

STUDI PENGARUH SEDIMENTASI KALI BRANTAS TERHADAP KAPASITAS DAN USIA RENCANA WADUK SUTAMI MALANG

Suroso, M. Ruslin Anwar dan Mohammad Candra Rahmanto
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang

ABSTRAK

Salah satu masalah yang dihadapi dalam pengelolaan waduk adalah masalah sedimentasi. Sedimentasi yang terjadi pada waduk dapat disebabkan akibat erosi yang terjadi pada lahan-lahan kritis yang terdapat pada daerah tangkapan waduk. Jika material sedimen yang terbentuk akibat erosi lahan tersebut masuk ke dalam aliran sungai dalam jumlah yang besar maka akan menyebabkan laju sedimen yang masuk ke dalam waduk menjadi besar bahkan akan melampaui laju sedimen rencana. Akibat sedimen yang mengendap di dasar waduk, kapasitas tampungan dan kapasitas tampungan efektif waduk akan mengalami penyusutan. Demikian juga dengan usia rencana waduk, usia rencana waduk akan mengalami percepatan pengurangan.

Metode yang digunakan dalam analisa erosi lahan adalah metode USLE (Universal Soil Loss Equation). Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap erosi lahan adalah faktor erosivitas hujan, faktor erodibilitas tanah, faktor panjang dan kemiringan lereng serta faktor pengelolaan dan pengawetan tanah. Dari analisa metode USLE didapatkan nilai erosi lahan yang terjadi sebesar 42.102.900 ton/tahun. Dengan laju sedimen sebesar 2.836.737,15 ton/tahun maka dapat diketahui besar sedimen yang terakumulasi di dasar waduk dengan menggunakan Sediment Delivery Ratio. Sediment Delivery Ratio (SDR) didapat dengan membandingkan antara laju sedimen yang masuk ke waduk dengan erosi lahan yang terjadi. Nilai SDR yang terjadi pada waduk adalah sebesar 6,73 %. Nilai SDR tersebut memberikan indikasi bahwa erosi lahan yang terjadi memberikan pengaruh terhadap akumulasi sedimen yang terjadi di dasar waduk.

Setelah mengetahui adanya pengaruh erosi lahan terhadap akumulasi sedimen yang terjadi di dasar waduk diharapkan dapat ditingkatkan lagi perbaikan tata guna lahan di daerah tangkapan waduk. Perbaikan tata guna lahan dapat menggunakan acuan tata guna lahan pada periode tahun-tahun sebelumnya dimana pada periode tahun tersebut laju sedimen yang terjadi lebih kecil atau hampir mendekati laju sedimen rencana.

Kata kunci : sedimentasi, erosi, tata guna lahan

PENDAHULUAN

Bendungan Sutami merupakan salah satu bentuk pengembangan wilayah sungai dengan tujuan untuk memanfaatkan sumber daya air. Bendungan Sutami merupakan bendungan serbaguna (*multi purpose*) yaitu sebagai pembangkit listrik tenaga air dan sebagai pengendali banjir untuk sungai Brantas bagian hilir. Bendungan Sutami selesai dibangun pada tahun 1972 dengan usia rencana 100 tahun. Waduk

Sutami memiliki luas daerah tangkapan sebesar 2.050 km² dengan kapasitas tampungan waduk sebesar 343.000.000 m³ dan tampungan sedimen rencana sebesar 90.000.000 m³. Selama waktu operasional waduk Sutami telah mengalami pengendapan sedimen dalam jumlah yang sangat besar. Akibat pengendapan sedimen tersebut dasar waduk mengalami pendangkalan. Dengan kondisi seperti ini waduk Sutami telah mengalami penyusutan kapasitas

waduk. Akibat berkurangnya kapasitas waduk, tampungan efektif waduk yang dapat dimanfaatkan untuk operasional waduk juga akan berkurang sehingga usia manfaat waduk akan mengalami percepatan pengurangan.

Mengingat bahwa waduk Sutami mempunyai fungsi sebagai pembangkit

listrik sebagai sumber energi yang sangat dibutuhkan dan sebagai pengendali banjir bagi sungai Brantas bagian hilir, adalah penting untuk mempertahankan agar waduk Sutami tetap dapat beroperasi sesuai dengan tujuan pembangunannya.

