

Pengelolaan Sedimentasi pada Waduk-waduk Besar di Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas dan Bengawan Solo

Raymond Valiant

Bagian Analisa dan Evaluasi Lingkungan
Perusahaan Umum Jasa Tirta I

LATAR BELAKANG

Sungai-sungai di Pulau Jawa memiliki karakteristik angkutan sedimen yang relatif besar. Hal ini disebabkan kondisi topografi, geologi dan hidrologi setempat. Sedimentasi sendiri telah menjadi permasalahan yang tak terelakkan pada waduk-waduk yang dibangun di sungai-sungai tersebut. Oleh karena itu, sejak lama telah dilakukan berbagai penyelidikan dan penelaahan masalah sedimentasi pada DAS Brantas dan Bengawan Solo di Pulau Jawa.

Ruang Lingkup

Pembangunan waduk secara modern di Pulau Jawa dimulai hampir 80 tahun silam dengan penyelesaian Waduk Gunungrowo di Jawa Tengah (Ravesteijn, 1997). Tujuan awal pembangunan suatu waduk umumnya untuk mencukupi kebutuhan tertentu seperti air untuk keperluan irigasi, namun dalam perkembangan, waduk-waduk memiliki fungsi jamak, seperti pengendalian banjir, penyediaan daya untuk pembangkitan listrik, air baku domestik maupun industri.

Pertumbuhan penduduk yang tidak berimbang antara Pulau Jawa dengan kepulauan lain di Nusantara, menimbulkan perbedaan dalam perkembangan sektor pertanian, industri dan perniagaan. Pulau Jawa mengalami pertumbuhan sektoral lebih cepat dari kepulauan lainnya, dan berimplikasi pada pembangunan infrastruktur yang lebih banyak, termasuk waduk-waduk besar. Komite Nasional Indonesia untuk Bendungan Besar (KNIBB) melaporkan di Indonesia terdapat 30 waduk dengan tampungan bruto setara 13,84 miliar m³. Dari jumlah tersebut 19 waduk ada di Pulau Jawa dengan volume tampungan mendekati 8,99 miliar m³ atau 64% dari seluruh tampungan yang ada (Sunaryo *et al.*, 2005).

Dari sudut topografi, Pulau Jawa sebagai bagian dari suatu negara kepulauan, memiliki potensi hidro-meteorologis yang sangat unik. Di Indonesia, hujan memiliki persebaran yang tidak merata (Nonci, 1994). Hal ini tampak di Pulau Jawa, di mana 64% wilayah memiliki curah hujan mencapai rerata antara 1.500-3.000 mm/tahun, dan 28% antara 3.000-5000 mm/tahun. (Weert, 1994). Perbedaan ini mempengaruhi sebaran air permukaan yang dan sekaligus besaran erosi di berbagai bagian Pulau Jawa.

Aspek lain adalah sifat-sifat sungai di Pulau Jawa, adalah karakteristiknya pendek dan curam. Keragaman geografis menyebabkan luas masing-masing DAS di Indonesia umumnya kecil, sekitar 86,6% memiliki luas kurang dari 500 km persegi (Amron, 1998).

Maksud dan Tujuan

Makalah ini meninjau secara ringkas persoalan sedimentasi di sejumlah waduk bersusun di Pulau Jawa, mencakup waduk terpenting di DAS Brantas dan DAS Bengawan Solo, yakni Waduk Sengguruh, Karangates, Wlingi, Lodoyo, Selorejo, dan Wonogiri.

Tujuan dari makalah ini adalah untuk memberikan gambaran mengenai kondisi waduk-waduk tersebut dan pengelolaan terhadap sedimentasi yang terjadi.

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam pembahasan ini adalah dengan melakukan analisa terhadap tampungan waduk di DAS Brantas dan Bengawan Solo dan usaha pengelolaan sedimen yang telah dilakukan. Data yang dipergunakan dalam analisa merupakan data sekunder dari sumber-sumber literatur dan referensial.

PEMBAHASAN

Kajian Kelajuan Sedimentasi

Kelajuan sedimentasi pada waduk-waduk besar di Pulau Jawa cukup tinggi. Pengamatan terhadap sedimentasi di sejumlah

waduk di DAS Brantas dan Bengawan Solo menunjukkan fakta ini. Penelitian sedimentasi pada waduk besar di DAS Brantas telah dimulai Brabben (1977) dan dilanjutkan terus menerus hingga kini. Penelitian serupa mulai dilakukan Overseas Technical Cooperation Assistance (OTCA) tahun 1982 di DAS Bengawan Solo.

