

FENOMENA ALAMIAH EROSI DAN SEDIMENTASI SUNGAI PROGO HILIR

Tiny Mananoma¹⁾, Djoko Legono²⁾, Adam Pamudji Rahardjo³⁾

ABSTRACT

The sediment of Progo river is came from a number of tributaries originated at Merapi. In the wet seasons, the material produced by eruption in the form of volcanic sedimentation will be transported and came down to settle in the middle and downstream part of the river. The large fluctuation in stream flow has caused the intensity of transported sediment also fluctuated in accord with the changes in flow. The sediment transport mechanism is followed by the erosion (agradation) and sedimentation (degradation) processes. The existing sabo works for controlling lava has already been retained most of the eruption material, so as the inflow of sediment to Progo river has been reduced. Based on this phenomenon, it need to be examined the hydraulic characteristics and performances of the downstream part of Progo river in connection with the existing erosion and sedimentation. On the other hand, the mining of C type excavated material, conducted not bonly in the slope of Merapi, but also along the Progo river, has also made the condition worse.

A hydraulic study is conducted to understand the phenomenon of erosion and sedimentation occurred naturally in the river, disregarding the influence of human activities (such as the mining of C type excavated material). The method of study is to determine a number of sections in the downstream part of the river which has problems with erosion and sedimentation. For this purpose, it needs the data of river geometry and stream flow and sediment characteristics.

The information about the natural phenomenon is the remarkable factor from the so many influencing factors of the erosion and sedimentation processes. It is hoped that the result from this study can provide a depiction (based on hydraulic approach) about the natural phenomenon of erosion and sedimentation in the downstream of Progo river, which in turn can produce a certain paradigm for exploitation and management of Progo river as one of the much used potential water resources.

Key words : sediment characteristics, erosion, sedimentation.

PENDAHULUAN

Sungai Progo yang berhulu di gunung Sindoro, memiliki Panjang sungai utama ± 138 km, sisi barat dibatasi oleh gunung Sumbing, sisi timur oleh gunung Merbabu dan Merapi. Luas DAS $\pm 2380 \text{ km}^2$, dengan sebagian besar DAS (hulu) terletak di lereng gunung-gunung ini

¹⁾ Ir.Tiny Mananoma,MT, Mahasiswa S3 Jurusan Teknik Sipil FT-UGM

²⁾ Ir.Djoko Legono, Ph.D, Dosen Jurusan Teknik Sipil FT-UGM

³⁾ Ir.Adam Pamudji Rahardjo,M.Sc, Ph.D, Dosen Jurusan Teknik Sipil FT-UGM

menjadikan morfologi sungai Progo sangat dinamik, seiring dengan perilaku dan aktivitas dari gunung-gunung ini.

Sedimen di sungai Progo berasal dari beberapa anak sungai terutama yang berhulu di gunung Merapi. Sebagai salah satu gunung vulkanik yang masih aktif, Merapi secara periodik menghasilkan material erupsi berupa endapan vulkanik di lereng gunung. Pada musim penghujan material ini akan terangkut dan bergerak turun, yang kemudian mengisi bagian tengah serta hilir sungai. Mekanisme angkutan sedimen ini akan disertai oleh proses erosi dan sedimentasi. Sebagai hasilnya dasar sungai akan mengalami degradasi maupun aggradasi yang cukup signifikan.

Fluktuasi aliran yang cukup besar menyebabkan intensitas sedimen yang terangkut berubah-ubah sesuai perubahan debit. Keberadaan sabo works untuk pengendalian lahar telah menahan sebagian besar material hasil erupsi, sehingga suplai material sedimen ke sungai Progo menjadi berkurang.

Berangkat dari fenomena ini perlu dikaji sifat-sifat dan perilaku hidraulik sungai Progo bagian hilir, dalam hubungannya dengan proses erosi dan sedimentasi yang terjadi. Di sisi lain penambangan material galian C yang tidak hanya berlangsung di lereng Merapi, namun juga di sepanjang sungai Progo turut memperparah kondisi ini.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada sungai alamiah (*alluvial river*), tebing dan dasar sungai akan mudah tererosi, selanjutnya terangkut sebagai angkutan sedimen yang kemudian diendapkan pada suatu tempat di sebelah hilir Kironoto (2001). Barunadri (2000) melaporkan bahwa material pasir di sepanjang sungai Progo berasal dari lereng Merapi, tebing sungai serta daerah sekitar sungai yang masuk ke sungai akibat proses erosi pada musim penghujan. Hasil studi JTS FT UGM (2000), menunjukkan bahwa komposisi material dasar sungai dari hulu ke hilir sebagian besar berupa

pasir diikuti lumpur. Menurut studi Barunadri (2000), material yang mencapai hilir sungai berdiameter kecil dan seragam. Hasil kajian Indra Karya (1999), mendeskripsikan karakteristik sedimen di sungai Progo dari hulu ke hilir.

