

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Sedimentasi**

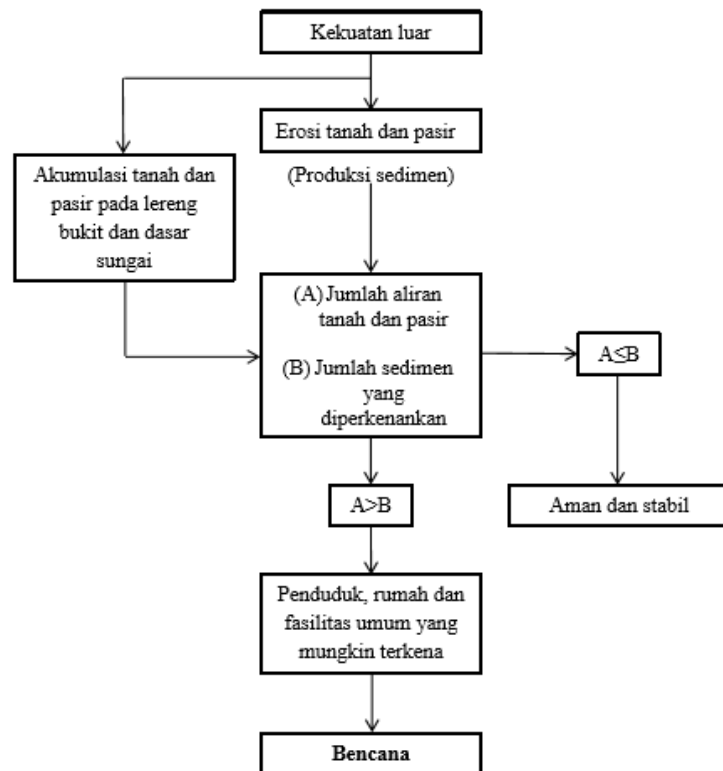
Menurut Anwas, (1994) Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai ke laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air. Karena itu pengendapan ini bisa terjadi di sungai, danau dan laut. Batuan hasil pelapukan secara berangsur diangkut ke tempat lain oleh tenaga air, angin, dan *gletser* (es yang mengalir secara lambat). Air mengalir di permukaan tanah atau sungai membawa batuan halus baik terapung, melayang atau digeser di dasar sungai menuju tempat yang lebih rendah. Hembusan angin juga dapat mengangkut debu, pasir, bahkan bahan material yang lebih besar. Makin kuat hembusan itu, maka besar pula daya angkutnya. Di padang pasir misalnya, timbunan pasir yang luas dapat dihembuskan angin dan berpindah ke tempat lain. Sedangkan *gletser*, walaupun lambat gerakannya, tetapi memiliki daya angkut besar.

Menurut Soewarno (1991), proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (*deposition*) dan pemadatan (*compaction*) dari sedimentasi itu sendiri. Proses tersebut berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya 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.

Sedimen yang terbawa hanyut oleh aliran air terdiri dari dua muatan yaitu berupa muatan dasar (*bed load*) maupun muatan melayang (*suspended load*). Muatan dasar yaitu berupa material yang bergerak dalam aliran sungai dengan cara bergulir, meluncur, dan meloncat-loncat di atas permukaan dasar sungai. Sedangkan muatan melayang yaitu butiran-butiran halus yang ukurannya lebih kecil yang senantiasa melayang di dalam air (Suyono & Tominaga, 1985).

Erosi adalah pengikisan atau kelongsoran material yang sesungguhnya merupakan proses penghanyutan tanah oleh desakan-desakan atau kekuatan air dan angin baik yang berlangsung secara alamiah maupun sebagai akibat tindakan atau perbuatan manusia (Kartasapoetra dan Sutedjo, 1991). Erosi merupakan penyebab terjadinya bencana sedimen yang dapat membuat beberapa kerugian sehingga diperlukan perhatian khusus dalam menanggulangnya. Menurut *Ministry of Land, Infrastructure and Transport-Japan* (2004, dalam Hasnawir, 2012), kerusakan akibat bencana sedimen ini dapat terjadi kerugian dalam 4 bentuk, yaitu 1) Bangunan dan lahan pertanian hilang akibat tanah longsor atau erosi, 2) Rumah-rumah hancur oleh daya rusak tanah dan batuan selama pergerakan tanah atau batuan, 3) Rumah dan lahan pertanian terkubur di bawah tanah oleh akumulasi skala besar sedimen dan 4) Peningkatan endapan pada dasar sungai dan penguburan waduk disebabkan oleh sedimen sepanjang sungai yang dapat mengundang datangnya banjir, gangguan fungsi penggunaan air dan kerusakan lingkungan.

