

PERBANDINGAN NILAI ANGKUTAN SEDIMEN DASAR SUNGAI PROGO ANTARA PENGUJIAN LAPANGAN DENGAN METODE EMPIRIS

(Titik Tinjau Sungai Progo Di Jembatan Srandakan Dan Jembatan Bantar)

Endri Sutrisno¹

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

*Korespondensi Penulis: endri.sutrisno.2012@ft.umy.ac.id

ABSTRAK

Sungai merupakan torehan di permukaan bumi yang merupakan penampung dan penyalur alamiah aliran air, material yang dibawanya dari bagian hulu ke bagian hilir suatu daerah pengaliran ke tempat yang lebih rendah dan akhirnya bermuara ke laut. Apabila aliran sungai berasal dari daerah gunung api biasanya membawa material vulkanik dan kadang-kadang dapat terendap disembarang tempat sepanjang alur sungai tergantung kecepatan aliran dan kemiringan sungai yang curam (Soewarno, 1991). Sungai Progo merupakan sungai yang terletak di sebelah barat dari lereng Gunung Merapi dan bermuara di Pantai Trisik Kabupaten Bantul. Sungai Progo merupakan urat nadi sumber kehidupan bagi masyarakat di sekitarnya. Kebanyakan desa-desa yang berada di sungai sangat bergantung pada sumber daya alam dari Sungai Progo tersebut sebagai mata pencaharian untuk mengidupi keluarganya, yaitu dengan cara pemanfaatan air sungai untuk pengairan sawah maupun perkebunan dan juga penambangan pasir. Permasalahan sedimen merupakan hal yang esensial bagi suatu sungai. Sebagian besar permasalahan sedimen merupakan hasil campurtangan manusia. Banyak teori yang dapat digunakan untuk memperkirakan angkutan sedimen tetapi pemilihan teori atau pendekatan yang tepat untuk angkutan sedimen di sungai masih cukup sulit.

Pengukuran ini dilakukan dengan mengambil data debit dan sedimen secara langsung pada ruas Jembatan Srandakan dan Jembatan Bantar di Sungai Progo. Sedimen kemudian di uji di laboratorium untuk mengetahui gradasi ukuran butir sedimen, sedangkan untuk angkutan sedimen pengujian menggunakan alat Helley Smith dan di bandingkan dengan hasil hitungan menggunakan metode angkutan sedimen yaitu Einstein dan Yang's.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sedimen yang terangkut pada ruas Jembatan Srandakan memiliki range butiran 0,0012 – 0,85 mm, sedangkan pada ruas Jembatan Bantar range butiran 0,0013-0,85 mm. Dari perhitungan angkutan sedimen metode Einstein pada ruas Jembatan Srandakan di dapatkan hasil 30,12 ton/hari untuk pengukuran 1, dan 23,00 ton/hari untuk pengukuran 2. Untuk ruas jembatan bantar di dapatkan hasil 8,75 ton/hari untuk pengukuran 1 dan 9,82 ton/hari untuk pengukuran 2. Sedangkan hasil perhitungan untuk metode Yang's di dapatkan hasil pada ruas Jembatan Srandakan sebesar 108,84 ton/hari untuk pengukuran 1 dan 108,067 ton untuk pengukuran 2. Untuk ruas Jembatan Bantar di dapatkan hasil 43,79 ton/hari untuk pengukuran 1 dan 66,36 ton/hari untuk pengukuran 2. Dari hasil perbandingan pengukuran sedimen dilapangan langsung dengan metode empiris dapat disimpulkan bahwa metode Einstein yang mendekati hasil pengukuran sedimen dilapangan langsung dengan tingkat kesalahan rerata 7,38%.

Kata kunci : Angkutan sedimen, *bed load*, Sungai Progo, *Einstein*, *Yang's*,

1. Mahasiswa

A. PENDAHULUAN

Sungai merupakan torehan di permukaan bumi yang merupakan penampung dan penyalur alamiah aliran air, material yang dibawanya dari bagian hulu ke bagian hilir suatu daerah pengaliran ke tempat yang lebih rendah dan akhirnya bermuara ke laut. Apabila

aliran sungai berasal dari daerah gunung api biasanya membawa material vulkanik dan kadang-kadang dapat terendap disembarang tempat sepanjang alur sungai tergantung kecepatan aliran dan kemiringan sungai yang curam (Soewarno, 1991).