Tabel 1 Rerata endapan sedimen dari waduk-waduk yang ditinjau

Nama Waduk	Rentang Data	Rerata Endapan Sedimen	
		Volume juta m ³ /thn	Spesifik m ³ /km ² /thn
(A dalam satuan km ²)			
Sengguruh (A=1.659)	1988-2004	1,42	1.050
Karangates (A=2.050)	1972-2003	6,42	3.132
Wlingi (A=2.980)	1977-2000	1,27	440
Lodoyo (A=3.017)	1980-2000	0,19	62
Selorejo (A=272)	1971-2003	0,82	3.015
Wonogiri (A=1.350)	1980-2000	14,5	10.741

Dari data endapan sedimen tersebut dapat dibuktikan, degradasi daerah tangkapan air (erosi) meningkatkan angkutan sedimen dan menimbulkan gangguan pada tampungan waduk.

Waduk Sengguruh di DAS Brantas, terletak pada pertemuan Sungai Lesti dan Brantas, di hulu Waduk Karangates. Gunung Semeru (+3.676) secara teratur memuntahkan debu vulkanis mengakibatkan daerah tangkapan air waduk ini mudah tererosi oleh hujan muson yang berintensitas tinggi. Hasil erosi lahan ini mengalir ke Waduk Sengguruh dan kemudian ke Karangates, sehingga secara kumulatif keduanya memiliki endapan sedimen 4,51 juta m³ per-tahun (rentang 1988-2003) atau setara 2.000 m³/km²/tahun.

Di hilir Waduk Karangates terdapat Waduk Wlingi yang berfungsi sebagai *afterbay*. Waduk ini memiliki luas sisa daerah tangkapan air 840 km² dan terletak pada lereng Gn. Kelud (+1.731) yang dialiri Sungai Lekso. Di hilir Wlingi terdapat Bendung Lodoyo, dengan sisa daerah tangkapan air 127 km-persegi. Wlingi maupun Lodoyo secara kumulatif mengalami sedimentasi 1,4 juta m³ per-tahun, yang sebagian besar sisa letusan Kelud (12 Februari 1990).

Tanpa pengelolaan sedimen, Waduk Sengguruh secara teoritis sudah menjadi bendung tipe *run-off* dan dalam keadaan ini Waduk Karangates mengalami peningkatan kelajuan sedimen hampir 1,5 kali dari semula. Sementara itu, Waduk Wlingi maupun Bendung Lodoyo, dengan volume kecil, sekitar 2 juta m³, bila tidak dikelola sedimennya hanya berfungsi sebagai bendung.

Adapun Waduk Selorejo yang terletak pada Sungai Konto (anak sungai di DAS Brantas) mengalami sedimentasi terbesar kedua, yakni 0,82 juta m³ per-tahun (rentang 1988-2003) atau setara 2.000 m³/km²/tahun. Karakteristik sedimentasi di DAS Konto ditandai oleh angkutan sedimen dari kikisan permukaan tanah dan dari gerusan pada badan sungai (*bed material*).

Berbeda dengan waduk-waduk di DAS Brantas, satu-satunya waduk di DAS Bengawan Solo, yakni Waduk Wonogiri memiliki tingkat sedimentasi yang tinggi. Waduk yang diairi Sungai Tirtomoyo, Keduang dan Song, telah mengalami pengendapan sedimen setara 14,5 juta m³ tiap tahun. Sedimen ini diperkirakan berasal dari daerah tangkapan air Sungai Keduang, yang memang memiliki karakteristik erosi permukaan tanah yang sangat tinggi.

Metode Penanganan Sedimentasi

Pengurangan Angkutan Sedimen ke Waduk

Usaha mengurangi angkutan sedimen telah dibahas secara cukup mendalam oleh Roedjito dan Harianto (1995), Sunaryo dan

Bachri (1995), JICA (1998), JBIC (2001), Ruritan (2001) maupun Socheh (2002). Cara klasik mengurangi angkutan sedimen adalah dengan: (1) melakukan konservasi tanah untuk mengurangi erosi, dan (2) membangun fasilitas untuk mengendalikan aliran air yang membawa angkutan sedimen. Namun hasil dari cara-cara ini sulit untuk dikuantifikasi dalam waktu singkat.

