

## **KAJIAN MODEL ANGKUTAN SEDIMEN PADA DAS SERAYU BERDASARKAN MODEL MATEMATIK 1 DIMENSI**

M. Syahril Badri K.<sup>1</sup>, Hang Tuah Salim<sup>1</sup>, Aditya Riadi G<sup>1</sup>

*Diterima 04 Juli 2006*

### **ABSTRACT**

*This paper present comparison study of several mathematical model for sediment transport, e.g. Yang (1973), Ackers-White (1973), Madden (1963), Vanony-Duboy (1975), Schocklitsh-Toffaleti (1966), Meyer-Peter-Muller (1948) dan Colby (1964). The study was supported by 1 dimensional mathematical model named HEC6. Model Calibration and verification were done by using field data measurement that was taken at Mrica Reservoir in 1992-1993 and 2002-2003. Based on this study, it is found that the best assessment for the sedimentation process in the upstream of the reservoir is shown by Yang model (1973), meanwhile the best assessment for the sedimentation process in the downstream of the reservoir is shown by Colby model (1964).*

**Keywords:** *Sediment Transport, One Dimension mathematical model, Serayu River.*

### **ABSTRAK**

*Makalah ini menyajikan hasil kajian komparasi beberapa model angkutan sedimen pada badan sungai Serayu Jawa Barat. Dalam kajian digunakan alat bantu berupa model matematik 1 dimensi HEC 6. Pemodelan angkutan sedimen dilakukan dengan beberapa model matematik yaitu Model Yang (1973), Ackers-White (1973), Madden (1963), Vanony-Duboy (1975), Schocklitsh-Toffaleti (1966), Meyer-Peter-Muller (1948) dan Colby (1964). Kalibrasi dan verifikasi model dilakukan dengan memanfaatkan data pengukuran perubahan dasar waduk dari tahun 1992 sampai 1993 dan dari tahun 2002 sampai 2003. Hasil pemodelan menyimpulkan bahwa model angkutan sedimen terbaik untuk memodelkan daerah bendungan Mrica adalah formula Yang (1973), sedangkan untuk bagian di bawah bendungan sampai dengan muara adalah formula Colby (1964).*

**Kata kunci:** *Angkutan Sedimen, Sungai Serayu, Model 1 Dimensi*

### **LATAR BELAKANG**

Sedimentasi di suatu sungai merupakan fenomena yang menarik banyak para peniliti dibidang hidraulik, dinamika fluida, lingkungan dan hidrologi.

Besarnya perhatian peneliti terutama karena adanya kebutuhan IPTEKS yang sangat tinggi dalam menangani hal tersebut. Kebutuhan IPTEKS tersebut muncul dari masyarakat kota/wilayah

---

<sup>1</sup> Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesa No.10 Bandung 40132

yang menjadikan sungai sebagai salah satu urat nadi aktifitasnya, yaitu sebagai sumber air, transportasi, drainase, irigasi dll.

Sebagaimana diketahui, sedimentasi di sungai terjadi karena adanya proses pengendapan konsentrasi sedimen pada aliran sungai yang bersumber dari hasil erosi di bagian hulu sungai tersebut. Erosi tersebut dapat dibedakan berdasarkan penyebabnya, yaitu erosi akibat tergerusnya permukaan tanah oleh butiran air pada saat turunnya hujan di lahan tersebut, erosi akibat gerusan arus aliran pada badan sungai dan erosi akibat gerusan tebing sungai oleh gelombang kapal yang lalu lalang.

Paper ini menguraikan hasil kajian dari proses dan dampak sedimentasi pada badan sungai dengan menggunakan model matematik 1 dimensi. Hasil studi merupakan bahasan komparasi beberapa metoda perhitungan sedimentasi yang diterapkan pada sungai Serayu di Propinsi Jawa Barat.

Sungai Serayu mengalir dari wilayah Kabupaten Banjarnegara, Banyumas, dan bermuara di wilayah Kabupaten Cilacap. DAS S. Serayu berupa Pegunungan Dieng dan Gunung Slamet yang memiliki curah hujan cukup tinggi yaitu 3.439mm/tahun. Beberapa penelitian mengenai sedimentasi di S.Serayu telah dilakukan sejak tahun 1992, yaitu

pada saat dilakukannya perencanaan Waduk Mrica. Penelitian tersebut pada umumnya dilakukan berdasarkan hasil pengukuran lapangan berupa survey hiometri dan hidrologi yang dilakukan selama kurun waktu tertentu. Pengukuran-pengukuran tersebut dilakukan pada tahun 1992 dan 1993. Karena telah lamanya periode pengukuran, untuk dapat dimanfaatkan untuk memprediksi laju sedimentasi S. Serayu pada saat ini, hasil pengukuran tersebut perlu disesuaikan dengan perubahan DAS yang telah dialami sejak tahun 1992 sampai dengan tahun 2005. Penggunaan model matematik 1 dimensi ini diharapkan dapat menjembatani upaya pencarian parameter-parameter yang diperlukan bagi penentuan laju sedimentasi yang terjadi di S. Serayu di masa datang.

## PERSAMAAN PENGATUR

Persamaan pengatur diturunkan dengan beberapa asumsi sbb.:

- Aliran tunak (*steady flow*).
- Aliran satu dimensi.
- Sedimen berupa lempung, lanau, pasir dan krikil.
- Transpor sedimen berupa sedimen dasar (*bed load*) dan sedimen tersuspensi (*suspended load*).



