

## KAJIAN PENANGANAN SEDIMENTASI DENGAN WADUK PENAMPUNG SEDIMEN PADA BENDUNGAN SERBAGUNA WONOGIRI

Sardi<sup>1)</sup>, Bambang Agus Kironoto<sup>2)</sup>, Rachmad Jayadi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tebo, Kompleks Perkantoran Kabupaten Tebo, Jambi

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik UGM – Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta

### ABSTRACT

*High rate of sedimentation in Wonogiri Multipurpose Dam may cause the dam service period to become shorter than the prior plan. The discharge of Wonogiri Multipurpose Dam is an accumulation of inflow from several main rivers, including Keduang River which is located at the east side of the dam. Keduang River supplies very high sedimentation input to the reservoir. One of the steps studied and to be implemented in the sediment countermeasure was the building of sediment pocket dam in Keduang River mouth before it enters the reservoir.*

*The research was conducted to determine the reservoir sedimentation before and after countermeasure through a mathematical model approach. It was done by doing flow and sediment transport simulation using the NCCHE-GUI Program to calculate deposition in the reservoir. Simulation was carried out in existing condition and the condition after the sediment pocket dam was built, with the assumption that discharge was evenly distributed for each month. This simplification method was applied in which monthly simulation was done for one hour. Simulation result was then multiplied by the number of hours allocated per month to generate the result for one year period.*

*Simulation result indicates that annually sedimentation reduction or net deposition is 30.41% in average after the treatment by sediment pocket dam. It is also identified from the simulation result that the reduction is relatively small, since simulation was not performed up to the condition where the pocket dam was already filled up by sediment, in which the flushing process has not been optimally simulated.*

*Keywords : Sediment Pocket Dam, Deposition.*

### PENDAHULUAN

Perubahan kondisi daerah tangkapan Waduk Serbaguna Wonogiri berupa perubahan pemanfaatan lahan berdampak pada peningkatan sedimentasi pada waduk tersebut. Peningkatan sedimentasi pada waduk pada akhirnya berakibat pengurangan volume efektif waduk. Permasalahan sedimentasi waduk tersebut memerlukan pengkajian secara mendalam dan perlu segera diupayakan penanganan secara menyeluruh.

Sedimen dari Sungai Keduang yang merupakan salah satu anak sungai yang mengalir ke Waduk Wonogiri menimbulkan permasalahan yang sangat mendesak untuk ditangani. Muara Sungai Keduang pada waduk sangat dekat dengan intake PLTA. Apabila tidak dilakukan penanganan segera, keberlanjutan fungsi waduk untuk penye-

diaan tenaga listrik akan segera terhenti. Salah satu upaya yang dikaji dan dipertimbangkan untuk dilaksanakan adalah dengan membuat waduk penampung sedimen.

Cara ini dilakukan dengan membuat tanggul penutup pada muara Sungai Keduang ke waduk untuk membuat penampung sedimen dan pada waktu-waktu tertentu dilakukan *flushing* (pengge-lontoran). Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengetahui besarnya pengurangan sedimen pada Bendungan Serbaguna Wonogiri apabila dilakukan penanganan berupa pembuatan waduk penampung sedimen pada muara Sungai Keduang. Penelitian dilakukan dengan memodelkan transpor sedimen pada waduk tersebut pada kurun waktu tertentu.

