

KARAKTERISTIK BENCANA SEDIMEN PADA SUNGAI VULKANIK

**Puji Harsanto¹, Jazaul Ikhsan², Asat Pujiyanto³, Edi Hartono⁴,
Ahmad Azmi Fitriadin⁵, Ahmad Hakim Bintang Kuncoro⁶**
^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Ring Road Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta
Email: puji_hr@umy.ac.id

Abstrak

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan daerah rawan bencana terhadap letusan Gunung Merapi. Di samping menimbulkan bencana pada saat terjadi letusan, bencana juga terjadi setelah letusan yang berupa aliran debris dari lahar. Endapan lahar di hulu sungai menjadi sumber sedimen bagi daerah hilir. Kelebihan suplai sedimen dari hulu menyebabkan perubahan morfologi sungai. Perubahan morfologi dasar sungai mengakibatkan perubahan parameter hidrolika sepanjang aliran. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan parameter hidrolika pada bagian hulu dengan kemiringan dasar sungai yang curam terjadi lebih cepat dibandingkan dengan bagian hilir dengan kemiringan yang lebih landai. Simulasi pergerakan sedimen juga menunjukkan bahwa sedimen suplai dari lahar bermanfaat mencegah terjadinya degradasi berlebih. Namun ketika sedimen suplai sudah tidak ada lagi maka proses degradasi dasar sungai akan terjadi.

Kata Kunci : *agradasi; bencana; degradasi; hidrolika; sedimen*

Pendahuluan

Gunung Merapi merupakan salah satu gunung berapi yang paling aktif di dunia, khususnya di pulau Jawa, Indonesia. Hingga saat ini, Gunung Merapi telah mengalami erupsi sebanyak 68 kali, erupsi terakhir yang terbesar terjadi pada tanggal 26 Oktober 2010. Erupsi ini merupakan yang terbesar bila dibandingkan dengan bencana serupa pada lima kejadian sebelumnya, yaitu kejadian pada tahun 1994, 1997, 1998, 2001 dan 2006 atau terbesar sejak 150 tahun tepatnya tahun 1872 (BNPB, 2011).

Erupsi Gunung Merapi yang terjadi pada Tahun 2010 lalu, mengakibatkan aliran lahar dingin dengan membawa volume material yang tersebar di sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi. Aliran lahar dingin tersebut mengarah ke Selatan dan Barat Daya. Aliran lahar yang ke arah Selatan mengendap di Kali Gendol, sedangkan yang ke arah Barat Daya mengendap di Kali Pabelan, Kali Blongkeng, Kali Putih dan Kali Krasak. Aliran lahar tersebut mengalir menuju hilir dan masuk ke pias Sungai Progo.

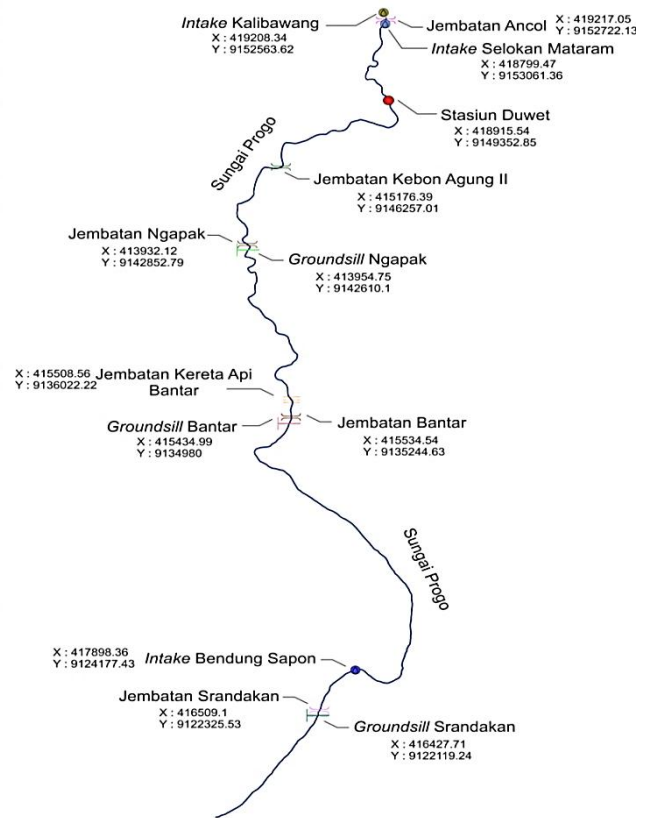
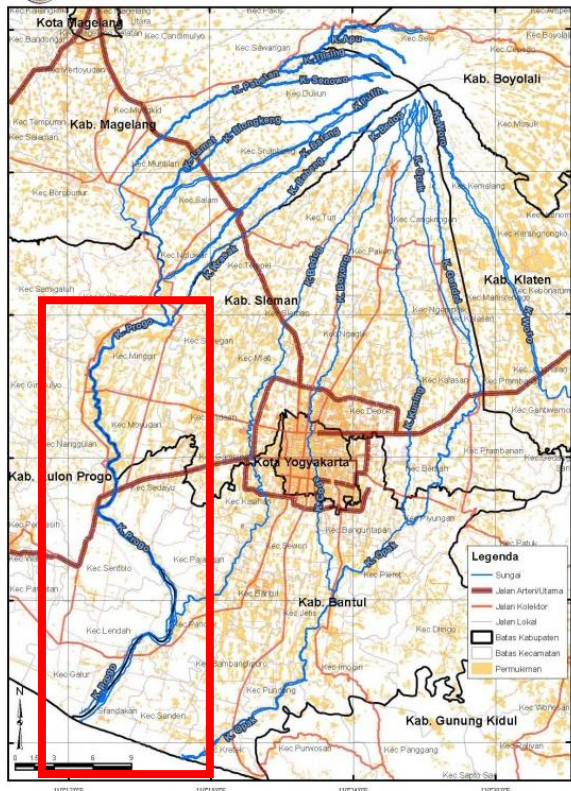
Salah satu permasalahan yang terjadi di Sungai Progo adalah terbentuknya endapan sedimen di bagian hilir sungai yang menyebabkan perubahan morfologi sungai dalam waktu relatif singkat. Endapan sedimen tersebut diakibatkan oleh sedimen suplai yang berlebih dari letusan Gunung Merapi 2010. Perubahan morfologi sungai akan merubah kondisi hidrolika aliran seperti ketinggian muka air, kecepatan aliran, dan tegangan geser. Hidrolika aliran berperan penting dalam proses agradasi / sedimentasi dan degradasi / erosi dasar sungai (Manonama, 2003).

