentuk permukaan lereng cembung dan cenderung lurus. Kejadian longsor juga terjadi pada wilayah dengan tekstur tanah lempung dan lempung berlanau, serta jenis batuan vulkanik dan batuan beku yang mengandung silika tinggi dan telah mengalami pelapukan. Berdasarkan wilayah administrasi, kejadian longsor tersebar di wilayah Kecamatan Tibawa, Kecamatan Pulubala dan Kecamatan Isimu Utara.

Kata Kunci: *Peta, Zona Kerentanan, Longsor, DAS ALo.*

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah ekosistem yang dibatasi oleh igir-igir punggung bukit (*river divide*) dan berfungsi sebagai pengumpul, penyimpan, dan penyalur air, sedimen serta unsur-unsur hara dalam sistem sungai, dan keluar dari wilayah tersebut melalui satu titik tunggal (*single outlet*). Daratan atau pulau hampir seluruhnya terbagi dalam satuan daerah aliran sungai (DAS). Di DAS ada rangkaian proses pengumpulan, penyimpanan, penambatan dan penyaluran air, yang semuanya itu menjadi suatu sistem hidrologis dan memiliki peran yang sangat penting dalam pengaturan tata air.

Berdasarkan data Badan Pengelola DAS Bone Bolango Provinsi Gorontalo bahwa di Provinsi Gorontalo terdapat 10 (sepuluh) DAS besar. DAS Limboto adalah satu DAS besar yang ada di Provinsi Gorontalo dan merupakan daerah tangkapan air Danau Limboto. Menurut laporan Badan Pengelola DAS Bone Bolango (2004) masalah yang dihadapi di wilayah

DAS Danau Limboto adalah terjadinya penurunan kualitas sumber daya alam baik hutan, tanah dan air, terjadinya erosi dan sedimentasi, terjadinya banjir yang hampir setiap tahun melanda wilayah hilir yaitu Kecamatan Tibawa, Kecamatan Limboto Barat, Kecamatan Batudaa, dan Kecamatan Limboto dalam tiga tahun terakhir, serta terjadinya pendangkalan Danau Limboto yang menjadi sumber mata pencaharian bagi masyarakat di sekitar Danau Limboto.

DAS Alo merupakan sub DAS yang berada dalam sistem DAS Limboto yang bermuara langsung ke Danau Limboto. Hasil penelitian JICA (2002) menunjukkan bahwa DAS Alo merupakan salah satu DAS penyumbang sedimen terbesar ke Danau Limboto yaitu 0,0342 kg/detik. Berdasarkan data survei terakhir yang dilakukan JICA *Study Team*, volume sedimentasi tahunan diperkirakan sebesar $5,04 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$ (atau $5,500 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$). Sehingga apabila volume sedimen yang masuk tidak dapat dikendalikan maka diprediksikan dalam waktu 25 tahun Danau Limboto akan terisi sedimen. Hasil penelitian

Lihawa (2009) DAS Alo memiliki sumbangan sedimen terbesar yaitu 947.187,87 ton dan SDR nya mencapai 0,59. Hal ini menunjukkan bahwa 59% sedimen yang tererosi akan masuk ke Danau Limboto. Akibatnya danau ini akan menjadi daratan akibat proses pendangkalan.

Degradasi lahan yang terjadi di DAS Alo disebabkan karena sistem pertanian yang tidak menerapkan teknik-teknik konservasi lahan seperti pembuatan teras dan guludan. Hal tersebut dapat memicu terjadinya bahaya erosi dan longsor. Fenomena longsor di DAS Alo telah sering terjadi pada setiap musim hujan. Data dari BNPB Tahun 2011 menunjukkan kejadian longsor di Kabupaten Gorontalo Utara yang merupakan sebagian dari wilayah DAS Alo telah menghancurkan 31 buah rumah, 190 rumah rusak, dan korban luka-luka sejumlah 628.

Tanah longsor adalah suatu produk dari proses gangguan keseimbangan lereng yang menyebabkan Bergeraknya massa tanah dan batuan ke tempat yang lebih rendah. Gerakan massa ini dapat

terjadi pada lereng-lereng yang hambat geser tanah atau batuan yang lebih kecil dari berat massa tanah atau batuan itu sendiri. Proses tersebut melalui empat tahapan, yaitu pelepasan, pengangkutan atau pergerakan, dan pengendapan. Perbedaan menonjol dari fenomena longsor dan erosi adalah volume tanah yang dipindahkan, waktu yang dibutuhkan, dan kerusakan yang ditimbulkan. Longsor memindahkan massa tanah dengan volume yang besar, adakalanya disertai oleh batuan dan pepohonan, dalam waktu yang relatif singkat, sedangkan erosi tanah adalah memindahkan partikel-partikel tanah dengan volume yang relatif lebih kecil pada setiap kali kejadian dan berlangsung dalam waktu yang relatif lama (Hardiyatmo, 2006; Asdak, 2006).