## WADUK PENAMPUNG SEDIMEN DAN SISTEM *FLUSHING*

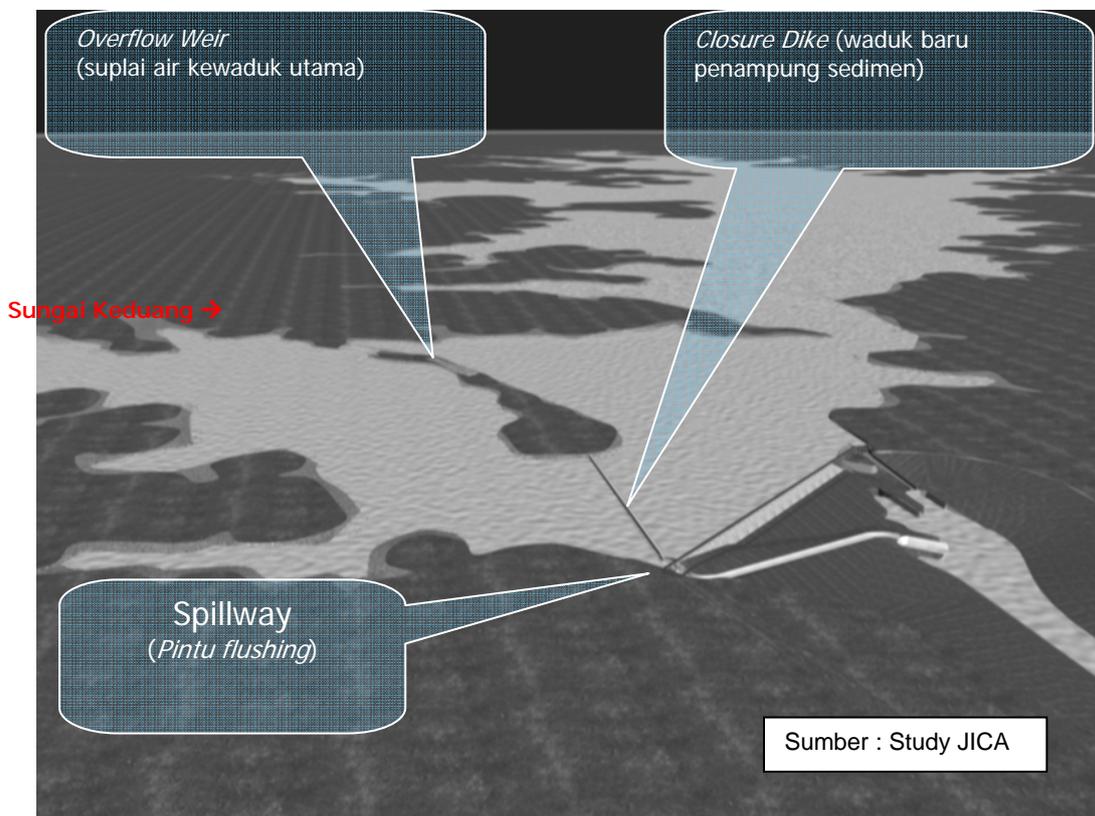
Waduk penampung sedimen dibangun pada muara Sungai Keduang pada waduk utama dengan membangun tanggul untuk membagi waduk menjadi dua. Waduk utama dan waduk penampung sedimen tersebut dapat dioperasikan secara terpisah dan tidak saling bergantung. Tujuan utama pembangunan waduk penampung sedimen adalah untuk melindungi *intake* PLTA dari sedimen yang berasal dari Sungai Keduang. Pada sisi waduk penampung sedimen dibuat pintu (*Closure Dike and Gate*) yang berfungsi untuk melakukan pengelontoran (*flushing*). Pada sisi yang lain dibangun pelimpah (*Overflow Weir*) untuk melimpahkan kelebihan air ke waduk utama pada saat pintu ditutup dan mencegah pengurangan air dari waduk utama pada saat dilakukan pengelontoran.

## PEMODELAN DENGAN CCHE MESH DAN CCHE-GUI

Program yang digunakan dalam penelitian ini adalah program yang dikeluarkan oleh NCCHE

(*National Center for Computational Hydroscience and Engineering*) dari *School of Engineering, The University of Mississippi* Amerika Serikat. Program ini merupakan sistem analisis dua dimensi untuk aliran *unsteady*, aliran sungai turbulen dan evaluasi kualitas air. Model ditujukan untuk aplikasi pada lokasi yang berkaitan dengan prediksi dasar sungai, erosi saluran untuk sedimen seragam maupun tidak seragam, proses perpindahan *meander* dan kualitas air.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan simulasi transpor sedimen dengan menggunakan bantuan *software* CCHE-MESH Versi 3.0 untuk meng-generate *mesh* dua dimensi secara terstruktur dan CCHE-GUI versi 3.05 untuk simulasi aliran dan transpor sedimen. Untuk melakukan analisis sedimen transpor dengan CCHE-GUI diperlukan masukan berupa data digitasi untuk membuat bentuk geometrik dasar, data aliran dan data sedimen.