TINJAUAN PUSTAKA

Debit In Flow Tahunan

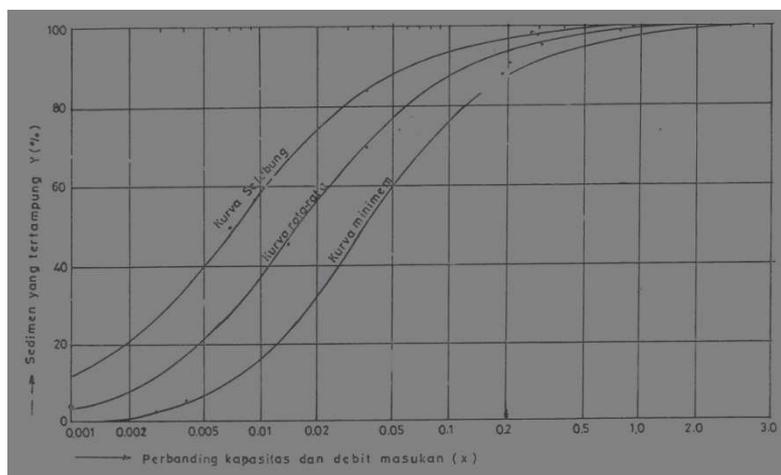
Perhitungan debit *in flow* tahunan digunakan untuk menentukan besarnya daya tangkapan waduk terhadap sedimen yang akan masuk ke dalam waduk. Debit tahunan ini didapat dari rata-rata dari beberapa periode debit tahunan yang masuk ke dalam waduk.

Efisiensi Tangkapan Waduk

Sedimen yang masuk ke waduk tidak seluruhnya terendap, ada sebagian yang diteruskan keluar. Sedimen yang berhenti di waduk dapat dihitung berdasarkan perhitungan *trap efficiency*. *Trap Efficiency* dari waduk dapat

didefinisikan sebagai rasio dari jumlah sedimen terendap terhadap total masukan sedimen. Efisiensi tangkapan waduk (*trap efficiency*) ini terutama sekali tergantung dari kecepatan jatuh partikel sedimen rata-rata aliran yang masuk pada waduk.

Suatu perkiraan dan efisiensi tampungan waduk dalam menangkap sedimen telah dibuat oleh Brune (1953) yang menghubungkan prosentase sedimen yang tertangkap terhadap rasio kapasitas waduk dan aliran masuk tahunan. Hubungan tersebut terlihat pada grafik di bawah ini : (Sumber : Linsley dkk, 1986 : 355)



Gambar 1. Grafik efisiensi tangkapan

Pengukuran Akumulasi Sedimen Di Waduk

Total volume endapan musiman atau tahunan terhadap dasar waduk yang dilewati sungai dapat ditentukan dengan cara melaksanakan pemetaan topografi waduk secara berkala, pengukuran

dilakukan pada penampang–penampang melintang waduk yang telah ditetapkan. Besaran sedimen yang masuk dan terendap di dasar waduk dihitung dengan cara membandingkan kapasitas waduk yang diukur dari dua waktu yang berlainan.

Pengukuran kapasitas waduk dapat dilaksanakan dengan cara langsung, yaitu dengan cara pemeruman (*Echo Sounding*). Prosedur pengukuran dengan metode kontur (*Contour Method*) dan atau jalur (*Range Method*). Pemilihan metode yang dipakai tergantung dari kuantitas dan distribusi sedimen, ketersediaan peta dasar, tujuan *survey* dan ketelitian yang diinginkan. Kontur menggunakan prosedur pemetaan topografi, jalur dilaksanakan dengan membuat profil melintang, pada pelaksanaannya alat duga *rope* digunakan untuk pengukuran kedalaman air waduk dan alat pemetaan topografi *teodolit* dan *waterpass* digunakan untuk bagian daratannya (daerah genangan kering).

Perhitungan Laju Sedimen

Hal yang tidak mungkin dihindari adalah bahwa masuknya aliran sungai ke dalam waduk membawa angkutan sedimen dan mengendap sehingga menyebabkan pendangkalan waduk. Pengaruh waduk terhadap aliran sungai asli adalah terhadap kecepatan aliran akan lebih lambat dan kemiringan permukaan air akan lebih kecil. Gejala tersebut menyebabkan daya angkut sungai terhadap sedimen menjadi berkurang dan cenderung mengendap di dalam waduk. Dengan demikian waduk dapat dipandang sebagai suatu media untuk mengukur angkutan sedimen total dari sungai-sungai yang alirannya masuk waduk.