Proses longsor dapat menyebabkan kerusakan tatanan bentang lahan, sumber daya alam dan lingkungan, bahkan dapat menyebabkan terjadinya bencana alam yang merugikan bagi kehidupan manusia. Oleh sebab itu perlu kiranya dilakukan kajian tentang karakteristik longsor yang terjadi di DAS Alo

sebagai langkah awal untuk mempelajari faktor utama penyebab longsor di DAS Alo, yang kemudian data tersebut dijadikan dasar dalam pembuatan peta risiko longsor di DAS Alo. Peta risiko longsor tersebut akan menjadi dasar dalam penentuan wilayah prioritas pengelolaan bencana longsor di DAS Alo. Produk akhir dari penelitian ini berupa Peta Risiko Bencana Longsor yang dapat menjadi acuan dalam pengambilan kebijakan pengelolaan lingkungan guna pencegahan bencana longsor di DAS Alo. Penelitian ini direncanakan akan berlangsung selama 3 (tiga) tahun. Pada Tahun pertama ini tahapan yang dilakukan adalah mengkaji sebaran keruangan tipe longsor di DAS ALO Provinsi Gorontalo.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengkaji sebaran aspek keruangan tipe longsor di DAS Alo Provinsi Gorontalo dan menyajikannya dalam bentuk Peta Sebaran Longsor Skala 1 : 50.000

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini adalah wilayah DAS Alo Provinsi Gorontalo dengan luas 7.588 Ha yang terletak pada $00^{\circ}44'52,715''$ dan $122^{\circ}49'33,206''$ LU s/d $0^{\circ}39'59,192''$ dan $122^{\circ}49'12,778''$ LS. Penentuan batas DAS Alo sebagai lokasi penelitian didasarkan pada Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:50.000. Penentuan sampel penelitian dilakukan secara *Accidental Sampling* yaitu dengan melakukan penelusuran longsor di wilayah rawan longsor DAS Alo untuk menemukan lokasi kejadian longsor. Dalam penelusuran kejadian longsor, ditemukan sejumlah 15 (lima belas) lokasi kejadian longsor. Pada setiap kejadian longsor dilakukan pengukuran dan pengamatan morfometri longsor dan dilakukan pengambilan contoh tanah dan batuan untuk dianalisis di laboratorium. Analisis data morfometri longsor digunakan rumus sebagai berikut (Worosuprodjo, 2002):

- Indeks klasifikasi $D/L \times 100\%$
- Indeks penipisan Lm/Lc
- Indeks pelebaran Wx/Wc
- Indeks perpindahan Lr/Lc
- Indeks aliran $(Wx/Wc - 1) \cdot Lm/Lc \times 100\%$

Keterangan :