Proses erosi dan sedimentasi sangat berpengaruh terhadap keseimbangan konfigurasi dasar sungai. Menurut Suwartha (2001), faktor pembentuk konfigurasi dasar sungai sangat dipengaruhi oleh kecepatan, lama pengaliran serta kedalaman aliran. Dengan mencermati material dasar dan kondisi aliran dapat memprediksi kemungkinan terjadinya sedimentasi dan erosi / gerusan di dasar sungai pada lokasi tertentu di alur sungai ((Barunadri,2000).

Beberapa perubahan dalam fenomena transpor sedimen dan air telah diasumsikan sebagai penyebab degradasi di sepanjang sungai Progo bagian hilir, JTS FT UGM (2000).

Tergerusnya dasar sungai pada pondasi jembatan Srandakan serta turunnya elevasi dasar sungai pada mulut pengambilan *intake* Sapon merupakan gambaran kondisi kritis dari degradasi yang terjadi (Indra Karya,1999).

Dari beberapa laporan / studi, maupun literatur mengenai perkembangan konfigurasi dasar sungai Progo hilir, disebutkan bahwa kondisi alur sungai mencerminkan aliran dominan yang berlangsung dari tahun ke tahun, Suwartha (2001).

Maulani (2003) dalam penelitiannya yang menggunakan debit dominan dengan probabilitas 70% memperoleh besaran kecenderungan degradasi pada beberapa lokasi di sungai Progo hilir.

LANDASAN TEORI

Permulaan Gerak Butiran

Aliran air menimbulkan gaya-gaya aliran yang bekerja pada material sedimen, yang cenderung untuk menggerakkan / menyeret butiran material sedimen. Kondisi kritik terjadi

apabila gaya-gaya hidrodinamik yang bekerja pada suatu partikel sedimen mencapai suatu harga tertentu yang mana jika terlampaui akan menyebabkan butiran sedimen bergerak.

Yang (1996), membagi Teori pendekatan “permulaan gerak” menjadi pendekatan kecepatan oleh Hjulstrom (1935) dan pendekatan tegangan geser menurut Shield (1936). Shields menerapkan analisis dimensi dari beberapa parameter dan menciptakan diagram yang terkenal sebagai “diagram permulaan gerak butiran”.

Menurut Jansen (1979), gradasi hanya penting (berpengaruh) jika pada kondisi ekstrem ($d_{95}/d_{50} > 5$). Untuk gradasi sedang (rata-rata) ukuran partikel relatif memberikan suatu kesamaan pada tegangan geser kritik untuk berbagai fraksi. Dalam menyatakan derajat ketidakseragaman butiran (Yang,1996) ada beberapa istilah yang biasa digunakan untuk menggambarkan distribusi ukuran partikel / butiran sebagai berikut :

1. Diameter median (*median diameter*)

Ukuran dari sedimen yang mana 50% dari sampel adalah lebih halus.

2. Ukuran geometrik rata-rata (*geometric mean size*) $\rightarrow d_g$

$$d_g = \sqrt[15.9]{d_{84.1}^{15.9}} \quad (1)$$

3. Standar deviasi geometrik (*geometric standard deviation*) $\rightarrow \sigma_g$

$$\sigma_g = \left(\frac{d_{84.1}}{d_{15.9}} \right)^{1/2} \quad (2)$$

4. Koefisien gradasi (*gradation coefficient*) $\rightarrow G$

$$G = \frac{1}{2} \left(\frac{d_{84.1}}{d_{50}} + \frac{d_{50}}{d_{15.9}} \right) \quad (3)$$

Prinsip Dasar

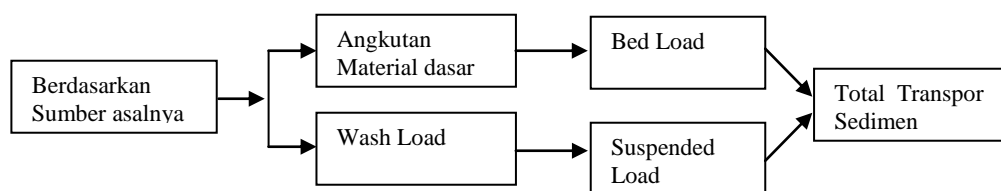
Prinsip dasar angkutan sedimen yaitu untuk mengetahui perilaku sedimen pada kondisi tertentu apakah terjadi keadaan seimbang, erosi, maupun sedimentasi. Juga untuk memprediksi kuantitas angkutan sedimen pada proses tersebut. Proses yang terjadi secara alami ini kuantitasnya ditentukan oleh gaya geser aliran serta diameter butiran sedimen.