Gambar 1. Tata letak waduk penampung sedimen dan pintu untuk *flushing*.

PERSAMAAN DASAR TRANSPOR SEDIMEN

Model menyelesaikan persamaan *depth integrated* dua dimensi berupa persamaan kontinuitas dan persamaan momentum dalam simulasi hidrodinamik. Sedangkan untuk sedimen digunakan persamaan transpor *bed material load*. Untuk model yang mengabaikan difusi *suspended load* persamaannya adalah sebagai berikut.

$$\frac{\partial(hC_{tk})}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha_{tx}q_{tk})}{\partial x} + \frac{\partial(\alpha_{ty}q_{tk})}{\partial y} + \frac{1}{L_t}(q_{tk} - q_{t^*k}) = 0 \tag{1}$$

dimana  $h$  adalah kedalaman aliran,  $C_{tk}$  adalah konsentrasi pada kedalaman rerata,  $L_t$ : panjang penyesuaian perubahan *bed material load*,  $\alpha_{tx}$ ,  $\alpha_{ty}$ : arah cosines total transpor sedimen,  $q_{tx}$ ,  $q_{t^*x}$ : tingkat transpor aktual dan kapasitas transpor ukuran kelas material dasar sedimen ke-k.

Perubahan dasar yang terjadi ( $z_{bk}$ ) selanjutnya ditentukan dengan persamaan berikut.

$$(1 - p') \frac{\partial z_{bk}}{\partial t} = (q_{tk} - q_{t^*k}) / L_t \tag{2}$$

Untuk model yang memperhatikan efek difusi pada *bed load transport*, dapat diturunkan persamaan konfeksi difusi transpor *bed material load* sebagai berikut.

$$\frac{\partial(hC_{tk})}{\partial t} + \frac{\partial(UhC_{tk})}{\partial x} + \frac{\partial(hC_{tk})}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \epsilon_s h \frac{\partial C_{tk}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \epsilon_s h \frac{\partial C_{tk}}{\partial y} \right) + \alpha \omega_{sk} (C_{t^*k} - C_{tk}) \tag{3}$$

dimana  $\epsilon_s$  adalah *eddy diffusivity*,  $\omega_{sk}$ : *settling velocity* kelas ukuran sedimen ke-k.

PETA BATHIMETRI WADUK

Peta bathimetri diperlukan untuk membuat model geometri tiga dimensi dari waduk. Geometri waduk tersebut diolah dari data bathimetri waduk dengan menggunakan program CCHE-MESH. Peta bathimetri waduk yang tersedia adalah peta bathimetri waduk yang dibuat tahun 1994. Digitasi dapat dilakukan secara langsung dengan CCHE-MESH atau *software* lain yang sesuai.

Dari peta kontur yang telah didigitasi didapat titik-titik koordinat X dan koordinat Y. Selanjutnya dengan menambahkan data ketinggian garis kontur akan diperoleh titik-titik dengan koordinat XYZ. Data koordinat XYZ tersebut merupakan input utama untuk pembuatan *mesh grid* dengan program CCHE-MESH. Program CCHE-MESH digunakan untuk membuat file geometri (\*.geo) yang merupakan data utama yang diperlukan oleh CCHE-GUI untuk melakukan simulasi berikutnya.

DATA SEDIMEN

Data sedimen yang masuk ke dalam waduk merupakan data utama yang diperlukan untuk simulasi. Untuk keperluan simulasi diperlukan juga data sedimen yang berupa data distribusi butiran material sedimen maupun distribusi butiran pada dasar serta data ketebalan maksimum yang dapat tererosi.

Data sedimen yang masuk ke dalam waduk dari sungai-sungai utama yang ada dihitung sebagai fungsi debit aliran yang masuk sesuai dengan *sediment rating curve* sebagaimana tabel 1 berikut.