D = kedalaman longsoran

L = panjang longsoran

Lm = panjang material yang menjadi
longsoran

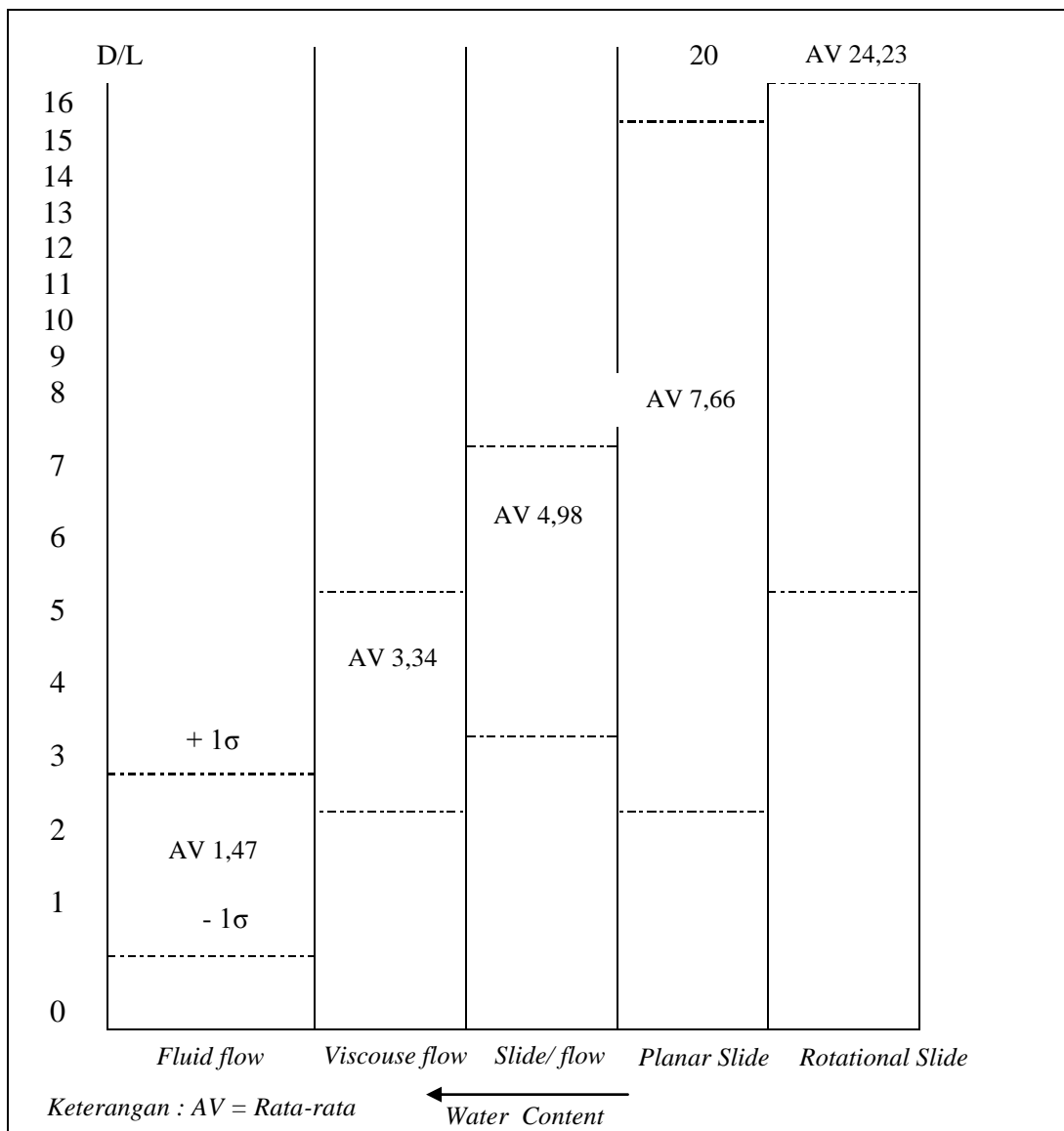
Lc = panjang bagian cekung

Wx = lebar bagian cembung

Wc = lebar bagian cekung

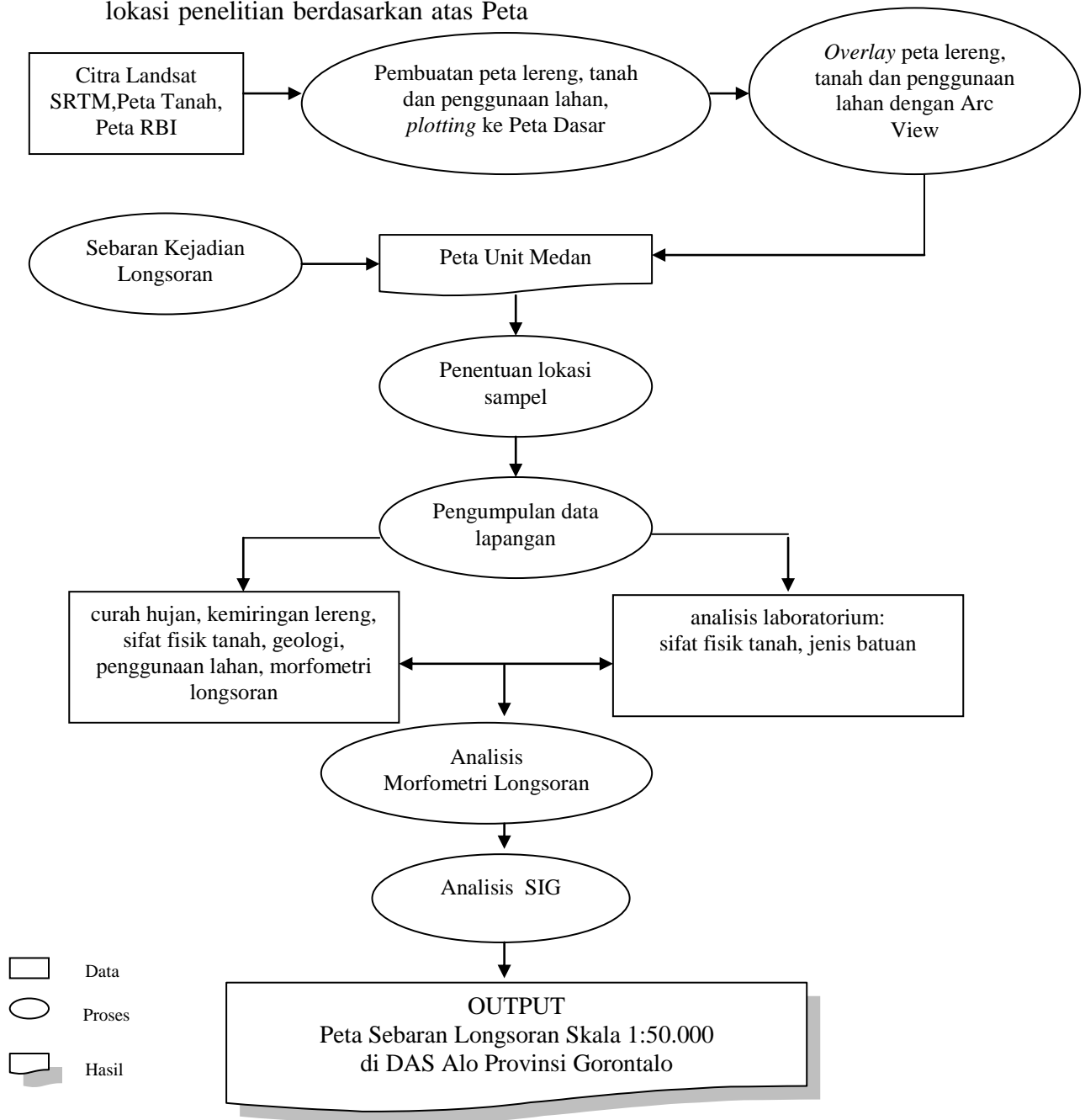
Lr = panjang permukaan rupture

Penentuan tipe longsoran didasarkan pada hasil analisis indeks klasifikasi dan diplot ke dalam diagram seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Klasifikasi Longsoran
(Sumber: Worosuprodjo, 2002)

Analisis spasial dilakukan untuk mengetahui sifat keruangan mengenai tipe dan sebaran longsor. Analisis spasial yang dilakukan dengan membuat peta dasar atau peta lokasi penelitian berdasarkan atas Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:50.000. Melakukan plot/digitasi titik koordinat kejadian longsor pada peta lokasi penelitian. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Alo yang terletak di Provinsi Gorontalo, sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Limboto Kabupaten Gorontalo, sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Boliohuto Kabupaten Gorontalo dan sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Pulubala Kabupaten Gorontalo. DAS Alo tersusun atas batuan yang berumur Tersier dan Kuartar. Formasi batuan penyusun pada DAS Alo adalah Diorit Bone (Tmb) yang dapat dijumpai di sub DAS Molamahu dan sub DAS Alo yang tersusun atas diorit, diorit kuarsa, granodiorit. Umur satuan ini sekitar Miosen Akhir, batuan Gunungapi Bilungala (Tmbv) yang dapat dijumpai di sub DAS Alo, Formasi Dolokapa (Tmd), Batuan Gunungapi Pinogu (TQpv) dan Batu Gamping Terumbu (Ql). Sebagian DAS Alo tersusun atas batu gamping terumbu berumur