Sungai Progo merupakan sungai yang terletak di sebelah barat dari lereng Gunung Merapi dan bermuara di Pantai Trisik Kabupaten Bantul. Sungai Progo merupakan urat nadi sumber kehidupan bagi masyarakat di sekitarnya. Kebanyakan desa-desa yang berada di sungai sangat bergantung pada sumber daya alam dari Sungai Progo tersebut sebagai mata pencaharian untuk menghidupi keluarganya, yaitu dengan cara pemanfaatan air sungai untuk pengairan sawah maupun perkebunan dan juga penambangan pasir.

Permasalahan yang terjadi di Sungai Progo adalah terbentuknya endapan sedimen dibagian 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 (Harsanto Puji, dkk, 2015).

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).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ukuran butiran sedimen yang terbawa arus Sungai Progo di titik tinjauan dan mengetahui besarnya angkutan sedimen serta mengetahui metode manakah yang mendekati hasil pengukuran dilapangan berdasarkan metode yang digunakan dalam penelitian ini.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Penelitian oleh Uut Aris Capysa, (2013) dengan judul Pengaruh Erupsi Gunung Merapi 2010 Terhadap Morphologi, Angkutan Sedimen dan Porositas Di Sungai Progo Hilir dengan hasil sebagai berikut:

a. Tipe morfologi, pada lokasi penelitian diketahui sebagai berikut :

Titik 1 pada lokasi Jembatan Kebon Agung 2 bertipe C_{5b} dan rata-rata diameter material dasar permukaan adalah 1,8 mm. Titik 2 pada lokasi Jembatan Kebon Agung 1 bertipe B_5 dan rata-rata diameter material dasar permukaan adalah 0,5 mm. Titik 3 pada lokasi Jembatan Bantar bertipe F_{5b} dan rata-rata diameter material dasar permukaan adalah 1,7 mm.

b. Dari analisis ukuran butir kemudian dapat diketahui besaran nilai porositas material dasar Sungai Progo sebagai berikut:

Titik 1 pada lokasi Jembatan Kebon Agung 2 besaran nilai porositas adalah 0,2776 atau 27,76 %. Titik 2 pada lokasi Jembatan Kebon Agung 1 besaran nilai porositas adalah 0,1561 atau 15,61%. Titik 3 pada lokasi Jembatan Bantar besaran nilai porositas adalah 0,280 atau 28%.

c. Dari hasil analisis kapasitas transportasi sedimen atau angkutan sedimen dasar (*bed load*) sungai diketahui sebagai berikut:

Pada Titik 1 lokasi Jembatan Kebon Agung 2 kapasitas angkutan sedimen sebesar 1,217 ton/hari. Pada Titik 2 pada lokasi Jembatan Kebon Agung 1 kapasitas angkutan sedimen sebesar 0,608 ton/hari, Pada Titik 3 lokasi Jembatan Bantar kapasitas angkutan sedimen sungai sebesar 1,799 ton/hari. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terjadi pengendapan di sepanjang sungai dari Jembatan Kebon Agung 2 menuju Jembatan Kebon Agung 1, sebesar 0,68 ton/hari dan terjadi erosi di sepanjang sungai dari Jembatan Kebon Agung 1 menuju Jembatan Bantar sebesar 1,79 ton/hari.

2. Ikhsan, Jazaul; Fahmi, Arizal Arif., (2015) melakukan penelitian berjudul Studi Pengaruh Banjir Lahar Dingin Terhadap Perubahan Karakteristik Material Dasar Sungai dengan hasil sebagai berikut:

a. Dari hasil analisis porositas di dapat pada titik 1 sebesar 0,191 titik 2 sebesar 0,290, titik 3 sebesar 0,29731, titik 4 sebesar 0,29746 dan titik 5 sebesar 0,29774. Dari data tersebut menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi besar kecilnya porositas adalah tipe distribusi ukuran butiran dan jumlah standar deviasi, apabila jumlah standar deviasi semakin besar maka porositas dasar sungai juga semakin besar.

b. Dari hasil analisis angkutan sedimen di titik 1 sebesar 846,870 kg/hari, di titik 2 sebesar 1437,289 kg/hari, di titik 3 sebesar 121,892 kg/hari, di titik