Akumulasi sedimen sungai yang terendap di dalam waduk akan mengurangi kapasitas waduk. Dalam menentukan laju sedimen waduk perlu diperhatikan debit sedimen yang masuk waduk dan berat spesifik dari endapan sedimen.

Erosi dan Sedimentasi

Proses sedimentasi meliputi erosi, transportasi, pengendapan dan pemadatan dari sedimentasi itu sendiri. Proses tersebut berjalan sangat kompleks,

dimulai dari jatuhnya air hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen.

Faktor-faktor terpenting yang mempengaruhi erosi tanah adalah curah hujan, tumbuh-tumbuhan yang menutupi permukaan tanah, jenis tanah dan kemiringan tanah. Karena peranan penting dari dampak tetesan air hujan, maka tumbuhan memberikan perlindungan yang penting terhadap erosi, yaitu dengan menyerap energi jatuhnya air hujan dan biasanya mengurangi ukuran-ukuran dari butir-butir air hujan yang mencapai tanah. Tumbuh-tumbuhan dapat juga memberikan perlindungan mekanis pada tanah terhadap erosi.

Karena sedimen merupakan kelanjutan dari proses erosi maka faktor-faktor yang mempengaruhi erosi sedimen juga merupakan faktor yang mempengaruhi sedimen di lahan, tetapi sedimen di sungai masih dipengaruhi pula oleh karakteristik hidrolik sungai, penampang sedimen dan kegiatan gunung berapi. Jumlah sedimen yang terangkut aliran sungai ditentukan oleh rantai erosi pengangkutan sedimen, muka pengangkutan sedimen dan produksi sedimen dipengaruhi oleh keadaan topografi, sifat tanah penutup tanah, laju dan jumlah limpasan permukaan, juga sumber sedimen, sistem pengangkutan, tekstur tanah dan sifat daerah aliran sungai, luas topografi, bentuk dan kemiringan tanah.

Pendugaan Besarnya Erosi

Ada beberapa cara dalam melakukan pendugaan besarnya erosi baik secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa peneliti menduga besarnya erosi yang terjadi di suatu

tempat dengan cara menampung aliran permukaan pada setiap saat turunnya hujan. Selanjutnya berdasarkan curah hujan dilakukan penafsiran terhadap erosi yang sesungguhnya yang terjadi di daerah tersebut. Disamping itu ada yang melakukan pendugaan besarnya erosi dengan mengukur besarnya muatan suspensi yang terbawa aliran sungai di daerah tersebut pada saat terjadinya hujan.

Faktor Erosivitas

Faktor erosivitas hujan dievaluasi dari kemampuan curah hujan menimbulkan erosi pada tanah yang tidak terlindungi. Kehilangan tanah dari plat tanah yang dibiarkan mempunyai korelasi yang tinggi dengan karakteristik hujan, yaitu energi curah hujan maksimum selama 30 menit.

Besarnya curah hujan, intensitas hujan dan penyebaran hujan menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kekuatan aliran permukaan serta erosi. Sedangkan sifat-sifat hujan yang berpengaruh terhadap erosi adalah jumlah, intensitas dan energi kinetik yang ditimbulkan.

Faktor Erodibilitas

Indeks erodibilitas tanah disebut juga indeks kepekaan erosi tanah yang didefinisikan sebagai laju kehilangan tanah tahunan dalam satuan berat per luas satuan luas tanah per nilai indeks erosivitas hujan, pada tanah yang dibiarkan, tanpa vegetasi sama sekali, pada lereng dengan kemiringan 9 % dan panjang lereng 22 meter.

METODOLOGI

Pengumpulan data

Data-data yang diperlukan terutama berhubungan dengan perhitungan kapasitas waduk, sedimentasi pada dasar waduk, erosi lahan pada daerah pengaliran dan kondisi daerah pengaliran waduk Sutami serta

Penentuan nilai erodibilitas tanah dapat menggunakan analisa laboratorium, berdasarkan sifat-sifat fisik tanah. Parameter-parameter untuk menduga nilai K adalah :

- persen debu (2 – 5 mikron) + persen pasir sangat halus (5 – 100 mikron)
- persen pasir
- persen bahan organik
- struktur tanah
- permeabilitas tanah

Faktor Kelerengan

Dua parameter yang berpengaruh pada faktor kelerengan, yaitu panjang lereng dan persen kemiringan lereng. Faktor panjang lereng (L) dan kemiringan (S) merupakan nilai perbandingan dengan nilai kehilangan tanah dari lahan dengan panjang lereng 22 meter dan memiliki kemiringan 9 persen.