Kuartar yang terdiri dari batu gamping koral. Umur geologinya adalah Holosen.

Hasil interpretasi *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) Tahun 2004 dan dibandingkan dengan Peta Digital Elevation Model serta pengecekan lapangan Tahun 2013 persentase luasan kemiringan lereng di DAS Alo adalah 25,03% terdiri dari lereng datar, 34,13% lereng landai, 25,74% lereng agak curam, 12,96% lereng agak curam dan 2,15% lereng sangat curam. Berdasarkan Peta Tanah Tinjau yang dibuat oleh Pusat Penelitian Tanah Agroklimat (1992) dan Peta Tanah DAS Limboto yang dibuat oleh BP DAS Bone-Bolango Tahun 2005, jenis-jenis tanah di wilayah DAS Alo adalah Andosol, Grumusol, Litosol dan Podsolik. Jenis penggunaan lahan yang dominan di DAS Alo adalah pertanian lahan kering dan semak belukar.

Deskripsi Longsoran di DAS Alo Provinsi Gorontalo

Deskripsi longsoran yang terjadi dalam penelitian ini diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran langsung pada kejadian longsor aktual yang

terjadi selama waktu penelitian. Pengamatan dilakukan terhadap tipe longsor, jenis batuan dan tanah di lokasi penelitian. Pengukuran morfometri longsor berupa parameter indeks penipisan, indeks klasifikasi, indeks pelebaran, indeks perpindahan dan indeks aliran.