- 4 sebesar 1126,418 kg/hari, dan dai titik 5 sebesar 3376,075 kg/hari. Dari data tersebut disimpulkan bahwa dari titik 1 sampai titik 5 dapat dilihat bahwa jumlah angkutan sedimen terbanyak pada titik 5.
- c. Dari hasil analisis degradasi atau agradasi dapat disimpulkan bahwa suplai sedimen mempengaruhi terjadinya agradasi atau degradasi apabila angkutan sedimen di hulu besar dari pada di hilir maka akan terjadi agradasi, dan apabila jumlah angkutan sedimen di hulu lebih kecil dari pada hilir maka akan terjadi degradasi.
3. Harsanto, Puji, dkk, (2015), melakukan penelitian berjudul. “Karakteristik Bencana Sedimen Pada Sungai Vulkanik”. Penelitian ini menggunakan data primer yaitu:
 - a. Data sampel sedimen yang diambil di sekitar Jembatan Kebon Agung II untuk analisa gradasi butiran sedimen pada material dasar di Sungai Progo.
 - b. Data pengukuran volume endapan sedimen di sekitar Jembatan Kebon Agung II untuk kalibrasi konsentrasi permodelan sedimen setelah letusan Gunung Merapi pada tahun 2010.
 - c. 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. Hasil penelitiannya yaitu:
 - 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 agradasi 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 agradasi 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 agradasi pada area-area tertentu. Erosi/degradasi terjadi ketika tegangan geser aliran lebih besar dari tegangan geser kritis pada dasar dan tebing sungai. Pengendapan/agradasi 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 agradasi pada Sungai Progo hilir

C. LANDASAN TEORI

Hidrometri adalah cabang ilmu (kegiatan) pengukuran air, atau pengumpulan data dasar bagi analisis hidrologi (Harto,1993). Dalam pengertian sehari-hari, kegiatan hidrometri pada sungai diartikan sebagai kegiatan mengumpulkan data mengenai sungai, baik yang menyangkut tentang ketinggian muaka air maupun debit sungai serta sedimentasi atau unsur aliran lainnya. Beberapa macam pengukuran yang dilakukan dalam kegiatan hidrometri adalah sebagai berikut :

1. Kecepatan Aliran
Kecepatan aliran (v) dapat dihitung dengan:

$$v = \frac{L}{t} (m/d) \quad (1)$$
2. Pengukuran Tinggi Muka Air.
Pengukuran tinggi muka air dapat dilakuka denga bermacam-macam alat tergantung dari kondisi aliran sungai yang akan diukur, salah satunya tonglat/papan duga yang sisinya terdapat rambu ukur.
3. Pengukuran Lebar Aliran.
Pengukuran lebar aliran juga digunakan untuk mengetahui lebar dasar saluran yang

nantinya digunakan untuk mendapatkan luas penampang. Pengukuran lebar aliran dilaksanakan menggunakan alat ukur lebar. Pengukuran lebar aliran menggunakan meteran.

4. Pengukuran Debit Aliran.

Pada dasarnya perhitungan debit adalah pengukuran luas penampang, kecepatan aliran, dan tinggi muka air. Rumus yang digunakan adalah:

$$Q = A.v \tag{2}$$

5. Perhitungan Berat Jenis Sedimen.

$$Vp = \frac{(Wpw,c - Wp)}{\rho w,c} \tag{3}$$

6. Perhitungan Distribusi Ukuran Butiran.

$$\% \text{ lolos} = \frac{Wi}{W} \times 100\% \tag{4}$$

7. Perhitungan Angkutan Sedimen.

Metode Einstein (1950)

$$(i_b q_b)_1 = i_b \phi_{01} \rho_s (g D_1)^{3/2} \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/2} \tag{5}$$

Metode Yang's (1973)