Angkutan sedimen dapat menyebabkan terjadinya perubahan dasar sungai. Angkutan sedimen pada suatu ruas sungai yang dibatasi oleh tampang 1 dan 2 akan mengalami erosi atau pengendapan tergantung dari besar kecilnya angkutan sedimen yang terjadi sebagaimana yang dijelaskan berikut ini.

Tabel 1. Klasifikasi kondisi dasar sungai

Angkutan Sedimen, (T)	Perubahan dasar sungai	
	Sedimen	Dasar
$T_1 = T_2$	Seimbang	Stabil
$T_1 < T_2$	Erosi	Degradasi
$T_1 > T_2$	Sedimentasi	Agradasi

Klasifikasi Angkutan Sedimen



Gambar 1. Pembagian sedimen berdasarkan sumber asal dan mekanisme transpor
Sumber : Kinori,B.Z,(1984).

Keberadaan *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar. *Suspended load* dapat dipandang sebagai material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butiran halus. Besar kecilnya angkutan sedimen sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat material sedimen, dasar sungai dan karakteristik dari aliran yang terjadi.

Angkutan Sedimen Dasar (*Bed Load*)

Rumus-rumus untuk angkutan sedimen dasar, pada umumnya dikembangkan dari pemahaman bahwa kapasitas angkutan sedimen sungai di sepanjang dasar adalah berbanding lurus dengan perbedaan tegangan geser didasar dengan tegangan geser kritik yang dibutuhkan sehingga dapat menggerakkan partikel sedimen.

Ada beberapa persamaan angkutan sedimen yang cukup terkenal dan sering dipergunakan untuk memprediksi angkutan sedimen dasar (*bed load*), diantaranya persamaan Meyer-Peter dan Muller (1948), Einstein (1950), Frijlink (1952).

Rumus Meyer-Peter dan Muller (1948)

$$\gamma R_h (k/k')^{3/2} S - 0,047 (\gamma_s - \gamma) d_m = 0,25 (\gamma/g)^{1/3} (qb')^{2/3} \quad (4)$$

dengan :

d_m = diameter signifikan (representatif) bervariasi antara d_{50} - d_{60}

R_h = jari-jari hidraulik (untuk sungai yang sangat lebar R_h = kedalaman aliran)

qb' = berat angkutan sedimen dasar di dalam air persatuan waktu persatuan lebar (ton/m.det)

k/k' = ripple faktor

Rumus Meyer-Peter dan Muller (MPM) diperoleh secara empirik, dianggap cukup baik untuk memprediksi angkutan sedimen di sungai, karena range data yang digunakan sangat besar. Dikembangkan untuk sedimen seragam dan tidak seragam, serta memperhitungkan adanya faktor gesek yang disebabkan oleh pengaruh bentuk gelombang (*form roughness*) dan pengaruh ukuran butiran (*grain roughness*).

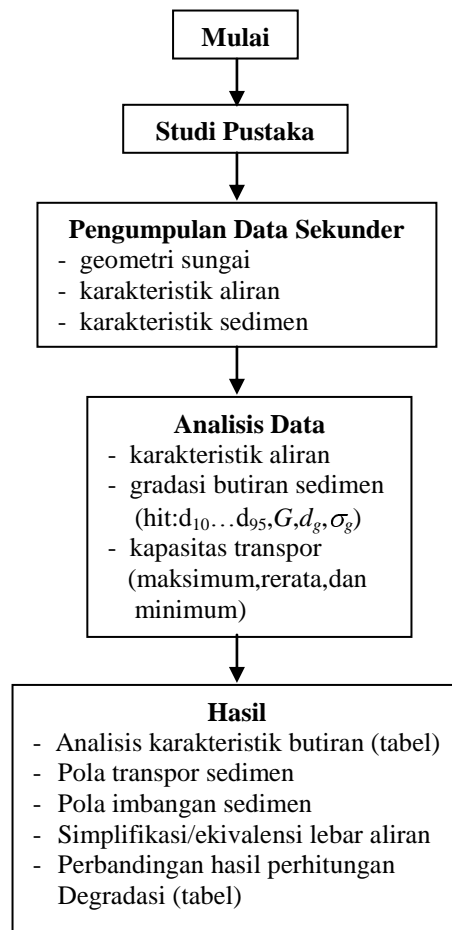
Karakteristik Aliran

Dalam beberapa hal regim aliran pada sungai alluvial berbeda dengan saluran. Perbedaan yang paling penting antara dua hal ini yaitu, saluran dirancang untuk mengalirkan debit yang hampir konstan, sedangkan sungai alluvial mengalirkan debit yang sangat bervariasi dengan membawa muatan sedimen. Selama aliran rendah angkutan sedimen bisa jadi sedikit. Untuk