Proses erosi dan sedimentasi akan berpengaruh terhadap kestabilan konstruksi. Pada Sungai Progo, terdapat bangunan infrastruktur seperti dinding penahan tanah, jembatan, bangunan pengambilan air irigasi (*intake*), *groundsill* dan bendung. Sehingga manajemen bencana pada sungai vulkanik seperti Sungai Progo menjadi bagian yang sangat penting. Keberlangsungan konstruksi bangunan yang melintang di Sungai Progo harus diperhatikan.

Memperhatikan kondisi tersebut, guna mengetahui potensi kerusakan yang diakibatkan oleh perubahan morfologi sungai maka perlu dilakukan analisa hidrolika dan pergerakan sedimen yang terjadi setelah erupsi Merapi 2010 pada Sungai Progo. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Mengetahui kecepatan aliran, muka air, dan tegangan geser aliran air pada Sungai Progo setelah terjadi erupsi Gunung Merapi pada Tahun 2010. (2) Mengetahui karakteristik degradasi dan agradasi yang terjadi sepanjang aliran Sungai Progo sesudah letusan Gunung Merapi (3) Melakukan pemetaan wilayah kondisi rawan agradasi dan degradasi akibat perubahan morfologi sungai pada Sungai Progo setelah letusan Gunung Merapi pada Tahun 2010.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada wilayah DAS Progo. Ruas sungai yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah ruas Sungai Progo sepanjang ±57 km dari hilir sungai dengan hulu sungai berada pada stasiun hidrologi Duwet. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.a.



Gambar 1. (a) Lokasi penelitian, (b) Peta bangunan infrastruktur di lokasi penelitian

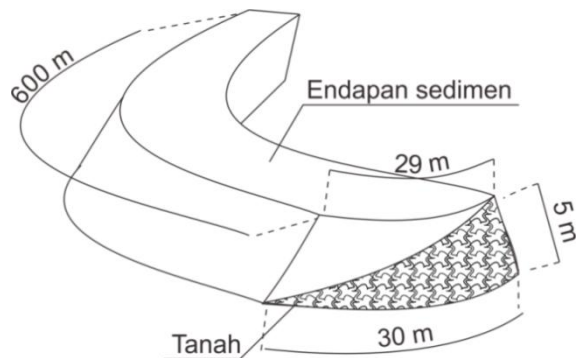
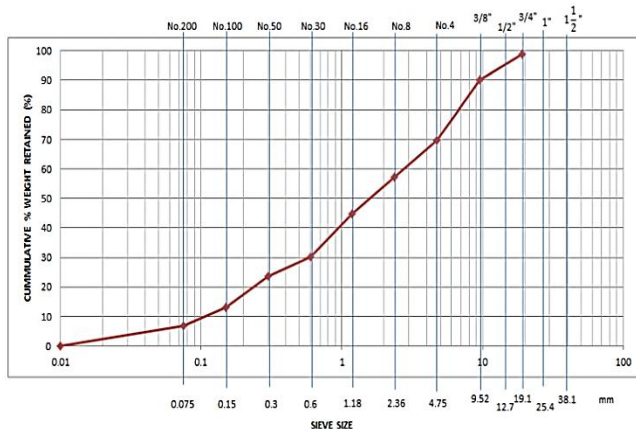
Metodologi Penelitian

