

RESPON BENTUKLAHAN BERUPA LONGSORLAHAN AKIBAT CURAH HUJAN

Nugroho Hari Purnomo

Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Surabaya
Kampus Ketintang, Jl. Ketintang Surabaya

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan intensitas curah hujan dengan karakteristik morfometri bentuklahan yang mengalami longsorlahan. Penelitian survai ini dianalisis secara keruangan guna memperoleh hubungan curah hujan dengan morfometri bentuklahan. Data bentuklahan yang dikumpulkan meliputi data genetik dan morfometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara spasial tingkat kelas curah hujan yang berkaitan dengan kejadian longsorlahan serta bentuklahan tertentu.. Kelas curah hujan sangat tinggi (188-310 mm/bulan) yang berkembang dari puncak sampai lereng gunungapi dan kelas curah hujan tinggi (157-187 mm/bulan) yang berkembang pada lembah antar gunungapi memicu kejadian longsorlahan paling banyak. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa curah hujan sangat tinggi sampai tinggi yang jatuh di bentuklahan lereng gunungapi (perbukitan) tertoreh dan lereng gunungapi (perbukitan) berpotensi menimbulkan ukuran longsorlahan yang besar. Karakteristik masing-masing bentuklahan yang rawan longsorlahan diuraikan sebagai berikut. Lereng gunungapi (perbukitan) memiliki kondisi topografi pada lereng tengah, berbukit curam, dan bentuk lereng lurus serta material yang telah mengalami pelapukan lanjut. Lereng gunungapi (perbukitan) tertoreh memiliki kondisi topografi pada lereng tengah, berbukit dengan igir curam berbentuk V halus, dan bentuk lereng lurus – cembung, serta dibeberapa lokasi dijumpai adanya kelurusan.

Kata kunci : Curah Hujan, Bentuklahan, Longsorlahan

PENDAHULUAN

Longsorlahan merupakan kejadian alamiah berupa perpindahan massa tanah atau batu pada arah tegak atau miring dari kedudukannya semula (Wasten, 1993). Kejadian tersebut merupakan bagian dari evolusi permukaan bumi untuk mencapai kondisi hampir datar (*pineplain*) yang merupakan salah satu ciri dari bentang lahan orde ketiga (Lobeck, 1939). Kejadian longsorlahan dikontrol oleh karakteristik permukaan bumi berupa bentuklahan. Bentuklahan merupakan hasil interaksi

genesis, proses, material, struktur batuan, dan waktu.

Hampir semua kasus kejadian longsorlahan terjadi pada saat musim hujan (Karnawati, 2005). Kondisi ini menunjukkan bahwa kejadian hujan menjadi pemicu kejadian longsorlahan. Hujan merupakan bagian dari unsur cuaca yang bekerja pada atmosfer permukaan bumi (Handoko, 1994; Sumner, 1988; Arpan, dkk., 2004). Apabila air hujan telah jatuh ke bumi, maka akan berperan dalam proses keairan permukaan bumi (Suyono, 1986). Proses keairan di permukaan bumi ini merupakan faktor yang

menjadikan permukaan bumi mengalami evolusi.

Karakteristik hujan terhadap kejadian longsorlahan bersifat probabilistik, berarti bahwa intensitas hujan tertentu belum tentu akan memacu kejadian longsorlahan (Karnawati, 2005). Kejadian longsorlahan lebih dikontrol oleh karakteristik bentuklahan dalam merespon hujan (Mangunsukarjo, 1984). Bentuklahan yang mengalami longsorlahan dapat dikaji dari karakteristik relief, material, dan genetik. Hubungan antara intensitas hujan dengan karakteristik bentuklahan menentukan terjadinya longsorlahan.

Latar belakang tersebut memberi gambaran adanya keterkaitan antara peningkatan aktivitas manusia pada bentuklahan, sehingga mengalami proses longsorlahan akibat dipicu kejadian hujan (Winarso, 2003). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui intensitas curah hujan yang berpotensi memicu longsorlahan pada bentuklahan berdasarkan morfometrinya. Penelitian akan memberikan informasi keruangan yang mengkaitkan antara intensitas hujan dengan karakteristik

bentuklahan yang mengalami longsorlahan. Keterkaitan tersebut diharapkan dapat menjelaskan hubungan variasi keruangan karakteristik bentuklahan yang mengalami peristiwa longsorlahan dengan variasi keruangan curah hujan. Pada tingkat praktis keterkaitan fenomena permukaan bumi dalam konteks keruangan dapat digunakan sebagai acuan bagi pengelolaan wilayah.