aliran tinggi sungai bisa mengangkut muatan sedimen yang tinggi dengan ukuran sedimen dalam range yang lebih luas. Variasi yang beragam pada aliran sungai seperti ini membawa kesulitan dalam memilih suatu debit yang mewakili dalam mempelajari karakteristik aliran (sungai).

Dalam memilih sebuah debit yang mewakili, masing-masing peneliti mengusulkan cara yang berbeda-beda. Berikut ini beberapa definisi debit dominan. Menurut Garde, R.J. dkk. (1977) debit dominan adalah hipotetik debit tetap (*steady*) yang akan memberikan hasil yang sama (untuk ukuran saluran rerata) yang sesungguhnya pada berbagai debit. Sedangkan menurut Blench (1956) apabila kejadiannya $\geq 50\%$. English (1947) mendefinisikan sebagai suatu debit pada saluran yang terjadi / berulang setiap tahun.

METODOLOGI



Gambar 2. Bagan alir pelaksanaan kajian

Metode kajian dilakukan dengan menetapkan ruas sungai di bagian hilir (Jemb.Bantar – muara) yang mengalami problem erosi ataupun sedimentasi. Data geometri, karakteristik aliran dan karakteristik sedimen sungai Progo didapatkan dari hasil studi / pengukuran yang telah dilakukan terdahulu. Data pada masing-masing titik pengamatan selanjutnya diproses untuk mendapatkan gambaran fenomena erosi dan sedimentasi yang terjadi secara alamiah di sungai, dengan tidak mempertimbangkan pengaruh campur tangan manusia (yang antara lain berupa kegiatan penambangan material galian C).

HASIL DAN PEMBAHASAN

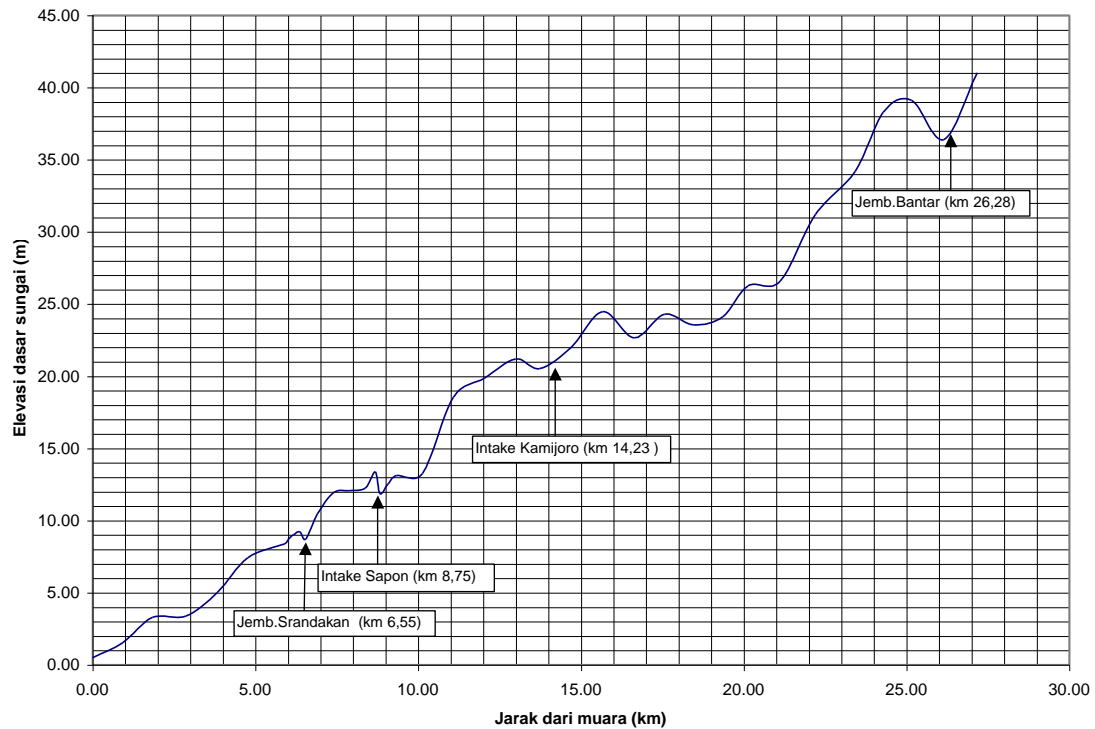
Dari data Indra Karya (1999), dicoba menganalisis karakteristik butiran sedimen pada beberapa titik pengamatan.