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran morfometri longsor sebanyak 15 (lima belas) sampel. Hasil pengukuran morfometri longsor ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil pengamatan kejadian longsor di DAS Alo menunjukkan bahwa tipe longsor yang terjadi adalah *rotational slide*, *planar slide*, *slide flow* dan *rock block slide*. *Rotational Slide* merupakan tipe longsor dengan kandungan air dalam tanah sedang dan sifat gerakannya merupakan perpindahan rotasional yang terjadi di permukaan lereng cembung dan laju pergerakan lambat. Material longsor adalah campuran batuan dan tanah. Tipe longsor ini terjadi di longsor 1, longsor 6, longsor 7, longsor 9, longsor 11, longsor 12, longsor 13 dan longsor 14. Tipe longsor ini secara administratif tersebar di

Desa Alo Kecamatan Tibawa, Desa Isimu Utara Kecamatan Tibawa, Desa Iloponu Kecamatan Tiabwa, Desa Molalahu dan Desa Molamahu Kecamatan Pulubala. Kondisi medan pada lokasi-lokasi ini adalah lokasi yang memiliki kemiringan lereng curam dan sangat curam dengan bentuk lereng cembung dan cembung cenderung lurus. Jenis batuan pada lokasi longsor rotasional adalah batuan sedimen organik, batuan sedimen (batuan gamping) dan batuan vulkanik. Tekstur tanah pada lokasi-lokasi ini adalah lempung berlanau. Kondisi tanah dengan tekstur ini agak melekat dan dapat dibentuk bola agak teguh dan dapat digulung dengan permukaan membulat. Hal ini sesuai dengan tipe longsor yang terjadi yaitu *rotational slide* yang memiliki pergerakan lambat. Penggunaan lahan adalah semak belukar. Pada beberapa lokasi longsor di DAS Alo, faktor penggunaan lahan tidak berperan dalam penyebab terjadi longsor, sebab dari hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa tidak ada penambahan beban tanaman tinggi di lokasi kejadian longsor.

Tabel 1. Analisis Morfometri Longoran di Daerah Aliran Sungai Alo Provinsi Gorontalo

No	Lokasi	Morfometri Longoran							Morfometri Longoran				
		D	L	Lm	Lr	Lc	Wc	Wx	Indeks Klasifikasi (D/L x 100%)	Indeks Penipisan Lm/Lc	Indeks Pelebaran Wx/Wc	Indeks Perpindahan Lr/Lc	Indeks Aliran (Wx/Wc-1)(Lm/Lc) x 100%
1	Desa Alo N: 00 ⁰ 41,13' E: 122 ⁰ 51,43'	1,33	6,4	1,9	4,5	0,9	7,2	8,4	20,78 <i>Rotational Slide</i>	2,11	0,33	5,00	35,19%
2	Desa Buhu N: 00 ⁰ 43,363' E: 122 ⁰ 50,835'	1,38	10	7,7	2,3	2,3	4,52	6,96	13,80 <i>Planar Slide</i>	3,35	1,54	1,0	180,72%
3	Desa Labanu N: 00 ⁰ 44,79' E: 122 ⁰ 51,026'	0,46	3,3	2,5	0,8	2,5	2,63	4,92	13,94 <i>Planar Slide</i>	1,0	1,87	0,32	87,07%
4	Desa Toyidito N: 00 ⁰ 41,74' E: 122 ⁰ 49,68'	1,78	42,3	35,3	7,0	23,0	37,86	43	4,21 <i>Slide flow</i>	1,53	1,14	0,30	20,84%
5	Desa Molalahu N: 00 ⁰ 40,062' E: 122 ⁰ 49,637'	0,47	12,3	10,16	2,1	14,8	3,35	5,76	3,83 <i>Slide Flow</i>	0,69	1,72	0,14	49,39%
6	Desa Molalahu N: 00 ⁰ 40,439' E: 122 ⁰ 49,308'	0,68	5,24	3,6	1,64	3,0	5,6	6,2	12,98 <i>Rotational Slide</i>	1,20	1,11	0,55	12,86%
7	Desa Isimu Utara N: 00 ⁰ 39,663' E: 122 ⁰ 52,586'	3,2	10,85	6,86	3,99	7,42	9,5	16,8	29,49 <i>Rotational Slide</i>	0,92	1,77	0,54	71,04%
8	Desa Isimu Utara N: 00 ⁰ 40' 3,3" E: 122 ⁰ 52' 40,4"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<i>Rock/Topples</i>
9	Desa Isimu Utara N: 0 ⁰ 41'25,169" E: 122 ⁰ 53'33,404"	8	43	36	7	20	36,7	48,6	18,6 <i>Rotational Slide</i>	1,8	1,32	0,35	58,37%
10	Desa Isimu Utara N: 0 ⁰ 41' 21,4" E: 122 ⁰ 53' 42,1"	2,5	29,50	21,2	8,3	22,5	12,44	19,34	8,47 <i>Planar Slide</i>	0,94	1,55	0,37	52,26%