Tabel 1. *Sediment rating curve* sungai-sungai utama Waduk Wonogiri

No	Anak Sungai	<i>Sediment Rating Curve</i> (m <sup>3</sup> /det)
1	Keduang (Ngadipiro)	$Q_s = 3,101Q_w^{2,118}$
2	Temon (Duwet Lor)	$Q_s = 47,618Q_w^{1,145}$
3	Tirtomoyo (Sulingi)	$Q_s = 5,107Q_w^{2,592}$
4	Alang (Jatisawit)	$Q_s = 39,736Q_w^{1,818}$
5	Bengawan Solo Hulu (Ngrembang)	$Q_s = 4,323Q_w^{2,156}$

(Sumber : Trijoko I.B.S, 2002)

## DATA ALIRAN

Data debit yang digunakan dalam simulasi adalah sebagaimana dalam Tabel 2 berikut ini. Debit aliran yang dipakai adalah debit rerata bulanan yang selanjutnya dalam simulasi diasumsikan sebagai debit rerata jam-jaman. Hal ini berarti pula bahwa debit diasumsikan merata selama satu bulan. Data debit tersebut dihitung berdasarkan rekaman data operasi waduk. Data rekaman tersebut didistribusikan pada masing-masing anak sungai utama yang didasarkan pada hasil pengamatan debit aliran air anak-anak sungai tersebut pada periode tertentu.

## TAHAP PEMODELAN

Data aliran yang digunakan adalah data antara tahun 1983 sampai dengan tahun 2004. Data yang digunakan berupa data debit bulanan rata-rata untuk masing-masing anak sungai utama yang masuk kedalam waduk. Untuk anak-anak sungai kecil diasumsikan bahwa debit telah masuk dan menjadi bagian dari anak sungai besar didekatnya. Dengan demikian mengingat data dalam bulanan, maka simulasi dilakukan untuk jangka waktu satu tahun.

Simulasi dilakukan juga berdasarkan kondisi apabila terdapat perubahan bathimetri waduk dan perubahan geometri waduk akibat dibangunnya waduk penampung sedimen. Dari kedua hasil simulasi tersebut dibandingkan hasilnya untuk melihat perubahan besarnya sedimentasi yang terjadi pada waduk akibat pembangunan waduk penampung sedimen tersebut.

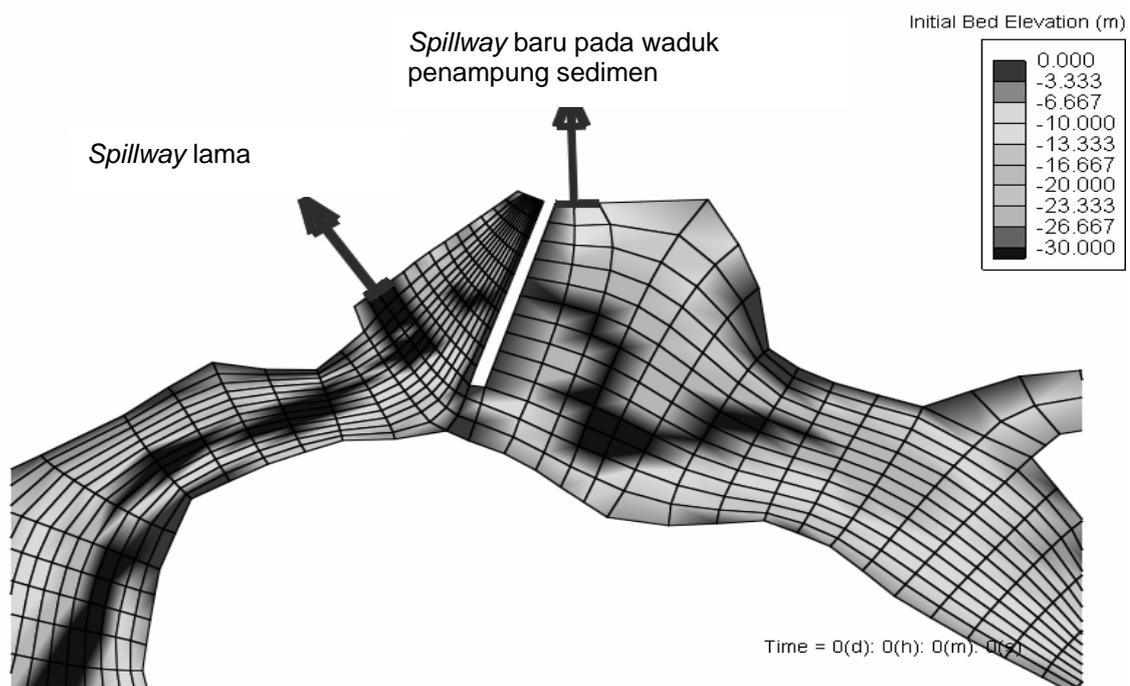
Stabilitas perhitungan numerik program CCHE yang digunakan sangat sensitif terhadap perubahan waktu/*time step* ( $\Delta t$ ) untuk tiap tahapan perhitungannya. Apabila *time step* yang digunakan terlalu besar akan mengakibatkan program menjadi tidak stabil dan program berhenti melakukan simulasi. Berdasarkan beberapa kali percobaan simulasi yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa untuk kasus dalam penelitian ini, *time step* yang digunakan adalah 60 detik. Hal ini menyebabkan waktu *running* simulasi sangat lama sehingga simulasi tidak dapat dilakukan dalam rentang satu tahun sebagaimana yang diharapkan.

