

KAJIAN HIDROLIS PENURUNAN ELEVASI DASAR SUNGAI TERHADAP BENDUNG KARET JATIMLEREK KABUPATEN JOMBANG

Suhudi

PS. Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang

Abstract

Rubber Dam of Jatimlerek the including River Brantas of region middle, having wide 160 m divided 6 hole equipped that apron floor its down stream with length 12 m made of concrete. Problems that happened are well not balanced of bad material of river effect of barrage where bad material supply of river of upstream dam a little. As well as following with activity mining of sand. Impact that emerges is happened degradation of river bed especially at down stream apron floor, so that can lengthen hydraulic jump and impact scouring in down stream dam. Aim of this research is to get picture how far influence of degradation of river bed to the rubber dam which evaluated from facet of hydraulic. Result of analysis indicate that device floods control 100 year equal to 893,201 m³/s impact of hydraulic jump able to have an effect on to bad material stability river. Tractate force that happened exceed which is permitted causing movement of bad material of river and shown with existence of scouring bad of river in down stream dam in 1,97 m. Scouring river bed is also proved with analysis transportation of sediment that is KB 84 < KB 84-100 < KB 84-200. Scouring bad of river that happened continuously can influence stability dam and can generate damage (collapse) at apron floor dam.

Key words: hydraulic jump, degradation, damage dam

Pendahuluan

Suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai. Salah satu perilaku sungai adalah aspek morfologinya yang dapat berubah secara dinamis. Hal ini disebabkan oleh perubahan pola aliran, proses transportasi sedimen, kondisi geologi dan aktivitas manusia (Sosrodarsono, 1994).

Sungai Brantas mempunyai panjang ± 320 km dan luas daerah pengalirannya sebesar ± 12.000 km² yang mengalir

dari mata air di kaki Gunung Arjuno di Desa Sumber Brantas menuju selatan melewati Kota Malang mengelilingi Gunung Kelud lalu melalui Kota Wlingi, Blitar, Tulungagung, Kediri, Kertosono sampai ke Kota Mojokerto. Di Kota Mojokerto, Sungai Brantas bercabang dua yaitu Sungai Surabaya dan Sungai Porong yang keduanya bermuara di Selat Madura. Sungai Brantas dalam pembagian wilayah pengaliran terbagi atas Brantas Hulu, Brantas Tengah dan Brantas Hilir (Anonymous, 1991).

Bendung adalah bangunan air yang dibangun melintang sungai berfungsi untuk menaikkan elevasi muka air sungai guna mengalirkannya ke sawah melalui sistim irigasi (Mawardi dan Memed, 2004). Menurut Sosrodarsono (1994), berdasarkan konstruksinya bendung dapat diklasifikasikan dalam bendung tetap dan bendung gerak. Bendung karet termasuk dalam tipe bendung gerak. Bendung karet sangat efektif digunakan pada sungai yang mempunyai daerah yang relatif datar karena tidak memerlukan tanggul penahan banjir (Supriyanto, 1999). Bendung Karet Jatimlerek dibangun pada tahun 1991 terletak di Desa Jatimlerek Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang yang termasuk wilayah Brantas Tengah. Bendung Karet Jatimlerek memiliki lebar 160 m terbagi 6 pias bendung karet mulai bentang 6,5 m (pias nomor 1) sampai yang terbesar 68,75 m (pias nomor 6) dan di hilirnya dilengkapi lantai apron dengan ketebalan 0,9 m sepanjang 12 m terbuat dari beton yang berfungsi untuk mengurangi energi loncatan air setelah melimpah di atas mercu bendung karet (Anonymous, 1991).

Permasalahan yang terjadi adalah ketidakseimbangan material dasar sungai akibat pembendungan dimana suplai material dasar sungai dari hulu bendung sedikit. Hal ini diikuti dengan aktivitas penambangan pasir. Material dasar sungai di hilir Bendung Karet Jatimlerek berupa pasir yang berkualitas cukup baik sebagai bahan bangunan. Kondisi di lapangan menunjukkan bahwa terjadi penambangan pasir (galian C) secara berlebihan hampir mencapai ± 150 dump truk setiap hari.

Dampak yang muncul dengan adanya ketidakseimbangan material dasar sungai tersebut adalah terjadi penurunan elevasi dasar sungai terutama

di hilir lantai apron Bendung Karet Jatimlerek. Penurunan tersebut berpengaruh pada semakin panjang loncatan air setelah melalui bendung sehingga memperdalam gerusan di hilir lantai apron dan dapat menimbulkan lantai apron patah. Perlu dilakukan kajian secara hidrolis dengan adanya penurunan elevasi dasar sungai yang berpengaruh terhadap keberadaan Bendung Karet Jatimlerek Jombang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh penurunan elevasi dasar sungai terhadap bendung karet tersebut dengan harapan dapat dijadikan acuan dalam penentuan bangunan perlindungan dasar sungai sebagai langkah penanganannya guna menjaga keseimbangan material dasar sungai.