1. Pengumpulan Data

a. Data Primer

Data primer pada penelitian ini di antaranya :

- 1) Data sampel sedimen yang diambil di sekitar Jembatan Kebon Agung II untuk analisa gradasi butiran sedimen pada material dasar di Sungai Progo. Grafik gradasi butiran ditunjukkan pada Gambar 2.a.
- 2) Data pengukuran volume endapan sedimen di sekitar Jembatan Kebon Agung II untuk kalibrasi konsentrasi permodelan sedimen setelah letusan Gunung Merapi pada tahun 2010. Data pengukuran ditunjukkan pada Gambar 2.b.



Gambar 2. (a) Grafik ukuran gradasi butiran sedimen dasar Sungai Progo, (b) Endapan sedimen hasil pengukuran di jembatan Kebon Agung II.

- 3) Data pengukuran kedalaman dan kecepatan aliran air pada Sungai Progo di sekitar Jembatan Kebon Agung II. Data pengukuran ini digunakan untuk melakukan kalibrasi koefisien kekasaran Manning pada permodelan Sungai Progo menggunakan HEC-RAS 4.1.0.

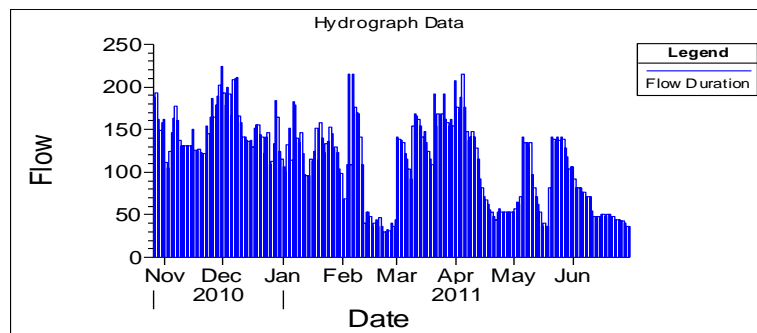
Tabel 1: Data hasil pengukuran lapangan

Parameter	Nilai
Tinggi air rerata, H_{rerata} (m)	1.53
Kecepatan rerata, V_{rerata} (m/dtk)	1.61
Lebar sungai, L_{sungai} (m)	88.67
Debit rerata, Q_{rerata} (m^3/dtk)	219.601

b. Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini di antaranya

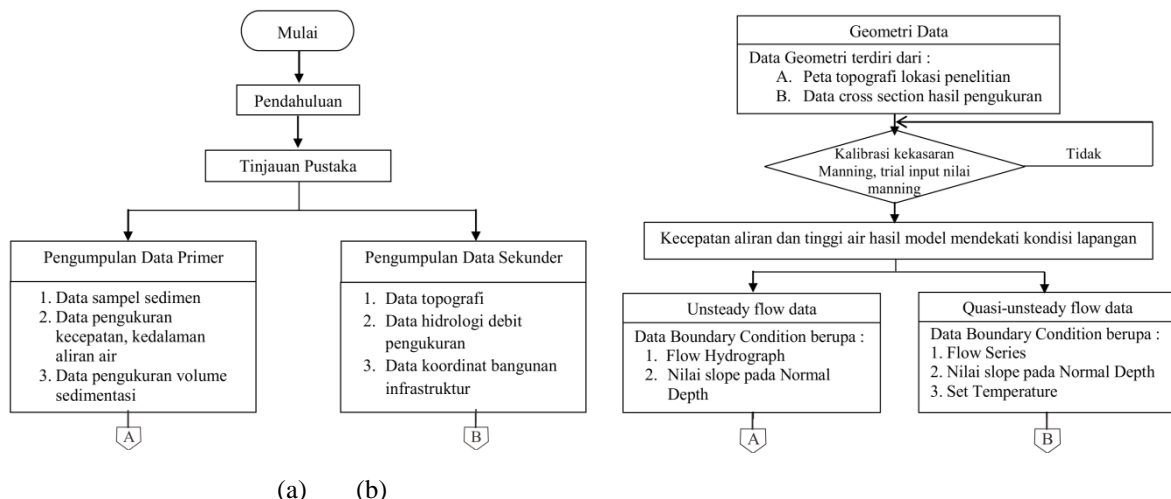
- 1) Data topografi, diperoleh dari Pusat Pelayanan Informasi Kebumian (PPIK) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Data yang diperoleh berupa Peta Rupabumi Digital Indonesia Lembar 1408-241, Lembar 1408-232, Lembar 1408-223, Lembar 1408-221, Lembar 1403-214, dan Lembar 1408-212 dengan skala 1:25.000
- 2) Data lokasi bangunan infrastruktur di Sungai Progo. Di daerah aliran Sungai Progo yang menjadi objek penelitian, terdapat beberapa bangunan infrastruktur penting (lihat Gambar 1.b) yang menopang jalannya perekonomian di Yogyakarta khususnya dan di Jawa pada umumnya.
- 3) Data hidrologi di DAS Progo, diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak. Berdasarkan kelengkapan data, digunakan data debit pengukuran di stasiun hidrologi Duwet untuk analisa hidrolika di Sungai Progo pada bulan-bulan setelah erupsi Gunung Merapi pada Tahun 2010. Data debit merupakan data harian rata-rata, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