Tabel 2. Analisis karakteristik butiran sedimen

No.	Lokasi	D ₁₀	D _{15,9}	D ₃₀	D ₅₀	D ₆₀	D _{84,10}	D ₉₀	D ₉₅	D _{95/D₅₀}	D _g	G	σ _s	Keterangan	
		(mm)										Jenis	Gradasi ukuran butiran		
1	Kali Progo, hilir jemb.Bantar	0.12	0.14	0.17	0.25	0.30	0.50	0.60	0.80	3.20	0.26	1.89	1.89	pasir	pada range yang kecil
2	Kali Progo, hilir intake Kamijoro (penambangan pasir)	0.28	0.34	0.50	0.70	0.90	3.50	5.00	7.00	10.00	1.09	3.53	3.21	pasir	pada range yang besar dengan kondisi ekstrem
3	Kali Progo, hilir intake Kamijoro	5.00	5.50	6.20	7.00	7.80	9.00	9.30	9.50	1.36	7.04	1.28	1.28	kerikil	pada range yang kecil
4	Kali Progo, Kaliwiru (hulu intake Sapon)	0.17	0.20	0.48	1.80	4.00	7.20	8.00	9.00	5.00	1.20	6.50	6.00	pasir	pada range yang besar
5	Intake Sapon	0.34	0.45	0.60	1.06	1.50	4.80	6.00	8.00	7.55	1.47	3.44	3.27	pasir	pada range yang besar dengan kondisi ekstrem
6	muara kali Progo	0.44	0.48	0.50	0.60	0.63	0.78	0.80	0.90	1.50	0.61	1.28	1.27	pasir	pada range yang kecil

Hasil yang diperoleh berupa nilai ukuran geometrik rerata (d_g), koefisien gradasi (G), serta standar deviasi geometric (σ_g), menginformasikan bahwa di sekitar hilir jembatan Bantar, hilir intake Kamijoro dan muara kali Progo gradasi ukuran butiran sedimen dapat dikategorikan dalam range yang kecil, dengan diameter median < 1,00 mm, kecuali untuk hilir intake kamijoro yang memiliki diameter median = 7,00 mm. Gradasi ukuran butiran sedimen dengan range besar ditemukan disekitar hilir intake kamijoro (penambangan pasir), hulu intake Sapon serta intake

Sapon. Gradasi dengan kondisi ekstrem malahan di hilir intake kamijoro (penambangan pasir), dan intake Sapon. seperti yang tertera pada Tabel 2.