Kualitas *grid mess* yang diukur dengan nilai *ortogonalitas* dan *smoothness* berpengaruh terhadap rentang perubahan waktu yang memungkinkan program tetap stabil. Kestabilan program tersebut berakibat terbatasnya total waktu simulasi yang dilakukan. Total waktu simulasi yang sangat terbatas tersebut didekati dengan cara melakukan penyesuaian waktu simulasi. Total waktu simulasi dilakukan untuk satu kasus hanya dalam waktu 12 (dua belas) jam. Waktu satu jam dalam simulasi diasumsikan mewakili simulasi untuk satu bulan. Data debit yang digunakan adalah data debit rerata bulanan yang ada. Dengan demikian diasumsikan bahwa untuk tiap bulannya debit dianggap konstan selama satu bulan. Hasil yang diperoleh nantinya dikalikan dengan jumlah jam dalam tiap bulan yang diwakilinya sehingga keseluruhan simulasi dapat menggambarkan perubahan selama satu tahun.

Tabel 2. Debit bulanan rerata sungai-sungai utama Waduk Wonogiri

Sub DAS	Debit Bulanan (m <sup>3</sup> /detik)												Rerata (m <sup>3</sup> /detik)
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Keduang	26,4	35,3	29,6	18,3	6,6	3,9	2,1	1,0	1,5	2,4	8,9	15,9	12,7
Tirtomoyo	16,4	21,9	18,4	11,4	4,1	2,4	1,3	0,7	1,0	1,5	5,5	9,9	7,9
Temon	4,2	5,6	4,7	2,9	1,1	0,6	0,3	0,2	0,2	0,4	1,4	2,5	2,0
B. Solo	10,6	14,2	11,9	7,4	2,7	1,6	0,9	0,4	0,6	1,0	3,6	6,4	5,1
Alang	8,5	11,3	9,5	5,9	2,1	1,2	0,7	0,3	0,5	0,8	2,8	5,1	4,1

(Sumber : Tim Studi JICA,2005)



Gambar 2. Pemodelan *Spillway* baru pada simulasi dengan waduk penampung sedimen.

### MEKANISME *FLUSHING*

Penggelontoran sedimen (*flushing*) dilakukan untuk mengurangi atau mengosongkan sedimen pada tampungan waduk penampung sedimen dengan mengalirkan ke hulu dengan cara membuka pintu spillway baru yang dibuat. Penggelontoran dilakukan pada saat terjadi debit banjir pada Sungai Keduang dan dilakukan tanpa menggunakan air dari waduk utama. Penggelontoran juga hanya dilakukan apabila elevasi muka air waduk telah mencapai elevasi +136,0 m agar persediaan air tidak terganggu. Elevasi pelimpah antara waduk utama dan waduk penampung sedimen adalah +136,0 m sehingga volume persediaan air pada waduk utama tidak terpengaruh saat dilakukan penggelontoran.