Faktor Pengelolaan Tanaman Dan Pengawetan Tanah

Faktor pengelolaan tanaman (C) adalah perbandingan antara kehilangan tanah dari lahan yang diusahakan untuk penanaman dengan sistem pengolahan, terhadap kehilangan apabila lahan tersebut diolah secara terus menerus tetapi tanpa ditanami. Faktor tindakan manusia dalam pengawetan tanah (P) adalah perbandingan antara besarnya erosi tanah yang hilang pada lahan dengan tindakan pengawetan tertentu, terhadap besarnya erosi tanah apabila pada lahan tersebut tanpa tindakan pengawetan tanah.

laju sedimen dan efisiensi tangkapan waduk Sengguruh. Data-data tersebut antara lain :

- data-data waduk Sengguruh, meliputi : kapasitas waduk, hasil uji laboratorium contoh sedimen di lapangan dan debit *in flow*.

- hasil pengukuran *echo sounding* di waduk Sutami, meliputi : koordinat, jarak dan elevasi titik–titik pengukuran.
- data sedimen di waduk Sutami, yaitu hasil uji laboratorium contoh sedimen di lapangan.
- data–data waduk Sutami, meliputi : kapasitas waduk, volume efektif, volume sedimen dari periode pengukuran sebelumnya dan data–data teknis waduk.
- karakteristik daerah pengaliran waduk Sutami yang meliputi curah hujan, hasil uji laboratorium tanah, peta topografi dan tata guna lahan.

Analisis Data

- Analisis sedimentasi waduk Sengguruh dengan waduk Sutami

Dari hasil perhitungan efisiensi tangkapan waduk Sengguruh akan dibandingkan volume sedimen yang terakumulasi di waduk Sengguruh dengan dengan volume sedimen yang menjadi material sedimen dan terakumulasi di waduk Sutami.

- Analisis erosi lahan dengan sedimen waduk Sutami

Dari hasil perhitungan laju sedimen dibandingkan dengan erosi total yang terjadi di lahan untuk kemudian

dilakukan evaluasi erosi yang terjadi pada daerah aliran waduk.

- Analisis distribusi sedimen

Hasil penggambaran potongan melintang waduk dibandingkan dengan elevasi water intake dan elevasi spillway kemudian dilakukan evaluasi apakah elevasi dasar waduk yang terbentuk dari endapan sedimen telah mengganggu fungsi water intake dan spillway serta evaluasi kecenderungan akumulasi sedimen di dasar waduk.

- Analisis kapasitas dan usia waduk Sutami

Dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui penyusutan kapasitas dan volume efektif waduk serta peninjauan dan penganalisaan usia rencana waduk berdasarkan volume tampungan mati pada waduk.

- Analisis usia rencana waduk Sutami

Dari hasil analisa kapasitas dan usia waduk Sutami dapat dianalisa laju sedimen yang dapat masuk ke dalam waduk selama sisa usia manfaat waduk dan dapat dianalisa laju erosi lahan untuk dilakukan perbaikan tata guna lahan berdasarkan referensi tata guna lahan pada periode tahun sebelumnya.

PEMBAHASAN

Kapasitas Waduk Sutami

Volume tampungan dan volume efektif waduk Sutami periode tahun 2004 telah diketahui dari hasil perhitungan di atas maka dapat dihitung besar penurunan kapasitas atau volume tampungan yang terjadi dari keadaan

awal hingga tahun 2004. Pada Tabel 1 dimuat data-data tentang volume tampungan dan volume sedimen pada elevasi HWL (272.50 m) dan LWL (246.00 m) untuk waktu awal operasional (tahun 1972), periode sebelumnya (tahun 2002) dan periode terakhir (tahun 2004).