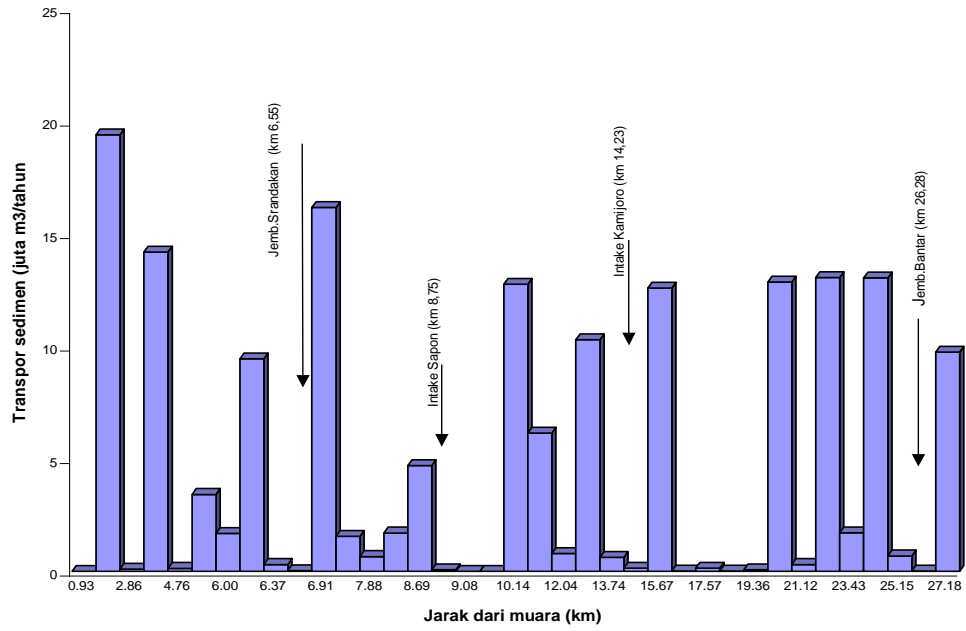


Gambar 3. Tampang memanjang sungai Progo hilir

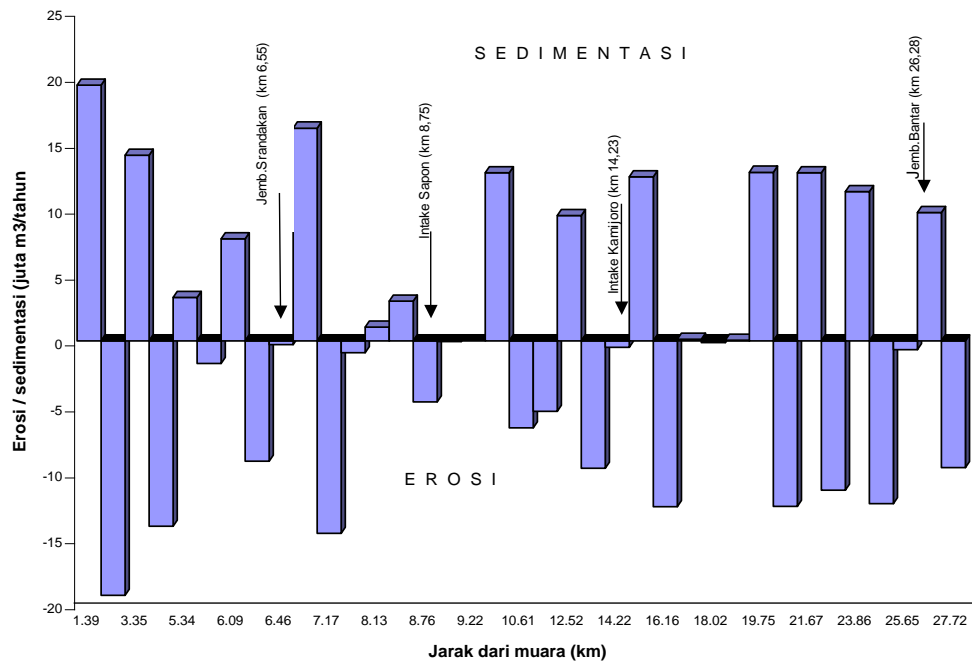
Sumber : Indra Karya,(1999)

Berangkat dari informasi analisis karakteristik butiran, selanjutnya dilakukan kajian terhadap data angkutan sedimen yang terjadi. Perhitungan kapasitas transpor menggunakan debit normal serta persamaan transpor Meyer-Peter dan Muller.

Kapasitas transpor sedimen pada setiap penampang melintang yang ditinjau, digunakan untuk menentukan lokasi yang mengalami erosi ataupun sedimentasi seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4. Meskipun merupakan besaran sesaat, namun dapat digunakan untuk mengetahui keseimbangan alur di hilir sungai Progo (Gambar 5).