No	Lokasi	Morfometri Longsoran							Morfometri Longsoran				
		D	L	Lm	Lr	Lc	Wc	Wx	Indeks Klasifikasi (D/L x 100%)	Indeks Penipisan Lm/Lc	Indeks Pelebaran Wx/Wc	Indeks Perpindahan Lr/Lc	Indeks Aliran (Wx/Wc-1)(Lm/Lc) x 100%
11	Desa Isimu Utara N: 0°41'17,949" E: 122°53' 40,624"	4,0	8,0	6,0	2,0	2,0	6,0	7,0	50,00 <i>Rotational Slide</i>	3,0	1,17	1,0	50%
12	Desa Iloponu N: 0° 42,189' E: 122° 51,213'	0,8	4,6	3,2	1,4	3,3	2,5	3,3	17,39 <i>Rotational Slide</i>	0,97	1,32	0,42	31,03%
13	Desa Iloponu N: 0° 42,069' E: 122° 51,090"	1,2	5,4	8,2	2,8	4,3	3,1	3,7	22,22 <i>Rotational Slide</i>	1,91	1,19	0,65	36,91%
14	Desa Molamahu N: 0°40,850' E: 122°47,681'	1,3	6,0	3,7	1,8	4,2	4,6	3,3	21,67 <i>Rotational Slide</i>	0,88	1,15	0,55	13,41%
15	Desa Toyidito N: 0° 41,695' E: 122°49,644'	2,17	14,8	9,8	3,3	11,5	21,0	8,5	14,66 <i>Planar Slide</i>	0,85	1,11	0,29	9,33

Sumber: Hasil Pengukuran, 2013



Gambar 3a. *Rotational Slide* di Desa Alo Kec.
Tibawa Kab. Gorontalo



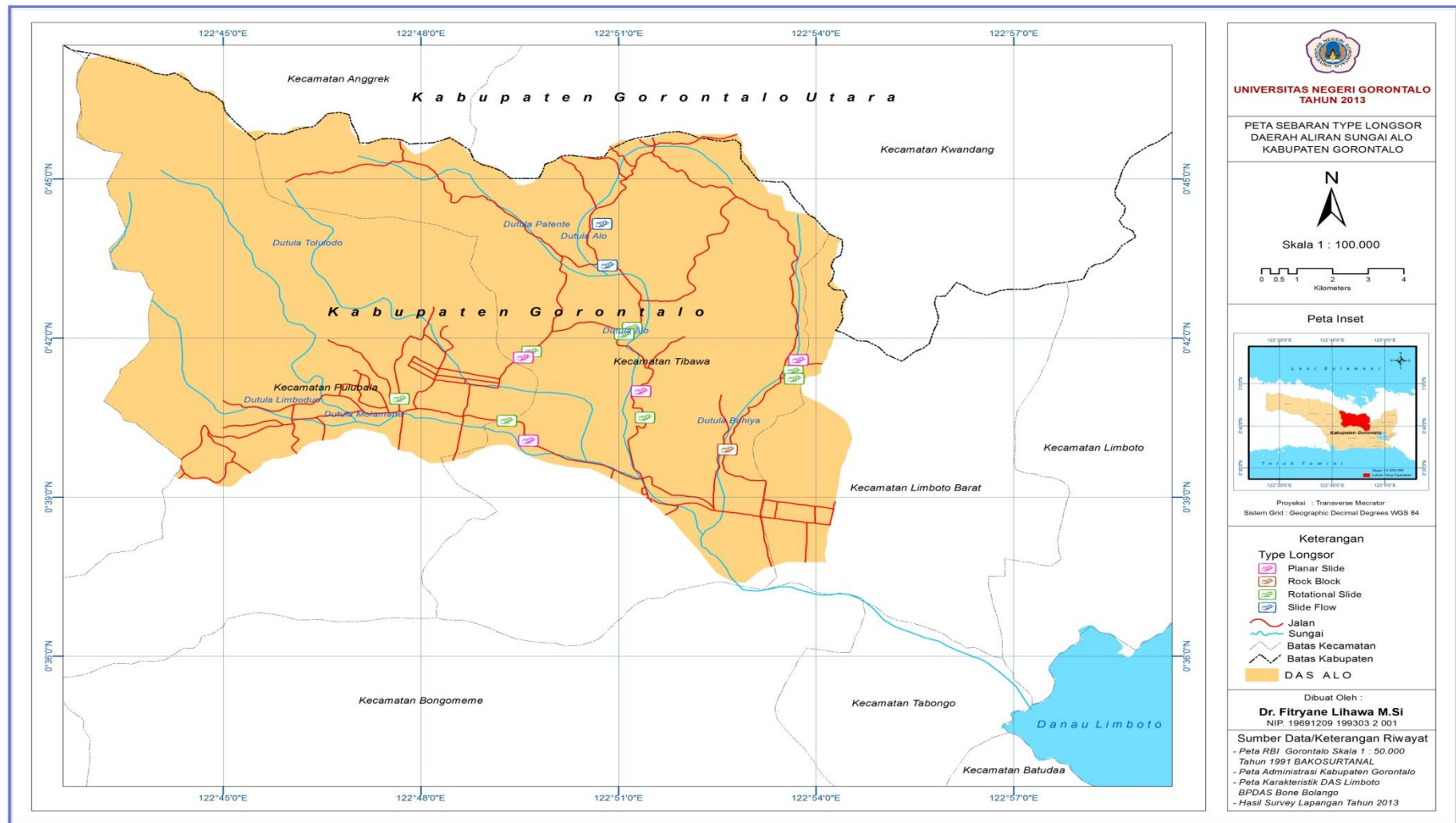
Gambar 3b. *Planar Slide* di Desa Labanu Kec.
Tibawa Kab. Gorontalo