Pengendalian angkutan sedimen dengan bangunan penangkap dalam beberapa kasus perlu ditinjau kembali, karena telah terjadi perubahan karakteristik sedimen. Analisa sedimen dari Waduk Sengguruh dan Karangates menunjukkan gradasi material cenderung semakin halus, bahkan dan diklasifikasi sebagai lempung (JICA, 1998 maupun PJT, 2005). Analisa terhadap endapan sedimen tidak stabil di sungai menunjukkan pula keragaman karakteristik asal-usul sedimen (**Gambar 1**).

Dengan demikian pembuatan *check dam* untuk menangkap sedimen perlu ditelaah efektifitasnya terkait dengan proses angkutan sedimen itu sendiri. Rencana Induk ke IV DAS Brantas, merencanakan 17 *check dam* dengan volume total 15,1 juta m³. Rencana ini direvisi kembali dan kini diusulkan pembangunan 8 *check dam* di DAS Brantas bagian hulu, sesuai analisa luasan lahan kritis terbaru (WREFR, 2005).

Usaha pengendalian dengan fasilitas penangkap justru lebih berhasil pada pengendalian sisa letusan (*debris material*) gunung berapi. Guna menangkap sisa letusan yang tertahan di anak sungai di sepanjang lereng Gunung Kelud sejumlah besar fasilitas telah dibangun dengan hasil setidaknya pengendalian terhadap 71,03 juta m³ sisa letusan (JBIC, 2001).

Pengerukan dan Pengelontoran Endapan Sedimen

Pengelolaan sedimen di waduk dapat dilakukan dengan pengerukan. Cara ini lazim dilakukan pada waduk-waduk yang kedalaman airnya memungkinkan untuk dikeruk dengan cara konvensional. Pengerukan telah dilakukan dalam pengelolaan sedimen baik di DAS Brantas maupun Bengawan Solo. Secara terbatas pada Waduk Sengguruh, Wlingi, Lodoyo dan Selorejo dengan jumlah 4,54 juta m³. Sementara di DAS Bengawan Solo dilakukan pada Waduk Wonogiri masih amat kecil sebesar 60 ribu m³ hingga awal 2005.

Pengerukan sedimen di waduk tidak mampu memulihkan kondisi tampungan ke semula, namun pengerukan secara teratur di beberapa waduk di DAS Brantas dan Bengawan Solo menunjukkan tindakan itu mengamankan kondisi hidrolis tampungan, sehingga memperbaiki layanan melalui sarana pengeluaran air (*water outlet*).

Penggelontoran endapan sedimen (*flushing*) yang dilakukan melalui sarana pelepasan air (*water outlet*) telah dicoba di beberapa negara, seperti Perancis (Bouchard, 2000), Spanyol (Avendaño-Salas, 2000), Jepang (Shindo dan Katoaki, 2003) dan Swis (Boillat, 2000). Beberapa waduk besar di DAS Brantas pernah digelontor, antara lain Waduk Sengguruh, Wlingi dan Lodoyo. Besar endapan yang terbawa sekitar 6,18 juta m³. Penggelontoran belum dicobakan pada Waduk Wonogiri di DAS Bengawan Solo. Efektifitas penggelontoran masih harus ditinjau di kemudian waktu.

Pada masa ke depan, pengerukan dan penggelontoran sedimen harus diintegrasikan sebagai rangkaian kegiatan pengelolaan sedimen. Sebagai misal, bila perlindungan terhadap sedimentasi berjalan, termasuk pengerukan, penghijauan dan pembangunan *check dam*, maka beban sedimentasi untuk Waduk Sengguruh dapat diturunkan 62% dalam 20 tahun; sementara hanya dengan pengerukan saja, penurunan endapan sedimen itu hanya akan sebesar 11% dalam 20 tahun (Ruritan, 2001).

Pengalihan Angkutan Sedimen

Teknik mengalihkan angkutan sedimen melalui saluran pintas (*by-pass*) telah diterapkan di negara yang mengalami sedimentasi serius di waduk-waduknya, seperti Italia (Martini, 2000), Swis dan Jepang (Sumi, 2003).

Pengalihan aliran sedimen serupa telah dilakukan pula di DAS Brantas, dengan membangun saluran pintas guna mengalihkan angkutan sedimen dari Waduk Wlingi. Saluran pintas ini mengalihkan aliran Kali Putih dan Kali Ganggangan ke Kali Siwalan, yang berada di hilir Wlingi.

