

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Peneliti Terdahulu

Kondisi perkembangan sedimentasi Waduk Mrica terus mengalami peningkatan. Diperkirakan tiap tahun sekitar 4 juta meter kubik sedimen masuk menggenangi waduk. Sedimentasi yang terjadi tahun 1989 adalah sebesar 3,4 juta m³ atau sekitar 48,35% dari total volume waduk. Di akhir tahun 2015 sedimen yang mengendap di waduk sudah mencapai 75% atau sudah mencapai 110,6 juta m³. Dengan terus bertambahnya sedimen di Waduk Mrica diperkirakan akan berhenti total sebelum waktu yang direncanakan. Penelitian dilakukan dengan menganalisis data yang diambil dari data sekunder hasil pengamatan/pengukuran yang dilakukan oleh PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Mrica Banjarnegara berupa data Sedimen dan data Flushing Waduk Mrica pada tahun 1989-2017. Metode perhitungan perbandingan sedimen dengan flushing dan tanpa flushing dilakukan menggunakan metode Log Person tipe III. Hasil analisis jumlah total sedimentasi yang mengendap jika tanpa adanya aktivitas flushing dari tahun 1989-2026 sebesar 163.150.309 m³. Dengan adanya total Sedimentasi sebesar itu, maka ditahun 2026 Waduk Mrica sudah berhenti beroperasi karena Waduk Mrica hanya dapat menampung dengan kapasitas 148.287.000 m³ sedangkan jumlah total sedimentasi yang mengendap jika adanya aktivitas flushing dari tahun 1989-2026 sebesar 136.790.762 m³. Dengan adanya total sedimentasi sebesar itu, maka ditahun 2026 Waduk Mrica masih dapat beroperasi walau dalam keadaan kritis (Triana Putra, S 2018)

Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) PB. Soedirman dengan kapasitas terpasang sebesar 3 x 61,5 MW berlokasi di kabupaten Banjarnegara dibangun oleh PT. PLN (Persero) yang bergerak dibidang pembangkit yaitu PT. Indonesia Power. Laju Sedimentasi yang cukup tinggi dari sungai serayu, mengakibatkan endapan sedimen semakin meningkat dari tahun ke tahun. Sedimen yang masuk waduk setiap tahun sebesar 4,19 juta m³. Hasil pengamatan PT. Indonesia Power sampai tahun 2006, volume air waduk PLTA PB. Soedirman berkurang dari semula 148,28 juta m³ menjadi 72,56 juta m³ dan endapan sedimen dalam waduk sudah mencapai 75,72 juta m³ atau 51,06 % dari volume total waduk. Penggelontoran sedimen telah dilaksanakan oleh pengelola PLTA PB. Soedirman mulai tahun 1996 sampai dengan tahun 2006, namun total volume sedimen yang digelontor baru sebesar 685.476 m³ volume sedimen ini sangat kecil dibandingkan dengan volume sedimen yang masuk ke waduk setiap tahun. Penelitian ini akan menganalisa tingkat efisiensi dari penggelontoran sedimen di PLTA PB. Soedirman. Hasil studi ini menunjukkan bahwa pelaksanaan penggelontoran sedimen di PLTA PB. Soedirman tidak efisien (Krisetyana, H 2008)

Hal ini berdasarkan alasan-alasan dari hasil analisa antara lain sebagai berikut :

1. Kecepatan air penggelontoran sedimen ketinggian elevasi permukaan air waduk serta volume air dan lama waktu pengelontoran sedimen tidak memberikan hasil yang signifikan terhadap volume sedimen yang dapat dikeluarkan dari dalam waduk.
2. Konsentrasi sedimen rata-rata pada saat flushing hanya sebesar 0,0571

3. Nilai Flushing efficiency rata-rata dari perhitungan beberapa metode adalah 0,017578

Pelaksanaan penggelontoran sedimen harus tetap dilaksanakan agar sedimen tidak mengganggu operasi waduk dan saat yang paling baik berdasarkan analisa pada penelitian ini adalah :

1. Pada bulan Februari, April, Oktober dan Desember, atau pada bulan basah.
2. Lama flushing yang paling efektif adalah 15 menit. (Krisetyana, H 2008)

Reservoir Perlindungan Kualitas Air Berdasarkan *Ecological* fungsi *Zonasi*, lima utama tingkat zona fungsi ekologis yang dipartisi prinsipnya didasarkan pada iklim alami, karakteristik geografis dan bentang alam, dan situasi pembangunan sosial- ekonomi telah meberlakukan dampak yang signifikan terhadap perlindungan waduk air minum. Namun, meskipun kebijakan perindungan khusus seperti optimasi dan peningkatan industri telah di promosikan untuk zona timur laut polos, zona cekungan perbukitan pusat dan wilayah pesisir timur, telah ada kecenderungan industri bergeser dari daerah pesisir tenggar ke jarang yang dihuni daerah barat daya yang telah pasti dikenakan meningkatkan tekanan pada waduk di daerah-daerah. Oleh karena itu, minum perlindungan sumber air membutuhkan pelaksanaan yang tepat dari strategi fungsi zonasi ekologi dan regulasi yang ketat dari pengembangan dan transfer industri (Qing Gu, 2014).