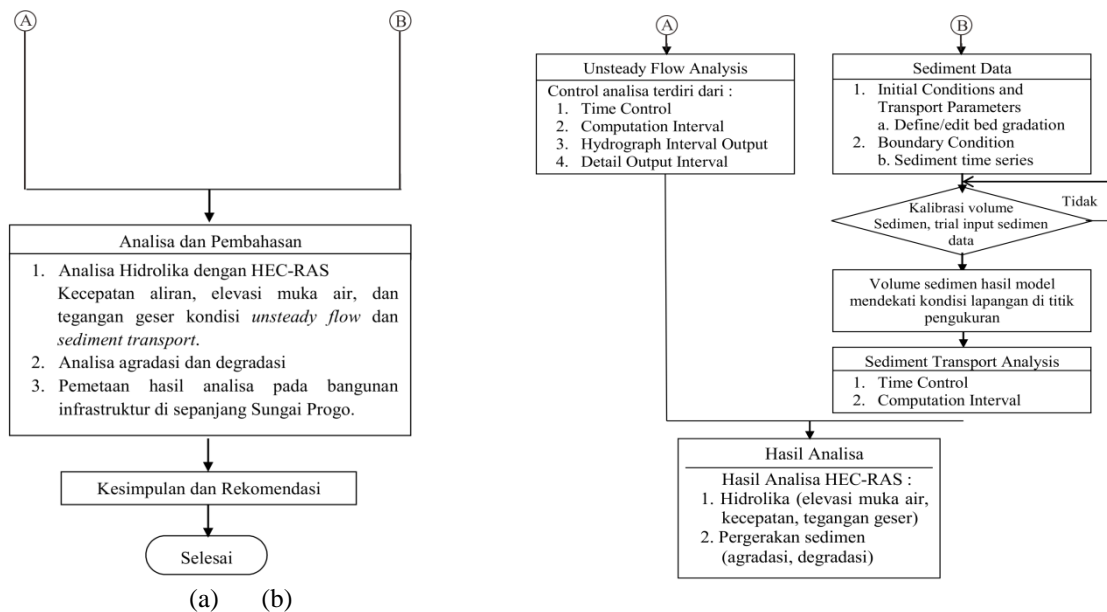
Gambar 3. Debit harian rata-rata Sungai Progo di stasiun AWLR Duwet.

2. Bagan Alir Penelitian

Tahap penelitian yang dilakukan dapat digambarkan dengan skema Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Skema (a) Bagan alir penelitian, (b) Bagan alir analisa.



Gambar 5. Lanjutan (a) Bagan alir penelitian, (b) Bagan alir analisa.

Hasil dan Pembahasan

1. Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika pada studi ini dibuat dari potongan memanjang profil dasar sungai pada tiap bulan dari Oktober 2010 hingga Juni 2011. Analisa dibedakan menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah pias sungai dari Jembatan Kebun Agung II hingga ke hulu dengan kemiringan cukup curam yaitu 0.007. Selanjutnya dalam pembahasan disebut Pias I. Bagian yang kedua adalah dari Jembatan Kebun Agung II hingga bagian hilir. Kemiringan dasar pada sungai bagian ini berkisar 0,0018. Selanjutnya dalam pembahasan ini disebut Pias II. Pada penelitian ini, hanya bangunan *ground sill* yang disimulasikan pada permodelan. Pembagian nama pias dalam pembahasan pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 6.a.

Sebelum dilakukan analisa berdasarkan hasil simulasi, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu terhadap model Sungai Progo. Kalibrasi dilakukan pada nilai koefisien kekasaran Manning pada bagian saluran (Channel), bagian kiri (LOB) dan bagian kanan (ROB). Metode yang digunakan adalah metode *trial and error* terhadap data *input* koefisien kekasaran Manning dengan *output* perbandingan adalah kecepatan aliran dan kedalaman pada pengukuran lapangan.