Gambar 1. Lokasi DAS Serayu, Propinsi Jawa Tengah (Microsoft Encarta, 2004)

### Persamaan Energi

Dengan asumsi tersebut di atas, persamaan gerak aliran lebih praktis dan sederhana didekati dari persamaan energi. Persamaan energi dapat dituliskan dalam fungsi tinggi muka air. Dalam hal ini, profil muka air dihitung menggunakan *Standard Step Method*. Menurut *Bernaully*, persamaan energi antara dua penampang melintang badan sungai dapat dituliskan dalam fungsi tinggi tekan air sbb:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- Y = Kedalaman hidraulis (m)
- Z = Elevasi titik dari Datum (m)
- V = Kecepatan aliran (m/det)
- $\alpha$  = Koef energi
- $h_e$  = Kehilangan energi (m)
- g = Gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

Kehilangan energi ( $h_e$ ) terjadi sebagai akibat dari gesekan pada dinding,

perubahan geometri dan turbulensi aliran. Persamaan kehilangan energi yang digunakan adalah sbb:

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

C = Koefisien kehilangan energi

### Persamaan Angkutan Sedimen

Dalam makalah ini akan dibahas 2 metoda yaitu metoda Yang dan Metoda Colby. Metoda Yang (1973) dikembangkan berdasarkan asumsi bahwa *unit stream power* merupakan faktor utama yang menentukan total konsentrasi sedimen. Anggapan ini dipekuat oleh hasil penelitiannya pada aliran saluran sempit dan aliran sungai aluvial. Diameter sedimen yang digunakan berkisar antara 0.062 sampai dengan 7.0 mm dengan konsentrasi total sedimen berkisar antara 10 sampai 585000 ppm.

Menurut Yang (1984) besarnya transport pasir dan butiran dapat dinyatakan dalam fungsi sbb.:

- Untuk pasir dengan ukuran  $d_m < 2 \text{ mm}$

$$\log C_i = 5.435 - 0.286 \log \frac{\omega d_m}{v} - 0.457 \log \frac{u_*}{\omega} + \left( 1.799 - 0.409 \log \frac{\omega d_m}{v} - 0.314 \log \frac{u_*}{\omega} \right) \log \left( \frac{VS}{\omega} - \frac{V_{cr} S}{\omega} \right) \dots \dots \dots (3)$$

- Untuk pasir dengan ukuran  $d_m \geq 2 \text{ mm}$

$$\log C_i = 6.681 - 0.633 \log \frac{\omega d_m}{v} - 4.816 \log \frac{u_*}{\omega} + \left( 2.784 - 0.305 \log \frac{\omega d_m}{v} - 0.282 \log \frac{u_*}{\omega} \right) \log \left( \frac{VS}{\omega} - \frac{V_{cr} S}{\omega} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Berdasarkan data uji laboratorium dan lapangan, dan pemanfaatan fungsi angkutan sedimen Einstein (1950), Colby (1964) telah mengembangkan solusi grafis untuk angkutan total yang dikaitkan dengan kecepatan rata-rata  $V$ , kedalaman rata-rata  $D$ , diameter median partikel  $d_{50}$ , temperatur  $T$ , dan konsentrasi sedimen halus  $C_f$ . Menurut pendekatan tersebut, persamaan debit total sedimen (ton/hari/ lebar) dapat dituliskan sbb.:

$$q_t = [1 + (k_1 k_2 - 1) 0.01 k_3] q_{ti} \dots \dots \dots (5)$$

dimana :

- ( $k_1$ ) = faktor koreksi untuk efek temperatur
- ( $k_2$ ) = faktor koreksi konsentrasi sedimen halus
- ( $k_3$ ) = faktor koreksi ukuran sedimen

Formula Colby sangat cocok jika digunakan untuk saluran yang memiliki partikel dasar saluran lebih kecil dari 0.6 mm dan untuk saluran dengan kedalaman lebih kecil dari 3 meter.

## PEMODELAN

Model yang digunakan adalah model HEC-6 yang dalam hal ini terdiri dari model hidraulik yang memecahkan persamaan aliran 1 dimensi dan model angkutan sediment pada control volume (badan sungai) yang ditinjau. Model tersebut dikembangkan berdasarkan metoda beda hingga.

Control volume diambil sebagai bagian saluran yang dapat direpresentasikan oleh sebuah penampang melintang. Dengan demikian, lebar control volume sama dengan lebar dasar saluran, sedangkan kedalaman control volume diukur dari permukaan air sampai permukaan *bedrock* di bawah dasar saluran. Skema control volume dapat dilihat pada gambar 2.

Model hidraulik dikembangkan dengan menerapkan persamaan energi dan kontinuitas pada penampang melintang sungai. Keluaran dari model hidrolis ini berupa hidrograf aliran dari control volume yang bersangkutan.

Angkutan sedimen untuk setiap ukuran sediment dihitung dari hidrograf aliran tersebut diatas. Potensi angkutan dihitung untuk setiap kelompok butiran yang terdapat di dasar saluran. Kapasitas angkutan tiap kelompok diperoleh dari perkalian total potensi dengan fraksi/rasio kelompok tersebut terhadap total potensi dari dasar saluran.

Pendekatan yang digunakan untuk mendapatkan volume sedimen di setiap control volume dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_{sed} = B_o \cdot Y_s \cdot \frac{L_u + L_d}{2} \dots \dots \dots (6)$$

dimana:

$B_o$  = lebar dasar saluran (m)

$L_u + L_d$  = panjang control volume (m)

$V_{sed}$  = volume sedimen di control volume

$Y_s$  = dalam sedimen di control volume

Untuk kedalaman air  $D$ , volume dari air yang terdapat dalam satu kolom air adalah:

$$V_f = B_o \cdot D \cdot \frac{L_u + L_d}{2} \dots\dots\dots (7)$$

Besarnya  $B_o$  dan  $D$  dapat diperoleh menggunakan persamaan energi. Dalam perhitungan persamaan kontinuitas, distribusi sedimen dan kapasitas angkutan dalam control volume diasumsikan seragam, sehingga sedimen yang masuk kedalam control volume dianggap langsung dapat tercampur dengan sedimen yang sudah ada. Dengan demikian, perubahan dasar saluran sungai yang terjadi akibat pergerakan sedimen sepanjang alirannya merupakan perubahan kedalaman dari semua titik yang mewakili dasar saluran yang terdapat dalam control volume. Dalam hal ini, model yang digunakan, HEC-6

mengasumsikan adanya difusi seketika untuk setiap kelompok butiran yang terdapat di control volume.

HEC-6 juga menghitung dua sumber sedimen, yaitu sedimen yang mengalir masuk dan sedimen yang terangkat dari dasar saluran. Sedimen yang mengalir masuk digunakan sebagai sarat batas.