Selain itu beberapa jenis lain dari zonasi tata ruang dan peraturan berfokus pada eksploitasi sumber daya lahan dan konfigurasi, diantaranya perkotaan dan pedesaan perencanaan, perencanaan keseluruhan untuk pemanfaatan lahan sangat penting terbesar untuk pemerintah juga akan menibulkan dampak potensial dan

spesifik pada drinking- tandon air. Bahkan, zona fungsi ekologis telah bertindak sebagai pedoman penting dan batas kontrol spasial untuk berbagai zonasi dan regulasi dalam praktek (Qing Gu, 2014).

B. Landasan Teori

Sedimen sungai berdasarkan mekanismenya dapat dibedakan sebagai muatan dasar (*bed load*) dan muatan melayang (*suspended load*). Bed load adalah partikel kasar yang bergerak disepanjang aliran. Untuk memprediksi muatan dasar digunakan tabel prosentase muatan dasar terhadap muatan suspensi total.

Tabel 2.1 Prosentase muatan dasar terhadap muatan suspensi total

Konsentrasi sedimen suspensi (mg/l)	Jenis bahan dasar sungai	Tekstur dari material suspensi	Prosentase muatan dasar terhadap muatan suspensi total
< 1000	Pasir	20% - 50% pasir	25 – 100
1000 – 7500	Pasir	20% - 50% pasir	10 – 35
>7500	Pasir	50% pasir	5
Sembarang konsentrasi	Lempung padat kerikil	50% pasir	5 – 15
Sembarang konsentrasi	Lempung dan lanau	Tanpa pasir	< 2

Sumber : PT. Indonesia Power, 2009

Waduk Mrica dibangun tahun 1983 dan mulai digenangi bulan April tahun 1988. Luas genangan pada elevasi +231 m sekitar 8 km² dengan volume efektif 47 juta m³. Luas genangan pada elevasi penuh mencapai sekitar 12 km² dengan volume genangan 141,247 juta m³. Luas genangan pada elevasi +234,50 m mencapai sekitar 12,50 km². Sedangkan luas genangan pada elevasi +235 m (operasi penuh) mencapai 12,91 km² dengan volume genangan mencapai 187,62 juta m³. Elevasi minimum yang diijinkan untuk beroperasi adalah pada elevasi +224

m atau pada volume tampungan 96,11 juta m³. Tinggi bendungan sampai dengan elevasi +235m mencapai 75 m, sedangkan ketinggian *head* dari dasar bendung ke turbin mencapai 18 m (Teguh Marhendi, 2009).

Secara Umum ada tiga kemungkinan untuk mengatasi sedimentasi waduk,yaitu :

1. Menjaga atau mempertahankan agar sedimen yang masuk waduk serendah mungkin (*minimization of sediment inflow*)
2. Menjaga agar sedimen yang masuk tetap dalam suspensi dan melepaskannya ke hilir sebelum sedimen sempat mengendap (*Sediment sluicing*).
3. Mengeluarkan sedimen yang telah mengendap (*sediment extraction*) (Hari Krisetyana, 2008)

C. Pengeluaran sedimen dari dalam waduk

Untuk mengeluarkan sedimen dari dalam waduk , ada beberapa metode yang telah digunakan, namun dalam pelaksanaan perlu dipertimbangkan baik secara ekonomis dan teknis menguntungkan (Hari Krisetyana, 2008)

Pada prinsipnya terdapat dua kondisi sedimen yang akan dikeluarkan dari dalam waduk yaitu :

1. Sedimen belum mengendap dalam waduk (masih melayang)
2. Sedimen sudah mengendap dalam waduk
 - a. Pengeluaran sedimen pada kondisi belum mengendap

Untuk kondisi-kondisi khusus yakni kandungan sedimen sangat tinggi sehingga menyebabkan *high density gradient* dan dasar sungai asli lurus dengan kemiringan tajam, aliran masuk tidak terdistribusi secara merata ke seluruh

waduk, tetapi akan mengalir dibawah air waduk yang relatif jernih, mengikuti dasar sungai asli. Aliran ini bisa dinamakan *density current* yang dapat dimanfaatkan untuk *flushing* sediment.

Maka pada kondisi sedimen belum mengendap didasar waduk, untuk mengeluarkan sedimen dari waduk dapat menggunakan cara klasik tersebut diatas, yaitu dengan memanfaatkan *density current*. Cara ini hanya dapat dilakukan jika tersedia *bottom outlet* dengan kapasitas yang memadai (Hari Krisetyana, 2008)

Kondisi yang baik untuk pemanfaatan *density current* (Scheuerlein, 1987) dalam (Hari Krisetyana, 2008) adalah :