METODE PENELITIAN

Penelitian survai ini dilaksanakan di Kecamatan Pujon Kabupaten Malang, Kecamatan Bumiaji serta Kecamatan Kota Batu Daerah Tingkat II Kota Batu Jawa Timur. Penelitian menggunakan pendekatan kejadian longsorlahan, yaitu sebanyak 40 kejadian longsorlahan yang terinventarisasi merupakan populasi dalam penelitian. Unit analisis dilakukan pada satuan bentuklahan yang bersumber dari interpretasi Citra Aster dengan resolusi spasial 15 m. Rincian data yang dikumpulkan disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Karakteristik Data Penelitian yang Dikumpulkan

Jenis Data	Data	Satuan	Sumber
Primer	Kemiringan lereng	Persen (%)	Pengukuran lapangan
	Panjang Lereng	meter (m)	Pengukuran lapangan
	Tinggi lereng	meter (m)	Pengukuran lapangan
	Dimensi Longsorlahan	meter persegi (m ²)	Pengukuran lapangan
	Genetika Bentuklahan	Kategori	Interpretasi citra
Sekunder	Curah Hujan	milimeter(mm)/tahun	Stasiun Klimatologi
	Stratigrafi	Deskriptif	Peta Geologi
	Kejadian longsorlahan	Jumlah dan sebaran	Dinas Pengairan

Berdasarkan tujuannya, penelitian ini merupakan kajian deskriptif, yaitu memberi uraian mengenai gejala yang dikaji berdasarkan pada indikator yang dijadikan dasar. Analisis Deskriptif hanya berhubungan dengan menguraikan atau memberikan keterangan mengenai suatu data atau fenomena (Hasan, 2004). Analisis deskriptif digunakan untuk melihat hubungan dan perbandingan. Hubungan yang ingin diketahui adalah antara curah hujan dengan karakteristik bentuklahan. Perbandingan yang ingin diketahui adalah perbedaan morfometri variabel longsorlahan pada selisih kejadian terkecil dengan terbesar serta keruangan berdasarkan bentuklahan. Penggunaan tumpang-susun peta pada Sistem Informasi Geografis dimanfaatkan untuk membantu analisis. Penyajian data dengan

menggunakan peta dan tabel merupakan paparan analisis yang dilakukan untuk menjeleskan morfometri bentuklahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter iklim yang paling berpengaruh dalam peristiwa longsorlahan adalah curah hujan. Data curah hujan berasal dari 15 stasiun hujan dari tahun 1993 sampai 2008 dengan variasi antara 8 sampai 14 tahun tergantung ketersediaan data dari masing-masing stasiun yang berbeda. Ada sebanyak 10 stasiun hujan berada di lokasi penelitian dan 5 stasiun hujan di luar lokasi penelitian. Sebaran curah hujan, bulan basah dan kering, serta tipe dan kondisi iklim berdasarkan stasiun hujan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sebaran Curah Hujan (CH), Bulan Basah dan Kering, serta Tipe dan Kondisi Iklim Berdasarkan Stasiun Hujan

No.	Stasiun Hujan	Elevasi (m dpl)	Kecamatan	Rerata CH Tahunan (mm/th)	Rerata CH Bulanan (mm/bln)	Jumlah Bulan Basah	Jumlah Bulan Kering	Tipe dan Kondisi Iklim (Schmidt dan Ferguson)
1	Pacet	648	Pacet	2293	191	6	4	C - Agak basah
2	Sumbergondo	1096	Bumiaji	2112	175	7	5	D - Sedang
3	Tinjomoyo	1015	Bumiaji	1721	143	7	5	D - Sedang
4	Ngujung	1136	Bumiaji	1533	127	6	5	D - Sedang
5	Ngaglik	951	Kota Batu	1521	126	6	5	D - Sedang
6	Temas	877	Kota Batu	1667	139	6	5	D - Sedang
7	Tlekung	950	Karangploso	1581	132	6	5	D - Sedang
8	Pendem	856	Karangploso	1689	141	7	5	D - Sedang
9	Coban Rondo	1450	Pujon	2239	186	7	5	D - Sedang
10	Kedungrejo	900	Pujon	2166	180	7	4	C - Agak basah
11	Ngroto	1200	Pujon	2268	189	7	4	C - Agak basah
12	Lebaksari	1045	Pujon	2247	187	7	4	C - Agak basah
13	Ngabab	1060	Pujon	2357	196	7	4	C - Agak basah
14	Jombok	645	Ngantang	2605	217	8	4	C - Agak basah
15	Sekar	682	Ngantang	2601	216	7	3	C - Agak basah
Rerata				2040	167			