Gambar 3c. *Slide Flow* di Desa Molalahu
Kec. Pulubala Kab. Gorontalo



Gambar 3d. *Rock Blok Slide* di Desa
Molalahu Kec. Pulubala Kab. Gorontalo



Gambar 4. Peta Sebaran Longsoran di DAS Alo Provinsi Gorontalo

Planar Slide (longsoran translasi) adalah aliran material tanah atau batuan ke bagian permukaan lereng yang lurus. Longsoran translasi sifatnya longsoran dangkal dengan kecepatan aliran bisa sangat lambat hingga cepat (Summerfield,1991; Ritter, 1995). Longsoran ini terjadi pada material tanah yang mengandung kadar air rendah sampai sedang. Tipe longsoran translasi terjadi di lokasi longsor 2, lokasi 3, lokasi 10 dan lokasi 15 yang memiliki kemiringan lereng sangat curam dan bentuk lereng cembung cenderung lurus. Secara administratif, tipe longsoran ini tersebar di Desa Buhu, Desa Labanu dan Desa Isimu Utara Kecamatan Tibawa Kabupaten Gorontalo. Kondisi tanah pada lokasi ini menunjukkan bahwa tekstur tanah di lokasi longsor translasi adalah lempung dengan kadar air berkisar 14,58% - 39,45%.

Slide Flow (aliran massa) adalah tipe longsoran yang terjadi/terfokus pada alur-alur drainase. Material longsoran pada jenis ini berupa campuran dari material longsoran yang halus dan kasar. Tipe longsoran ini terjadi pada titik longsor 4 dan titik 5. Secara administratif, tipe longsoran ini tersebar di Desa Molalahu dan Desa Toyidito Kecamatan Pulubala Kabupaten Gorontalo. Lokasi-lokasi tersebut memiliki kemiringan lereng curam dan sangat curam dan bentuk lereng cembung. Tekstur tanah pada lokasi ini

adalah lempung dengan kadar air berkisar 15,16% - 28,69% dengan tingkat palstisitas sedang dan tinggi. Tanah dengan sifat seperti ini akan menyimpan air lebih lama, sehingga gaya beban tanah menjadi tinggi.

Rock block slide (longsoran yang berupa blok batuan) yang terjadi pada lokasi ini adalah rubuhan (*topples*). Tipe longsoran jenis ini adalah terlepasnya/rubuhnya suatu blok batuan pada permukaan vertikal. Tipe longsoran ini terjadi pada titik longsor 8. Secara administratif, tipe longsoran ini sangat berpotensi terjadi di Desa Isimu Utara dan Desa Labanu Kecamatan Tibawa Kabupaten Gorontalo. Jenis batuan pada lokasi ini adalah batuan sedimen organik (gamping coral) yang mengalami tekanan dari gaya gravitasi sehingga pecah menjadi blok-blok batuan.