- 1) Beda *density* antara *inflow* dan air waduk yang cukup (kandungan *suspended load* tinggi)
- 2) Kemiringan dasar sungai di *entrance* cukup tajam
- 3) Waduk cukup dalam dan dasar sungai dibawah waduk lurus

b. Pengeluaran Sedimen Pada Kondisi Sudah mengendap

Berdasarkan data yang ada, tidak mudah kondisi sedimen yang sudah mengendap untuk dibuat melayang kembali (*resuspension*), terutama material berkoheisi. Untuk itu, akan sangat menguntungkan kalau dapat memperlambat proses pengendapan dan mencoba untuk membuangnya keluar dari waduk sebelum sedimen sempat mengendap. Pada kondisi sedimen sudah mengendap dalam waduk, secara umum pengeluaran sedimen dari waduk dapat dilakukan dengan cara, tanpa bantuan energi dari luar yaitu dengan memanfaatkan energi potensial air waduk untuk menggelontorkan sedimen (*flushing*) Dengan bantuan energi dari luar yaitu

dilakukan dengan memanfaatkan alat-alat mekanik (*mechanical excavation*) atau yang umum kita kenal dengan istilah *dredging* (Hari Krisetyana, 2008)

c. Pengeluaran Sedimen dengan Metode *Flushing*

1) Definisi *Flushing*

Prinsip dari metode penggelontoran sedimen dengan energi potensial air waduk (*Flushing*) adalah mengeluarkan sedimen dengan mengambil manfaat energi hidrolis akibat beda tinggi antara muka air didepan dan dibelakang bendungan, untuk mensuplai energi pada *sediment flushing system* (Hari Krisetyana, 2008)

2) Klasifikasi *Flushing*

Menurut Fan (1985) secara umum *flushing* dapat diklasifikasikan ke dalam 2 kategori yaitu *Empty or Free-flow Flushing* dan *Flushing With Partial Drawdown*.

a) *Empty or Free-Flow Flushing* :

Yaitu *Flushing* dilaksanakan dengan cara mengosongkan air waduk, sedangkan aliran sungai tetap dipertahankan masuk kedalam waduk, untuk selanjutnya digunakan sebagai penggelontoran sedimen keluar waduk melalui *bottom outlet*.

Waktu pelaksanaan ada 2 cara yaitu :

(1) *Empty Flushing During Flood Season*

Flushing dilaksanakan pada saat musim hujan atau musim basah.

(2) *Empty Flushing During Non Flood Season*

Flushing dilaksanakan pada saat musim kemarau atau musim kering.

b) *Flushing With Partial Drawdown*

Yaitu penggelontoran sedimen dengan cara elevasi air waduk dipertahankan dalam keadaan tinggi, endapan sedimen diarahkan keluar waduk melalui *bottom outlet*.

Dalam pelaksanaan ada 2 macam yaitu :

(1) *Pressure Flushing*

Pada saat *flushing* dilaksanakan, elevasi air waduk diturunkan ke elevasi paling rendah yang diijinkan (*Minimum Operation Level*).

(2) *Flushing With High- Level Outlet*

Flushing dilaksanakan dengan membuat *Underwater dike* di waduk untuk menaikkan endapan sedimen ke *High Level Bypass Channel* yang elevasinya lebih tinggi dari elevasi intake.

3) Faktor – Faktor yang Mempengaruhi *Flushing*

Menurut Hari Krisetyana (2008) Efektifitas tidaknya hasil penggelontoran sedimen (*Flushing*) dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut :

- a) Dimensi dari *Flushing outlet*
- b) Posisi dari *Flushing outlet*
- c) Penampang waduk dan kecuraman dasar waduk
- d) Panjang, pendek, lebar dan tidaknya waduk
- e) Lurus tidaknya waduk kearah *outlet*
- f) Distribusi dan kepadatan sedimen

- g) Ketersediaan air waduk untuk penggelontoran sedimen
 - h) Frekuensi penggelontoran sedimen
 - i) Kondisi cathment area dari waduk.
- 4) Pengeluaran Sedimen Dengan Metode *Dredging*

Pengeluaran sedimen dari dalam waduk dengan metode *dredging*, yaitu mengeluarkan sedimen dengan menggunakan alat-alat mekanik. Metode yang digunakan *dry excavation* (waduk dalam keadaan kosong) Menurut Hari Krisetyana (2008)

Beberapa metode *dredging* diantaranya adalah :

- a) *Hydraulic Suction Dredges*
- b) *Siphon Dredge*
- c) *Jet pump*
- d) *Cable – Suspended Dredge Pumps*
- e) *Mechanical Dredges*
- f) *Sediment Removal by Explosive*

Namun cara ini disamping tidak ekonomis dapat menimbulkan beberapa masalah lingkungan, misalnya polusi waduk dan masalah bahan bangunan.

- 5) Pembentukan saluran pembilasan

Selama proses pengendapan di *Reservoir*, sedimen deposito di saluran utama dan kemudian memperpanjang lateral di seluruh lebar penuh *reservoir* untuk menciptakan tingkat deposisi hampir horisontal. Namun demikian, dengan mengoprasikan penarikan dekat outlet *sluicing*, kondisi aliran dalam mencapai disita akan mirip dengan pola sungai asli. Dengan kata lain, melalui proses pembilasan,

penyaluran oleh erosi mundur menciptakan pemotongan aliran saluran di deposito untuk membangun kembali pola cross-sectional baru dengan saluran utama dan dataran banjir (Talebbeydokhti N, 2004)