Sumber : Stasiun Klimatologi Karangploso, Dinas Pengairan Kota Batu, Dinas Pengairan Kabupaten Malang, dan Balai Pengelola DAS Brantas (2009)

Data curah Hujan bulana di daerah penelitian berkisar antara 126 mm/bulan sampai 310 mm/bulan. Menurut kriteria Cooke and Doornkamp (1994) curah hujan di daerah penelitian termasuk sangat tinggi. Kondisi topografi berombak sampai bergunung dan elevasi lebih dari 500 m dpl memungkinkan masih adanya variasi curah hujan antar bagian wilayah. Pengelompokan data curah hujan bulanan berdasarkan rumus *Struges* ke dalam tiga kelas menghasilkan kelas curah hujan bulanan 126-156 mm/bulan, 157-187 mm/bulan, dan 188-310 mm/bulan yang dapat diklasifikasi ke dalam kelas agak tinggi, tinggi, dan sangat tinggi.

Data curah Hujan bulana di daerah penelitian berkisar antara 126 mm/bulan sampai 310 mm/bulan. Menurut kriteria Cooke and Doornkamp (1994) curah hujan di daerah penelitian termasuk sangat tinggi. Kondisi topografi berombak sampai bergunung dan elevasi lebih dari 500 m dpl memungkinkan masih adanya variasi curah hujan antar bagian wilayah. Pengelompokan data curah hujan bulanan berdasarkan rumus *Struges* ke dalam tiga kelas menghasilkan kelas curah hujan bulanan 126-156 mm/bulan, 157-187 mm/bulan, dan 188-310 mm/bulan yang dapat diklasifikasi ke dalam kelas agak tinggi, tinggi, dan sangat tinggi.

Tumpangsusun antara Peta Curah Hujan, Bentuklahan, dan Kejadian Longsorlahan dapat menunjukkan hubungan keruangan antar ketiganya. Bentuklahan yang tidak tersedia informasi kejadian

longsorlahan adalah Kerucut Gunungapi (pegunungan) dan Kerucut Gunungapi (pegunungan) Tertoreh, sehingga untuk seterusnya tidak dilakukan pembahasan.

Untuk bentuklahan Lembah Antar Gunungapi dijumpai 7 kejadian longsorlahan, Lembah Antar Gunungapi Tererosi dijumpai 5 kejadian longsorlahan, Lembah Sungai dijumpai 1 kejadian longsorlahan, Lereng Gunungapi (perbukitan) dijumpai 12 kejadian longsorlahan, dan Lereng Gunungapi (perbukitan) Tertoreh dijumpai 15 kejadian longsorlahan. Sementara untuk kelas curah hujan Sangat Tinggi dijumpai 16 kejadian longsorlahan, kelas curah hujan Tinggi dijumpai 17 kejadian longsorlahan, dan kelas curah hujan Agak Tinggi dijumpai 7 kejadian longsorlahan. Hubungan bentuklahan dengan kelas curah hujan berdasarkan jumlah kejadian Longsorlahan disajikan pada Tabel 3 dan pada Gambar 1.

Berdasarkan pada Tabel 3 dan Gambar 1 terlihat bahwa ada keterkaitan antara bentuklahan dengan kejadian longsorlahan, serta antara kelas curah hujan dengan jumlah kejadian longsorlahan. Semakin tinggi curah hujan, kejadian longsorlahan semakin banyak. Hal ini cukup beralasan mengingat curah hujan merupakan pemicu dari longsorlahan.