Namun tidak semua erosi yang terjadi akan menimbulkan bencana sedimen. Hasnawir (2012) mengatakan bahwa volume besar tanah dan pasir dapat dihasilkan oleh erosi, akan tetapi tidak selalu akan menimbulkan bencana dari erosi tersebut. Misalkan, jika jumlah tanah dan pasir (A) lebih kecil dibanding dengan sedimen yang diperkenankan atau sedimen tidak berbahaya (B), maka bencana tidak terjadi. Bahkan dalam kasus seperti jika (A) lebih besar dari (B), hasilnya tidak disebut bencana jika tidak ada rumah, masyarakat, atau fasilitas umum yang terlibat. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bagan alir proses terjadinya bencana sedimen (Hasnawir, 2012)

Disiplin ilmu angkutan sedimen memberikan rumus-rumus hasil penelitian yang dapat digunakan untuk pedoman pengumpulan data dan melakukan hitungan perkiraan laju sedimen pada waduk, karena endapan sedimen secara akumulatif semakin lama semakin banyak yang akan menyebabkan waduk tidak berfungsi secara memadai (Sudjarwadi, 1989).

Menurut Jazaul Ikhsan (2010) diperlukan langkah untuk mengevaluasi manajemen sedimen, antara lain:

1. Mengendalikan penambangan pasir. Hal ini dapat meminimalisir biaya dari fasilitas pembangunan sabo dam dan meningkatkan kapasitasnya.
2. Stabilisasi sungai. Hal ini perlu dilakukan sebagai penanggulangan degradasi dasar sungai hilir.

## B. Sedimentasi Waduk Mrica

Berdasarkan laporan PT Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkit (UBP) Mrica tahun 2015 sedimen Waduk Mrica telah memasuki fase kritis karena telah mencapai 106,3 juta m<sup>3</sup> dan memenuhi sekitar 71,66% volume Waduk, sehingga menuntut untuk segera dilakukan penanganan untuk mengatasi permasalahan sedimentasi waduk ini. Sejak tahun 2011 mulai marak penambangan pasir dengan menggunakan mesin sedot, hal ini berdampak pada penurunan laju sedimentasi Waduk Mrica, namun selama ini pasir halus bercampur lempung masih dibuang kembali ke waduk.

Penelitian yang dilakukan oleh PLN Sektor Mrica (UGM, 1994) menyatakan bahwa usia operasi waduk berdasar data echo sounding dengan berbagai anggapan berkisar antara 19,88 sampai 31,46 tahun. Sedangkan usia waduk berdasar angkutan sedimen di sungai yaitu 33,3 tahun. Srimulat dan Soewarno (1995) menyatakan bahwa laju pengurangan kapasitas waduk cukup besar terjadi di waduk Mrica yaitu sebesar 2,50% pertahun. Sedangkan Kironoto, (2000) menyatakan bahwa laju sedimentasi waduk Mrica adalah 3,005 juta m<sup>3</sup> pertahun.

Darmono (2001) menyimpulkan bahwa laju sedimentasi waduk Mrica berdasarkan metode analisis model adalah sebesar 4.298.245,10 m<sup>3</sup> pertahun, berdasarkan metode Meyer-Peter-Muller (MPM) sebesar 3.142.780,77 m<sup>3</sup> pertahun, berdasarkan metode Brune sebesar 4.116.931,28 m<sup>3</sup> pertahun. Sedangkan laju erosi permukaan lahan DAS Serayu Hilir mencapai 180,272 ton/ha/tahun dan diklasifikasikan ke dalam tingkat bahaya erosi kelas berat (kelas IV). Penelitian yang dilakukan oleh Malik (2006) menunjukkan bahwa umur layanan operasi waduk Mrica berdasarkan metode *dead storage* adalah 10,43 tahun dengan volume *dead storage* waduk adalah 45 juta m<sup>3</sup>. Sedangkan umur layanan operasi waduk Mrica menggunakan metode *the empirical area reduction method* adalah 41 tahun dengan volume sedimen sebesar 181.22 juta m<sup>3</sup>

Juga dinyatakan oleh Johnson, et.al, (2000) bahwa proses erosi sangat dipengaruhi oleh gerakan air, angin, dan kegiatan geologis lainnya.