Secara umum kejadian longsoran yang terjadi di DAS Alo disebabkan oleh faktor kemiringan lereng dan jenis tanah. Disamping kedua faktor tersebut, longsoran juga dipicu oleh curah hujan yang tinggi. Faktor penggunaan lahan merupakan faktor pendorong terjadinya longsoran misalnya pemotongan lereng untuk kegiatan tambang khususnya galian C dan untuk pelebaran jalan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Anup (2013) yang menemukan bahwa kejadian longsoran di Nepal banyak disebabkan oleh kegagalan stabilitas lereng dan curah hujan yang tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap morfometri longsor disimpulkan bahwa Tipe longsor yang terjadi di DAS Alo adalah *rotational slide, planar slide, slide flow dan rock block slide*. Sebaran kejadian longsor terjadi pada lahan dengan lereng curam hingga sangat curam, tanah dengan tekstur lempung berlanau dan pada penggunaan lahan semak belukar. Secara administratif, kejadian longsor terbesar terjadi di Kecamatan Tibawa dan Kecamatan Pulubala.

Saran

Hasil penelitian ini terbatas pada pengkajian terhadap tipe dan sebaran longsor yang terjadi di DAS Alo Provinsi Gorontalo. Hasil penelitian ini tidak dapat memberikan informasi tentang pengaruh faktor medan terhadap kejadian longsor, sehingga tidak dapat melakukan prediksi terhadap sebaran potensi/kerawanan longsor secara umum. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengkaji pengaruh faktor medan terhadap kejadian longsor di DAS Alo Provinsi Gorontalo.

DAFTAR PUSTAKA

Anup, Gurung., Om Prakash Gurung., Rahul Karki., Sang Eun Oh. 2013.

Improper agricultural practices lead to landslide and mass movement disasters: A case study based on upper Madi watershed, Nepal. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25.1 (Jan 2013): 30-38.

Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Asdak, Chay. 2006. Hydrological Implication of Bamboo and Mixed Garden in The Upper Citarum Watersheed. *Indonesian Journal of Geography Vol. 38, Number 1, June 2006*

Hardiyatmo, Hary Christadi. 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Japan International Cooperation Agency The Government of Indonesia. 2002. *The Study on Flood Control and Water Management in Limboto-Bolango-Bone Basin in The Republic of Indonesia*. Nikken Consultants, Inc and Nippon Koei CO., LTD.

Karen, Sudemeier-Rieux., Michel Jaboyedof., Alain Breguet., Jerome Dubois. 2011. *Mountain Research and Development (online) 31.2 (May 2011) 112-121*.

Kuswaji, D.P dan Priyono. 2008. Analisis Morfometri dan Morfostruktur Lereng Kejadian Longsor di Kecamatan Banjarmangu Kabupaten Banjar Negara. *Forum Geografi. Vol. 22, Nomor 1, Juli 2008: 72-84*.

Lihawa, Fitryane., & Sutikno. 2009. The Effect of Watershed Environmental Conditions and Landuse od Sediment Yield ini Alo-Pohu Waterhed. *International Journal of Geography, IJG. Vol. 41, No. 2, December 2009 (103-122)*. Faculty of Geography Gadjah Mada Univ.

- & The Indonesian Geographers Association.
- Lihawa, Fitryane. 2010. *Pemetaan Tingkat Erosi Permukaan di DAS Alo-Pohu Provinsi Gorontalo*. Lembaga Penelitian UNG.
- Patuti, Indiriati. M., dkk. 2011. Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Jembatan Akibat Pengurangan Panjang Fondasi Sumuran (Tinjauan Kasus Jembatan Alorongga - Kabupaten Nagekeo, NTT) Makalah disampaikan pada *Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV HATTI. Development of Geotechnical Engineering in Civil Works and Geo-Environment, Yogyakarta, 10-11 Februari 2011*
- Ritter, Dale.F., R.Craig Kochel., Jerry R. Miller.1995. *Process Geomorphology*. Wm.C. Brown Publisher.
- Rodríguez, López., Sara R., Blanco-Libreros., Juan F. 2013. Illicit Crops in Tropical America: Deforestation, Landslides, and the Terrestrial Carbon Stocks. *Report Information from ProQuest*.
- Summerfield, M.A. 1991. *Global Geomorphology*. Longman Scientific & Technical. Copublished in the United States With John Wiley & Sons, Inc New York.
- Suratman, Worosuprojo. 2002. Studi Erosi Parit dan Longsor dengan Pendekatan Geomorfologis di Daerah Aliran Sungai Oyo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Disertasi*. Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Suripin. 2004. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Andi, Yogyakarta.
- Tun Lee, Kwan., Lin Ying-Tin. 2006. Flow Analysis Of Landslide Dammed Lake Watersheds: A Case Study. *Journal of the American Water Resources Association* 42.6 (Dec 2006): 1615-1628
- Zuidam, R.A. Van 1979. *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs a Geomorphological Approach*. ITC Textbook of Photo Interpretation VII-6 Enschede The Netherland.