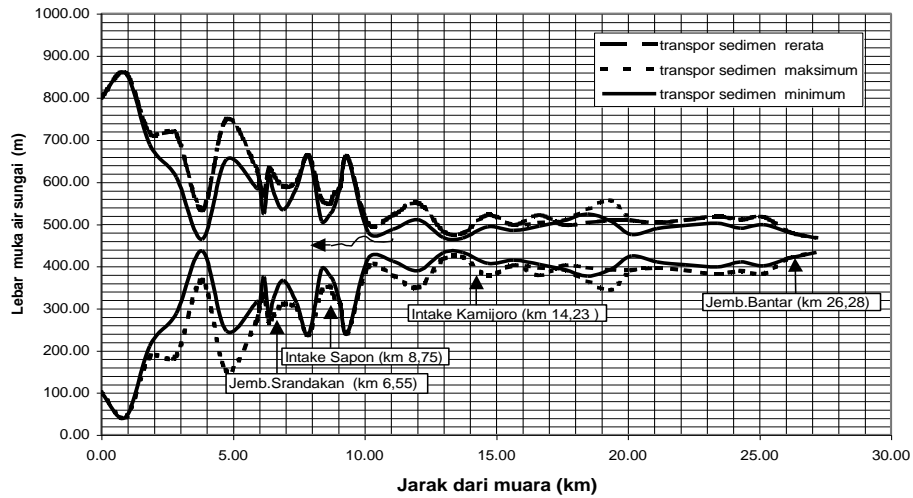


Gambar 4. Pola transpor sedimen di sungai Progo hilir



Gambar 5. Pola imbanan sedimen di sungai Progo hilir

Dengan asumsikan bahwa aliran mengikuti as sungai yang lurus, informasi mengenai lebar aliran (muka air) yang terjadi pada kondisi transpor sedimen maksimum, minimum, maupun rerata diberikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Simplifikasi / ekuivalensi lebar aliran di sungai Progo hilir

Tampak bahwa lebar aliran untuk kondisi transpor sedimen maksimum dan rerata tidaklah jauh berbeda, namun transpor minimum terjadi pada lebar aliran yang lebih sempit. Fenomena ini dapat dipahami karena kapasitas transpor memungkinkan terjadinya erosi atau sedimentasi. Hal ini berdampak terhadap hidraulika aliran, yang pada akhirnya mengakibatkan perubahan kapasitas transpor. Penelitian mengenai sedimen di sungai Progo telah banyak dilakukan. Perbandingan hasil kajian terhadap penelitian terdahulu adalah sebagai berikut ini.

Tabel 3. Perbandingan analisis degradasi terhadap penelitian terdahulu

No	Lokasi	Perbandingan Hasil Analisis Degradasi				
		Maulani		Kajian yang dilakukan		Keterangan
		Degradasi m^3 / hari	Penurunan dasar sungai cm / thn	Degradasi m^3 / hari	Penurunan dasar sungai cm / thn	

1.	Jemb. Bantar	0,675	20,00 #	1839	724,72	* dari hasil analisis tidak terdapat angkutan sedimen. Kecenderungan degradasi sebagai akibat kegiatan penambangan
2.	Intake Kamijoro	0,563	0,91	1319	1018,37	
3.	Intake Sapon	531 *	57,00	1795	155,71	
4.	Jemb. Srandakan	2253 *	33,00	69,00	0,78	

Perbedaan hasil analisis bisa disebabkan oleh beberapa faktor antara lain seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Perbedaan penggunaan data dalam analisis

No.	Penelitian	Perbedaan Data	
		Debit pada Perhitungan Angkutan Sedimen	Pengukuran Geometri Sungai
1.	Maulani	Debit dominan, probabilitas 70% terlampaui (data Jan 1996 s/d Mei 2000)	Tahun 1996 dan 2000
2.	Kajian yang dilakukan	Debit normal (data 1975 s/d 1982) dengan probabilitas 50%	Tahun 1996

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari kajian dan pembahasan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar kecilnya angkutan sedimen sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat material sedimen, dasar sungai dan karakteristik dari aliran yang terjadi.
2. Transpor dan sifat sedimen sangat mempengaruhi kondisi morfologi sungai secara keseluruhan.
3. Belum tercapai kondisi seimbang antara proses erosi dan sedimentasi, sehingga pada beberapa lokasi terjadi aggradasi dan degradasi dasar sungai yang cukup signifikan.
4. Pemilihan dan penggunaan data serta metode perhitungan sangat mempengaruhi akurasi hasil analisis terhadap kondisi di lapangan.

Saran

Masih banyak hal-hal yang menarik untuk dikaji berkaitan dengan fenomena erosi dan sedimentasi yang terjadi di daerah hilir. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kapasitas transpor sedimen yang tidak terdeteksi pada beberapa penampang melintang.