Tabel 2: Hasil kalibrasi nilai kekasaran Manning

Parameter	Nilai
Koefisien Manning (n)	
1. Aliran Lurus	
a. Sisi Kiri	0.045
b. Tengah	0.045
c. Sisi Kanan	0.045
2. Aliran Berbelok	
a. Sisi Dalam	0.047
b. Tengah	0.045
c. Sisi Luar	0.046
Kecepatan (v)	
1. Kecepatan pengukuran di lapangan	1.620 m/s
2. Kecepatan hasil model	1.615 m/s
Kedalaman aliran (h)	
1. Kedalaman pengukuran di lapangan	1.530 m
2. Kedalaman hasil model	1.533 m

a. Kondisi Muka Air

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara perubahan elevasi muka air dari hasil simulasi *unsteady flow* dengan simulasi *sediment transport*. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh banjir lahar dingin terhadap elevasi muka air pada pias Sungai Progo yang diteliti.

Perbedaan elevasi muka air terlihat lebih jelas pada bagian hulu, Pias I, dengan kemiringan dasar saluran yang lebih curam (lihat Gambar 6.b). Selisih muka air yang bernilai positif menunjukkan elevasi muka air hasil simulasi *sediment transport* lebih tinggi dari *unsteady flow*, dan sebaliknya.

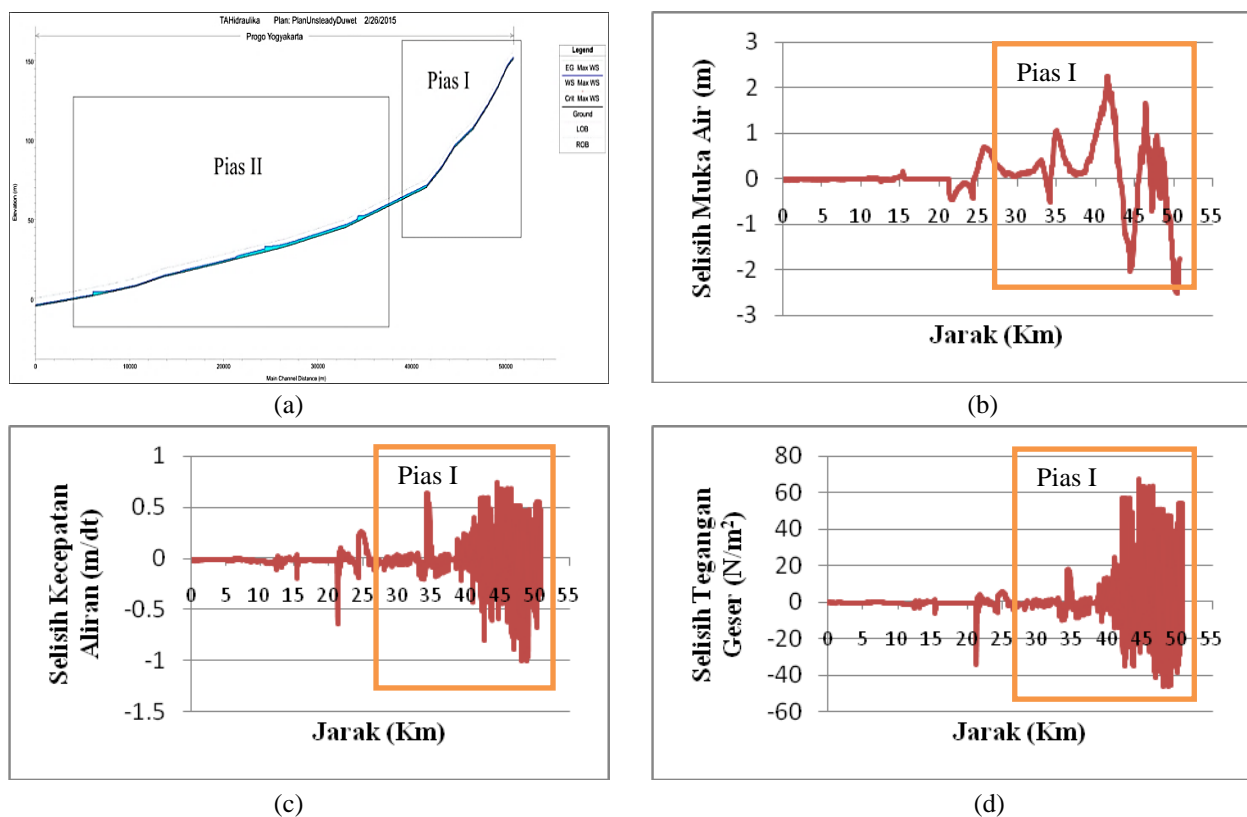
b. Kondisi Kecepatan Aliran

Perubahan morfologi dasar sungai akibat banjir lahar dingin juga berpengaruh terhadap kecepatan aliran yang terjadi pada pias Sungai Progo, terutama pada bagian hulu. Hal ini dapat terjadi karena pada bagian hulu memiliki kemiringan dasar sungai yang lebih curam dibandingkan bagian hilir.