Tabel 1. Volume tampungan, volume efektif dan volume sedimen waduk Sutami

Elevasi (m)	Volume tampungan waduk (m ³)			Volume sedimen total (m ³)	Volume sedimen masuk (m ³)
	1972	2002	2004		
HWL = 272.50	343.000.000	178.200.000	176.029.000	166.971.000	2.171.000
LWL =	90.000.000	30.963.000	29.456.000	60.544.000	1.507.000

246.00					
Volume efektif	253.000.000	147.237.000	146.573.000		

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan terjadinya penyusutan terhadap kapasitas dan volume efektif waduk dengan menggunakan data-data

yang ada pada Tabel 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Volume tampungan waduk} &= (176.029.000 : 343.000.000) \times 100 \% = 51,32 \% \\ \text{Volume efektif} &= (146.573.000 : 253.000.000) \times 100 \% = 57,93 \% \end{aligned}$$

Usia Waduk Sutami

Laporan hasil pengukuran oleh Perum Jasa Tirta I menyatakan waduk Sutami dalam kondisi aman untuk beroperasi dan dari peninjauan lapangan dipastikan bahwa waduk masih dapat beroperasi sesuai fungsinya. Jumlah akumulasi sedimen tahun 2004 adalah sebesar 166.971.000 m³ dengan usia waduk 32 tahun. Ternyata usia waduk Sutami belum berakhir walaupun volume sedimen aktual telah mencapai 185,52 % dari volume teoritisnya. Mengacu pada hasil penggambaran profil melintang jalur-jalur pengukuran pada waduk (lampiran VIII) dan gambar peta kontur

(lampiran XV) diketahui penyebaran sedimen aktual adalah tidak merata. Berarti usia waduk tidak terpengaruh secara langsung oleh besar volume akumulasi sedimen di dasar waduknya karena masih dipengaruhi oleh pola penyebaran sedimen yang terjadi.

Perhitungan usia sisa waduk Sutami dilakukan dengan asumsi bahwa besar volume tampungan mati adalah merupakan fungsi dari elevasi dasar waduk. Elevasi untuk volume tampungan mati adalah pada elevasi 246.00 m, maka dari tabel perhitungan volume (lampiran X) dapat diprediksi usia sisa waduk sebagai berikut :

Tahun 2004, usia operasional waduk adalah 32 tahun

Pada elevasi 246.00 m

$$\begin{aligned} \text{Volume tampungan kali Brantas} &= 29.676.249,27 \text{ m}^3 \\ \text{Volume tampungan kali Metro} &= 0,00 \text{ m}^3 \\ \text{Volume tampungan Kalipare} &= 591.435,62 \text{ m}^3 \\ \text{Jumlah} &= 30.267.684,89 \text{ m}^3 \\ \text{Volume tampungan sedimen teoritis} &= 90.000.000,00 \text{ m}^3 \\ \text{Volume tampungan mati telah terisi} &= 90.000.000,00 - 30.267.684,89 \\ &= 59.732.315,11 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Laju sedimen masuk pada tampungan mati} = \frac{90.000.000,00 - 30.267.684,89}{32}$$

$$= 1.866.634,847 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, sisa usia waduk Sutami} &= \frac{30.267.684,89 \text{ m}^3}{1.866.634,847 \text{ m}^3/\text{tahun}} \\ &= 16,21 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Usia waduk berakhir pada : tahun 2004 + 16,21 tahun = tahun 2020 + 2,52 bulan

Ditinjau dari penyebabnya, hutan sebagai sumber erosi menyusut sampai tahun 2002 dan dimungkinkan terus menurun

pada tahun-tahun berikutnya yang memberikan kemungkinan usia waduk lebih pendek lagi. Tetapi dari kenyataan

di lapangan dimana volume sedimen telah melampaui volume rencana teoritisnya dan waduk masih tetap beroperasi, hal ini memberi kemungkinan tambahan usia waduk beberapa tahun hingga kondisi dasar waduk tidak memungkinkan pengoperasian waduk lebih lanjut. Penyimpangan ini karena pola penyebaran sedimentasi di dasar waduk masih dipengaruhi oleh : topografi dasar waduk, ukuran butiran sedimen dan pola operasi waduk, sehingga distribusi sedimen yang terjadi di waduk Sutami memiliki pola tertentu dan usia sisa waduk tidak dapat diperkirakan secara pasti.

Tampungan sedimen rencana = 90.000.000,00 m³
 Volume sedimen masuk = $\frac{59.732.315,11 \text{ m}^3}{}$
 Sisa tampungan sedimen = 30.267.684,89 m³
 Umur rencana waduk = 100 tahun
 Umur operasional waduk = 32 tahun
 Sisa umur rencana waduk = 68 tahun

Laju sedimen yang dapat masuk ke dalam waduk Sutami agar dapat mencapai umur rencana 100 tahun = $\frac{30.267.684,89 \text{ m}^3}{68 \text{ tahun}} = 445.113,01 \text{ m}^3/\text{tahun}$.