Metode Penelitian

Situasi Lokasi

Tipe Bendung Karet Jatimlerek termasuk bendung karet yang berisi udara, terletak pada patok nomor KB. 84+100 dari muara. Fungsi utama bendung tersebut adalah menaikkan elevasi muka air Sungai Brantas guna mengalirkannya ke sawah melalui sistim irigasi sebesar $1,93 \text{ m}^3/\text{dt}$ untuk mengairi sawah seluas 1.582 ha yang berada di sisi kiri sungai. Tinggi bendung 1,85 m dengan ketebalan air di atas mercu 0,3 m.

Berdasarkan hasil analisis ukuran butiran yang dilakukan *Dinas Pekerjaan Umum, Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Brantas*, menunjukkan bahwa ukuran butiran material dasar sungai yang berada di sekitar bendung yaitu $d_{50} = 0,35 \text{ mm}$ dan $d_{90} = 2,21 \text{ mm}$. Secara geologi, litologi sungai pada lokasi sekitar bendung adalah sungai alluvial yang material dasarnya berupa kerikil halus (Anonymous, 1991).

Hidrologi Sungai

Soemarto (1987) menyatakan bahwa debit banjir rancangan merupakan debit banjir terbesar tahunan dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah. Metode Log Pearson Type III adalah metode yang digunakan untuk menganalisis banjir dengan mengkonversikan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmis.

$$\text{Log } Q_T = \text{Log } Q + G.S$$

dimana :

Log Q	=	Rata-rata logaritma data
G	=	Koefisien frekuensi
S	=	Simpangan baku data

Hidrolika Sungai

Sungai pada umumnya mempunyai bentuk penampang tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk parabola sampai trapesium. Bentuk yang paling umum untuk sungai berdinding tanah dan tidak dilapisi adalah bentuk trapesium. Chow (1997) menunjukkan bahwa debit pada suatu penampang saluran untuk sembarang aliran dinyatakan dengan :

$$Q = V \times A$$

dimana :

V	=	Kecepatan aliran (m/dt)
A	=	Luas penampang melintang tegak lurus arah aliran (m ²)

Dalam sebagian persoalan aliran *tunak*, debit dianggap tetap sepanjang bagian sungai yang lurus, dengan kata lain aliran bersifat kontinyu sehingga diperoleh :

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 = A_n \times V_n$$

Dimana indeks menunjukkan penampang sungai yang berlainan artinya pada titik tinjau yang berbeda persamaan di atas merupakan suatu persamaan kontinuitas (Chow, 1997).

Akibat pembendungan akan terjadi perubahan muka air secara lambat laun pada arah hulu. Analisis profil aliran berubah lambat laun (*gradually varied flow*) pada dasarnya merupakan penyelesaian persamaan dinamis dari aliran berubah lambat laun dengan tujuan dapat menentukan bentuk profil muka air.

Metode tahapan standar sering dipakai pada sungai yang tidak prismatis dimana elemen hidrolisnya tergantung pada jarak di sepanjang sungai tersebut. Metode ini biasanya dibuat berdasarkan perhitungan coba-coba dengan penentuan kedalaman aliran di tiap *cross section*.

Bila air mengalir di sungai, timbul gaya yang bekerja dalam arah aliran pada dasar sungai. Gaya ini merupakan tarikan pada luas basah disebut gaya seret (*tractive force*). Nilai rata-rata gaya seret persatuan luas basah atau disebut gaya seret satuan (τ_o) adalah sebagai berikut (Chow, 1997) :

$$\tau_o = \gamma w \times R \times I$$

dimana :

γw	=	Berat jenis air (kg/m ³)
R	=	Jari jari hidrolis (m)
I	=	Kemiringan dasar sungai

Selama *tractive force* $\tau_o < \tau_{o_{Cr}}$ maka belum terjadi gerakan pada butiran dan jika $\tau_o > \tau_{o_{Cr}}$ terjadi gerakan pada butiran yang dinamakan *sediment transport*, dimana $\tau_{o_{Cr}}$ adalah tegangan geser kritis. Gaya penahan yang ditimbulkan oleh air mengalir berbeda-beda sesuai dengan ukuran butiran dan distribusi ukuran pada sedimen.

Sosrodarsono (1994) menyebutkan bahwa dalam mengevaluasi dasar sungai pada perencanaan sungai yang bersifat peka erosi, stabilitas dasar sungai sangat tergantung pada bahan pembentuk sungai. Sungai tanpa lapisan biasanya peka erosi kecuali sungai pada batuan keras, misal batu padas. Dalam

pembahasan sungai yang peka erosi dipakai dua metode pendekatan yaitu pendekatan metode kecepatan yang diijinkan dan metode gaya seret.