Nilai positif menunjukkan kecepatan aliran hasil simulasi *sediment transport* bernilai lebih besar di bandingkan *unsteady flow* sedangkan nilai negatif menunjukkan kecepatan aliran *sediment transport* bernilai lebih lambat. Grafik selisih kecepatan aliran pada simulasi ditunjukkan pada Gambar 6.c.

c. Kondisi Tegangan Geser

Analisa tegangan geser yang diakibatkan oleh aliran air merupakan salah satu komponen penting dalam hidrolika. Nilai tegangan geser dapat menunjukkan potensi terjadinya erosi pada dinding dan dasar suatu saluran atau sungai. Selisih tegangan geser (lihat Gambar 6.d) akan bernilai positif ketika tegangan geser yang terjadi pada kondisi *sediment transport* bernilai lebih besar dari *unsteady flow*, dan bernilai negatif ketika tegangan geser yang terjadi lebih kecil.



Gambar 6. (a) Pembagian pias pada analisa hidrolika, (b) Grafik selisih elevasi muka air pada bulan Juni 2011, (c) Grafik selisih kecepatan aliran pada bulan Juni 2011, (d) Grafik selisih tegangan geser pada bulan Juni 2011.

2. Analisa Pergerakan Sedimen

a. Pembagian Daerah

Untuk mempermudah pembacaan, hasil simulasi berupa potongan memanjang dibagi menjadi 3 Daerah (lihat Gambar 7.a). Daerah I dengan *slope* yang curam dengan nilai *slope* 0,008397. Daerah II dengan *slope* yang landai dengan nilai *slope* 0,002114. Daerah III dengan *slope* yang landai dengan nilai *slope* 0,001375.

b. Morfologi sungai pada Daerah I

Dilihat dari *slope* pada Daerah I memiliki morfologi dasar sungai yang membentuk daerah cekung dan cembung. Dalam artian ada pertemuan *slope* landai dengan *slope* curam membentuk daerah yang cekung, sedangkan *slope* curam bertemu *slope* landai akan membentuk daerah cembung. Morfologi sungai pada Daerah I dapat dilihat pada Gambar 7.b.

c. Morfologi sungai pada Daerah II

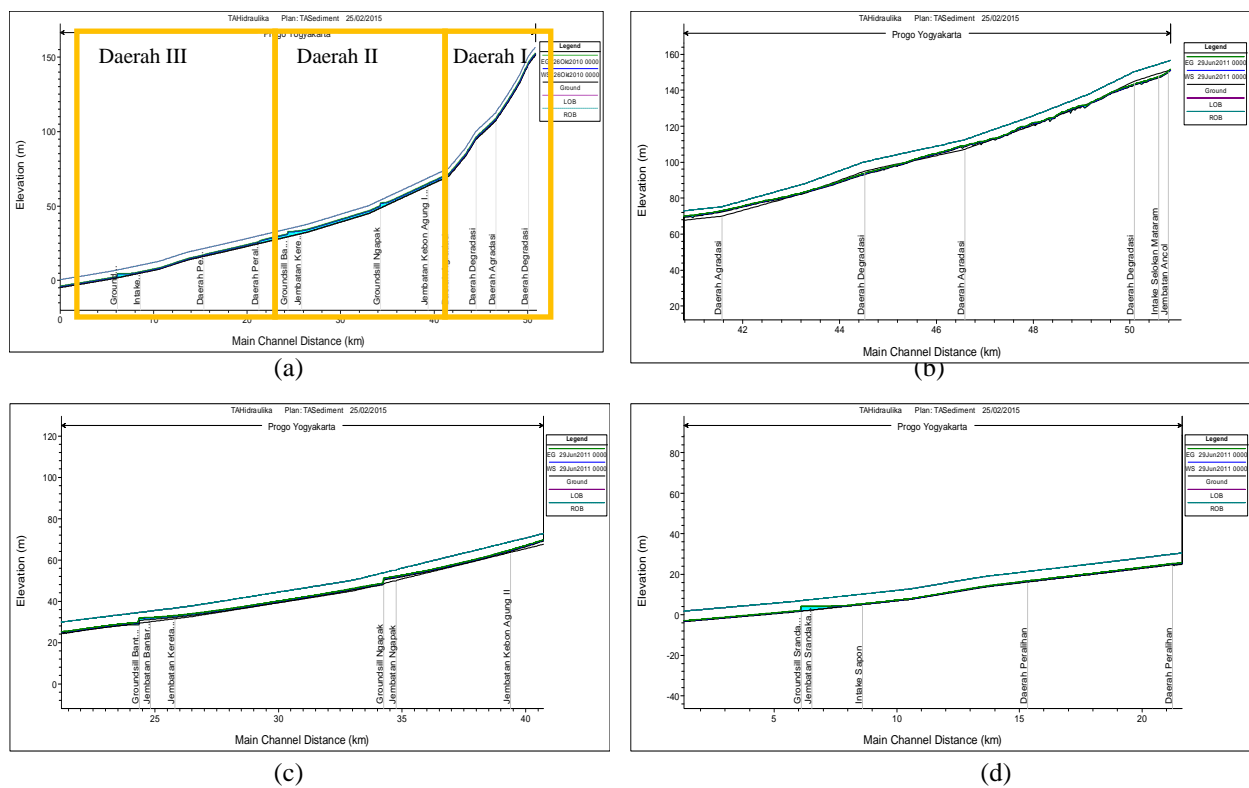
Pada Daerah II (lihat Gambar 7.c) terdapat beberapa bangunan yang digunakan sebagai pengontrol agradasi pada area hilir dari sebuah jembatan, bangunan tersebut adalah *ground sill*. Ada 2 *ground sill* yang terdapat pada Daerah II, *ground sill* yang pertama adalah *Groundsill Ngapak* dan yang kedua adalah *Groundsill Bantar*.