2. Laju erosi lahan

Permasalahan sedimen pada waduk Sutami tidak dapat dilepaskan dari masalah erosi yang terjadi pada lahan. Laju erosi yang masuk ke dalam waduk Sutami juga dipengaruhi oleh erosi lahan yang terjadi di daerah pengaliran sungainya. Besarnya laju erosi yang

Analisis Usia Rencana Waduk

1. Laju sedimen waduk

Untuk memperpanjang umur waduk agar dapat mencapai umur rencana 100 tahun dapat dilakukan dengan usaha memperkecil laju sedimen yang masuk ke dalam waduk Sutami. Kapasitas tampungan sedimen rencana sebesar 90.000.000 m³ dan laju sedimen rencana sebesar 900.000 m³/tahun. Selama 32 tahun volume tampungan sedimen rencana telah terisi sebesar 59.732.315,11 m³. Sehingga laju sedimen yang dapat masuk ke dalam waduk Sutami selama sisa umur rencana waduk adalah :

masuk ke waduk Sutami selama waktu operasional dapat dilihat pada lampiran XI. Untuk menanggulangi laju erosi yang tidak sesuai dengan rencana, telah dilakukan usaha-usaha penanggulangan yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Usaha-Usaha penanggulangan laju erosi lahan

Periode	Volume (m ³)	Laju sedimen rata-rata (m ³)	Usaha-usaha penanggulangan
1972 – 1977	81.320.000	16.264.000	-
1977 – 1982	40.390.000	8.078.000	-
1982 – 1987	28.880.000	5.776.000	-
1987 – 1989	20.000	10.000	Pembangunan waduk Sengguruh
1989 – 1992	2.420.000	807.000	Penghijauan
1992 – 1994	4.700.000	2.350.000	Penghijauan
1994 - 1995	680.000	680.000	Penghijauan
1995 - 1997	1.170.000	585.000	Penghijauan
1997 – 2002	5.220.000	1.044.000	Penghijauan

2002 – 2003	1.155.000	1.155.000	Penghijauan
2003 - 2004	1.016.000	1.016.000	Penghijauan

Sumber : Perum Jasa Tirta I

Dari Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa setelah selesai pembangunan waduk Sutami pada tahun 1972 sampai dengan tahun 1987 laju sedimen yang masuk ke dalam waduk Sutami sangat besar. Hal ini disebabkan karena sedimen yang berasal dari erosi lahan sepanjang aliran sungai kali Brantas, kali Lesti dan kali Metro langsung masuk ke dalam waduk Sutami. Setelah selesai dibangun bendungan Sengguruh yang terdapat pada bagian *up stream* waduk Sutami pada tahun 1988, laju sedimen yang masuk ke dalam waduk Sutami menjadi sangat kecil. Hal ini disebabkan karena sebagian besar material sedimen yang terbawa oleh aliran kali Brantas dan kali Lesti tertampung pada waduk Sengguruh. Pada tahun 1989 sampai dengan tahun 2004 telah diadakan penghijauan pada lahan-lahan di sekitar daerah aliran

sungai kali Brantas dan memberikan hasil yang baik, hal ini ditunjukkan dengan semakin menurunnya laju sedimen yang masuk ke dalam waduk Sutami. Tetapi pada periode tahun 1992-1994, 1997-2002 dan 2002-2003 terjadi peningkatan laju sedimen yang masuk ke dalam waduk Sutami yang disebabkan karena terjadinya penebangan pohon secara liar dalam jumlah yang sangat besar di lahan sekitar daerah aliran sungai kali Brantas. Penebangan pohon secara liar ini secara tidak langsung menyebabkan terjadinya perubahan tata guna lahan.