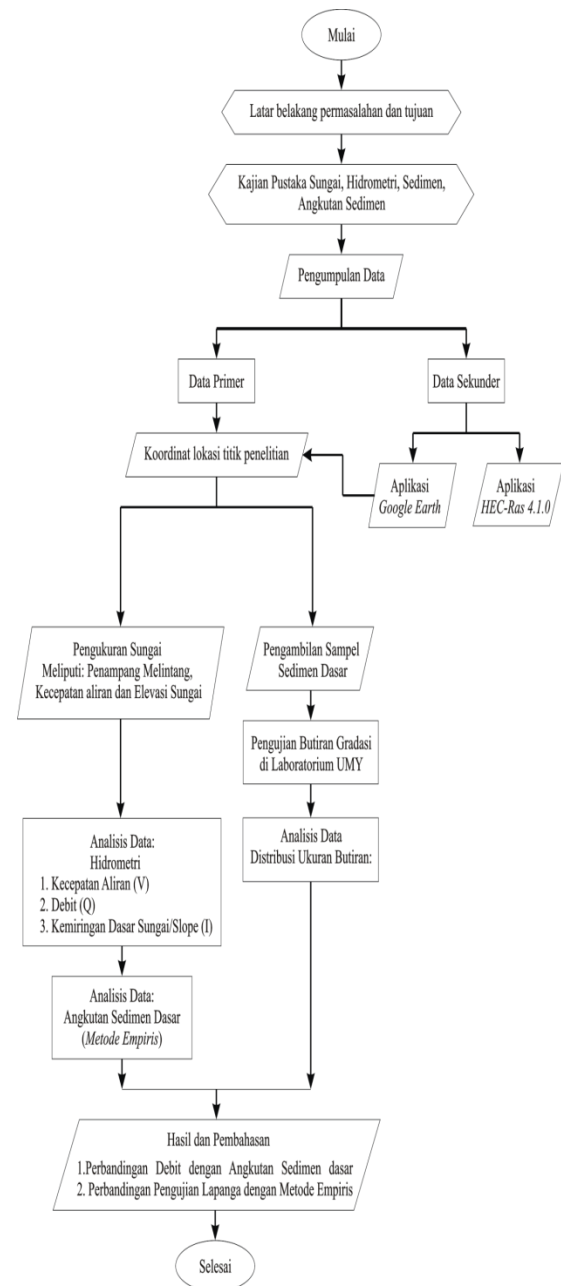
$$\log C_r = 5.435 - 0.286 \log \frac{\omega d_{50}}{v} - 0.457 \log \frac{u_*'}{\omega} + (1.799 - 0.409 \log \frac{\omega d_{50}}{v} - 0.314 \log \frac{u_*'}{\omega}) \log \left(\frac{V_S}{\omega} - \frac{V_{er-S}}{\omega} \right) \tag{6}$$

D. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukkann untuk mengetahui berapa besaran angkutan sedimen dasar pada Sungai Progo, gradasi butiran sedimen, besarnya erosi dan sedimentasi pada Sungai Progo dengan pengukuran di lapangan langsung dan secara perhitungan dengan metode empiris. Untuk menentukan besaran angkutan sedimen dasar sungai progo menggunakan alat *Helley Smith* (WMO, 1980), dan untuk perhitungan menggunakan Persamaan Formula Einstein(1950) dan Yang's (1973).

1. Bagan Alir

Bagan alir penelitian ini disajikan untuk mempermudah dalam proses pelaksanaannya. Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

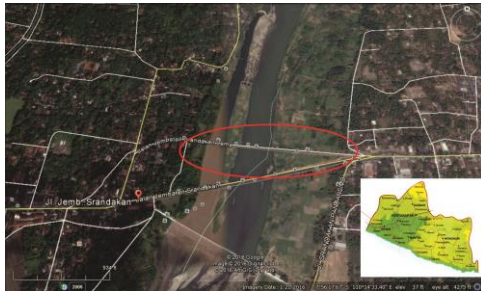


Gambar 1. Bagan alir penelitian

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Jembatan Srandakan, dan Jembatan Bantar, untuk analisis laboratorium di laksanakan di Laboratorium Geoteknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Berikut gambar peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 sampai Gambar 2, dibawah ini.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian ruas Jembatan Srandakan.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian ruas Jembatan Bantar.

3. Data Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan cara pengambilan langsung (primer) yaitu dari pengambilan data langsung dilapangan dan dari hasil laboratorium. Pengambilan data langsung dilakukan di sungai progo persegmen, data-data yang didapat yaitu pengukuran tampang melintang dan tampang memanjang Sungai Progo berupa lebar saluran sungai, lebar banjir, lebar aliran, kedalaman aliran, kecepatan aliran, tinggi tebing kanan, tinggi tebing kiri, kemiringan sungai. Data yang diamati sebagai berikut:

- 1) Tampang memanjang berupa koordinat lokasi, elevasi tanah dari muka air laut, slope saluran sungai.
- 2) Tampang melintang berupa lebar aliran, lebar saluran, lebar bantaran, lebar banjir, tinggi tebing dan kedalaman aliran.
- 3) Kecepatan aliran.
- 4) Pengambilan sampel sedimen untuk uji analisis ukuran butiran (*grain size*) di laboratorium.

4. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dihitung secara manual dengan Ms.Excel 2007. Pengujian material dasar sungai dilakukan berdasarkan SK SNI : 03-1968-1990, analisis gradasi ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir sampel sedimen yang didapat dengan menggunakan saringan/ayakan standar ASTM.

E. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil pengujian berat Jenis sedimen

Table 1. Hasil pengujian berat jenis sedimen.

no	uraian	satuan	P4 srandakan	P8 bantar
1	berat piknometer kosong (wp)	g	31.176	27.94
2	berat piknometer tanah kering (w ps)	+ g	41.936	37.97
3	berat piknometer tanah kering + air (wpws, t)	+ g	88.51	85.18
4	berat piknometer + air (W pw,t)	g	81.74	78.86
5	temperatur (T)	°C	28.6	28.6
6	berat jenis , Gs,t		2.69	2.70
7	berat jenis pada T = 20° C, Gs		2.69	2.70
8	rata-rata berat jenis		2.69	

Hasil analisis perhitungan berat jenis sedimen menunjukkan bahwa, sedimen yang terangkut pada ruas Jembatan Srandakan dan Bantar berupa pasir mengandung lanau.

2. Hasil Pengujian Gradasi Ukuran Butiran Sedimen.

Table 2. Hasil pengujian gradasi ukuran butiran sedimen ruas jembatan Bantar

nomor saringan	ukuran butir (mm)	berat tertahan pada saringan (g)	persen berat tertahan pada saringan	persen lolos saringan (%)
#4	4,47	0	0	100
10	2	0	0	100
20	0,85	0,06	0,05	99,95
40	0,425	0,18	0,6	99,79
60	0,25	1,7	1,48	98,32
140	0,105	61,83	53,69	44,62
200	0,075	22,34	19,40	25,23
Pan	<0,075	3,29	2,86	22,37
		89,4		
		115,16		

Table 3. Hasil pengujian gradasi ukuran butiran sedimen ruas jembatan Srandakan

Hasil pengujian gradasi ukuran butir

nomor saringan	ukuran butir	berat tertahan pada saringan (g)	persen berat		persen lolos saringan (%)
			tertahan pada saringan	pada saringan	
ASTM #4	4,47	0	0	0	100
10	2	0	0	0	100
20	0,85	0,24	0,21	0,21	99,79
40	0,425	3,13	2,72	2,72	97,07
60	0,25	7,38	6,41	6,41	90,66
140	0,105	40,33	35,03	35,03	55,63
200	0,075	25,27	21,95	21,95	33,68
pan	<0,075	1,02	0,89	0,89	32,80
		77,37			
		115,13			

sedimen menunjukkan bahwa, pada ruas jembatan bantar didominasi sedimen dengan ukuran 0,0013 – 0,85mm, sedangkan pada ruas jembatan Srandakan di dominasi sedimen dengan ukuran 0,0012- 0,85 mm.

3. Hasil Analisis Perhitungan Angkutan Sedimen.

Table 4. Hasil analisis perhitungan angkutan sedimen.

RUAS		DEBIT (M ³ /DETIK)	METODE Ton/hari	
			EINSTEIN	YANG'S
BANTAR	PENGUKURAN 1	80,37	8,75	43,79
	PENGUKURAN 2	108,62	9,82	66,36
SRANDAKAN	PENGUKURAN 1	224,74	30,12	108,84
	PENGUKURAN 2	219,29	23,00	108,67

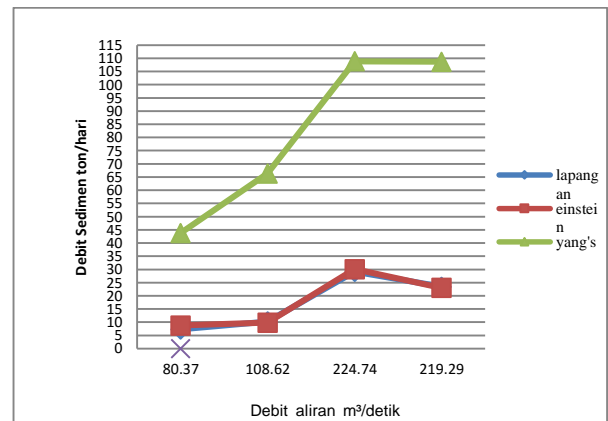
Hasil analisis perhitungan angkutan sedimen menggunakan dua metode sama-sama menunjukkan bahwa, pada ruas Jembatan bantar angkutan sedimen lebih kecil dibandingkan dengan ruas Jembatan Srandakan. Akan tetapi jumlah sedimen dari hasil kedua metode tersebut tidak sama lebih besar yang menggunakan metode Yang's, dikarenakan kedua metode menggunakan parameter yang berbeda dan analisis perhitungan yang berbeda pula.