Sementara itu kejadian longsorlahan semakin banyak di bentuklahan Lereng Gunungapi (perbukitan) Tertoreh. Karakteristik penting dalam bentuklahan ini adalah usia

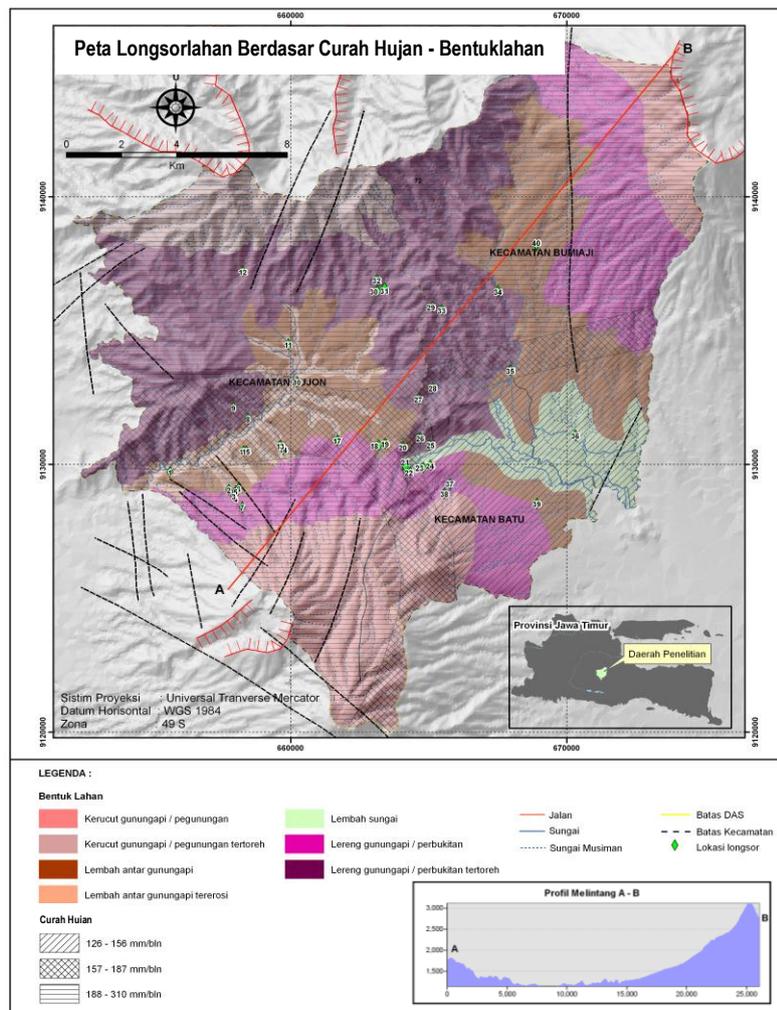
batuan yang relatif telah mengalami pelapukan dengan posisi kelereng yang relatif miring. Dua karakteristik inilah yang

berperan dalam mendorong laju kejadian longsorlahan ketika menerima menanggapi curah hujan relatif tinggi.

Tabel 3. Hubungan Bentuklahan dengan Kelas Curah Hujan Berdasarkan Jumlah kejadian Longsorlahan

No	Bentuklahan	Jumlah Longsorlahan berdasarkan Kelas Curah Hujan		
		Agak Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi
1.	Kerucut Gununggapi (pegunungan)	-	-	-
2.	Kerucut Gununggapi (pegunungan) Tertoreh	-	-	-
3.	Lembah Antar Gununggapi	0	4	3
4.	Lembah Antar Gununggapi Tererosi	0	1	4
5.	Lembah Sungai	1	0	0
6.	Lereng Gununggapi (perbukitan)	5	5	2
7.	Lereng Gununggapi (perbukitan) Tertoreh	1	7	7

Sumber : Survai Lapangan 2008-2009



Gambar 1. Peta Longsorlahan Berdasar Curah Hujan dengan Kejadian Longsorlahan Berdasarkan Bentuklahan di Daerah Penelitian Kecamatan Pujon, Bumijati, dan Kota Batu

Untuk keterkaitan antara kelas curah hujan dengan kisaran morfometri bentuklahan menunjukkan adanya variasi sehingga tidak bisa menunjukkan adanya suatu kecenderungan.. Hal ini tercermin dari sulit dipahami pola hubungan antara kelas curah hujan dengan kisaran beberapa morfometri bentuklahan. Hal ini disebabkan karena secara umum seluruh wilayah penelitian ada pada kondisi curah hujan yang tinggi. Hubungan kelas curah hujan dengan morfometri bentuklahan disajikan pada Tabel 4, sementara kaitan antara kelas curah hujan dengan jumlah kejadian longsorlahan digrafikkan dalam Gambar 2.