Transportasi Sedimen

Priyantoro (1987) menyatakan bahwa sungai dalam keadaan seimbang jika jumlah sedimen yang masuk melewati suatu penampang tetap sama dengan jumlah sedimen yang keluar pada satu satuan waktu tertentu. Pengetahuan transportasi sedimen bertujuan untuk mengetahui suatu sungai dalam keadaan penggerusan (*scouring*), pengendapan (*sedimentasi*) atau mengalami seimbang (*equilibrium transport*).

Kedalaman gerusan dapat dihiung dengan menggunakan *Formula Lacey* adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1998) :

$$d_s = 0,473 (Q/f)^{1/3}$$

dimana :

- dQ = Debit banjir rancangan (m³/dt)
- f = Faktor endapan (*Lacey's silt factor*)
= 17,6 (D)^{1/2}
- D = Diameter rata-rata butiran dalam lapisan sungai (mm)

Perubahan morfologi sungai mengakibatkan perubahan perilaku aliran yang menimbulkan perubahan kapasitas angkutan sedimen. Metode yang dipakai adalah Metode Meyer Peter Muller (Priyantoro, 1987) :

$$S = \Phi (g \times \Delta \times D^3)^{1/2}$$

dimana :

- Φ = Intensitas angkutan sedimen
- g = Gravitasi (9,81 m/dt²)
- Δ = Delta intensitas pengaliran
- D = Diameter butiran (mm)

Hasil dan Pembahasan

Debit banjir rata-rata harian maksimum tahunan mulai tahun 1991 – 2005

dianalisis untuk mendapatkan debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun sebesar 893,201 m³/dt. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan uji distribusi frekuensi yang dipakai, artinya mengetahui kebenaran hasil pengamatan dengan Log Pearson Type III yang dipakai sebagai metode analisis secara teoritis.

Pengujian ini dilakukan dengan dua metode yaitu Smirnov Kolmogorov dan Chi Kwadrat. Uji Smirnov Kolmogorov dengan derajat signifikansi (α) = 5% banyaknya data (n) = 15 diperoleh delta kritis (ΔCr) = 34%. Hasil pengujian diperoleh delta P (ΔP) = 19,5% dengan demikian $\Delta P < \Delta Cr$. Uji Chi Kwadrat dengan derajat signifikansi (α) = 5% derajat kebebasan (DK) = 2 diperoleh $X^2 Cr = 5,991\%$. Hasil pengujian diperoleh X^2 hitung = 3,333% dengan demikian X^2 hitung < $X^2 Cr$. Jadi penyebaran data yang ada telah memenuhi (sesuai) dengan menggunakan distribusi frekuensi Log Pearson Type III.

Analisis profil muka air guna mengetahui potongan memanjang aliran di hilir bendung dilakukan dengan menggunakan metode tahapan standar. Konsep dasar analisis ini adalah energi pada penampang 1 akan sama dengan jumlah tinggi energi pada penampang 2 ditambah kehilangan tinggi (hf) diantara kedua penampang tersebut. Hasil analisisnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Analisis gaya seret dilakukan pada KB 84 karena perilaku alirannya berpengaruh langsung terhadap kestabilan material dasar sungai dengan adanya loncatan air setelah melalui mercu bendung.

Tabel 1. Analisis Profil Muka Air di Hilir Bendung

Titik	h (m)	El.Dsr (m)	b (m)	A (m ²)	V (m/dt)	V ² /2g (m)	V ² /2g+ El MA	P (m)	R (m)	R ^{4/3} (m)	Sf	Sf rata- rata	L (m)	hf (m)	Htotal (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
KB 84	8,562	19,000	180,0	154,2	0,580	0,017	27,579	197,12	7,818	15,52	0,000019				27,579
KB 84-100	5,532	22,000	177,3	980,8	0,911	0,042	27,574	188,36	5,207	9,03	0,000083	0,000051	100	0,0051	27,574
KB 84-200	1,445	25,000	164,0	237,0	3,769	0,724	27,169	166,89	1,420	1,60	0,008011	0,004047	100	0,4047	27,169

Keterangan kolom:

- | | |
|---|--|
| 1 = Titik tinjau | 9 = Keliling basah (m) |
| 2 = Tinggi muka air (m) | 10 = Jari-jari hidrolis (m) |
| 3 = Elevasi dasar sungai (m) | 11 = (10) ^(4/3) |
| 4 = Lebar dasar sungai (m) | 12 = Kemiringan dasar sungai |
| 5 = Luas penampang melintang sungai (m ²) | 13 = Kemiringan dasar sungai rata-rata |
| 6 = Kecepatan aliran sungai (m/dt) | 14 = Panjang titik tinjau (m) |
| 7 = Kehilangan tinggi pada titik tinjau awal (m) | 15 = Kehilangan tinggi pada titik tinjau akhir (m) |
| 8 = Tinggi garis energi (m) | 16 = Tinggi muka air total (m) |

Tabel 2. Analisis Kapasitas Angkutan Sedimen di Hilir Bendung

Titik	R (m)	I	V (m/dt)	C	C'	μ	Δ	Ψ	Φ	S (m ³ /dt/m)
KB 84	7,818	0,0005	0,580	9,270	83,302	0,037	1,65	0,251	0,739	0,0000195
KB 84-100	5,207	0,0005	0,911	17,847	80,125	0,105	1,65	0,474	2,232	0,0000588
KB 84-200	1,420	0,0005	3,769	141,453	69,967	2,875	1,65	3,534	52,093	0,0013723

Keterangan :

- | | |
|----------------------------------|--|
| R = Jari-jari hidrolis (m) | μ = Ripple Factor |
| I = Kemiringan dasar sungai | Δ = Delta intensitas pengaliran |
| V = Kecepatan aliran (m/dt) | Ψ = Intensitas pengaliran efektif |
| C = Nilai kekasaran Chezy | Φ = Intensitas angkutan sedimen |
| C' = Nilai kekasaran Chezy aksen | S = Kapasitas angkutan sedimen persatuan lebar |

Hasil analisis kapasitas angkutan sedimen (S) pada *cross section* KB 84 < KB 84-100 < KB 84-200, maka terjadi penggerusan dasar sungai di hilir bendung tersebut.

Hasilnya menunjukkan $\tau_o = 3,909 \text{ kg/m}^2$, berdasarkan gaya seret yang diijinkan untuk material kerikil halus dalam kondisi air yang mengandung koloidal lanau adalah $\tau = 1,563 \text{ kg/m}^2$, jadi $\tau_o > \tau$ maka terjadi gerakan material dasar sungai. Hasil analisis kedalaman gerusan menunjukkan $d_s = 1,97 \text{ m}$ untuk debit banjir rancangan kala ulang 100 tahun.

Hasil pembahasan akhir sehubungan dengan keadaan geologi dan geografi Bendung Karet Jatimlerek dan dibuktikan dengan keadaan di lapangan menunjukkan bahwa (1). Penurunan elevasi dasar sungai akibat penggerusan lokal di hilir lantai apron (2). Lantai apron patah pada bendung karet pias nomor 5 dan 6 (3). Dinding plat baja (SSP) sebagai pengarah aliran air yang ditempatkan di hilir bendung karet pada saat ini pada posisi menggantung di atas palung sungai.

Dari situasi tersebut dikawatirkan adanya aliran air melalui bawah bendung yang dapat membahayakan keberadaan bendung karena mengganggu daya dukung tanah terhadap bendung dan dapat menimbulkan bendung tersebut hancur. Sehingga perlu tindakan penanganan masalah secara teliti, terpadu dan terkoordinasi dari beberapa pihak guna mewujudkan langkah penanganannya secara optimal dan bertanggung jawab.

Kesimpulan

Perilaku aliran sungai di hilir bendung dapat menimbulkan penggerusan dasar sungai dengan kedalaman gerusan (d_s) = 1,97 m. Penggerusan dasar sungai yang terjadi secara terus-menerus dapat mempengaruhi stabilitas bendung tersebut dan dapat menimbulkan kerusakan (patah) pada lantai apron bendung. Penanganan yang mungkin

dapat dilakukan pada permasalahan ini adalah dengan perencanaan bangunan *ground sill* yang terletak di hilir Bendung Karet Jatimlerek.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Dinas Pekerjaan Umum Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Brantas yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anonymous. 1991. Laporan Akhir Bendung Karet Jatimlerek Jombang. Dinas Pekerjaan Umum Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Brantas. Surabaya.
- Chow, V.T. 1997. Hidrolika Saluran Terbuka. Erlangga. Jakarta.
- Mawardi, E. dan Memed, M. 2004. Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis. CV Alfabeta. Bandung.
- Priyantoro, D. 1987. Teknik Pengangkutan Sedimen. Unbraw. Malang.
- Soemarto, CD. 1987. Hidrologi Teknik. Usaha Nasional. Surabaya.
- Sosrodarsono, S. 1994. Perbaikan dan Pengaturan Sungai. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sosrodarsono, S. 1998. Mekanika Tanah dan Pondasi. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Supriyanto, B. 1999. Bendung Karet dan Permasalahannya. Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia. Banten.