Dengan demikian, sedimen dari kedua sungai tersebut dapat dialihkan, tidak masuk langsung ke Wlingi. Sampai tingkat tertentu *by-pass* ini mampu melindungi Wlingi, namun beban sedimen yang dialihkan dari waduk itu secara

otomatis masuk ke Lodoyo dan dapat mengendap di sana. Resiko yang ditimbulkan dari mengendapnya sedimen tersebut di Lodoyo telah disiasati dengan membangun perpanjangan *by-pass* dari Kali Siwalan ke sebelah hilir Lodoyo.

Penanganan Sedimentasi di Masa Depan

Pada masa mendatang, pengelolaan sedimen di waduk-waduk besar menjadi keharusan, khususnya dalam menghadapi degradasi daerah tangkapan air yang semakin lama mengancam kelestarian dari tampungan air buatan manusia.

Permasalahan pokok dalam pengelolaan sedimen di DAS Brantas dan Bengawan Solo kemerosotan kondisi daerah hulu waduk yang meningkatkan erosi sehingga laju sedimentasi menjadi lebih tinggi daripada rencana semula. Selain memperpendek umur waduk, terjadi pula peningkatan koefisien limpasan yang mengakibatkan fluktuasi debit air di musim kemarau dan musim penghujan menjadi besar.

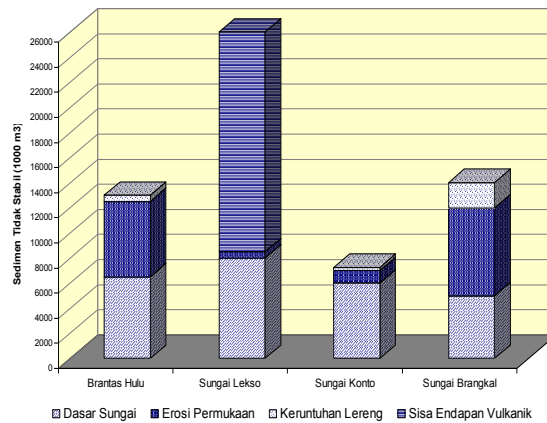
Pengaruh dari keberadaan dua gunung berapi di DAS Brantas, yakni Kelud dan Semeru, signifikan dalam memperbesar material sedimen yang masuk ke waduk. Selain itu, di daerah tangkapan air dari beberapa waduk besar pada kedua DAS ini ditemui penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan peruntukan dan tidak mengindahkan kaidah konservasi tanah sehingga dapat menyebabkan membesarnya erosi. Dalam hal ini, kesadaran masyarakat untuk memelihara dan melestarikan sumberdaya hutan dan air serta lingkungannya, masih menjadi hal yang krusial.

Pengelolaan sedimen dengan mengombinasikan beberapa metode penanganan, seperti pengendalian erosi, pengerukan dan penggelontoran endapan di waduk serta pembuatan saluran pintas, sudah menjadi kemestian.

KESIMPULAN

Pengelolaan sedimentasi di waduk akhir-akhir telah menggunakan beberapa pendekatan baru (Morris, 2003) di luar usaha penanganan sedimen yang lazim seperti pengerukan. Pendekatan itu antara lain berupa penggelontoran (*flushing*) melalui sarana pelepasan air waduk (*water outlet*). Selain itu, ada usaha menerapkan keseimbangan sedimen dengan mengendalikan daur sedimentasi (*sedimentation cycle*) mulai dari pengendalian erosi di pegunungan hingga berakhir dengan penataan keseimbangan angkutan di sungai. Dikembangkan pula alternatif lain, dengan membangun saluran pintas (*bypass*) untuk menghindarkan waduk dari pengendapan sedimen.

Bagaimana pun juga, pengelolaan waduk dengan menggunakan pendekatan di atas terbatas penerapannya dan dapat digunakan beberapa waduk di dunia. Demikian pula di Pulau Jawa. Tak kalah pentingnya adalah keterkaitan dari penanganan sedimen dengan aspek lain, seperti peran serta masyarakat, pembiayaan dan penyiapan perangkat kelembagaan dan peraturan-perundangan yang mendukung.