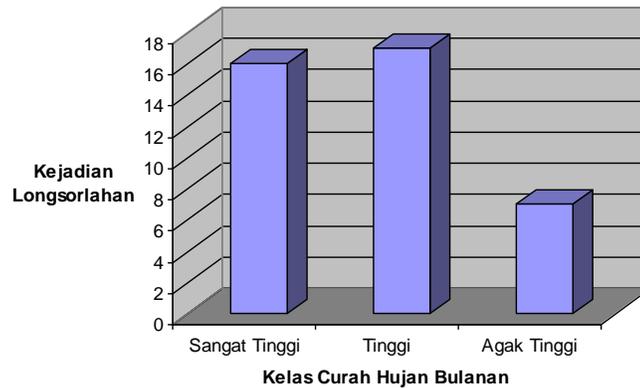
Berdasarkan Tabel 4 kejadian longsorlahan dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa kelas curah hujan sangat tinggi dan tinggi yaitu 157-187 dan 188-310 mm/bulan relatif sama dalam jumlah kejadian longsorlahan. Kelas hujan sangat tinggi berkembang pada puncak sampai lereng gunungapi sedangkan kelas tinggi pada lembah antar gunungapi. Juga berdasarkan Tabel 4 dapat dijelaskan bahwa curah hujan sangat tinggi dan tinggi berkaitan dengan luasan longsorlahan yang berkisar antara 40-943m² apabila terletak pada kondisi morfometri beda tinggi lereng berkisar dari 50 – 300 meter, panjang lereng berkisar antara 119 – 1210 meter, dan kemiringan lereng berkisar dari 6 – 55 %.

Berdasarkan Gambar 3 a, b, d, dapat dilihat bahwa morfometri longsorlahan tertinggi (luas longsorlahan, beda tinggi lereng, dan kemiringan lereng), menunjukkan semakin tinggi atau besar nilainya akan berhubungan dengan semakin tinggi curah hujan bulanannya. Dengan kata lain bahwa semakin tinggi tingkat kemiringan lereng, semakin jauh beda tinggi lereng, dan mendapatkan curah hujan yang semakin tinggi akan mengakibatkan kejadian longsorlahan yang semakin luas. Hal ini dapat dipahami bahwa material pada lereng yang curam dengan perbedaan ketinggian lereng yang cukup jauh akan mendapatkan pengaruh gravitasi yang semakin tinggi. Apabila material tersebut berada pada posisi yang tidak stabil dan terkena pemicu berupa curah hujan yang tinggi sampai sangat tinggi, maka akan berpotensi menghasilkan longsorlahan yang besar. Sebaliknya panjang lereng yang menunjukkan kebalikannya (Gambar 3 C), yaitu morfometri panjang lereng pada kejadian longsorlahan, selishnya paling panjang pada curah hujan agak tinggi.