Besarnya volume sedimen yang masuk ke dalam waduk akibat erosi lahan dapat dikurangi dengan cara perbaikan tata guna lahan kearah peningkatan kualitas tanah lahan. Tata guna lahan yang ada di area waduk Sutami dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Tata guna lahan di area sekitar waduk Sutami periode tahun 1994 – 1995 sampai dengan periode tahun 2003 - 2004

Periode	Tata guna lahan				
	Hutan (ha)	Sawah (ha)	Tanaman polowijo (ha)	Lahan kering (ha)	Bangunan & pekarangan (ha)
1994 – 1995	490,13	958,30	115,28	5422,94	3115,26
1995 – 1997	522,62	870,98	115,37	4280,14	3385,58
1997 – 2002	241,77	858,28	118,12	11.691,48	3705,20
2002 – 2003	173,20	835,55	112,74	12.037,32	3875,92
2003 – 2004	265,40	834,60	113,00	11.496,50	4272,80

Sumber : Perum Jasa Tirta I

Dari data yang ada pada Tabel 3, terlihat bahwa pada periode tahun 2003-2004 proporsi tata guna lahan yang paling luas adalah lahan kering dengan luas 11.496,50 ha. Lahan kering yang ada di sekitar daerah pengaliran sungai kali Brantas sebenarnya merupakan hutan pohon Jati. Dengan semakin meluasnya penebangan pohon Jati secara liar maka semakin lama tata guna lahan mengalami perubahan dari hutan menjadi lahan

kering. Apabila terjadi hujan maka butir-butir air hujan akan langsung jatuh mengenai permukaan tanah tanpa ada perlindungan. Sehingga akan semakin banyak butir-butir tanah yang terlepas dari ikatan tanah dan terbawa oleh aliran permukaan menuju sungai, terbawa oleh aliran sungai dan diendapkan di dasar waduk. Berdasarkan usaha-usaha yang telah dilakukan pada periode tahun sebelumnya terutama pada periode tahun

1994-1995 dan periode tahun 1995-1997, usaha penghijauan memberikan hasil yang baik yaitu laju sedimen yang masuk ke dalam waduk Sutami menjadi berkurang. Laju sedimen yang masuk ke dalam waduk Sutami pada periode tahun 1994-1995 sebesar 680.000 m³/tahun, pada periode ini terjadi pengurangan laju sedimen dari 2.350.000 m³/tahun menjadi 680.000 m³/tahun dalam jangka waktu 1 tahun sedangkan pada periode tahun 1995-1997 laju sedimen yang masuk ke dalam waduk Sutami sebesar 585.000 m³/tahun, pada periode ini terjadi pengurangan laju sedimen dari 680.000 m³/tahun menjadi 585.000 m³/tahun dalam jangka waktu 2 tahun. Laju sedimen yang masuk ke dalam waduk Sutami pada periode tahun 1994-1995 dan 1995-1997 hampir mendekati laju sedimen yang dapat masuk ke dalam waduk Sutami selama sisa umur rencana waduk yaitu sebesar 445.113,01 m³/tahun. Sehingga usaha untuk mengurangi laju erosi yang masuk ke dalam waduk akibat erosi lahan dapat dilakukan dengan penghijauan kembali lahan kering dengan luas daerah penghijauan mendekati luas daerah penghijauan periode tahun 1994-1995 yaitu seluas 490,13 ha atau periode tahun 1995-1997 yaitu seluas 522,62 ha.

Usaha-Usaha Penanggulangan Erosi Waduk

1. Usaha menghambat laju sedimen

Peningkatan laju sedimen yang masuk ke dalam waduk seperti dicantumkan pada lampiran XI yang menyajikan data kenaikan drastis sedimen yang masuk ke waduk pada periode tahun 1997-2002 dengan laju sedimen sebesar 1.044.000 m³/tahun,

KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

kenaikan ini lebih disebabkan oleh telah tidak berfungsinya *check dam* yang dibangun sepanjang Kali Brantas dalam menahan sedimen yang bersumber dari erosi di lahan. Maka pembangunan *check dam* baru diperlukan untuk mengurangi laju sedimen yang masuk ke waduk Sutami.

2. Usaha memperpanjang usia waduk

Untuk menambah usia waduk dapat dilakukan dengan pengerukan dasar waduk, dengan prioritas pekerjaan adalah pada titik-titik dimana dimungkinkan terganggunya aktivitas operasional waduk. Terutama untuk menjaga keamanan daerah sekitar saluran *intake* untuk turbin pembangkit listrik. Pada waduk Sutami pekerjaan pengerukan yang dapat dilakukan dengan target tambahan sebesar 909.773,974 m³/tahun (sesuai fasilitas yang tersedia di lapangan).