### C. Asal sedimentasi

Bendungan Mrica merupakan bendungan yang sangat potensial untuk tampungan jutaan meter persegi air, namun selain itu juga bendungan tidak akan luput dari yang namanya endapan lumpur atau timbunan material-material sedimen, dan tentunya sebelum Bendungan dibuat oleh pelaksana pasti sudah ada perencanaannya, dan sudah barang tentu volumen waduk juga diperhitungkan, berikut data volume bendungan yang didapatkan dari PT Indonesia Power untuk volume bendungan, untuk awal volume waduk yaitu  $148,29 \text{ m}^3$ , awal volume efektif yaitu  $46,30 \text{ m}^3$  serta awal volume mati adalah  $101,99 \text{ m}^3$ . Juga didapatkan volume air bendungan yang juga didapatkan dari PT yang sama yaitu PT Indonesia Power, data volume air bendungan adalah  $37,60 \text{ juta m}^3$  (25%) dan volume air efektif adalah  $23,24 \text{ m}^3$  (50%)

Sedimentasi yang masuk ke bendungan sebenarnya dari berbagai sungai yang ada di sekitaran wilayah DAS bendungan, akan tetapi ada tiga sungai yang berpotensi besar untuk menyokong sedimentasi yang dibawa oleh erosi, yaitu sungai Serayu sungai Merawu serta sungai Lumajang, seperti dilansir oleh PT Indonesia Power, dari luas daerah tangkapan air untuk sungai serayu adalah  $678,31 \text{ km}^2$ , sungai Merawu  $218,60 \text{ km}^2$  dan sungai Lumajang  $8,00 \text{ km}^2$ .

Sedimentasi pada waduk Mrica ini terjadi akibat erosi yang terbawa oleh sungai-sungai yang mengarah pada hulu waduk Mrica pada Daerah Aliran Sungai (DAS) wilayah waduk Mrica Banjarnegara. Sungai yang berperan penting dalam mensuplai aliran air yang masuk ke waduk adalah DAS sungai Serayu tetapi dengan datangnya aliran air yang memenuhi suplai air waduk juga tentu disertai sisa-sisa erosi sungai yang terbawa oleh aliran sungai, akan tetapi justru sungai pemasok sedimen yang paling banyak adalah DAS sungai Merawu. Tetapi ada juga sedimen yang masuk ke waduk melalui DAS di luar DAS sungai Merawu dan Serayu.

Menurut Dyah Ayu Wulandari, (2017) Berdasarkan penelitian dari SMEC laju erosi di DTA tahun 1975 – 1978 rata – rata adalah 3,6 mm/tahun, WIDHA tahun 1988 mengadakan penelitian dan hasilnya menunjukkan bahwa laju erosi rata – rata 2,46 mm/tahun. Berdasarkan penelitian dari Pusat Penyelidikan Masalah Kelistrikan PT. PLN dengan Universitas Gajah Mada tahun 1995 dengan menggunakan formula USLE didapat laju erosi sebagai berikut :

- pada DAS Merawu 4,7 mm/tahun
- pada DAS Serayu 3,1 mm/tahun
- di luar DAS Merawu dan Serayu 2,7 mm/tahun.

#### **D. Hasil-Hasil Penelitian Terdahulu**

Suroso dan Wahyu Widiyanto (2007) melakukan penelitian tentang “Model pengendalian sedimentasi Waduk Mrica dengan Fluidasi”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membahas tentang pengendalian sedimen pada waduk dengan model penggelontoran dan fluidasi. Peralatan yang dipakai penelitiannya merupakan fasilitas Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Alat-alat yang digunakan tersebut meliputi : Saluran Air (*General Tilting Flume*), Pompa Air, Komputer set, Analog digital converter, Manometer tekanan, Scanner, Alat Ukur Lebar dan Kedalaman Alur (*Hook dan Point Gauge Instrument*), Bor dan Pemotong dari Listrik, Stopwatch, Kamera Photo, Saringan, Oven, Pionometer, Sediment Grabber, *Soil sampling tools*, perahu, Echosounder, Current meter. Bahan penelitian ini terdiri dari material Sedimen waduk Mrica, Pipa, Drum, Tiang meteran dan selang, Balok untuk Alas Material Sedimen, Papan Sekat, Was, Lem Pipa, Dop.

a. Pembuatan model 1

Model I dalam penelitian ini adalah model pengendali sedimen dengan cara penggelontoran dalam skala laboratorium untuk menirukan kondisi nyata waduk Mrica saat ini dengan material sedimen diambil dari waduk tersebut. Model ini bertujuan untuk mencari kebutuhan debit penggelontoran. Proses kerja model I pada prinsipnya adalah menggelontorkan air dalam jumlah debit tertentu sehingga material sedimen yang ada dalam saluran akan mulai tergerus dan terjadi transpor sedimen. Sehingga akan terjadi pengurangan material sedimen di dalam *flume* yang dapat berupa alur.