Grafik (lihat Gambar 8) menunjukkan agradasi yang terjadi lebih dominan daripada degradasi. Dilihat dari tataguna lahan yang berada pada samping kanan dan kiri saluran adalah area pemukiman dan kebun, maka area tersebut menjadi area yang rawan akan terjadinya agradasi.

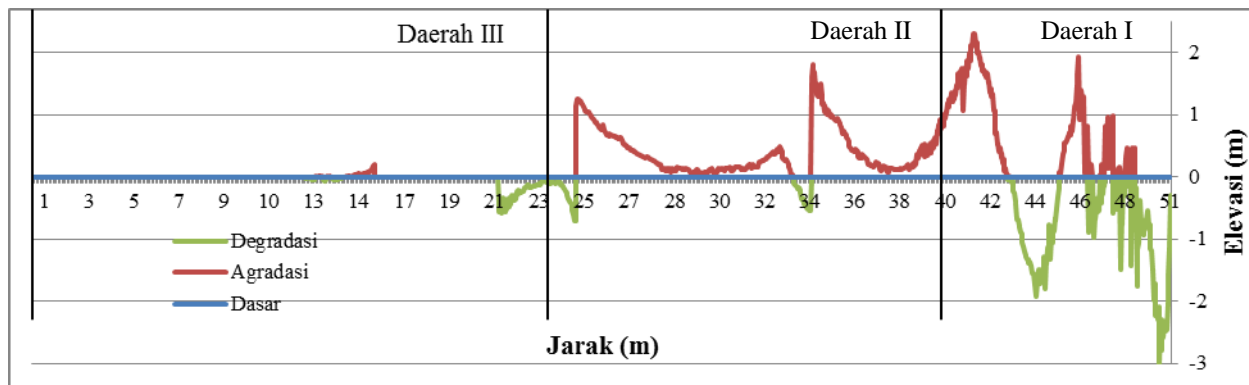
d. Morfologi sungai pada Daerah III

Kondisi awal Daerah III sebelum terjadinya erupsi dan lahar dingin Gunung Merapi memiliki nilai *slope* yang paling landai dibandingkan kedua Daerah lainnya, nilai *slopenya* adalah 0,001375. Dengan *slope* atau kemiringan yang landai, aliran akan lebih cenderung tenang dan energi yang dihasilkan juga akan lebih rendah. Begitu juga dengan angkutan sedimennya akan berkurang. Dapat diperkirakan degradasi maupun agradasi dasar sungai juga akan mengecil dibandingkan dengan aliran yang cepat (Kamphuis, 1990 dan Carbonneau, 2000).

Selain akibat adanya bangunan *ground sill* pada Daerah II, penambangan material pasir juga salah satu pemicu berkurangnya angkutan sedimen yang dibawa oleh aliran sungai. Aliran yang mengalir tanpa angkutan sedimen lebih cenderung mendegradasi baik pada dasar saluran maupun tebing saluran.



Gambar 7. (a) Pembagian daerah, (b) Morfologi sungai Daerah I pada bulan Juni 2011, (c) Morfologi sungai Daerah II pada bulan Juni 2011, (d) Morfologi sungai Daerah III pada bulan Juni 2011.



Gambar 8. Grafik kedalaman degradasi dan ketebalan agradasi

3. Pemetaan Sungai

Pemetaan potongan memanjang sungai memberikan informasi tentang bagian dasar sungai yang mengalami aggradasi/sedimentasi dan degradasi/erosi serta kondisi tata guna lahan disekitar aliran Sungai Progo.