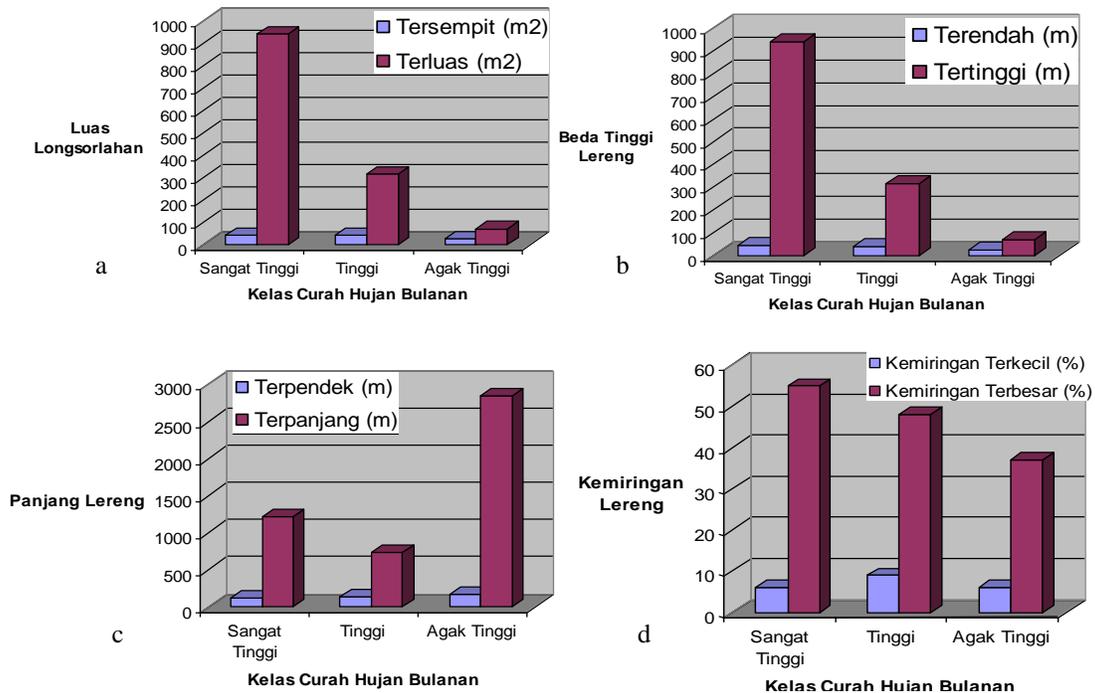
Tabel 4. Hubungan Kelas Curah Hujan Bulanan, Kejadian longsorlahan, dan Morfometri Relief Longsorlahan

No	Kelas Curah Hujan	Kejadian Longsoran	Luas Long. (m ²)	Beda Tinggi Lereng (m)	Panjang lereng (m)	Kemiringan Lereng (%)
1.	Sangat Tinggi	16	42-943	50-250	119-1210	6-55
2.	Tinggi	17	40-315	20-300	142-741	9-48
3.	Agak Tinggi	7	25-70	100-250	269-2849	6-37

Sumber : Survai Lapangan 2008-2009



Gambar 2. Kelas Curah Hujan Bulanan dengan Jumlah Kejadian Longsorlahan



Gambar 3. Diagram Kaitan Kelas Curah Hujan Bulanan dengan Morfometri Longsorlahan; a. Luasan Longsorlahan; b. Beda Tinggi Lereng; c. Panjang Lereng; d. Kemiringan Lereng

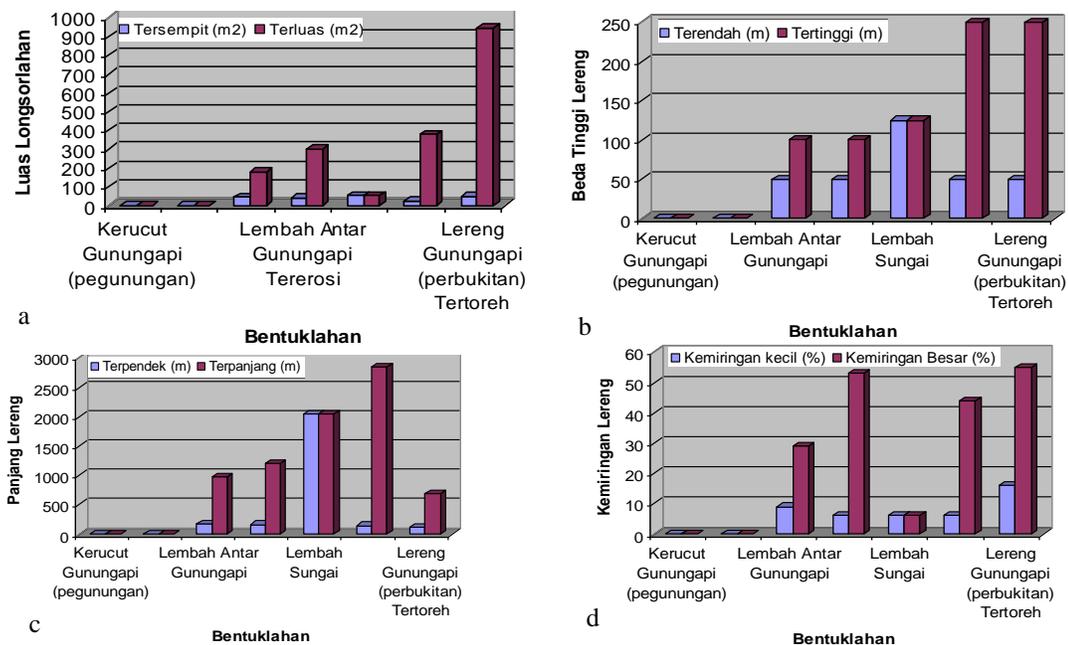
Berdasarkan pada kaitan antara bentuklahan dengan longsorlahan, menunjukkan bahwa bentuklahan lereng gunungapi (perbukitan) tertoreh merupakan bentuklahan paling rawan mengalami kejadian longsorlahan terlebih pada wilayah dengan curah hujan tinggi sampai sangat