Gambar 1 Pemerian sedimen di sungai berdasarkan asal (WREFR, 2005)

SETAMAN PUSTAKA

- Amron, M. 1998. "Basin Water Resources Management Policy in Indonesia." *Comprehensive Water Resources Management*. Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, Republik Indonesia, Surabaya.
- Avenidaño-Salas *et al.* 2000. "State of Art of Reservoir Sedimentation Management in Spain." *International Workshop and Symposium on Reservoir Management*. Kyoto, Jepang.
- Brabben, T.E. 1979. *Reservoir Sedimentation Study, Karangates, East Java*. Hydraulics Research Institute (HRS) and Brantas Multipurpose Project, Ministry of Public Works, GOI.
- Boillat, J.L. 2000. "State of Art of Sediment Management in Switzerland." *International Workshop and Symposium on Reservoir Management*. Kyoto, Jepang.
- Bouchard, J.P. 2000. "Sediment Management in EDF Reservoirs." *International Workshop and Symposium on Reservoir Management*. Kyoto, Jepang.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). 1985. Supporting Report of the Final Report. *Study of Widas Flood Control and Drainage Project*. Ministry of Public Works, GOI, hlm. MP-14.19
- Japan International Cooperation Agency (JICA). 1998. Supporting Report I of the Final Report. *Study on Comprehensive Management Plan for the Water Resources of the Brantas River Basin*. Volume III. Ministry of Public Works, GOI, hlm. A7-15
- Japan Bank for International Cooperation (JBIC). 2001. Final Report. *Special Assistance for Project Sustainability*.
- Kataoka, K. 2003. "Sedimentation Management at Asahi Dam." *3rd WWF: Challenges to the Sedimentation Management for Reservoir Stability*. Shiga, Jepang.
- Martini, O. 2000. "La Galerié de Derivation de Palagnedra." *International Workshop and Symposium on Reservoir Management*. Kyoto, Jepang.
- Morris, G.L. 2003. "Reservoir Sedimentation Management: Worldwide Status and Prospects." *3rd WWF: Challenges to the Sedimentation Management for Reservoir Stability*. Shiga, Jepang.
- Nontji, A. 1994. "The Status of Limnology in Indonesia." *Mitteilungen International Vereiniging Limnologié* No. 24. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Jerman, hlm. 95-113.
- PJT. 1998. *Sedimentasi Waduk di DPS Kali Brantas*. [intern]
- PJT. 1998. *Studi Pendahuluan Sedimentasi di Waduk dan Sungai di DPS Kali Brantas*. [intern]
- PJT I. 2000. *Studi Penentuan Kapasitas Tampung Waduk Sutami*. [intern]
- Ravesteijn, Wim. 1997. *De Zegenrijke Heeren der Wateren, Irrigatie en Staat op Java (1832-1942)*. Delft University Pres. Delft, Belanda.
- Ruritan, R.V. 2001. "Kajian Terhadap Sedimentasi pada Empat Waduk Bersusun di DAS Brantas." *PIT HATHI XVIII*, Malang.
- Roedjito dan Harianto. 1995. "Controlling Reservoir Sedimentation in Sengguh Reservoir". *International Committee on Large Dams (ICOLD)*. Oslo, Norwegia.
- Shindo, H. 2003. "Sediment Flushing at Dams on the Kurobe River." *3rd WWF: Challenges to the Sedimentation Management for Reservoir Stability*. Shiga, Jepang.
- Sumi T. 2003. "Reservoir Sediment Management in Japan." *3rd WWF: Challenges to the Sedimentation Management for Reservoir Stability*. Shiga, Jepang.
- Sunaryo, T. dan Bachri, S. 1995. "Penanganan Sedimen di Waduk pada DPS Kali Brantas." *Reservoir Operation and Sedimentation*. Direktorat Jenderal Pengairan dan JICA. Jakarta.
- Sunaryo, T., *et al.* 1997. "Reservoir Sedimentation in the Brantas River Basin". *Workshop on Ecosystem Approach to Lake and Reservoir Management*. UNESCO, LIPI and Departemen Pekerjaan Umum. Bali, Indonesia.
- Sunaryo T., *et al.* 2005. *Pengelolaan Sumberdaya Air*. Bayumedia, Malang, Indonesia.
- Takara, K., *et al.* 1998. "A Distributed Model for Flood Runoff and Sediment Yield based on Remote Sensing and GIS." *Proceedings of Symposium on Japan-Indonesia IDNDR Project*. DPRI Japan, Volcanological Survey of Indonesia and Research Institute for Water Resources, Indonesia.
- Tani, H. dan Sawai, K. 1998. "Reduction of Reservoir Sedimentation." *Proceedings of Symposium on Japan-Indonesia IDNDR Project*. DPRI Japan, Volcanological Survey of Indonesia and Research Institute for Water Resources, Indonesia.
- Weert, R. van der. 1994. *Hydrological Conditions in Indonesia*. Delft Hydraulics.