Proses pengangkutan dan pengendapan sedimen di dasar saluran dideskripsikan kedalam algoritma numerik agar dapat dilakukan simulasi dengan model. Dasar untuk mensimulasikan perubahan vertikal dari dasar saluran adalah persamaan kontinuitas untuk material sedimen (*persamaan exner*) sbb.:

$$\frac{\partial G}{\partial x} + B_o \cdot \frac{\partial Y_s}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

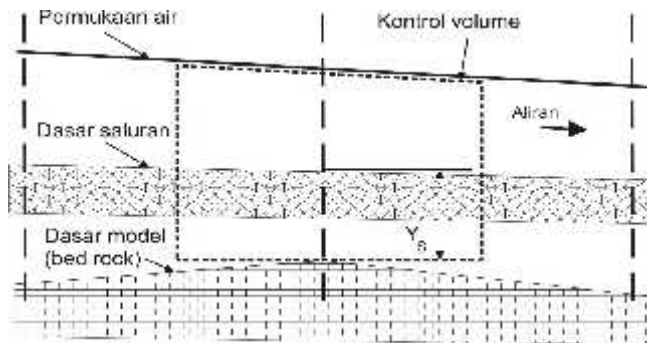
$B_o$  = lebar dari dasar yang dapat bergerak

$t$  = waktu

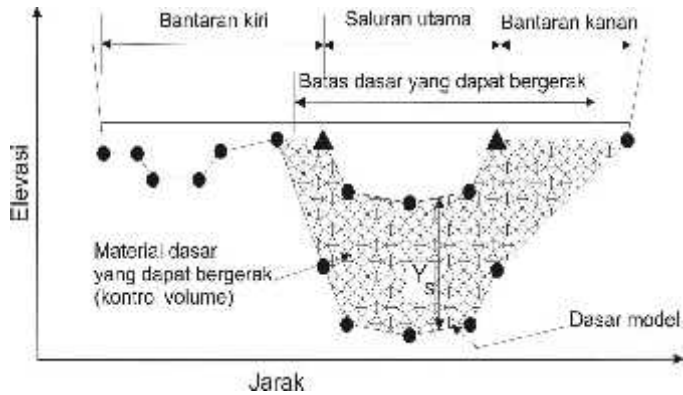
$G$  = debit rata-rata sedimen selama  $\Delta t$

$x$  = jarak sepanjang saluran

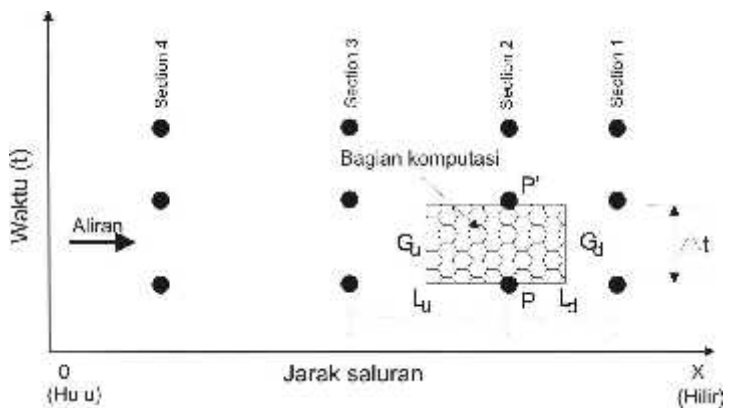
$Y_s$  = kedalaman sedimen pada control volume



Gambar 2. Konsep control volume



Gambar 3. Dasar saluran yang dapat bergerak



Gambar 4. Skema komputasi angkutan sedimen

Persamaan (9) dan (10) berikut dibawah ini merepresentasikan persamaan Exner dalam bentuk beda hingga untuk titik P dengan menggunakan syarat-syarat yang ditunjukkan dalam Gambar 4.

$$\frac{G_d - G_u}{0.5(L_d + L_u)} + \frac{B_{sp}(Y'_{sp} - Y_{sp})}{\Delta t} = 0 \dots\dots\dots (9)$$

$$Y'_{sp} = Y_{sp} - \frac{\Delta t}{(0.5)B_{sp}} \cdot \frac{G_d - G_u}{L_d + L_u} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

$B_o$  = lebar dari dasar yang dapat bergerak

$G_u, G_d$  = angkutan sedimen masing-masing di hulu dan hilir penampang melintang

$L_u, L_d$  = masing-masing panjang saluran bagian hulu dan hilir penampang melintang

$Y_{sp}, Y'_{sp}$  = kedalaman sedimen masing-masing sebelum dan setelah langkah waktu pada titik P

0.5 = rasio panjang bagian hulu dan hilir

$\Delta t$  = langkah waktu komputasi

$Y_{sp}$  didefinisikan juga sebagai kedalaman inisial dari material dasar pada titik P.  $G_u$  adalah nilai sedimen yang memasuki control volume dari bagian hulu.  $G_d$  merupakan sedimen yang meninggalkan control volume dan berubah menjadi  $G_u$  untuk control volume selanjutnya.

Selisih antara  $G_d$  dan  $G_u$  adalah materi yang terangkut atau terendap dalam control volume yang mewakili suatu bagian dari badan sungai yang ditinjau seperti yang ditunjukkan dalam persamaan (10). Dari persamaan dan skema pemodelan tersebut terlihat bahwa untuk melakukan running model tersebut akan dibutuhkan data pendukung berupa topografi, batimetri, karakteristik hidraulik waduk, tinggi muka air, sebaran butiran sedimen dasar dan debit aliran sungai.

### Skema Pemodelan

Pemodelan dilakukan untuk kasus sungai Serayu yang mempunyai kedalaman maksimum pada bagian muara Sungai Serayu sedalam 2.5 meter dari LLWL atau 370.8 cm dari MSL dan memiliki waduk PB. Soedirman. Data topografi yang digunakan diperoleh dengan mengolah data SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) berukuran grid 90 m x 90 m sehingga diperoleh peta dengan interval kontur 0.5 meter. Waduk tersebut mempunyai elevasi muka air maksimum dan minimum masing-masing 231 m dan 224.5 m, serta telah mengalami pengendapan sejak tahun 1989 (lihat gambar). Pada tahun 2004, volume

pengendapan di waduk mencapai 67.1 juta  $m^3$  dan telah menyebabkan penurunan kapasitas waduk dari 148.28 juta  $m^3$  menjadi 81.187 juta  $m^3$  (45.25%). Berdasarkan analisis data topografi dan batimetri tersebut ditentukan skema pemodelan aliran DAS Serayu seperti yang dapat dilihat pada gambar 5.

Dalam pemodelan, DAS Serayu dibagi dua wilayah yaitu DAS Banjarnegara (kawasan bendungan) dan DAS Banyumas (aliran Sungai Serayu setelah bendungan).

Kekasaran dasar saluran yang digunakan adalah kekasaran Manning dengan harga  $n=0.03$ . Batas dasar saluran yang masih dapat bergerak mempunyai kedalaman  $Y_s=1$  meter dan dibatasi oleh bantaran sungai.

### Verifikasi dan Kalibrasi Model

Kalibrasi model hidrolis dilakukan untuk memperoleh karakteristik hidraulis saluran yang akan digunakan sebagai masukan model angkutan sediment. Kalibrasi model angkutan sedimen dilakukan untuk memprediksi suplai sedimen berupa konsentrasi dan debit sedimen yang masuk kedalam aliran Sungai.

### *DAS Banjar Negara*

Verifikasi model angkutan sedimen di waduk dilakukan dengan menggunakan perubahan dasar waduk dari tahun 1992 sampai 1993 dan dari tahun 2002 sampai 2003.

Debit aliran yang masuk ke Bendungan PB. Soedirman berasal dari hulu Sungai Serayu dan anak Sungai Mrawu, data debit yang digunakan adalah data Pos

Duga Air K.Mrawu-Clanggap dan K.Serayu-Banjar-negara. Elevasi muka air maksimum didalam bendungan adalah 233.2 m dan nilai minimum 223 m.

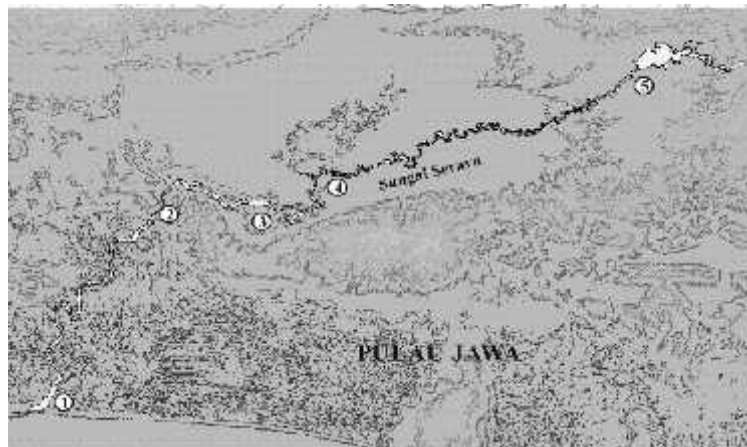
Kecepatan aliran pada bagian hulu bendungan memiliki nilai minimum 0.004 m/dt, maksimum 4.8 m/dt kembali meningkat setelah melewati bendung. Sedangkan kedalaman maksimum di dalam bendungan adalah 28.7 meter.

Dari hasil model hidrolis diperoleh hubungan debit dengan elevasi air untuk semua penampang melintang, grafik hubungan tersebut digunakan sebagai syarat batas internal model angkutan sedimen.

Pada debit 97 sampai 105 m<sup>3</sup>/dt terjadi fluktuasi elevasi di dalam bendungan, hal ini terjadi karena pintu bendungan didesain terbuka pada saat elevasi muka air mencapai 230 m dan mulai tertutup pada elevasi muka air 224 m (Gambar 6).

Volume sedimen yang mengendap selama tahun 1992 sampai 1993 sebesar 3.488 juta m<sup>3</sup> dan selama tahun 2000 sampai 2001 sebesar 3.382 juta m<sup>3</sup>. Berdasarkan model angkutan sedimen dapat diperkirakan bahwa masukan sedimen dari hulu bendungan lebih besar dari 3.4 juta m<sup>3</sup> setiap tahunnya dengan debit angkutan sedimen seperti ditunjukkan pada gambar 7.

Dari hasil simulasi diperoleh elevasi dasar bendungan untuk setiap formula yang digunakan. Formula Yang, Ackers-White, Kombinasi Toffaletti dengan Meyer-Peter dan Müller memberikan hasil yang mendekati data pengukuran dasar bendungan. Untuk formula Vanoni, dan kombinasi Toffaletti dengan Schoklitsh memberikan hasil pengendapan yang lebih besar dari data pengukuran. Sedangkan formula angkutan sedimen lainnya rata-rata memberikan nilai pengendapan yang terlalu kecil (Gambar 8).

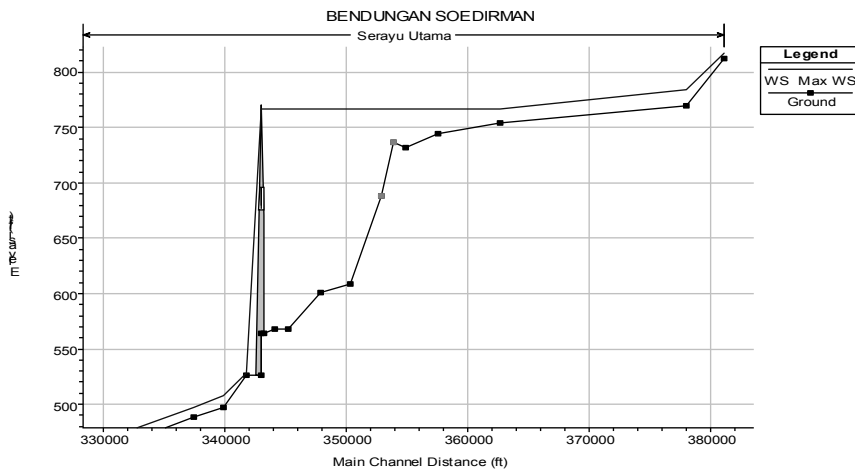


Gambar 5. Skema aliran Sungai Serayu

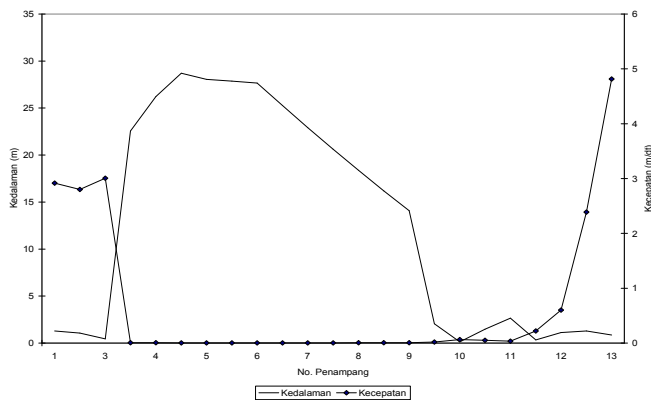
Dari model angkutan sedimen Daerah Tangkapan Air Hulu diperoleh hubungan debit dengan angkutan sedimen yang digunakan sebagai input model angkutan sedimen Daerah Tangkapan Air Hilir. Dari perbandingan data pengukuran dasar bendungan, formula angkutan sedimen yang memberikan hasil mendekati data pengukuran adalah formula Yang,

Ackers-White, dan Kombinasi Toffaletti dengan Meyer-Peter dan Müller.

Suplai sedimen yang masuk dari hulu bendungan di perkirakan berkisar antara 2573 sampai 37842 ton/hari, perkiraan angkutan sedimen yang masuk dari arah hulu bendungan ditunjukkan oleh Gambar 10.

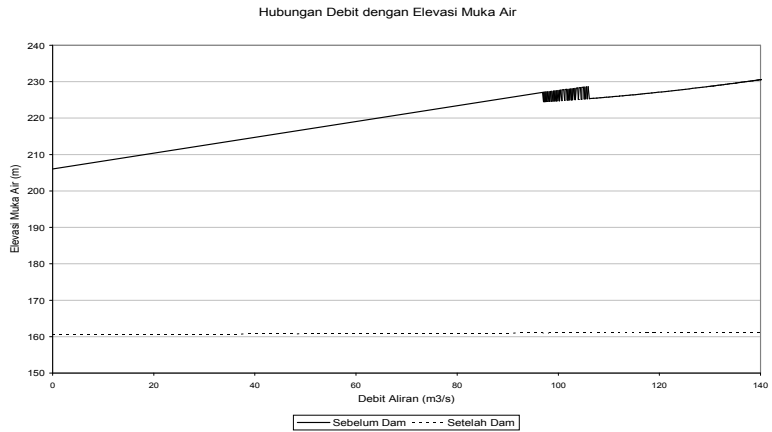


Gambar 6. Elevasi muka air pada profil memanjang bendungan tahun 1992.

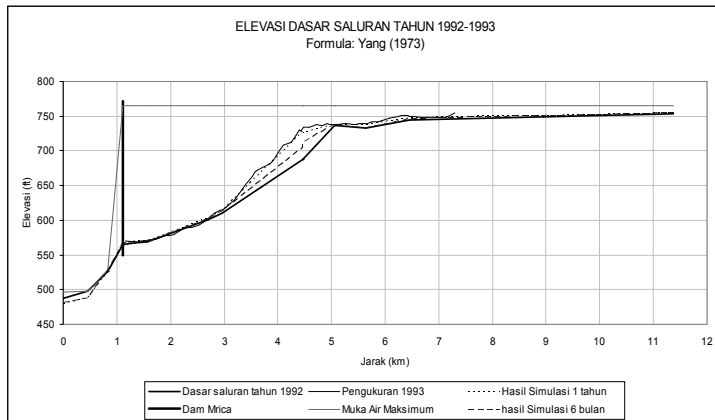


Gambar 7. Kedalaman & kecepatan sekitar Dam

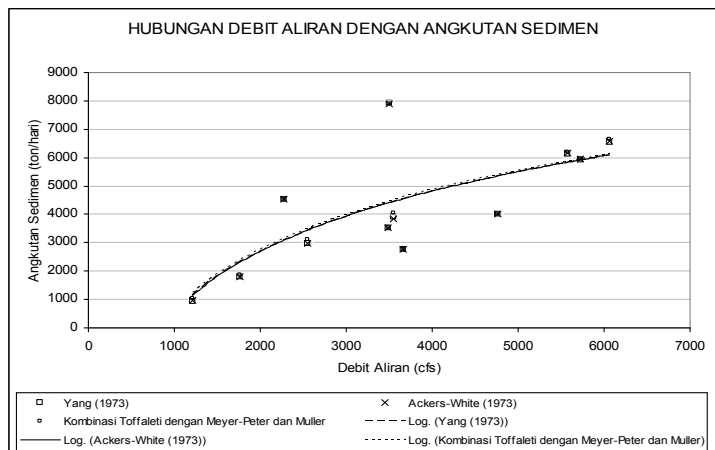
**M. Syahril Badri K, Hang Tuah Salim, Aditya Riadi G**  
 Kajian Model Angkutan Sedimen pada DAS Serayu Berdasarkan Model Matematik 1 Dimensi



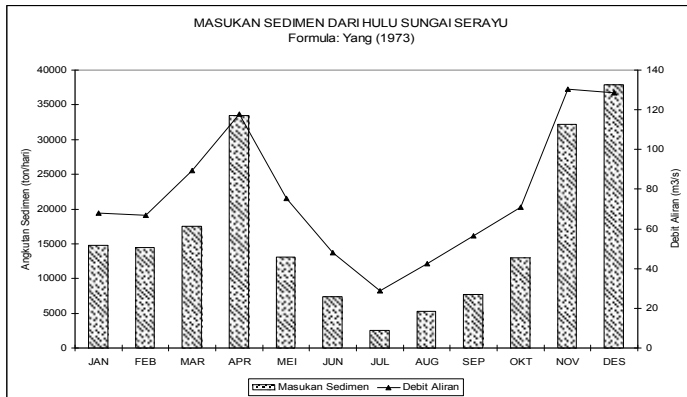
Gambar 8. Syarat batas internal model angkutan sedimen



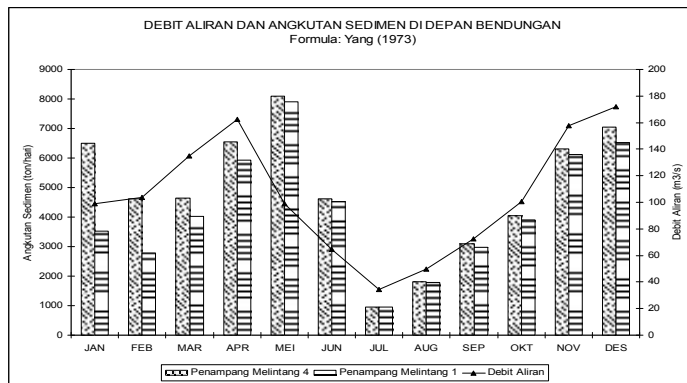
Gambar 9. Hasil simulasi dasar saluran pada tahun 1993



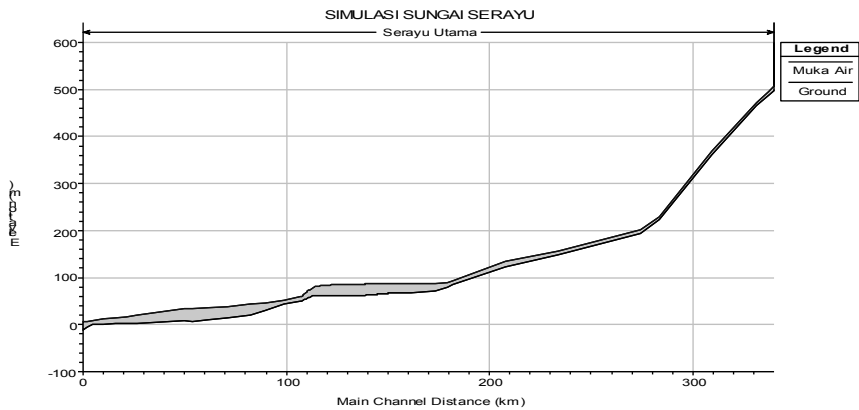
Gambar 10. Hubungan debit dengan angkutan sedimen di depan bendung



Gambar 11. Debit aliran dan angkutan sedimen dari hulu bendungan



Gambar 12. Debit aliran dan angkutan sedimen di depan bendungan



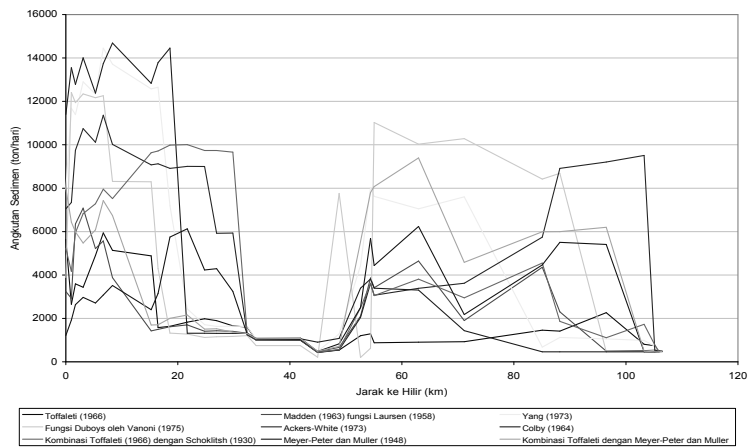
Gambar 13. Elevasi muka air maksimum sepanjang Sungai Serayu

### Daerah Tangkapan Air Banyumas

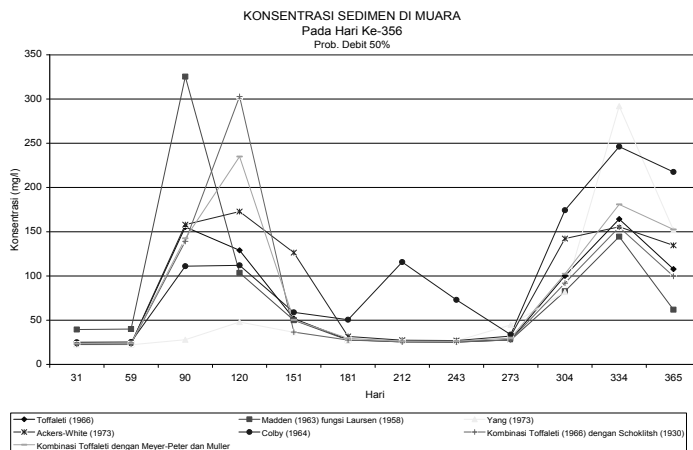
Debit aliran yang masuk ke aliran sungai sepanjang aliran dari bendungan Panglima Besar Soedirman sampai muara sungai berasal dari bendungan, Kali Klwing, Kali Tajum, serta daerah tangkapan yang dibatasi oleh Pos Duga Air K. Serayu-Banyumas, Pos Duga Air Klwing-Slinga, dan bendungan. Kecepatan rendah antara 0.3 m/dt terjadi di kawasan Banyumas dengan kedalaman antara 1.2 sampai 1.8 m. Profil kedalaman aliran dapat dilihat

pada Gambar 13. Sedangkan kecepatan aliran di muara Sungai Serayu berkisar antara 0.1 sampai 0.6 m/dt.

Sepanjang aliran sungai serayu terdapat dua lokasi yang tererosi dan satu lokasi pengendapan, dari perbedaan nilai angkutan sedimen dapat menunjukkan lokasi deposisi sedimen. Hasil pengukuran menunjukkan kandungan sedimen di muara sungai serayu konsentrasi sedimen *Total Suspended Solid* sebesar 98-126 mg/l.



Gambar 14. Hasil angkutan sedimen sepanjang saluran



Gambar 15. Hasil konsentrasi sedimen di muara Serayu untuk probabilitas debit 50%

Berdasarkan hasil simulasi dengan formula Colby, angkutan sedimen di muara Sungai Serayu konsentrasi sedimen berkisar antara 25 sampai 246 mg/l, konsentrasi terendah terjadi pada bulan Januari sedangkan konsentrasi tertinggi terjadi pada bulan September. Untuk angkutan sedimen sepanjang saluran, nilai angkutan sedimen tertinggi terjadi pada penampang melintang yang berjarak 55 km dari muara dengan nilai angkutan sebesar 8400 ton/hari.

### Skenario Pemodelan

Setelah dilakukan verifikasi dan uji model maka dapat dikatakan bahwa penggunaan yang tepat untuk memodelkan daerah bendungan Mrica adalah formula Yang, sedangkan untuk

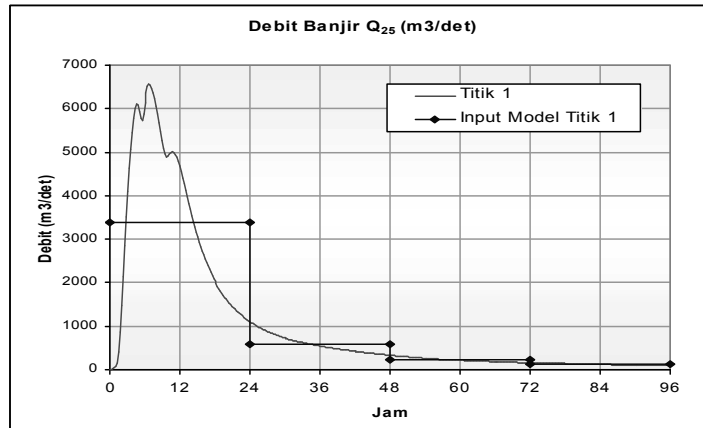
bagian di bawah bendungan dapat menggunakan formula Colby.

Debit maksimum dari data Pos Duga air serta data debit banjir dengan perioda ulang 50 tahun digunakan sebagai masukan simulasi, debit puncak maksimum untuk masing-masing data debit adalah 2137 m<sup>3</sup>/dt dan 3393 m<sup>3</sup>/dt. Data hidrologi masukan model merupakan data hidrograf debit banjir yang didiskritisasi dengan nilai  $\Delta t = 1$  hari untuk durasi 4 hari.

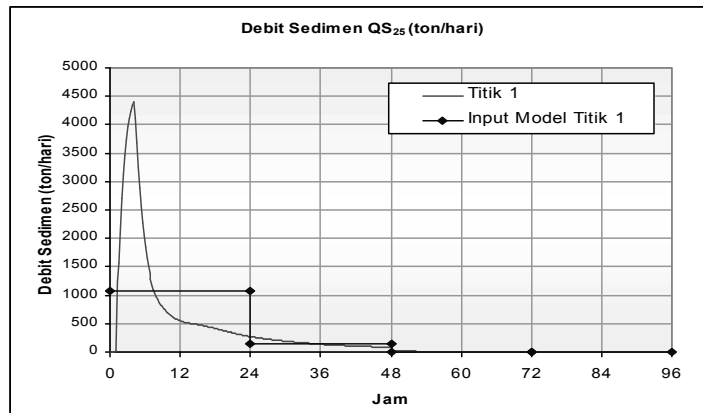
Formulasi angkutan sedimen yang digunakan adalah formula Colby setelah mempertimbangkan distribusi jenis sedimen dasar Sungai Serayu dan kedalaman aliran sepanjang sungai serayu yang rata-rata tidak melebihi 3 meter.

Tabel 1. Hasil perhitungan konsentrasi di muara untuk probabilitas debit 50%

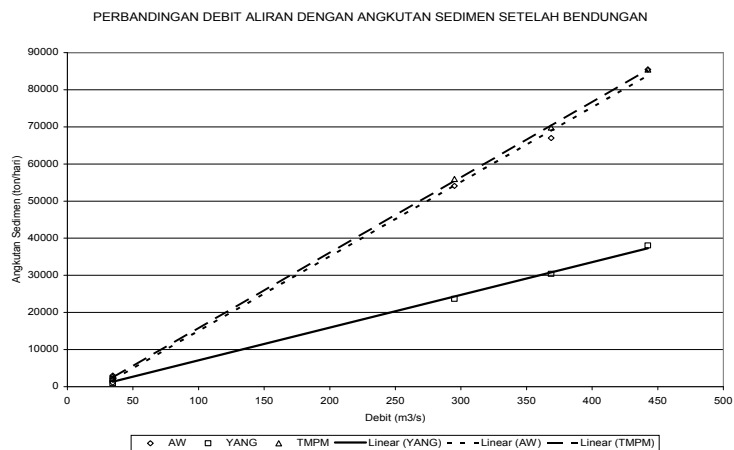
Hari	Konsentrasi Sedimen di Muara (mg/l)								
	Toffaleti (1966)	Madden (1963) fungsi Laursen (1958)	Yang (1973)	Fungsi Duboys oleh Vanoni (1975)	Ackers-White (1973)	Colby (1964)	Kombinasi Toffaleti (1966) dengan Schoklitsch (1930)	Meyer-Peter dan Muller (1948)	Kombinasi Toffaleti dengan Meyer-Peter dan Muller
31	23	39	22	645	23	25	23	21	24
59	23	40	22	653	23	25	23	21	24
90	155	325	28	799	158	111	139	23	143
120	129	104	48	810	173	112	303	21	235
151	52	50	36	102	126	59	37	25	50
181	28	27	28	775	32	51	27	27	29
212	25	27	27	49	27	116	26	25	26
243	25	26	27	86	27	73	25	25	26
273	28	28	45	243	32	34	28	25	30
304	100	83	82	641	142	174	92	25	102
334	164	144	292	1066	156	246	155	26	181
365	108	62	152	74	135	218	100	23	153
Min	23	26	22	49	23	25	23	21	24
Maks	164	325	292	1066	173	246	303	27	235
Rata-rata	72	80	67	495	88	104	81	24	85



Gambar 16. Debit  $Q_{50}$  tahun masukan model di titik 1 (muara)



Gambar 17. Angkutan Sedimen  $Q_{S50}$  tahun masukan model di titik 1 (muara)