Pada peta potongan memanjang Sungai Progo dapat diketahui bahwa tata guna lahan di sekitar aliran Sungai Progo terdiri atas pemukiman, sawah, kebun, tanah ladang, dan sawah tadah hujan. Daerah hulu memiliki potensi bahaya terhadap longsor. Karena pada daerah hulu dengan kemiringan dasar sungai yang curam cenderung terjadi erosi. Hal ini dapat membahayakan daerah sekitarnya terutama daerah pemukiman di dekat Sungai Progo. Pada bagian hilir terjadi pengendapan sedimen yang lebih besar sehingga potensi bahaya yang ditimbulkan adalah genangan air atau banjir.

Kesimpulan

1. Aliran debris pada pias sungai dengan kemiringan terjal, sebesar 0.007, mengakibatkan perbedaan yang signifikan untuk parameter hidrolika, khususnya elevasi muka, kecepatan aliran dan tegangan geser antara simulasi *unsteady flow* dengan simulasi *sediment transport* yang memperhatikan pergerakan sedimen. Pada pias dengan kemiringan terjal terjadi aggradasi dan degradasi. Sedangkan untuk pias sungai dengan kemiringan landai, sebesar 0.0018, perbedaan parameter hidrolika yang terjadi antara kedua simulasi bernilai lebih kecil atau mendekati nol. Pada pias dengan kemiringan landai terjadi aggradasi pada dasar sungai.
2. Terjadi perubahan morfologi secara signifikan pada aliaran Sungai Progo pada bagian yang disimulasikan, yaitu daerah tengah hingga hilir Sungai Progo. Perubahan morfologi diakibatkan terjadinya degradasi dan aggradasi pada area-area tertentu. Erosi/degradasi terjadi ketika tegangan geser aliran lebih besar dari tegangan geser kritis pada dasar dan tebing sungai. Pengendapan/aggradasi terjadi ketika tegangan geser aliran bernilai lebih kecil dari tegangan geser kritis, sehingga butir sedimen yang terbawa aliran tidak dapat lagi digerakkan oleh kecepatan aliran. Daerah yang rawan mengalami degradasi dan aggradasi pada Sungai Progo hilir adalah :

Tabel 3: Hasil analisis sedimen dan letak area rawan degradasi dan aggradasi pada Sungai Progo hilir

Daerah	Area	Kedalaman / Ketebalan	Posisi	Landuse	Letak
I	Deg I	3,03 m	LOB	Pemukiman, Sawah tadah hujan	Jangkang, Karangtalun, Ngluwar, Magelang, Jateng
	Agr I	1,93 m	LOB	Pemukiman, Sawah	Gudikan, Bligo, Ngluwar, Magelang, Jateng
	Deg II	1,92 m	ROB	Sawah	Parakan Kulon, Sendangsari, Minggir, Sleman, D.I.Y.
	Agr II	2,30 m	ROB	Sawah	Kisik, Banjararum, Kalibawang, Kulon Progo, D.I.Y.
II	Agr I	1,74 m	ROB	Sawah, Kebun	Kisik, Banjararum, Kalibawang, Kulon Progo, D.I.Y.
	Agr II	1,81 m	ROB	Kebun, Pemukiman	Ngemplak, Kembang, Nanggulan, Kulon Progo, D.I.Y.
	Agr III	1,24 m	ROB	Kebun, Pemukiman, Tanah Ladang, Sawah	Bantar Kulon, Banguncipto, Sentolo, Kulon Progo, D.I.Y.
III	Deg	0,58 m	LOB	Kebun, Pemukiman	Cawan, Argodadi, Sedayu, Bantul, D.I.Y.
	Agr	0,20 m	ROB	Pemukiman, Kebun	Wonobroto, Tuksono, Sentolo, Kulon Progo, D.I.Y

Daftar Pustaka

- BNPB., (2010), *Laporan Harian Tanggap Darurat Gunung Merapi Tanggal : 1 Desember 2010 pukul 24.00 WIB*, Jakarta.
- BNPB., (2011), *Rencana Aksi Rehabilitasi dan Rekonstruksi Wilayah Pascabencana Erupsi Gunung Merapi di Provinsi D.I. Yogyakarta dan Jawa Tengah Tahun 2011-2013*. Indonesia : Kementrian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Carbonneau, P.E., and Bergeron, N.E., (2000), *The Effect of Bed-load Transport on Mean and Turbulent Flow Properties*, *Geomorphology*, Vol. 35, pp. 267-278.
- Kamphuis, J.W., (1990), *Influence of Sand or Gravel on The Erosion of Cohesive Sediment*, *J. of Hyd. Research*, Vol. 28, No. 1, pp. 43-53.
- Manonama, T., D. Legono, Adam P.R., (2003), *Fenomena Alamiah Erosi dan Sedimentasi Sungai Progo Hilir*, *Jurnal dan Pengembangan Keairan*, Universitas Diponegoro, Semarang, No.1-Tahun 10.