3. Usaha menurunkan tingkat erosi lahan

Permasalahan sedimen pada waduk Sutami tidak dapat dilepaskan dari masalah erosi yang terjadi pada lahan. Tingkat erosi yang terjadi bila dihubungkan dengan prosentase luas lahan yang ada menunjukkan perlu dicermati kualitas lahan hutannya. Oleh karena itu pengembangan perbaikan tata guna lahan ke arah peningkatan kualitas lahan sangat diperlukan, misalnya dengan penghijauan kembali lahan-lahan yang kering. Maka konservasi lahan perlu dilakukan untuk menekan tingkat erosi yang terjadi dengan memperhatikan kualitas lahan hutannya selain luas lahan hutan itu sendiri

1. Erosi yang terjadi pada lahan-lahan kritis di Daerah Pengaliran Sungai kali Brantas memberikan pengaruh terhadap sedimentasi yang terjadi di

waduk Sutami. Material sedimen akibat erosi lahan-lahan kritis tidak seluruhnya terbawa oleh aliran sungai yang kemudian diendapkan di dasar waduk Sutami. Sebesar 6,73 % dari material akibat erosi lahan-lahan kritis yang terbawa oleh aliran sungai Brantas dan anak-anak sungainya yang kemudian diendapkan di dasar waduk Sutami.

2. Laju sedimen aktual yang masuk ke dalam waduk Sutami selama waktu operasional telah melampaui laju sedimen rencana. Dengan laju sedimen rencana sebesar 900.000 m³/tahun dan laju sedimen aktual pada pengukuran periode 2003-2004 sebesar 1.085.500 m³/tahun maka laju sedimen yang dapat masuk ke dalam waduk Sutami selama sisa umur rencana waduk adalah sebesar 445.113,01 m³/tahun.
3. Sedimentasi kali Brantas yang mengendap dan terakumulasi di dasar waduk Sutami telah mengakibatkan penyusutan kapasitas tampungan

efektif waduk. Pada awal pengoperasiannya, yaitu tahun 1972 kapasitas tampungan efektif waduk sebesar 253.000.000 m³, sedangkan pada periode pengukuran tahun 2004 kapasitas tampungan efektif waduk sebesar 146.573.000 m³. Sehingga kapasitas tampungan efektif waduk Sutami telah mengalami penyusutan sebesar 57,93 %.

4. Sedimentasi kali Brantas yang mengendap dan terakumulasi di dasar waduk Sutami telah mengakibatkan percepatan pengurangan usia waduk. Waduk Sutami yang memiliki usia rencana 100 tahun yang semestinya berakhir pada tahun 2072, hanya menyisakan sisa usia 16,21 tahun. Sehingga usia waduk Sutami akan berakhir pada tahun 2020 + 2,52 bulan. Usaha untuk memperpanjang usia waduk adalah dengan melakukan pengerukan sedimen di daerah sekitar *water intake* supaya fungsi pembangkit listrik dapat tetap beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2001. *Laporan Akhir Pekerjaan Hazard Klasifikasi Dan Rencana Tindak Darurat Bendungan Sengguruh, Karangates, Lahor Dan Wlingi*. Malang: PT. Indra Karya.
- Anonim. 2002. *Buku I Laporan Akhir Pekerjaan Pengukuran Echo Sounding Waduk Sengguruh*. Malang: Perum Jasa Tirta I.
- Anonim. 2002. *Buku I Laporan Akhir Pekerjaan Pengukuran Echo Sounding Waduk Sutami*. Malang: Perum Jasa Tirta I.
- Anonim. 2004: *Buku I Laporan Akhir Pekerjaan Pengukuran Echo Sounding Waduk Sengguruh*. Malang: Perum Jasa Tirta I.
- Anonim. 2004. *Buku I Laporan Akhir Pekerjaan Pengukuran Echo Sounding Waduk Sutami*. Malang: Perum Jasa Tirta I.
- Brinker, Russel C. Wolf, Paul R. 2000. *Dasar-Dasar Pengukuran Tanah (Surveying)*. Jakarta: Erlangga.
- Linsley, Ray K. Kohler, Max A. Paulhus, Joseph LH. 1986. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Jakarta: Erlangga.
- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. 1991. *Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung: Nova.
- Takasaki, Masayoshi. Sosrodarsono, Suyono. 1983. *Pengukuran Topografi Dan Teknik Pemetaan*. Jakarta: Pradnya Paramita.