4. Hasil Analisis Perbandingan Antara Pengukuran lapangan Dengan Metode Empiris.

Table 5. Hasil analisis perbandingan antara pengukuran lapangan dengan metode empiris .

Ruas		Debit (m ³ /d etik)	Metode (ton/hari)			Kesalahan data (%)	
			LAPAN NGAN	EINS TEIN	YAN G'S	EINS TEIN	YAN G'S
Bantar	Pengukuran 1	80,37	7,280	8,754	43,789	20,25	501,50
	Pengukuran 2	108,6	10,240	9,824	66,361	-4,06	548,05
Srandakan	Pengukuran 1	224,7	29,120	30,118	108,844	3,43	273,78
	Pengukuran 2	219,2	23,410	22,996	108,670	-1,77	364,20
					Rerata	4,46	421,89

Dari hasil analisis perhitungan sedimen lapangan maupun metode empiris menunjukan bahwa metode Einstein yang mendekati dengan pengukuran di lapangan, dengan kesalahan data sebesar 4,46 % hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 5 diatas dan Gambar 3, berikut ini,



Gambar 3. Grafik perbandingan angkutan sedimen lapangan dengan metode empiris

F. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian angkutan sedimen di Sungai Progo, dapat di simpulkan sebagai berikut:

- I. Dari hasil analisis gradasi ukuran butir sedimen di Sungai Progo, pada lokasi penelitian diketahui sebagai berikut. Ruas Jembatan Bantar gradasi ukuran butir sedimen yang terangkut di dominasi oleh sedimen ber diameter 0,105 mm sebesar 53,69 % dengan berat jenis 2,7 g/l, sedangkan pada ruas Jembatan Srandakan berdiameter 0,105 mm 35,06% dan diameter 0,075 sebesar 21,95% dgn berat jenis 2,6 g/l

dapat di simpulkan bahwa sedimen yang terbawa merupakan jenis pasir dengan lanau.

- II. Dari hasil analisis kapasitas transport sedimen dasar (*bed load*) menggunakan metode empiris di Sungai Progo, pada lokasi penelitian diketahui sebagai berikut:
- a. Hasil analisis kapasitas transport sedimen dasar metode Einstein sebagai berikut. Ruas Jembatan Bantar pada pengukuran 1 kapasitas angkutan sedimen sebesar 8,75 Ton/hari, pada pengukuran 2 sebesar 9,82 Ton/hari. Ruas Jembatan Srandakan pada pengukuran 1 kapasitas angkutan sedimen sebesar 24,56 Ton/hari. Sedangkan pada pengukuran 2 sebesar 26,61 Ton/hari.
 - b. Hasil analisis kapasitas transport sedimen dasar metode Yang's sebagai berikut. Ruas Jembatan Bantar pada pengukuran 1 kapasitas angkutan sedimen sebesar 43,79 Ton/hari, pada pengukuran 2 sebesar 66,36 Ton/hari. Ruas Jembatan Srandakan pada pengukuran 1 kapasitas angkutan sedimen sebesar 108,84 Ton/hari, pada pengukuran 2 sebesar 108,08 Ton/hari.
- III. Dari hasil analisis perhitungan sedimen di lapanga dan metode empiris dapat di tarik kesimpulan bahwa metode Einstein yang mendekati pengukuran lapangan dengan tingkat kesalahan sebesar 7,38% dari rerata persentase seluruh ruas, sedangkan metode Yang's tingkat kesalahan sebesar 421,89%.

G. DAFTAR PUSTAKA

- Capysa, U.A., (2013), *Pengaruh Erupsi Gunung Merapi 2010 Terhadap Morphologi, Angkutan Sedimen Dan Porositas Di Sungai Progo Hilir*, Tugas Akhir Program S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Soewarno, (1991), *Hidrologi Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*, Nova, Bandung.
- Harsanto, P; Ikhsan, J; Pujiyanto A; Fitriadin, A; Kuncoro (2015). *Karakteristik Bencana Sedimen Pada Sungai Vulkanik*. Seminar Nasional Teknik Sipil V Tahun 2015 – UMS.
- 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.
- Br. Sri Harto., (1993). *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Ikhsan, Jazaul, dan Fahmi, Arizal , A.,(2015), *“Studi Pengaruh Banjir Lahar Dingin Terhadap Perubahan Karakteristik Material Dasar Sungai”*, Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT FGDT 2015), Universitas Muhammadiyah Makasar.