tinggi. Kemudian disusul oleh bentuklahan lereng gunungapi (perbukitan). Hubungan bentuklahan, kejadian longsorlahan, dan morfometri relief longsorlahan disajikan Tabel 5. Untuk Gambar 4 menyajikan diagram kaitan bentuklahan dengan morfometri longsorlahan.

Tabel 5. Hubungan Bentuklahan, Kejadian Longsorlahan, dan Morfometri Relief Longsorlahan

No	Bentuklahan	Kej. Long.	Luas Long. (m ²)	Beda Tinggi Lereng (m)	Panjang lereng (m)	Kemiringan Lereng (%)
1.	Kerucut Gunungapi (pegunungan)	-	-	-	-	-
2.	Kerucut Gunungapi (pegunungan) Tertoreh	-	-	-	-	-
3.	Lembah Antar Gunungapi	7	42 - 180	50 - 100	175 - 969	9 - 29
4.	Lembah Antar Gunungapi Tererosi	5	40 - 300	50 - 100	163 - 1210	6 - 53
5.	Lembah Sungai	1	50	125	2049	6
6.	Lereng Gunungapi (perbukitan)	12	25 - 378	50 - 250	142 - 2849	6 - 44
7.	Lereng Gunungapi (perbukitan) Tertoreh	15	48 - 943	50 - 250	119 - 693	16 - 55

Sumber : Survei Lapangan 2008-2009



Gambar 4. Diagram Kaitan Bentuklahan dengan Morfometri Longsorlahan; a. Luasan Longsorlahan; b. Beda Tinggi Lereng; c. Panjang Lereng; d. Kemiringan Lereng

Gambar 4 menunjukkan bahwa kedua bentuklahan tersebut yaitu lereng gunungapi (perbukitan) tertoreh dan lereng gunungapi (perbukitan) memiliki beda tinggi lereng dan kemiringan lereng yang besar sehingga menghasilkan longsorlahan dengan ukuran yang lebih besar. Untuk panjang lereng polanya agak sulit dipahami, akan tetapi seperti halnya hubungan panjang lereng longsorlahan dengan curah hujan, ada kesamaan yang menunjukkan bahwa lereng pendek lebih potensi longsorlahan dari pada lereng panjang.

Secara umum kedua bentuklahan tersebut terletak pada kemiringan lereng yang tinggi bila dibandingkan dengan ketiga bentuklahan lainnya. Bentuklahan lereng gunungapi (perbukitan) tertoreh terletak pada lereng tengah dari Gunungapi Anjasmoro dengan relief berbukit. Kondisi lerengnya curam yaitu antara 14-20% dan antara 21-55%, dengan bentuk lereng umum lurus pada lereng Gunungapi Anjasmoro dan Cembung pada Pegunungan Parangklakah dan Kitiran. Banyak dijumpai adanya igir curam berbentuk V halus serta kelurusan-kelurusan yang diperkirakan sebagai patahan.

Sementara itu bentuklahan lereng gunungapi (perbukitan) terletak pada lereng tengah Gunungapi Arjuno Welirang dan Gunungapi Kawi Butak serta Panderman. Memiliki relief berbukit. Keadaan lereng adalah curam yaitu antara 14-20% dan antara 21-55%, dengan bentuk lereng umum lurus.

Cukup intensif digunakan sebagai lahan pertanian.

Perbedaan antara kedua bentuklahan tersebut terletak pada banyak sedikitnya torehan yang mengindikasikan tingkatan proses yang berbeda. Torehan yang banyak menunjukkan tingkat denudasi yang tinggi meliputi longsorlahan maupun erosi parit sampai jurang (Worosuprojo, 2002). Kondisi ini terjadi karena tingkat pelapukan yang tinggi sebagai akibat dari umur material batuan maupun intensitas pemicu seperti curah hujan yang tinggi. Secara umum bentuklahan tertoreh material batuanya lebih tua yang berkembang pada Pleistosen awal sampai tengah. Sementara itu ada persamaan dalam keruangan, yaitu kelas curah hujan yang terletak sama pada kelas sangat tinggi.