Gambar 18. Hubungan debit dan angkutan sedimen yang keluar dari bendungan

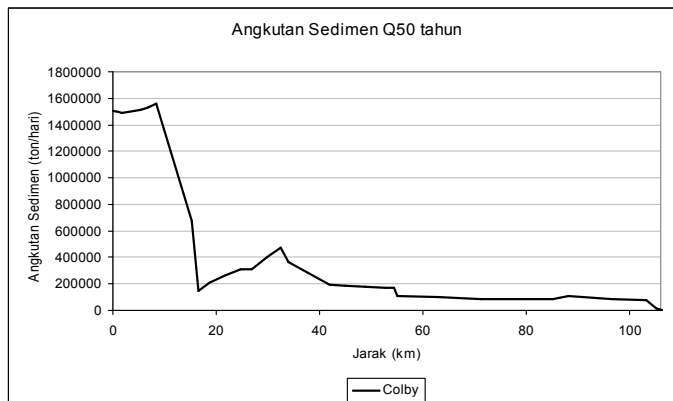
## Hasil Pemodelan

### Hasil Pemodelan DAS Banjar Negara

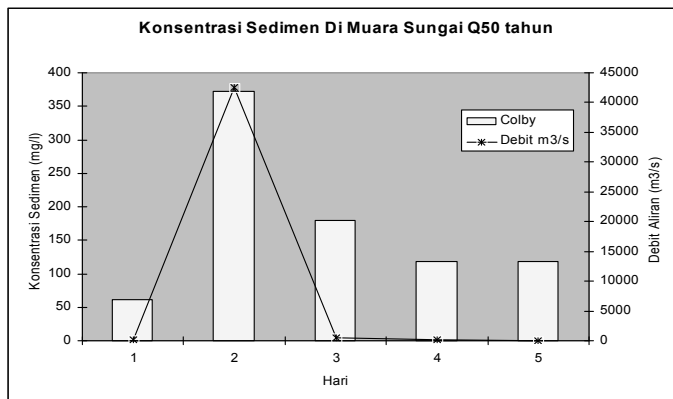
Angkutan sedimen yang terendah dan tertinggi masing-masing dihasilkan oleh perhitungan dengan menggunakan formula Yang dan Kombinasi Toffaletti dengan Meyer-Peter dan Müller. Hasil hubungan debit aliran dengan angkutan sedimen dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

### Hasil Pemodelan DAS Sungai Serayu

Konsentrasi sedimen di muara dengan menggunakan formula Colby memberikan hasil perhitungan konsentrasi tertinggi 372 mg/l yaitu pada saat debit puncak sebesar 3393 m<sup>3</sup>/dt. Grafik konsentrasi sedimen pada Gambar 20 menunjukkan hasil perhitungan konsentrasi sedimen di muara Sungai serayu selama 4 hari simulasi. Grafik angkutan sedimen sepanjang Sungai Serayu untuk perioda ulang 50 tahun dapat dilihat pada Gambar 19. Dari hasil perhitungan angkutan sedimen terbesar terdapat di muara sungai sebesar 15 juta ton/hari.



Gambar 19. Angkutan sedimen sepanjang saluran untuk debit Q<sub>50</sub> tahun



Gambar 20. Konsentrasi sedimen di muara Sungai Serayu untuk debit Q<sub>50</sub> tahun

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil simulasi diperoleh elevasi dasar bendungan untuk setiap formula yang digunakan. Formula Yang memberikan hasil yang paling baik, Ackers-White, Kombinasi Toffaletti dengan Meyer-Peter dan Müller memberikan hasil yang mendekati data pengukuran dasar bendungan. Untuk formula Vanoni, dan kombinasi Toffaletti dengan Schoklitsh memberikan hasil pengendapan yang lebih besar dari data pengukuran. Sedangkan formula angkutan sedimen lainnya rata-rata memberikan nilai pengendapan yang terlalu kecil.

Hasil pengukuran menunjukkan kandungan sedimen di muara sungai serayu konsentrasi sedimen *Total Suspended Solid* sebesar 98-126 mg/l. Formula yang memberikan hasil paling mendekati data konsentrasi sedimen di muara adalah formula Colby (1964), formula Colby sangat baik digunakan untuk saluran dengan kedalaman yang lebih kecil dari 10 ft (3 m).

Secara keseluruhan model angkutan dengan menggunakan formula Yang memberikan hasil yang akurat berdasarkan data-data yang tersedia, meskipun demikian formula ini memberikan hasil yang kurang baik di daerah muara sungai.

## Acknowledgement

Makalah ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang telah dibiayai oleh Dirjen Dikti Melalui program Hibah Pasca 2004-2005.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, Inc.
- Chow, V. T., Maidment, D.R., and Mays, L.W., (1998) . *Applied Hydrology*, International Edition, McGraw-Hill, Inc 1988.
- Harto, Sri Br. (1993). *Analisis Hidrologi*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Haydel, Julia Frances and McAnally, William H. (2002). *Port Sedimentation Solutions for the Tennessee-Tombigbee Waterway in Mississippi Report 1: Preliminary Evaluation*, Department of Civil Engineering Mississippi State University.
- HEC-RAS v3.1. (2002). *River Analisis System. Hydraulic Reference Manual*, US Army Corp of Engineers Institute For Water Resources Hydrologic Engineering Center.
- Huang, J., Greimann, B., Yang, C.T. (2003). *Numerical Simulation of Sediment Transport In Alluvial River With Floodplains*, International Journal of Sediment Research, Vol. 18, No. 1, 2003, pp. 50-59.
- Richards, Keith. (1982). *Rivers, Form and process in alluvial channels*, Mathuen, London and New York.
- Rijn, Leo C. van. (1990). *Principles of Fluid Flow and Surface Waves in Rivers, Estuaries, Seas, and Oceans*, Aqua Publications.
- Soewarno. (1991). *Hidrologi, Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*, Penerbit NOVA.

*Watershed Modeling System (WMS) 7.1 Tutorials*, Copyright © 2004 Brigham Young University - Environmental Modeling Research Laboratory.

Yang, C.T. (1996). *Sediment Transport: Theory and Practice*, McGraw-Hill, Inc.

Yang, C. T. *Generalized Sediment Transport Models for Alluvial Rivers and Reservoirs*, US-China Workshop on Advanced Computational Modelling in Hydroscience and Engineering, September 19-21, Oxford, Mississippi, USA.