

**KAJIAN PERSEBARAN KERUSAKAN INFRASTRUKTUR, PERMUKIMAN, DAN
LAHAN PERTANIAN
AKIBAT BANJIR LAHAR HUJAN TAHUN 2010
DENGAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGI**
Kasus : Kali Putih, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah

Munawaroh
moonlight_satu@yahoo.com

Widiyanto
widiyanto@ugm.ac.id

Abstract

The purpose of this study are: to study the hazard level of lahar and the spread of sediment building controller's damage, infrastructure, settlements and farmlands caused by lahar inundation in the Kali Putih after the eruption of Merapi Volcano in 2010viewed by the characteristic of watershed's geomorphology.

The methods used in this research is a survey method. Systematic sampling is prefferred as the sampling technique. Descriptive qualitative analysis was used in this research and aspects of stream morphology were also used as the main reference of analysis.

The results showed that geomorphological condition of Kali Putih watershed affected to the distribution of damage to each lahar hazard level at Kali Putih watershed. Distribution of damage of settlements and farmland clustered at the downstream, that is in the volcanic foot and volcanic foot plains, with major hazard level, whereas the spread of sediment building controller's damage clustered in the upstream of Kali Putih which has minor hazard level.

Keyword : lahar, damage, stream morphology, Kali Putih

Abstrak

Kajian ini bertujuan ingin mempelajari tingkat bahaya lahar hujan dan sebaran kerusakan bangunan pengendali sedimen, infrastruktur, permukiman dan lahan pertanian akibat banjir lahar hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Putih pasca erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 ditinjau dari karakteristik geomorfologi DAS.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survei. Teknik sampling yang digunakan adalah *systematic sampling*. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kualitatif dengan aspek geomorfologi sungai dan bentuklahan DAS Kali Putih menjadi dasar utama dalam analisis.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi geomorfologi DAS Kali Putih berpengaruh terhadap distribusi kerusakan pada tiap tingkat bahaya lahar di DAS Kali Putih. Distribusi kerusakan bangunan permukiman dan lahan pertanian mengelompok pada bagian hilir DAS, yaitu pada bentuklahan Kaki gunungapi dan dataran kaki gunungapi yang memiliki tingkat bahaya tinggi, sedangkan persebaran kerusakan bangunan pengendali sedimen terdapat di bagian hulu DAS Kali Putih yang memiliki tingkat bahaya rendah.

Kata kunci : lahar, kerusakan, morfologi sungai, Kali Putih

PENDAHULUAN

Kali Putih di Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu subdaerah aliran sungai (sub-DAS) Progo yang telah terkena dampak banjir lahar hujan pasca erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010. Dampak banjir lahar meliputi beberapa sektor, diantaranya permukiman, infrastruktur, bangunan penahan sedimen dan lahan pertanian. Sektor permukiman yang terkena dampak merupakan sektor yang sangat vital, karena menyangkut tempat tinggal penduduk.

Sebaran dampak banjir lahar yang terjadi di Kali Putih tidak merata dari hulu ke hilir. Sebaran dampak banjir lahar yang terjadi berhubungan erat dengan karakteristik geomorfologi DAS. Karakteristik geomorfologi berperan dalam mengontrol proses terjadinya luapan aliran lahar dari badan sungai yang menerjang dan menggenangi daerah sekitarnya. Untuk itu perlu dilakukan pemetaan kerusakan akibat banjir lahar dengan tujuan inventarisasi sehingga dapat menjadi acuan untuk kebijakan arahan penggunaan lahan. Selain itu, juga perlu dilakukan pemetaan kawasan rawan luapan lahar berdasarkan karakteristik geomorfologi agar dapat menjadi acuan untuk arahan penggunaan lahan di kawasan rawan bencana tersebut sebagai upaya untuk mengurangi risiko bencana di masa yang akan datang.

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mempelajari tingkat bahaya lahar hujan di DAS Kali Putih
2. Mengetahui persebaran kerusakan akibat banjir lahar hujan pasca erupsi Gunungapi Merapi 26 Oktober 2010 di DAS Kali Putih.
3. Mempelajari kerusakan bangunan pengendali sedimen (Sabo dam), infrastruktur, permukiman dan lahan

pertanian akibat banjir lahar pada tiap tingkat bahaya lahar di DAS Kali Putih.

4. Mengetahui penyebab dari karakteristik geomorfologi DAS Kali Putih terhadap sebaran kerusakan bangunan pengendali sedimen (Sabo dam), infrastruktur, permukiman dan lahan pertanian akibat banjir lahar.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Dibyosaputro, (2001) geomorfologi adalah ilmu pengetahuan yang mendeskripsikan (secara genetis) bentuklahan dan proses-proses yang mengakibatkan terbentuknya bentuklahan tersebut serta mencari antar hubungan antara bentuklahan dengan proses-proses dalam susunan keruangan.

Kejadian banjir lahar di lereng Gunungapi Mearpi menurut Lavigne, dkk., (1999) dipicu oleh aktivitas klimatis, yaitu karena curah hujan yang tinggi yang terjadi di puncak Gunungapi Merapi yang memicu terjadinya banjir lahar.

Menurut Maruyama, dkk., (1980), kondisi morfologi sungai berperan penting untuk menentukan lokasi rawan luapan material lahar. Luapan lahar terjadi pada lokasi di mana gradien tiba-tiba menjadi landai, lokasi di mana lembah lahar memotong lembah sungai lama, lokasi dasar sungai mendadak dangkal, lokasi yang terdapat teras dalam lembah lahar, pada lembah lahar yang mendadak menyempit dan dangkal dan lembah sungai memblok dengan tajam.

Menurut Crandell dan Mullineaux (1975), Delineasi zona bahaya lahar, pada dasarnya dapat dilakukan dengan cara melihat kembali

data historis kejadian banjir lahar dan area terdampaknya di masa lampau.

Kerusakan akibat kejadian banjir lahar menurut van Westen (1999) disebabkan oleh beberapa faktor (van Westen 1999) yaitu :

1. Tipe bangunan yang berbeda menyebabkan perbedaan terhadap tingkat kerusakan akibat aliran lahar.
2. Kecepatan lahar yang mengalir cepat memiliki kemampuan untuk merusak bangunan. Gaya lateral yang ditimbulkan oleh aliran lahar mampu merobohkan bangunan. Banjir lahar dengan kecepatan tinggi juga mampu menyebabkan erosi tanggul sungai, lereng dan bangunan.
3. Ketinggian/ kedalaman aliran banjir lahar menentukan seberapa besar bangunan terendam lahar. Kedalaman aliran lahar digabungkan dengan kecepatan lahar dapat menentukan debit banjir lahar.
4. Durasi banjir lahar sangat penting dalam hubungannya dengan konstruksi bangunan dan bagaimana konstruksi tersebut merespons terhadap pengaruh banjir lahar.
5. Jumlah sedimen menentukan tingkat kerusakan dan biaya untuk pembersihan endapan material tersebut.

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dipilih karena secara geomorfologis, lokasi Kali Putih berada di lereng barat daya Gunungapi Merapi yang berpotensi terkena banjir lahar. Banjir lahar hujan pasca erupsi Gunungapi Merapi tahun 2010 telah menyebabkan kerusakan pada

infrastruktur, bangunan pengendali sedimen, permukiman dan lahan pertanian di DAS Kali Putih.

B. Pengumpulan Data

Parameter yang digunakan yaitu parameter penggunaan lahan, geomorfologi sungai dan DAS. Peta penggunaan lahan diperoleh dari hasil interpretasi dengan menggunakan citra IKONOS tahun 2010 dan dilakukan cek lapangan untuk validasi data.

Parameter geomorfologi sungai dan DAS dilakukan dengan menggunakan systematic sampling, yaitu metode *Systematic Sampling*, yaitu berdasarkan penampang melintang (*cross-section*) pada sungai utama yang dibuat setiap 1 Kilometer. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam memperoleh data representatif dari morfologi sungai utama.

C. Analisis Data

Analisis dilakukan dengan cara analisis kuantitatif, analisis deskriptif dan analisis spasial.

Analisis kuantitatif digunakan untuk menentukan tingkat bahaya lahar di DAS Kali Putih dengan menggunakan parameter penggunaan lahan, morfologi sungai, dan bentuklahan DAS. Analisis kuantitatif diperlukan karena peneliti akan membuat klasifikasi dari ketiga parameter diatas sebagai dasar pembuatan zonasi tingkat bahaya lahar dan sebaran kerusakan akibat banjir lahar.

Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik geomorfologi yang meliputi bentuklahan, morfografi, morfometri, pola alur sungai, lebar sungai, tinggi tebing sungai, dan jarak dari sungai. Analisis deskriptif juga digunakan

untuk menjelaskan pengaruh karakteristik geomorfologi terhadap sebaran kerusakan akibat banjir lahar.

Analisis spasial digunakan untuk mengetahui pola persebaran kerusakan akibat banjir lahar secara spasial. Sebaran tingkat bahaya lahar dan sebaran kerusakan akibat banjir lahar dipetakan satu persatu kemudian ditumpangsunkan sehingga menghasilkan sebaran kerusakan per tingkat bahaya lahar. Sebaran kerusakan per tingkat bahaya dapat menjelaskan karakteristik geomorfologi yang paling dominan yang mempengaruhi sebaran kerusakan akibat banjir lahar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perkiraan Tingkat Bahaya Lahar di DAS Putih

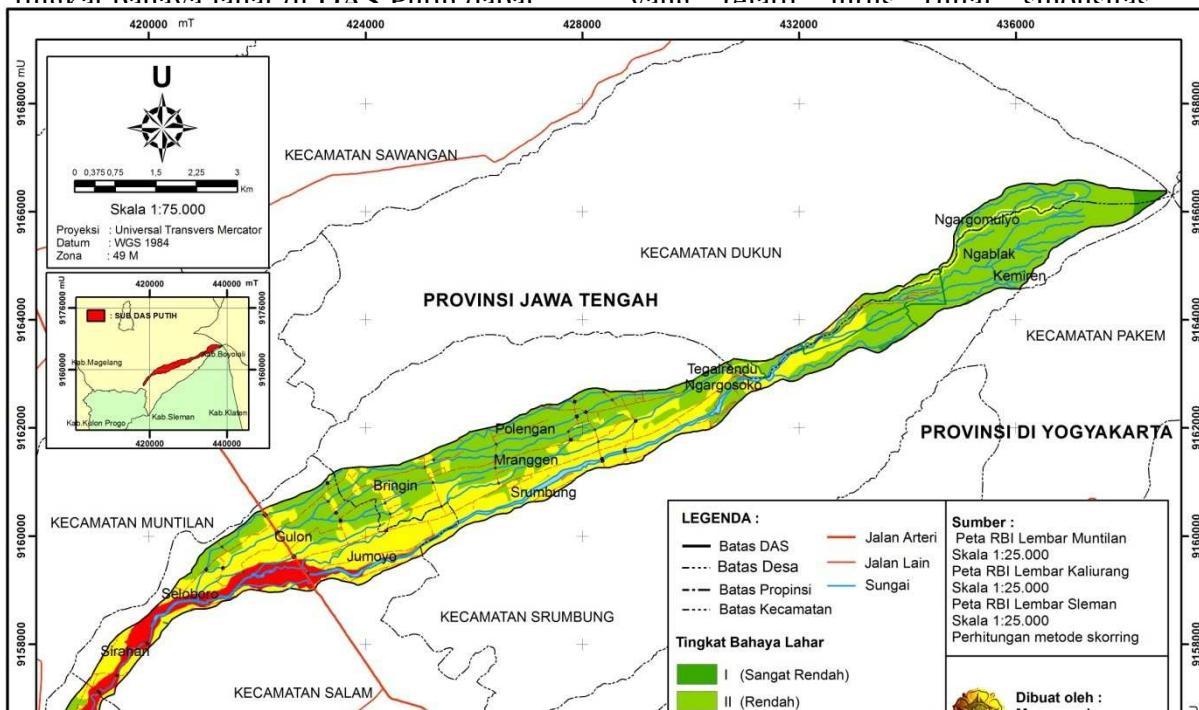
Penaksiran tingkat bahaya lahar di DAS Putih dilakukan dengan memperhatikan persebaran lahar aktual dan parameter yang telah dipilih. Pengamatan dilakukan pada sejumlah parameter di DAS Putih dengan metode purposive sampling, dengan memfokuskan pada faktor morfologi sungai, lahar aktual dan penggunaan lahan.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode skoring pada masing-masing parameter, maka tingkat bahaya lahar di DAS Putih dapat

berdasarkan perhitungan skoring dan klasifikasi yang digunakan. Luas daerah dalam DAS Putih yang memiliki tingkat bahaya sangat tinggi sebesar 191,84 Ha, tingkat bahaya tinggi sebesar 12,25 Ha, tingkat bahaya sedang sebesar 929,52 Ha, tingkat bahaya rendah sebesar 1344,36 Ha, dan tingkat bahaya sangat rendah sebesar 21,36 Ha.

Pontensi bahaya lahar di DAS Putih yang sangat tinggi terdapat di bagian hilir sungai. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, kondisi topografi di bagian hilir yang cenderung datar dan morfologi sungai yang terdapat bentukan *bottle neck* dan kelokan sungai menyebabkan daerah tersebut menjadi zona bebas luncuran lahar dari lereng Gunungapi Merapi hasil akumulasi aliran material yang kemudian meluap, menerjang dan merusak apa saja yang dilewatinya. Kejadian banjir lahar pada November 2010 sampai Maret 2011 pada bagian hilir DAS Putih menjadi bukti bahwa daerah tersebut merupakan daerah yang rawan terhadap luapan lahar.

Potensi bahaya lahar di DAS Putih bagian tengah didominasi oleh tingkat bahaya sedang. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi morfologi Kali Putih yang masih memiliki gradien sungai yang relatif konstan, alur sungai yang relatif lurus (*nilai sinuosity*



Peta Tingkat Bahaya Lahar DAS Putih, Magelang, Jawa Tengah.

mampu ditampung oleh sungai. Namun, kondisi penggunaan lahan yang di dominasi oleh permukiman dan lahan pertanian menyebabkan pada lokasi tersebut masih terancam oleh bahaya lahar yang mungkin terjadi di masa yang akan datang. Selain itu, terdapat bukti bahwa pada bagian tengah DAS Putih pernah terdampak aliran lahar di masa lampau. Bukti tersebut ditemukan di Desa Bringin (49 M 425267 9161025) berupa *boulder* berukuran 50 – 100 cm dan kerakal yang tersortasi buruk di sungai yang berjarak kurang lebih 1 Km dari Kali Putih yang merupakan sungai utama dalam DAS yang menjadi saluran aliran lahar. Keberadaan boulder tersebut tidak mungkin diangkut oleh aliran air sungai biasa, melainkan diangkut oleh lahar.

Potensi bahaya lahar di DAS Putih bagian hulu didominasi oleh tingkat bahaya rendah hingga sangat rendah. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi penggunaan lahan yang di dominasi oleh kebun, hutan dan tanah berbatu. Penggunaan lahan tersebut diasumsikan tidak begitu memiliki nilai ekonomi yang tinggi bagi penduduk, sehingga bahaya lahar yang mengancam cukup rendah.

B. Persebaran Lahar dan Kerusakan akibat Banjir Lahar 2010 di DAS Putih

Berdasarkan hasil survey dan pengukuran luapan lahar aktual dari Kali Putih di lapangan, luapan aliran lahar mulai terjadi di Desa Jumoyo, kemudian luapan lahar mulai meluas hingga ke Desa Gulon, Seloboro, Sirahan, Blongkeng dan Plosogede. Total luasan daerah terkena luapan lahar tersebut yaitu sebesar 191,85Ha. Gambaran selengkapnya mengenai sebaran area terkena dampak banjir lahar di DAS Kali Putih.

Tabel Daerah Terkena Dampak Banjir Lahar di DAS Putih

No	Kecamatan	Desa	Luas Area Terdampak (Ha)	Luas Desa (Ha)
1	Ngluwar	Blongkeng	22,42	244
2		Plosogede	7,89	278
3		Gulon	29,54	441
4		Jumoyo	61,77	569
5		Seloboro	21,83	183
6		Sirahan	48,40	238
Jumlah			191,8	1953

Sumber : Hasil survey, 2012.

Persebaran kerusakan akibat banjir lahar hujan tahun 2010-2011 di

DAS Putih didapatkan dengan pola mengelompok pada hulu dan bagian hilir. Persebaran kerusakan bangunan permukiman dan lahan pertanian terkonsentrasi pada bagian hilir sungai, yaitu pada bentuklahan Kaki gunungapi dan dataran kaki gunungapi, sedangkan persebaran kerusakan bangunan pengendali sedimen terkonsentrasi di bagian hulu Kali Putih yaitu pada bentuklahan lereng gunungapi atas dan lereng gunungapi tengah.

C. Kerusakan Bangunan Pengendali Sedimen (Sabo-dam), Infrastruktur, Permukiman dan Lahan Pertanian akibat Banjir Lahar pada Tiap Tingkat Bahaya Lahar di DAS Kali Putih.

Kerusakan bangunan pengendali sedimen atau Sabo DAM di sepanjang alur Kali Putih cukup parah, sebanyak 9 (sembilan) sabo dam mengalami kerusakan yang cukup parah akibat aliran lahar pasca erupsi gunungapi Merapi tahun 2010 lalu. Lahar hujan yang turun menuruni lereng, jika tingkat kemiringan sungai tinggi maka arusnya akan semakin kuat, untuk itu diperlukan sabo dam untuk mengurangi kemiringan sungai.

Tabel Distribusi kerusakan bangunan permukiman akibat banjir lahar di DAS Putih.

No	Desa	Rumah terdampak lahar			Total
		Ringan	Sedang	Berat/hilang	
1	Sirahan	87	47	155	289
2	Jumoyo	13	15	165	193
3	Gulon	0	0	12	12
4	Seloboro	0	4	4	8
5	Blongkeng	0	0	28	28
6	Srumbung	0	0	2	2
Total		100	66	366	532

Sumber : BPBD kab. Magelang 2011

Tabel Disribusi kerusakan lahan pertanian akibat banjir lahar di DAS Putih.

No	Desa	Luas Sawah (Ha)	Hilang	Rusak tertimbun material	terancam kekeringan
			Luas Sawah(Ha)		
1	Sirahan	221	10,5	30,5	180
2	Jumoyo	197	18	4	175
3	Seloboro	92	1	6,5	84,5
4	Gulon	297	6	11	280
5	Blongkeng	160	11,73	0	0
6	Plosogede	187	2,2	0	0
jumlah		1154	49,43	52	719,5

Sumber : BPPK kab. Magelang, 2011

Akibat terjadinya kerusakan bangunan pengendali sedimen, maka aliran lahar meluncur bebas dan menyebabkan kerusakan di sepanjang aliran sungai. Kerusakan terparah terjadi di bagian hilir Kali Putih, dimana ratusan rumah hilang dan ratusan hektar lahan pertanian rusak parah. Desa Sirahan merupakan desa terparah terkena dampak banjir lahar. Sebanyak 298 rumah dan 221 Ha lahan pertanian di desa tersebut rusak. Desa terparah berikutnya yaitu desa Jumoyo dengan 193 rumah dan 197 Ha lahan pertanian rusak. Desa Plosogede merupakan desa di DAS Putih yang mengalami kerusakan paling kecil, yaitu lahan pertanian sebesar 2,2 Ha. Gambaran selengkapnya mengenai distribusi kerusakan akibat banjir lahar tahun 2010 di Kali Putih.

Kerusakan infrastruktur akibat banjir lahar di DAS Putih diantaranya meliputi kerusakan jalan dan jembatan yang melintasi Kali Putih. Berdasarkan hasil survey lapangan, jalan dan jembatan yang mengalami kerusakan parak akibat terjangan lahar adalah jembatan gempol di Jalan Magelang. Pada saat kejadian lahar, kondisi jalan ini tertimbun material lahar yang cukup

tebal sehingga menimbulkan kemacetan dan menghambat jalur transportasi utama yang menghubungkan kota Yogyakarta dengan kota Magelang. Begitu pula dengan jembatan Ngepos, tebing sungai yang tergerus oleh aliran lahar membuat jembatan ini sempat tidak aman untuk dilalui kendaraan berat.

Rusaknya infrastruktur jalan ini tentunya sangat menghambat jalur transportasi yang ada. Untuk itu, telah dilakukan mitigasi struktural oleh BNPB dan dinas terkait dengan cara membangun kembali jembatan Gempol dan jembatan ngepos dengan struktur yang lebih kokoh dan lebih tinggi dari kondisi jembatan semula dengan maksud apabila banjir lahar terjadi lagi di masa yang akan datang, maka jalan Magelang diharapkan tidak tertimbun kembali.

D. Pengaruh karakteristik geomorfologi DAS Kali Putih terhadap persebaran kerusakan akibat banjir lahar.

Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa gradien sungai dan penampang melintang berpengaruh langsung terhadap terjadinya luapan lahar, sehingga ancaman bahaya lahar di daerah ini cukup besar.

Gradien sungai Putih memiliki variasi, yaitu terlandai sebesar 1,8% pada bentuklahan Dataran Kaki Gunungapi dan tercuram sebesar 9% pada bentuklahan Lereng Gunungapi Tengah. Berdasarkan nilai gradien sungai tersebut, maka dapat diasumsikan bahwa pada bentuklahan lereng atas hingga lereng bawah gunungapi aliran lahar memiliki kecepatan yang tinggi, aliran lahar cenderung menggerus lereng lembah dan dasar sungai, sehingga ancaman

bahaya lahar di sekitar Kali Putih cenderung rendah.

Pada bentuklahan kaki gunungapi dan dataran kaki gunungapi, gradien sungai Putih cenderung melandai. Pada peralihan antara bentuklahan lereng gunungapi bawah dengan kaki gunungapi terdapat perubahan gradien sungai secara drastis dari 3,4% menjadi 2,5%. Pada lokasi tersebut juga luapan aliran lahar mulai terjadi, yaitu terjadi di Desa Jumoyo pada koordinat 424823 mT 9159686 mU.

Pengukuran penampang melintang tiap segmen sepanjang sungai utama Kali Putih menunjukkan bahwa dari hulu ke hilir terjadi perubahan bentuk, ukuran, lebar dan tinggi lembah. Perubahan tersebut disebabkan oleh perbedaan elevasi dan kemiringan lereng, sehingga menyebabkan perbedaan proses yang terjadi.

Morfologi lembah sungai di bagian hulu (49M 432031 9163567) cenderung curam dan berbentuk huruf V, dengan tebing yang sangat tinggi. Ketinggian tebing mencapai 20 meter bahkan lebih.

Morfologi lembah sungai bagian tengah cenderung memiliki bentuk lembah menyerupai huruf U, tinggi tebing lebih rendah daripada bagian hulu dan mulai melebar. Ketinggian tebing berkisar 2 hingga 10 meter dan lebar lembah berkisar 50 hingga 104 meter. Pada beberapa titik ditemukan morfologi sungai menyerupai leher botol (*bottle neck*) dan pada titik tersebut pula terjadi luapan banjir lahar.

Lembah sungai di bagian hilir menyerupai huruf U namun cenderung lebih menyempit yaitu dengan lebar lembah berkisar 40 hingga 70 meter dan tinggi tebing berkisar 1 hingga 8 meter, seperti pada sampel 8 sampai dengan

sampel 12. Kondisi morfologi sungai *bottle neck* ditemukan kembali pada bagian hilir, terjadi penyempitan lebar sungai dari 50,37 meter menjadi 24,03 meter.

Pengaruh morfologi dan morfometri Kali Putih memberikan kontribusi yang besar bagi sebaran kerusakan yang ditimbulkan. Adanya perubahan morfologi pada kelokan yang bertepatan dengan terjadinya perubahan gradien sungai pada peralihan bentuklahan Lereng gunungapi bawah ke Kaki gunungapi (utara jalan Magelang) menjadi faktor utama aliran lahar keluar dari alur Kali Putih dan membentuk jalur aliran baru yang memotong jalan Magelang. Selain itu, pada kelokan sungai tersebut memiliki morfologi berupa *bottle neck* dimana lembah sungai tiba-tiba menyempit menyababkan kapasitas sungai berkurang dan aliran lahar pun meluap. Meluasnya luapan lahar di daerah penelitian dikarenakan kondisi topografi yang relatif datar dan seragam serta pendangkalan lembah sungai, sehingga luapan lahar menyebar ke segala arah, menimbul dan merusak apa saja yang dilewatinya.

Banyaknya kerusakan yang ditimbulkan oleh kejadian banjir lahar Kali Putih tidak lain pemanfaatkan lahan oleh penduduk yang berjarak relatif dekat dengan aliran Kali Putih. Dengan demikian, dengan adanya peta tingkat bahaya lahar di DAS Putih, diharapkan penduduk akan lebih bijak memilih zona aman banjir lahar.

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan hasil penelitian, dapat dikemukakan beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Tingkat bahaya lahar tinggi sampai tingkat bahaya sangat tinggi mengelompok di bagian hilir DAS Kali Putih, tingkat bahaya lahar sedang mendominasi bagian tengah, dan tingkat bahaya lahar rendah sampai sangat rendah terdapat di bagian hulu DAS Kali Putih,
2. Persebaran kerusakan bangunan permukiman dan lahan pertanian mengelompok pada bagian hilir DAS, yaitu pada bentuklahan Kaki gunungapi dan dataran kaki gunungapi, sedangkan persebaran kerusakan bangunan pengendali sedimen terdapat di bagian hulu DAS Kali Putih.
3. Kerusakan infrastruktur, permukiman dan lahan pertanian akibat banjir lahar Kali Putih mengelompok pada daerah yang termasuk kategori tingkat bahaya lahar sangat tinggi,
4. Kondisi morfologi DAS Kali Putih berpengaruh terhadap distribusi kerusakan pada tiap tingkat bahaya lahar di DAS Kali Putih.

5.

B. Saran

Saran-saran yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Keterbatasan penelitian saya adalah pada ketersediaan data referensi dan data pendukung sehingga dibutuhkan penelitian yang lebih dalam tentang korelasi antara kondisi morfologi sungai yang memicu luapan lahar dengan kerusakan yang ditimbulkan.
2. Implikasi penelitian ini adalah pada arahan penggunaan lahan tiap wilayah. Kajian tentang kondisi fisik wilayah yang meliputi bentuklahan sangat diperlukan, agar

meminimalisir kerugian yang ditimbulkan pada saat terjadi bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Crandell, D. R., dan Mullineaux, D. R., 1975. *Technique and rationale of volcanic-hazards appraisals in the Cascade Range, northwestern United States: Environmental Geology*, v. 1, p. 23–32
- Dibyosaputro, S. 2001. *Survei dan Pemetaan Geomorfologi*. Yogyakarta: Fakultas geografi UGM.
- Lavigne, F. 1999. Lahar Hazard Micro-Zonation and Risk Assessment in Yogyakarta City, Indonesia. *GeoJurnal* 49. Hal 173-183.
- Maruyama, Y. 1980. Applied Atudy of Geomorphological Land Classification on Debrisflow Control Planning in The Area of Mt. Merapi, Central Java, Indonesia. *10th International Confrence of The International Cartographic Association*.
- van Westen, C. 2009. *Multi Hazard Risk Assessment: Distance Education Course Guide Book*. Enschede: International institute for Geo-Information Science and Earth Observation.