Goestelow (1991) dalam Karnawati (2005) menjelaskan mekanisme hujan dalam memicu longsorlahan. Diawali terjadinya curah hujan dengan intensitas tinggi atau sangat deras, atau curah hujan normal tetapi dalam waktu cukup lama. Di permukaan lereng air hujan mengalami infiltrasi ke dalam tanah sampai pada lapisan kurang permeabel yaitu lempung atau bahan induk. Terjadi kenaikan muka air tanah dalam tanah di lereng dan otomatis akan meningkatkan tekanan air pori dalam tanah sehingga mengakibatkan pengurangan kuat geser tanah pada lereng.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Secara umum curah hujan di seluruh wilayah penelitian masuk dalam katagori sedang sampai sangat tinggi.
2. Kelas curah hujan sangat tinggi (188-310 mm/bulan) yang terjadi dari puncak sampai lereng gunungapi dan kelas curah hujan tinggi (157-187 mm/bulan) yang terjadi di lembah antar gunungapi, memicu kejadian longsorlahan paling banyak.
3. Bentuklahan yang paling rawan longsorlahan akibat curah hujan yang tinggi adalah lereng gunungapi (perbukitan) tertoreh dan lereng gunungapi (perbukitan). Lereng Gunungapi (perbukitan) memiliki kondisi topografi pada lereng tengah, berbukit curam, dan bentuk lereng lurus serta materal yang telah mengalami pelapukan lanjut. Lereng gunungapi (perbukitan) tertoreh memiliki kondisi topografi pada lereng tengah, berbukit dengan igir curam berbentuk V halus, dan bentuk lereng lurus – cembung, serta di beberapa lokasi dijumpai adanya kelurusan.

Saran yang diajukan dalam penelitian ini adalah perlu dilakukan kajian terhadap keterkaitan antara morfometri pada kejadian longsorlahan dengan kejadian curah hujan sesaat setelah terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arpan, Kirono, Sudjarwadi; 2004. Kajian Meteorologis Hubungan Antara Hujan Harian dan Unsur-Unsur Cuaca : Studi Kasus di Stasiun Meteorologi Adisucipto Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia Vol. 18 No. 2*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. h.69-79
- Cooke, R.U. and J.C. Dornkamp., 1994. *Geomorphology in Environmental Management. A New Introduction, edisi kedua*. Claredon Press, Oxford
- Handoko, 1994. *Klimatologi Dasar*. Pustaka Jaya, Bandung
- Hasan, I. 2004. *Analisis Data Penelitian dengan Statistik*. Bumi Aksara, Jakarta
- Karnawati, D. 2005. *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Lobeck, A. K., 1939. *Geomorphology An Introduction to the Study of Landscape*. McGraw-Hill Book Company Inc, New York
- Mangunsukarjo, 1984. Inventarisasi Sumberdaya Lahan di DAS Serayu dengan Tinjauan Secara Geomorfologi. *Disertasi (tidak dipublikasikan)*. Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Sumner, G., 1988. *Precipitation, Process and Analisis*. John Wiley and Sons, Great Britain
- Suyono, 1986. Analisis Hidrograf Aliran Sungai Cimanuk di Atas Leuwigoong Kabupaten Garut Jawa Barat. *Thesis S2*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.(tidak dipublikasikan)

- Van Wasten, C.J.. 1993. *Application of Geographic Information Systems to Landslide Hazard Zonation*. International Institute for Aerial Survei and Earth Sciences (ITC), Enschede
- Winarso, P. A., 2003. Variabilitas / Penyimpangan Iklim atau Musim di Indonesia dan Pengembangannya. *Makalah Seminar Menggagas Strategi Alternatif dalam Menyasati Penyimpangan Iklim serta Implikasinya pada Tataguna Lahan dan Ketahanan Pangan Nasional*. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Worosuprojo, S. 2002. Studi Erosi Parit dan Longsorlahanan dengan Pendekatan Geomorfologis di Daerah Aliran Sungai Oyo Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Disertasi (tidak dipublikasikan)*. Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta