

NASKAH SEMINAR¹
ANALISIS EROSI DAN SEDIMENTASI SUNGAI PROGO
SETELAH LETUSAN GUNUNG MERAPI 2010 MENGGUNAKAN
APLIKASI HEC-RAS 4.1.0

Titi Nurjanah², Puji Harsanto³, Jaza'ul Ikhsan⁴

INTISARI

Gunung Merapi adalah gunung api yang paling aktif dari 129 gunung api yang ada di wilayah Indonesia. Erupsi Gunung Merapi yang terjadi pada Tahun 2010, mengakibatkan aliran lahar dingin dengan membawa volume material yang mencapai 150 juta m³ yang tersebar di sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi. Sungai Progo adalah sungai yang memiliki beberapa anak Sungai yang berhulu di Gunung Merapi. Terdapat beberapa bangunan infrastruktur penting di daerah aliran Sungai Progo yaitu terdiri dari Bendungan, Jembatan, dan Grounsill. Mengetahui volume sedimen yang masuk ke Sungai Progo menjadi informasi penting dalam hal pemeliharaan infrastruktur.

Simulasi transportasi sedimen menjadi bagian penilaian awal untuk mengetahui daerah yang terjadi erosi dan sedimentasi dan untuk mengetahui seberapa besar volume material yang masuk ke Sungai Progo. Metode penelitian dilakukan dengan melakukan perbandingan antara kondisi eksisting dan hasil simulasi menggunakan HEC-RAS untuk mendapatkan nilai kekasaran Manning, dan volume angkutan sedimen. Simulasi ini dilakukan selama 5 tahun yaitu kurun waktu 2010 -2015.

Hasil simulasi menggunakan software HEC-RAS versi 4.1.0 menunjukkan bahwa banjir lahar dingin akibat erupsi Gunung Merapi pada Tahun 2010 mengakibatkan erosi terbesar yaitu 100 cm/tahun dan sedimentasi terbesar 63.6 cm/tahun terjadi di sekitar Bendung Karangtalun dan Grounsill Ngapak. Volume sedimen yang masuk ke Sungai Progo yaitu 87 juta m³, atau sebesar 57.9 % dari total volume material hasil erupsi Gunung Merapi.

Kata kunci : *Erupsi Gunung Merapi, lahar dingin, Erosi, Sedimentasi, Volume, HEC-RAS 4.1.0.*

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

²Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 NIM : 20120110298, e-mail : titinurjanah97@gmail.com

³Dosen Pembimbing I

⁴Dosen Pembimbing II

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gunung Merapi adalah gunung api yang paling aktif dari 129 gunung api yang ada di wilayah Indonesia. Posisi geografis Merapi 7° 32' 5" S ; longitude 110° 26' 5" E, mencakup wilayah administratif Propinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian (BPPTK. 2010).

Berdasarkan catatan yang dikumpulkan dari pertengahan tahun 1500-an sampai tahun 2000, Gunung Merapi setidaknya terdapat 32 letusan dari 61 letusan yang menyebabkan terjadinya

banjir lahar (Lavigne dkk., 2000). Erupsi tahun 2010 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, mengakibatkan aliran lahar dingin dengan membawa volume material yang mencapai 150 juta m³ yang tersebar di sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi (Giyarsih dkk., 2014). Marfai dkk. (2012) menyatakan bahwa banjir lahar yang berasal dari erupsi Gunung Merapi mengalir melalui sungai -

sungai yang berhulu di Gunung Merapi, antara lain Kali Trinsing, Kali Senowo, Kali Pabelan, Kali Putih, Kali Bebeng, Kali Batang, Kali Lamat, Kali Blongkeng. Sungai Progo adalah sungai yang melintas dari sisi utara sampai sisi selatan Yogyakarta yang memiliki beberapa anak Sungai yang berhulu di Gunung Merapi yaitu, Kali Batang, Kali Krasak, Kali Bedog, Kali Pabelan, dan Kali Blongkeng. (lihat Gambar 1).

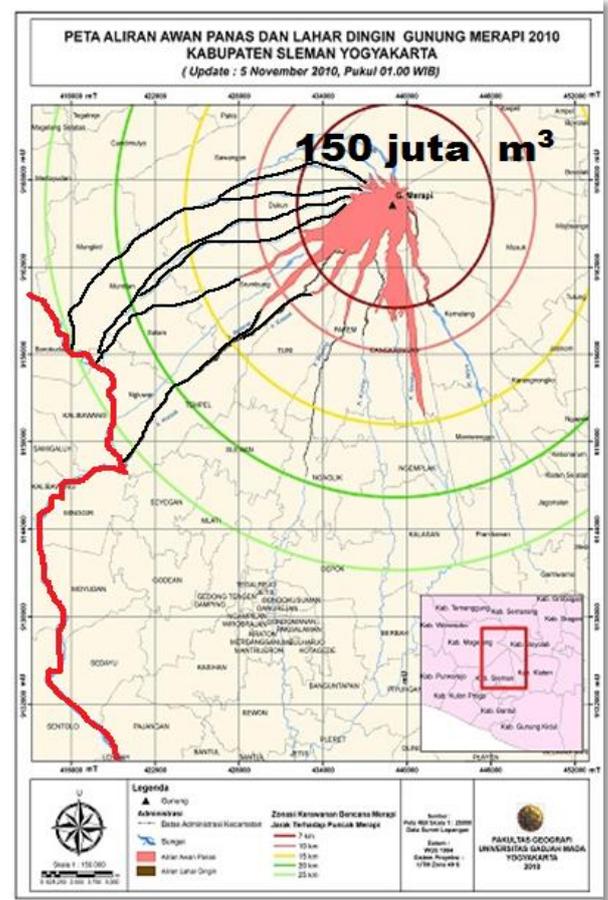
Terdapat beberapa bangunan infrastruktur penting di daerah aliran Sungai Progo yang menopang jalannya perekonomian di Yogyakarta khususnya dan di Jawa pada umumnya. Bangunan-bangunan tersebut yaitu Bendung Karangtalun, Jembatan Ancol, intake Mataram, Jembatan Kebon Agung, Jembatan Ngapak, *ground sill* Ngapak, Jembatan Kereta Api Bantar, *ground sill* Bantar, intake Bendung Sapon, Jembatan Srandakan dan *ground sill* Srandakan. Keamanan bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari kondisi erosi dan sedimentasi dasar sungai, terutama erosi di sekitar bangunan. Konstruksi yang terdapat pada sungai tersebut harus dikelola dengan baik untuk keberlangsungan struktur. Mengetahui volume sedimen yang masuk ke Sungai Progo menjadi informasi penting dalam hal pemeliharaan infrastruktur. Dari masalah tersebut, untuk mengetahui erosi dan sedimentasi yang terjadi akibat adanya penambahan material lahar dingin, maka perlu simulasi *transport* sedimen dengan program aplikasi yang mampu memodelkan kondisi sungai besar, digunakan permodelan dengan *software* HEC-RAS versi 4.1.0.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui volume angkutan sedimen yang masuk ke sungai progo setelah erupsi gunung merapi Oktober 2010 sampai dengan Oktober 2015.

Mengetahui pias-pias pada sungai progo yang mengalami erosi dan sedimentasi dalam kurun waktu 2010-2015



Gambar 1 aliran lahar dingin gunung merapi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Proses erosi dan sedimentasi sangat berpengaruh terhadap keseimbangan konfigurasi dasar sungai. Menurut Suwartha (2001) pada Mananoma (2003), faktor pembentuk konfigurasi dasar sungai sangat dipengaruhi oleh kecepatan, lama pengaliran serta kedalaman aliran.

Mananoma dkk. (2003) mengkaji mengenai fenomena alamiah erosi dan sedimentasi sungai progo hilir hasil dari penelitian tersebut yaitu pada Jembatan Bantar terjadi degradasi 1839 m³/hari dan terjadi penurunan dasar sungai 724,72 cm/ tahun, pada Intake Kamijoro terjadi degradasi 1319 m³/hari dan terjadi penurunan dasar sungai 1018,37 cm/ tahun, pada Intake Sapon terjadi degradasi 1795 m³/hari dan terjadi penurunan dasar sungai 155,71 cm/tahun, pada Jembatan Srandakan terjadi degradasi 69,00 m³/hari dan terjadi penurunan dasar sungai 0,78 cm/tahun.

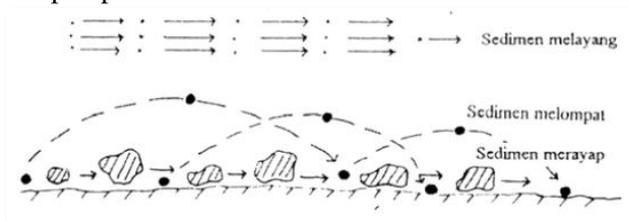
3. LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Erosi adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin (Suripin. 2004). Erosi merupakan tiga proses yang berurutan, yaitu pelepasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*deposition*) bahan-bahan tanah oleh penyebab erosi (Asdak. 1995). Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan alirannya melambat atau terhenti. Peristiwa pengendapan ini dikenal dengan peristiwa atau proses sedimentasi (Arsyad. 2010), pada (Mokonio dkk., 2013). Terjadinya erosi tergantung dari beberapa faktor diantaranya karakteristik hujan, kemiringan lereng, tanaman penutup, serta kemampuan tanah untuk menyerap dan melepas air ke dalam lapisan tanah dangkal.

3.2 Mekanisme Transportasi Sedimen

Kecepatan pengangkutan sedimen merupakan fungsi dari kecepatan aliran sungai dan ukuran partikel sedimen. Partikel sedimen ukuran kecil seperti tanah liat dan debu dapat diangkut aliran air dalam bentuk terlarut (*wash load*). Pasir halus bergerak dengan cara melayang (*suspended load*), sedang partikel yang lebih besar antara lain, pasir kasar cenderung bergerak dengan cara melompat (*saltation load*). Partikel yang lebih besar dari pasir, misalnya kerikil (*gravel*) bergerak dengan cara merayap atau menggelinding di dasar sungai (*bed load*) seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 2. Macam-Macam Pengangkutan Sedimen (Asdak. 1995).

3.3 HEC-RAS Versi 4.1.0

HEC-RAS adalah sebuah program aplikasi yang didesain untuk melakukan berbagai analisis hidrolika terhadap pemodelan aliran satu dimensi pada saluran atau sungai, River Analysis System (RAS). *Software* ini dibuat oleh Hydrologic Engineering Center (HEC). HEC-RAS Versi

4.1.0 memiliki empat komponen hitungan hidrolika satu dimensi yaitu a) hitungan profil muka air aliran permanen, b) simulasi aliran tidak permanen, c) hitungan angkutan sedimen, d) analisis kualitas air.

3.3 Persamaan Angkutan Sedimen

Persamaan Engelund and Hansen (1967)

$$q_s = 0.05 \gamma V^2 \left(\frac{d_{50}}{g \frac{\gamma_s}{\gamma - 1}} \right)^{1/2} \left(\frac{\tau_0}{g \frac{\gamma_s}{\gamma - 1}} \right)^{3/2} \quad (1)$$

$$Q_s = W \cdot q_s \quad (2)$$

dengan :

$$\tau_0 = \gamma \cdot D \cdot S \quad (3)$$

τ_0 = tegangan geser (kg/m²)

Q_s = muatan sedimen (kg/s)

q_s = kapasitas transportasi sedimen per unit lebar (m³/s . m). γ = berat jenis air

γ_s = berat jenis sedimen

d_{50} = diameter partikel $\leq 50\%$

3.4 Angka Kekasaran Manning

Robert Manning (1889)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (4)$$

dimana :

V = kecepatan rata-rata (m/dt)

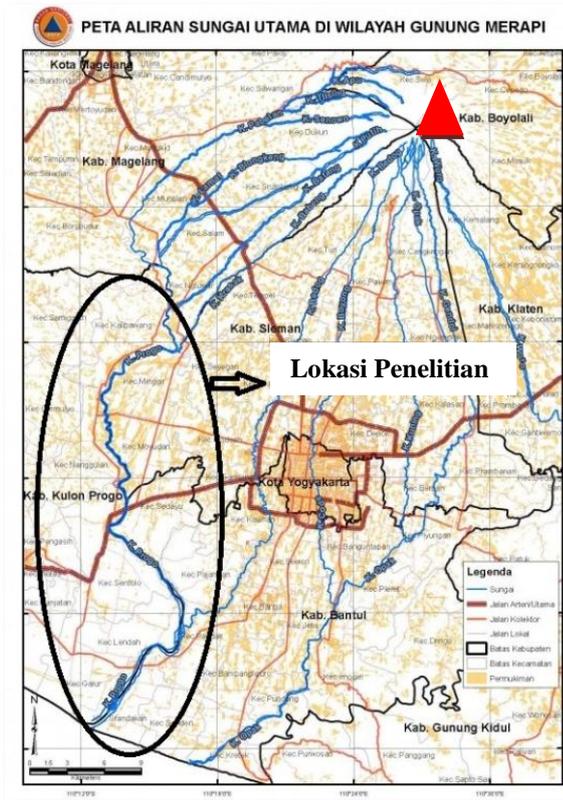
R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan saluran

n = kekasaran dari *Manning*.

4. METODELOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian



Gambar 3 Lokasi penelitian

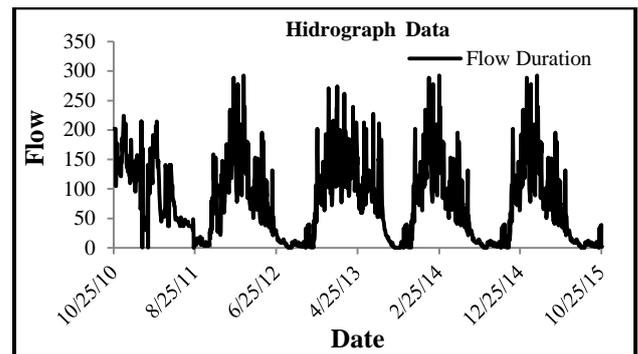
4.1 Pengumpulan Data dan Analisis

a. Data Topografi

Data Topografi diperoleh dari laporan tugas akhir (Fitriadin. 2015) dengan judul “analisis parameter hidrolika sepanjang sungai progo setelah letusan gunung merapi 2010”. Pada data topografi diperoleh data informasi *layout* sungai meliputi, *trace* sungai, lebar sungai, dan kontur pada Sungai Progo.

b. Data Hidrologi di DAS Progo

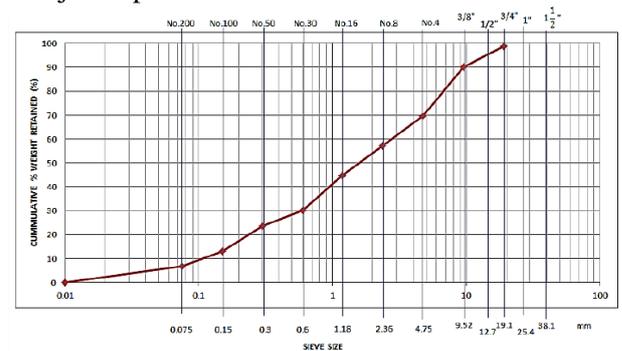
Data hidrologi di DAS Progo diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak. Digunakan data debit pengukuran di stasiun hidrologi duwet untuk analisa angkutan sedimen di Sungai Progo. Data debit merupakan data harian rata-rata, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Data debit tersebut dari bulan Oktober 2010 sampai dengan bulan Oktober 2015.



Gambar 4 Debit harian rata-rata Sungai Progo di stasiun AWLR Duwet.

c. Data sampel sedimen

Data sampel sedimen diperoleh dari laporan tugas akhir (Fitriadin. 2015). Analisa gradasi butiran sedimen pada material dasar di Sungai Progo menggunakan data sampel dari Jembatan Kebon Agung II bagian hulu. jenis tanah berbutir kasar berupa pasir bergradasi baik. Di tunjukan pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik ukuran gradasi butiran sedimen dasar Sungai Progo (Fitriadin. 2015)

d. Data kedalaman dan kecepatan aliran air

Data kedalaman dan kecepatan aliran air pada Sungai Progo diperoleh dari laporan tugas akhir (Fitriadin. 2015). Pengukuran dilakukan disekitar Jembatan Kebon Agung II. Data pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil data pengukuran di lapangan

Parameter	Titik		
	a	b	c
Jarak, s (m)	10	10	10
Waktu, t_1 (dtk)	7.83	6.3	5.84
Waktu, t_2 (dtk)	6.25	5.74	6.41
Waktu, t_3 (dtk)	5.67	5.94	6.21
Kecepatan, V_1 (m/dtk)	1.27	1.58	1.71
Kecepatan, V_2 (m/dtk)	1.60	1.74	1.56
Kecepatan, V_3 (m/dtk)	1.76	1.68	1.61
Kecepatan $V_{1,2,3}$ (m/dtk)	1.54	1.67	1.62
Tinggi air, h (m)	1.50	1.60	1.50
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		

Sumber : hasil penelitian Fitriadin, 2015.

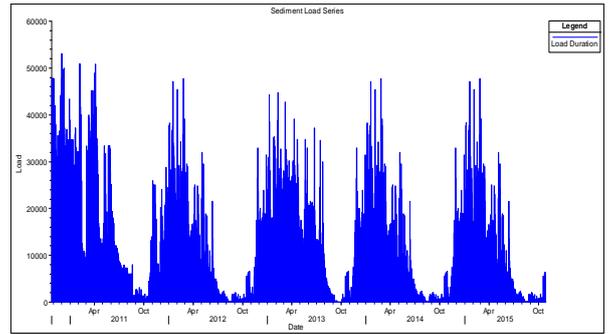
- e. Data Lokasi Bangunan Infrastruktur di Sungai Progo

Data Lokasi Bangunan Infrastruktur di daerah aliran Sungai Progo yang menjadi objek penelitian diperoleh dari pembacaan satelit *google earth* . Terdapat beberapa bangunan infrastruktur penting di daerah aliran Sungai Progo. yaitu *intake* Kalibawang, Bendung Karangtalun, Jembatan Ancol, *intake* Mataram, Jembatan Kebon Agung, Jembatan Ngapak, *groundsill* Ngapak, Jembatan Kereta Api Bantar, *groundsill* Bantar, *intake* Bendung Sapon, Jembatan Srandakan dan *groudsill* Srandakan.

- f. Data pengukuran volume endapan sedimen
Data pengukuran volume endapan sedimen, data ketinggian sedimen di peroleh

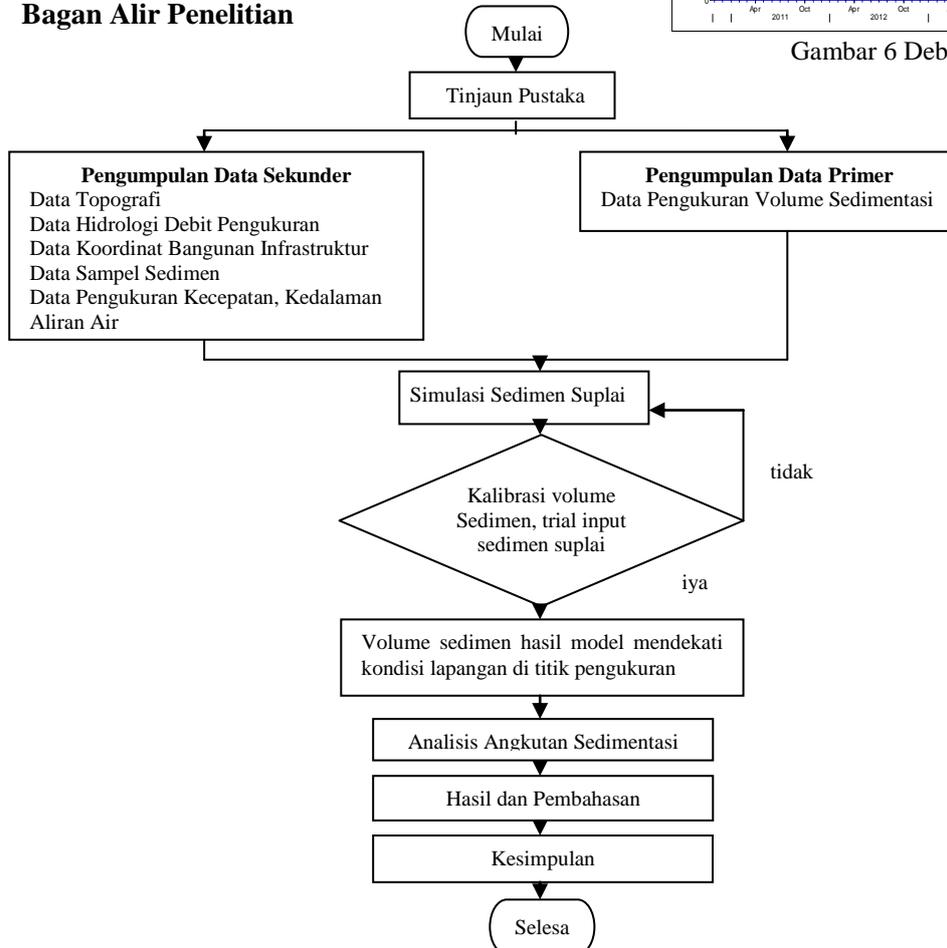
dengan melakukan pengukuran langsung dilapangan. Untuk data pengukuran panjang endapan sedimen dan lebar endapan berdasarkan pengamatan pencitraan *google earth*. Pengukuran dilakukan di hulu Jembatan Kebon Agung II, di hulu Jembatan Ngapak, sekitar area penambangan bantar, hulu Jembatan Srandakan, dan di hulu *Grounsill* Srandakan.

- g. Debit sedimen suplai



Gambar 6 Debit sedimen suplai

4.2 Bagan Alir Penelitian

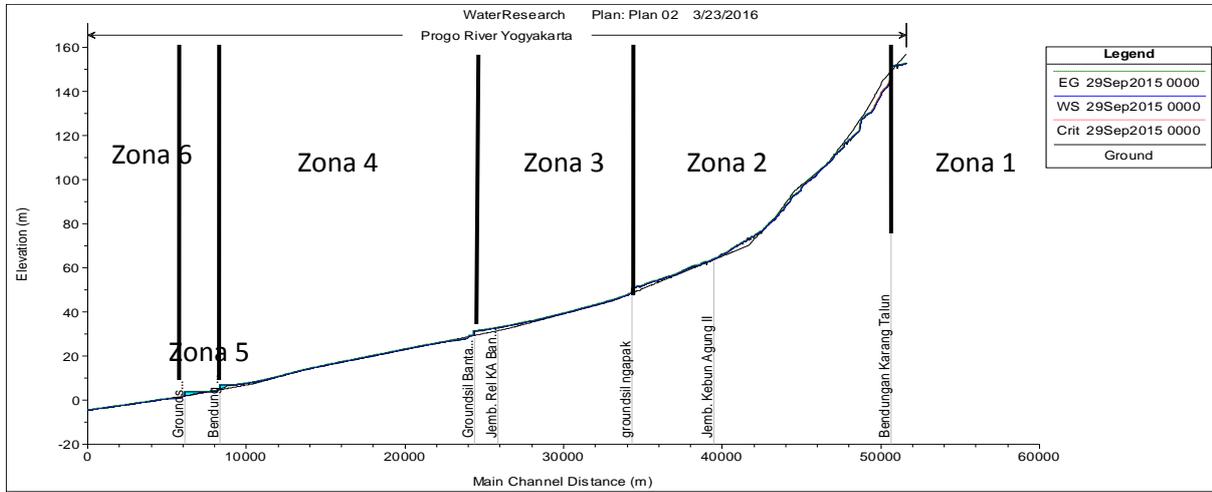


Gambar 7 Bagan Alir Penelitian

5. HASIL DAN PEMBAHASAAN

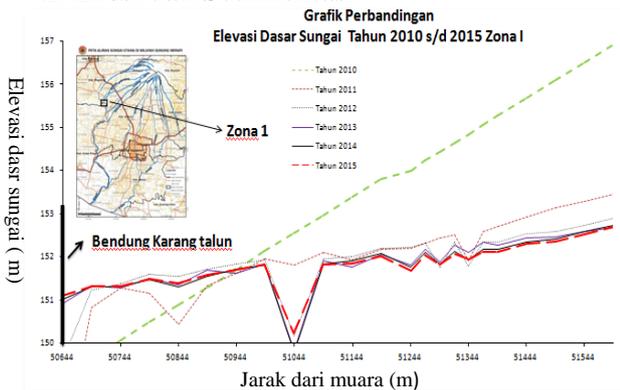
5.1 Zonasi Pias Sungai

Analisa pada studi ini dibuat dari potongan memanjang profil melintang sungai . Analisa dilakukan selama 5 tahun pada debit rata-rata harian yang terjadi setiap bulan dari Oktober 2010 hingga Oktober 2015. Analisa dibedakan menjadi 6 zona .Pembagian zona dapat dilihat pada Gambar 8.

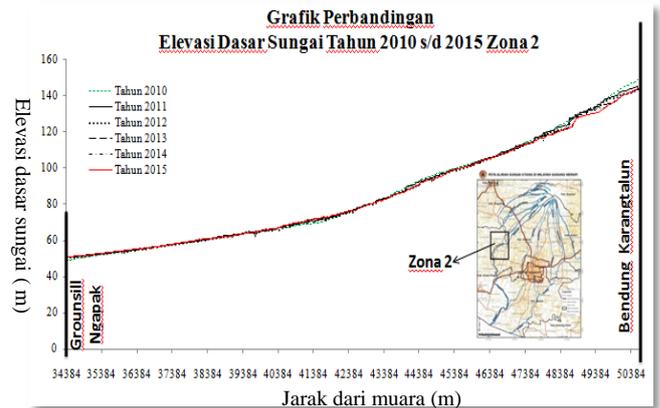


Gambar 8 Zonasi Pias Sungai

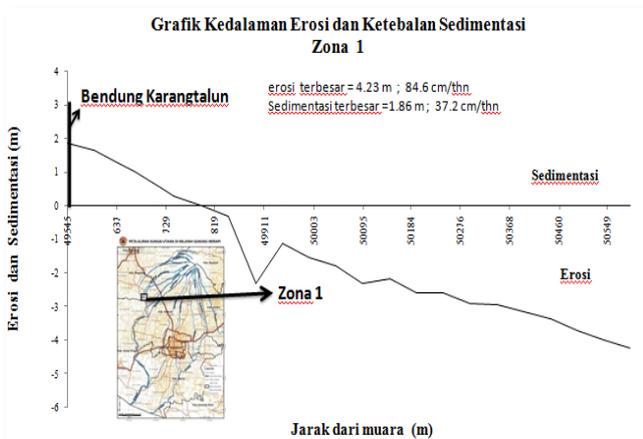
5.2 Erosi dan Sedimentasi



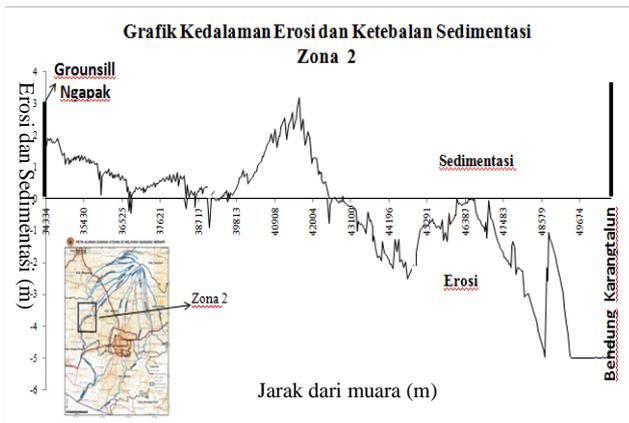
Gambar 9 Grafik perbandingan elevasi dasar sungai zona I.



- Hasil analisis simulasi pada zona 1 adalah
- Gambar 9 menjelaskan bahwa pada zonal terjadi perubahan elevasi , perubahan elevasi dari tahun 2010 ke tahun 2011 terjadi perubahan sangat signifikan. Sedangkan untuk tahun selanjutnya perubahan elevasi tidak terlalu signifikan. Area hulu zona 1 mengalami penurunan elevasi dari tahun ke tahun dan di area hilir zona 1 mengalami kenaikan elevasi.
 - Erosi terbesar yaitu 84.6 cm/tahun pada Sta 1259.89*. yaitu pada bagian hulu sungai. nilai *slope* yang besar merupakan faktor utama yang menyebabkan terjadinya erosi. Nilai *slope* pada Sta tersebut sebesar 0.001186. Serta disebabkan input sedimen



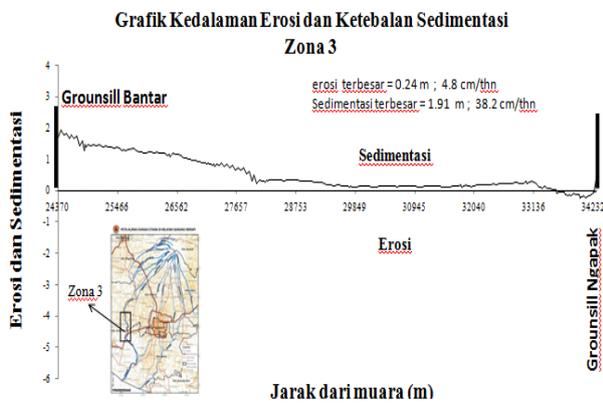
Gambar 10 Grafik Kedalaman Erosi Sedimentasi



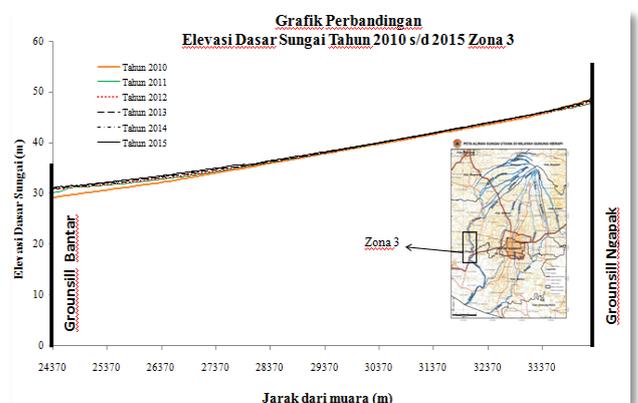
Gambar 12 Grafik Kedalaman Erosi Sedimentasi pada Zona 2.

Hasil analisis simulasi pada zona 2 adalah menggantikan daerah yang terdegradasi pada area hulu. Sehingga area hulu tererosi dan hasil erosi tersebut menjadi input sedimen untuk daerah hilir dan menyebabkan sedimentasi. Sedimentasi terbesar yaitu 37.2cm/tahun pada Sta 1254.91**.

- a. Mengalami erosi dan sedimentasi. Erosi terjadi terus menerus pada area hulu daerah 2 dan membuat dasar sungai semakin dalam. Namun sedimen hasil erosi tersebut juga mengendap pada area berbentuk cembung pada area tengah daerah 2. Erosi terbesar yaitu 100 cm/tahun pada Sta 1231.05*. Sedimentasi terbesar pada daerah 2 yaitu 63.6 cm/tahun pada Sta 1043.08*. Posisinya pada area tengah pada zona 2 untuk lebih jelas dapat di lihat pada Gambar 12.



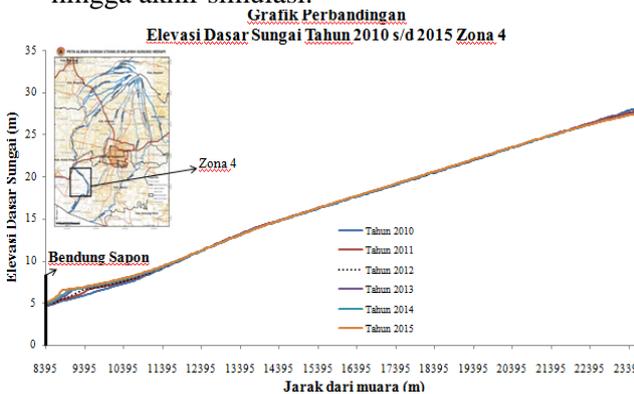
Gambar 13 Grafik Kedalaman Erosi Sedimentasi pada Zona 3.



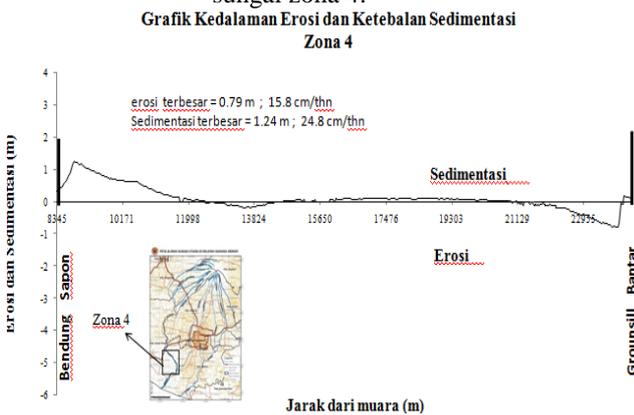
Gambar 14 Grafik perbandingan elevasi dasar sungai pada Zona 3.

- Hasil analisis pada zona 3 adalah
1. Zona 3 memiliki *slope* yang landai yaitu 0.001677. Dengan keadaan *slope* yang landai maka daerah tersebut relatif stabil. Dalam artian stabil adalah tidak terjadi perubahan degradasi secara signifikan, Namun agradasi akan terjadi pada area-area di sekitar bangunan yang berada pada aliran sungai progo pada zona 3, yaitu bagian hulu bangunan *grounsill*.

2. Terjadi erosi dan sedimentasi. Erosi terbesar yaitu 4.8 cm/tahun pada Sta 857.114*. Sedimentasi terbesar pada daerah 3 yaitu 38.2 cm/tahun pada Sta 605.499*, untuk lebih jelas dapat di lihat pada (Gambar 13) pada grafik kedalaman erosi dan ketebalan sedimentasi pada zona 3. Erosi terjadi pada area hulu zona 3 atau sebelah hilir dari bangunan *grounsill* ngapak. Sedangkan sedimentasi terjadi pada area hilir zona 3 atau sebelah hulu dari bangunan *grounsill* bantar. *Sedment load* tersebut tertahan oleh bangunan *grounsill* yang terdapat pada hilir jembatan. Dengan adanya sedimentasi tersebut mengartikan bahwa bangunan *grounsill* tersebut telah berfungsi sesuai dengan fungsinya. Proses sedimentasi ini terus menerus menambah hingga akhir simulasi.



Gambar 15 Grafik perbandingan elevasi dasar sungai zona 4.



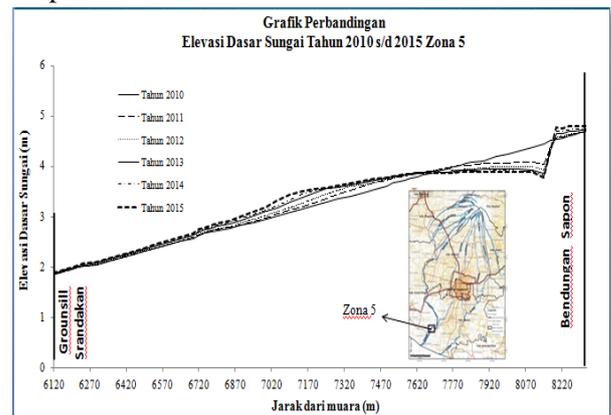
Gambar 16 Grafik Kedalaman Erosi Sedimentasi pada Zona 4.

Hasil analisis pada zona 4 adalah

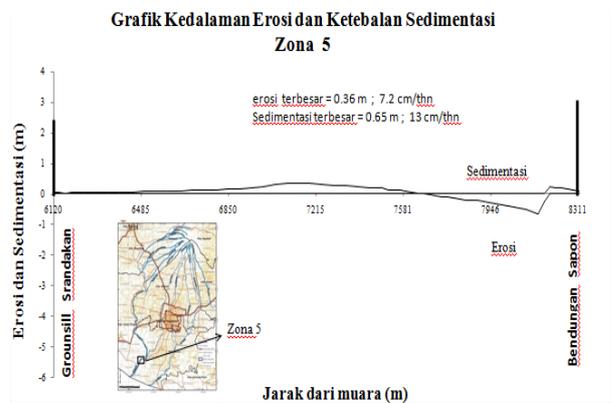
1. Zona 4 memiliki nilai *slope* rata-rata adalah 0.00135. Pada zona 4 ini terjadi perubahan penampang potongan melintang atau lebar. Hasil yang diperoleh antara lain

menunjukkan adanya perubahan elevasi dasar sungai yang tidak signifikan, seperti terlihat pada (Gambar 15).

2. Erosi dan sedimentasi. Erosi terbesar yaitu 15.8 cm/tahun pada Sta 592.570. Terletak pada bagian hulu daerah 4 atau sebelah hilir dari *grounsill* bantar. Dan sedimentasi terbesar pada daerah 4 yaitu 24.8 cm/tahun, pada bagian hilir daerah 4 atau sebelah hulu Bendung sapon, tepatnya pada Sta 214.576*. Untuk lebih jelas dapat di lihat pada Gambar 16.



Gambar 17 Grafik perbandingan elevasi dasar sungai zona 5

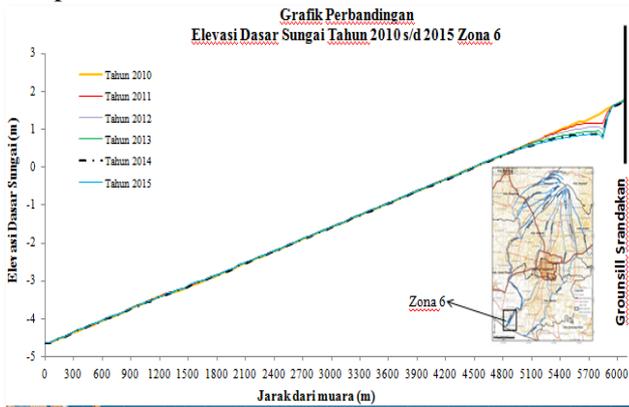


Gambar 18 Grafik Kedalaman Erosi Sedimentasi pada Zona 5.

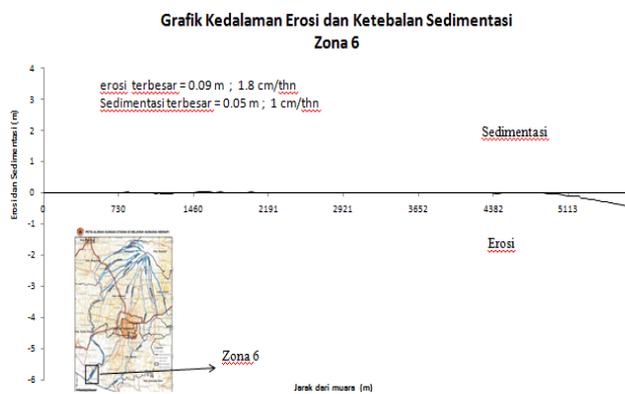
Hasil analisis pada zona 5 adalah.

1. Perubahan elevasi dasar sungai pada zona 5 terjadi di sekitar *Grounsill* dan Bendung dan terjad perubahani yang tidak signifikan, seperti terlihat pada (Gambar 17).
2. Erosi dan sedimentasi. Erosi terbesar yaitu 13 cm/tahun pada sta 192.721* Yaitu jarak 125 m sebelah hilir Bendung Sapon. Sedimentasi terbesar pada daerah 5 yaitu 7.2 cm/tahun pada Sta 165.900*. Yaitu pada

area hilir zona 5 atau sebelah hulu *Grounsill* Srandakan. Untuk lebih jelas dapat di lihat pada Gambar 18.



Gambar 19 Grafik perbandingan elevasi dasar sungai zona 6.



Gambar 20 Grafik Kedalaman Erosi Sedimentasi pada Zona 6.

Hasil dari analisis pada zona 6 adalah .

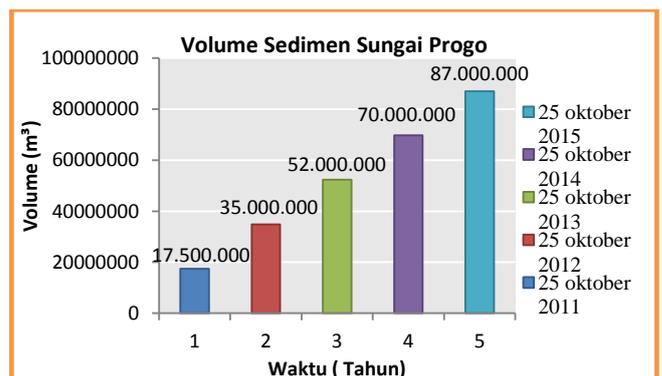
1. Perubahan elevasi dasar sungai terjadi pada bagian hulu zona 6 , sedangkan pada bagian tengah dan hilir perubahan yang terjadi sangat sedikit, seperti terlihat pada gambar 19.
2. Bangunan *groundsill* pada zona 2, dan zona 3 telah banyak menampung material yang dibawa oleh aliran debris. Sehingga pada zona 6 tidak terlalu mengalami dampak akibat adanya aliran debris. Oleh karena itu kedalaman erosi dan ketebalan sedimentasi tidak sebesar pada daerah sebelumnya.(Gambar 20). Sedimentasi terbesar pada daerah 6 yaitu 1cm/tahun terletak pada Sta 112.258*, dan erosi terbesar pada daerah 6 yaitu 1.8 cm/tahun pada Sta 40.7353*.

5.3 Volume Sedimen Sungai Progo

Erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010 mengeluarkan lahar dingin sebesar 150 juta m^3 . Hasil analisis debit angkutan sedimen *output* HEC-RAS menggunakan metode Engelund-Hansen data angkutan sedimen yang masuk ke Sungai Progo yaitu sebesar 47.644,1 m^3 /hari. Volume sedimen terdiri dari input sedimen dari lahar dingin dan gerusan dasar sungai. Volume sedimen yang masuk tahun 2011 pada Sungai Progo sebesar 17.500.000 m^3 di perkiraan lahar dingin belum terangkut seluruhnya oleh hujan masih terdapat lahar dingin yang mengendap berada di puncak Gunung Merapi . Volume lahar dingin yang masuk Sungai Progo dari erupsi Gunung Merapi 2010 sampai tahun 2015 adalah sebesar 57.9 %. Volumennya sebesar 87.000.000 m^3 . Tahun 2015 volume lahar dingin yang keluar dari gunung merapi di perkiraan sudah terangkut seluruhnya. Hasil perkiraan jumlah volume sedimen yang masuk kesungai progo setelah letusan tahun 2010 dapat di lihat pada Tabel 2 dan pada Gambar 21.

Tabel 2 Volume Sedimen Sungai Progo

Volume sedimen (m^3)	Waktu (Tahun)
17.500.000	25 oktober 2011
35.000.000	25 oktober 2012
52.000.000	25 oktober 2013
70.000.000	25 oktober 2014
87.000.000	25 oktober 2015



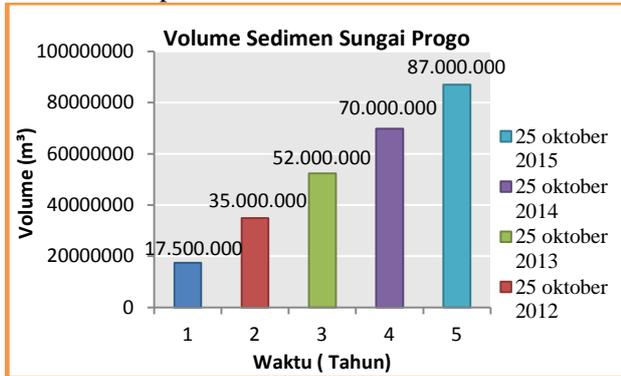
Gambar 21 Grafik Volume Sedimen yang Masuk Sungai Progo.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