DAFTAR PUSTAKA

- Barunadri, 2000, *Pengukuran Fluktuasi Dasar Sungai dan Monitoring Gerakan sedimen K.Boyong dan K.Progo Hilir*, Laporan Akhir,PT.Barunadri Engineering Consultant.
- Garde,R.J.,and Ranga Raju,K.G.,1977, *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems*,Willey Eastern Limited, New Delhi, pp.273-275.
- Graf,W.H,1984, *Hydraulics of Sediment Transport*, Water Resources Publication, Littleton, Colorado 80161, U.S.A, pp.139-151.
- Indra Karya, 1999, *Survey Imbangan dan Pengelolaan Sedimen K.Progo*, Laporan akhir, PT.Indra Karya Consulting Engineers.
- Jansen,P.Ph.,*et al*,1979, *Principles of River Engineering, The non Tidal Alluvial River*, Pitman Publishing Limited, London, pp.83-90.
- JTS, FT UGM., 2000, *Initial Environmental and Related Condition Study for the Study on Lower Basin of Kali Progo*, Final Report, Civil Engineering Departement, Faculty Engineering, Gadjah Mada University.
- Kironoto,B.A, 2001, *Teknik Sedimen*, Proposal Lecture Note, JTS,UGM, Yogyakarta
- Kinori,B.Z.,and Mevorach,J.,1984, *Manual of Surface Drainage Engineering*, Vol.II, Stream Flow Engineering and Flood Protection,Elsevier Science Publishers B.V, pp.243.
- Maulani,A.,2003, *Migrasi Sedimen Kali Progo Ruas Jembatan KebonAgung-Trisik*, Tesis, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Suwartha,N., 2001, *Kajian Hidraulis Pola Angkutan Sedimen Sungai Progo Bagian Hilir*, Tesis, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Yang,C.T., 1996, *Sediment Transport Theory and Practice*, The McGraw-Hill Company,Inc,Singapore, pp. 10-14, 96-109.

FENOMENA ALAMIAH EROSI DAN SEDIMENTASI SUNGAI PROGO HILIR

Tiny Mananoma¹⁾, Djoko Legono²⁾, Adam Pamudji Rahardjo³⁾

JURNAL DAN PENGEMBANGAN KEAIRAN
No.1-TAHUN 10-JULI 2003
LABORATORIUM PENGALIRAN
JTS FT UNIVERSITAS DIPONEGORO
JL.PROF.H.SOEDARTO,SH. TEMBALANG, SEMARANG.

DAFTAR PUSTAKA

- Barunadri, 2000, *Pengukuran Fluktuasi Dasar Sungai dan Monitoring Gerakan sedimen K.Boyong dan K.Progo Hilir*, Laporan Akhir,PT.Barunadri Engineering Consultant.
- Garde,R.J.,and Ranga Raju,K.G.,1977, *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems*,Willey Eastern Limited, New Delhi, pp.273-275.
- Graf,W.H,1984, *Hydraulics of Sediment Transport*, Water Resources Publication, Littleton, Colorado 80161, U.S.A, pp.139-151.
- Indra Karya, 1999, *Survey Imbangan dan Pengelolaan Sedimen K.Progo*, Laporan akhir, PT.Indra Karya Consulting Engineers.
- Jansen,P.Ph.,*et al*,1979, *Principles of River Engineering, The non Tidal Alluvial River*, Pitman Publishing Limited, London, pp.83-90.
- JTS, FT UGM., 2000, *Initial Environmental and Related Condition Study for the Study on Lower Basin of Kali Progo*, Final Report, Civil Engineering Departement, Faculty Engineering, Gadjah Mada University.
- Kironoto,B.A, 2001, *Teknik Sedimen*, Proposal Lecture Note, JTS,UGM, Yogyakarta
- Kinori,B.Z.,and Mevorach,J.,1984, *Manual of Surface Drainage Engineering*, Vol.II, Stream Flow Engineering and Flood Protection,Elsevier Science Publishers B.V, pp.243.
- Maulani,A.,2003, *Migrasi Sedimen Kali Progo Ruas Jembatan KebonAgung-Trisik*, Tesis, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suwartha,N., 2001, *Kajian Hidraulis Pola Angkutan Sedimen Sungai Progo Bagian Hilir*, Tesis, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

¹⁾ Ir.Tiny Mananoma,MT, Mahasiswa S3 Jurusan Teknik Sipil FT-UGM

²⁾ Ir.Djoko Legono, Ph.D, Dosen Jurusan Teknik Sipil FT-UGM

³⁾ Ir.Adam Pamudji Rahardjo,M.Sc, Ph.D, Dosen Jurusan Teknik Sipil FT-UGM

Yang,C.T., 1996, *Sediment Transport Theory and Practice*, The McGraw-Hill Company,Inc,Singapore, pp. 10-14, 96-109.

Dipublikasikan dalam :
Jurnal dan Pengembangan KEAIRAN,
No.1-Tahun 10 - Juli 2003,
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro -semarang.
TERAKREDITASI

Identitas Jurnal Ilmiah	:	a. Nama Jurnal	: Jurnal dan Pengembangan KEAIRAN
		b. Nomor/Volume	: No.1-Tahun 10
		c. Edisi (bulan/tahun)	: Juli 2003
		d. Penerbit	: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro - Semarang
		e. Jumlah halaman	: 70