b. Pembuatan Model II

Model II dalam penelitian ini adalah model pengendalian sedimen dengan kombinasi cara penggelontoran dan fluidisasi menggunakan pipa *fluidizer* yang ditanam di dasar material sedimen. Model ini bertujuan untuk mencari kebutuhan debit penggelontoran dan kebutuhan tekanan pipa *fluidizer*. Proses kerja model II pada prinsipnya adalah memberikan semprotan air vertikal melalui pipa *fluidizer* yang telah ditanam di dasar endapan sedimen pada saat mulai diberikan debit penggelontoran air. Dengan adanya semprotan air melalui pipa *fluidizer* pada dasar endapan sedimen menyebabkan endapan sedimen akan terusik (berhamburan) menjadi *suspended solid*, sehingga memudahkan penggelontoran material sedimen.

c. Analisis Sifat Sedimen

Analisis sifat sedimen meliputi analisis distribusi ukuran butir sedimen, kadar air, berat jenis, kepadatan tanah, porositas dan angka pori dari material sedimen yang langsung diambil dari Waduk Mrica.

d. Analisis Hasil Pengujian Model I

Analisis pengujian Model I berupa analisis kebutuhan debit penggelontoran yaitu dengan cara membuat hubungan antara waktu penggelontoran dengan lebar maupun tinggi alur yang tercipta untuk berbagai variasi debit penggelontoran dan berbagai variasi tebal atau

kedalaman sedimen. Dari analisis ini akan diketahui efektifitas penggelontoran dalam mengendalikan sedimen untuk kasus sedimentasi Waduk Mrica.

e. Analisis Hasil Pengujian Model II

Analisis hasil pengujian model II meliputi analisis kebutuhan tekanan pipa fluidizer dan analisis kebutuhan debit penggelontoran. Analisis kebutuhan tekanan pipa fluidizer adalah mencari hubungan kebutuhan tekanan pipa *fluidizer* yang digunakan untuk semprotan air vertikal (fluidisasi) material sedimen pada kedalaman tertentu. Artinya, berapa tekanan pipa yang dibutuhkan untuk memberikan daya pancaran air vertikal supaya sedimen dengan kedalaman tertentu yang dibuat bervariasi mulai berhamburan. Dari analisis ini akan diketahui berapa daya pompa yang diperlukan untuk melakukan semprotan air vertikal pada kedalaman sedimen tertentu. Analisis kebutuhan debit penggelontoran adalah membuat hubungan antara waktu running dengan lebar maupun tinggi alur yang tercipta untuk berbagai variasi debit penggelontoran dengan tekanan pipa *fluidizer* yang ditentukan. Dari analisis ini akan diketahui efektifitas sistem semprotan air vertikal pipa *fluidizer* dalam mengendalikan sedimen untuk kasus sedimentasi Waduk Mrica.

f. Pembahasan hasil pengujian kedua model

Pembahasan hasil kedua model adalah membandingkan efektifitas dan efisiensi pengendalian sedimen dari model I dan model II. Efektifitas dilihat dari pengurangan jumlah sedimen sedangkan efisiensi dilihat dari jumlah debit penggelontoran dan besar tekanan yang diperlukan.

Dikcky Jamaludin Malik (2006) Melakukan penelitian tentang “perkiraan umur layanan waduk mrica banjarnegara jawa tengah dengan metode kapasitas tampungan mati (*dead storage*) dengan distribusi sedimen (*the empirical area reduction*)” Penelitian mengkaji tentang perkiraan umur layanan Waduk Mrica pada masa yang akan datang akibat sedimen dan volume angkutan sedimen dengan menggunakan metode tampungan mati (*dead storage*) dan distribusi sedimen (*the empirical area*



*reduction*). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waduk Mrica termasuk kategori waduk tipe 2 yaitu waduk yang selalu terairi pengoperasiannya. Umur layanan Waduk Mrica berdasarkan metode *dead storage* adalah 10,43 tahun, dengan volume *dead storage* waduk sebesar 45 juta m<sup>3</sup>. Umur perkiraan layanan Waduk Mrica berdasarkan *the empirical area reduction method* adalah 41 tahun, dengan volume sedimen sebesar 181,22 juta m<sup>3</sup>. Umur layanan berdasarkan metode *dead storage* lebih pendek dibandingkan dengan umur layanan berdasarkan *metode the empirical area reduction*, karena dalam metode *dead storage* tidak memperhitungkan adanya *flushing*.