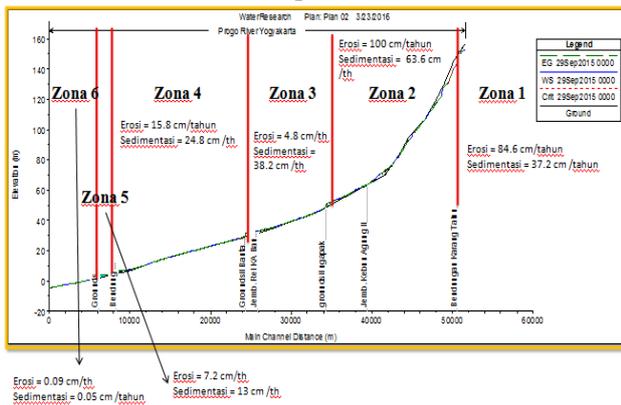
Kesimpulan dari simulasi *sediment transport* menggunakan HEC-RAS 4.1.0 adalah sebagai berikut.

- a. Erosi dan sedimentasi terbesar sepanjang Sungai Progo terjadi pada zona 2 yaitu erosi sebesar 100 cm/tahun dan sedimentasi sebesar 63.6 cm/tahun
- b. Perkiraan volume sedimen dari hasil erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010 yang masuk ke Sungai Progo. dapat di lihat pada Gambar 22 .



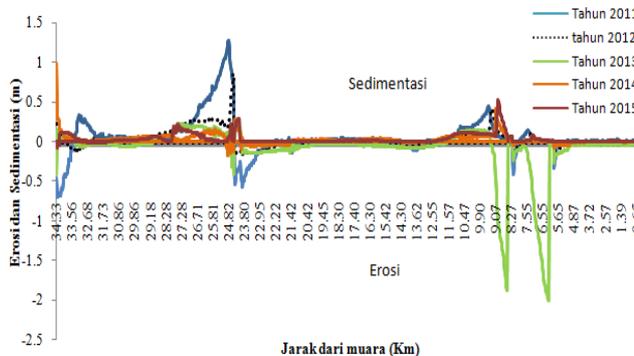
Gambar 22 Grafik Volume Sedimen Sungai Progo

- c. Pias pias yang mengalami Erosi dan Sedimentasi Sesuai gambar 22



Gambar 22 Erosi dan sedimentasi Sungai Progo.

Grafik Kedalaman Erosi dan Sedimentasi tahun 2011 s/d 2015



Gambar 23 Grafik Erosi dan sedimentasi Sungai Progo.

6.2 Saran

- a. Disarankan dalam penelitian berikutnya menggunakan data yang terbaru seperti data *cross section* dan dengan mengambil sampel sedimen *gren zise* langsung.
- b. Perlu di lakukan penelitian lanjutan mengenai cara mengatasi erosi dan sedimentasi yang terjadi pada sungai progo.
- c. Penelitian selanjutnya menggunakan metode yang lain

7. DAFTAR PUSTAKA

Arsyad,S. 2010. *Konservasi Tanah Dan Air.Bogor* : IPB Press.

Asdak,c. 1995. *Hidrologi Dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

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.

BPPTK. 2010. *Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian*. Yogyakarta.

Brunner , G. W. 2005 . *Sediment Transport Modeling in HEC RAS*.

Chow, Ven Te., 1959, *Open-Channel Hydraulics*, International Student Edition, McGraw-Hill International Book Company, Kogakusha.

Fitriadin, A A. 2015. *Analisis Parameter Hidrolika Sepanjang Sungai Progo Setelah Letusan Gunung Merapi 2010*. Teknik Sipil. UMY.

Giyarsih,SR. 2014. *Aspek Sosial Banjir Lahar*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Harsanto, P., Ikhsan, J., Pujiyanto, A., Hartono, E., Fitriadin, A. A., & Kuncoro, A. H. B. "Karakteristik Bencana Sedimen Pada Sungai Vulkanik".

Kuncoro, A H B. 2015 *Analisis Karakteristik Sedimentasi Sungai Progo Setelah Letusan Gunung Merapi 2010 Menggunakan Aplikasi Hec-Ras 4.1.0*. Teknik Sipil. UMY

Lavigne, F., Thouret, J.C., Voight, B., Suwa, B., dan Sumaryono, A., 2000. Lahars at Merapi Volcano, Central Java: an Overview. *Journal of Volcanology and*

- Geothermal Research*, Vol. 100, 423-456.
- Mananoma, Tiny, Djoko Legono, dan Adam Rahardjo. 2003. "Fenomena Alamiah Erosi Dan Sedimentasi Sungai Progo Hilir." *Fenomena Alamiah Erosi Dan Sedimentasi Sungai Progo Hilir* (2003): 1-70.
- Mananoma, T. 2008 . Pengelolaan Transpor Sedimen Di Sungai Sebagai Dasar Optimasi Pengendalian Daya Rusak Air (Studi Kasus Ruas Sungai Progo Tengah, Yogyakarta). *Pengelolaan Transpor Sedimen Di Sungai Sebagai Dasar Optimasi Pengendalian Daya Rusak Air (Studi Kasus Ruas Sungai Progo Tengah, Yogyakarta)*.
- Mokonio, O., Mananoma, T., Tanudjaja, L., dan Binilang, A. 2013 .Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Saluwangko Di Desa Tounolet Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 1(6).
- Marfai, Muh Aris, Ahmad Cahyadi, Danang Sri Hadmoko, dan Andung Bayu Sekaranom. 2012. "Fasies Gunungapi Untuk Analisis Bahaya Akibat Erupsi Di Daerah Aliran Sungai Bedog, Daerah Istimewa Yogyakarta." *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan* 22, No. 2 (2012): 73-80.
- CD Soemarto, Ir., B.I.E., Dipl.HE., "Hidrologi Teknik", Erlangga, Jakarta, 1995
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi Offset. Semarang.
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- <http://cybergisforum.blogspot.co.id/2010/11/peta-dari-klmb.html>
- <https://rovicky.wordpress.com/2010/11/08/peta-zonasi-bahaya-lahar-dingin/>
- <http://geospasial.bnpb.go.id/2010/12/04/peta-sungai-utama-di-wilayah-gmerapi/>