Simulasi penggelontoran dilakukan dengan menganggap terdapat dua *boundary outlet* pada waduk. Outlet pertama adalah spillway lama pada waduk dan outlet kedua adalah spillway baru pada waduk penampung sedimen.

### OUTPUT SIMULASI DENGAN CCHE

Hasil simulasi Program CCHE pada dasarnya terbagi menjadi dua kelompok yaitu hasil simulasi aliran (*flow result*) dan hasil simulasi sedimen (*sediment result*). Deposisi netto dapat dihitung dengan memanfaatkan hasil simulasi berupa perubahan dasar (*bed change*) akan dapat diketahui besarnya volume pengendapan (deposisi) dan erosi yang terjadi. Akibat waktu simulasi yang relatif singkat maka perubahan komponen-komponen lain yang terjadi relatif sangat kecil.

### DEPOSISI *NETTO*

Simulasi dilakukan secara terpisah untuk waduk dengan kondisi asli (eksisting) serta waduk dengan penambahan waduk penampung sedimen. Rekapitulasi hasil simulasi yang dilakukan selama 12 jam untuk masing-masing kasus disajikan dalam Tabel 3 berikut.

Perhitungan deposisi *netto* bulanan pada kondisi dengan waduk penampung sedimen pada bulan bulan tanpa *flushing* menggunakan deposisi

pada kondisi eksisting. Pada bulan November dan Desember debit yang masuk digunakan terlebih dahulu untuk pengisian waduk. *Flushing* baru dilakukan pada bulan-bulan dengan debit tinggi berikutnya (Januari sampai April) untuk menjaga ketersediaan air di waduk. Dalam hal ini karena data debit yang digunakan merupakan debit rerata tiap bulannya maka dianggap bahwa penggelontoran juga dilakukan terus menerus selama bulan-bulan tersebut. Sedangkan pada waktu selain bulan-bulan tersebut penggelontoran sama sekali tidak dilakukan.

Besarnya deposisi tahunan yang terjadi berdasarkan perhitungan hasil simulasi yang dilakukan pada kondisi *eksisting* adalah sebesar 2.453.392,91 m<sup>3</sup>. Deposisi tersebut disimulasikan dan dihitung berdasarkan asumsi debit bulanan merata dalam setiap bulannya.

Pada kondisi simulasi waduk dengan penambahan waduk penampung sedimen, deposisi yang

terjadi selama satu tahun adalah sebesar 1.707.423,22 m<sup>3</sup>.

Besarnya sedimen yang mengendap pada kondisi dengan pengoperasian waduk penampung apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting memperlihatkan terjadinya penurunan sebesar 745.969,68 m<sup>3</sup> atau kurang lebih sebesar 30,41%.

Dari simulasi yang dilakukan tersebut terlihat bahwa besarnya sedimentasi yang terjadi pada kondisi awal (*eksisting*) akan meningkat secara progresif. Hal ini terjadi karena kecepatan aliran air akan berputar dan terjadi turbulensi karena adanya pembendungan akibat aliran yang masuk dari anak-anak sungai kedalam waduk lebih besar dibandingkan aliran keluar melalui pelimpah. Kondisi demikian memungkinkan terjadinya pengendapan. Butiran sedimen suspensi tidak mampu lagi mempertahankan diri terhadap grafitasi untuk tetap melayang karena rendahnya kecepatan aliran.

Tabel 3. Rekapitulasi volume deposisi *netto* bulanan

Bln	Netto Deposisi Per-Jam (x 1000 m <sup>3</sup> )		Jml Hari Dalam Satu Bulan	Netto Deposisi Bulanan (m <sup>3</sup> )				
	Kondisi Eksisting	Kondisi Dengan <i>Flushing</i> Waduk		Kondisi Eksisting		Kondisi Dengan Waduk Penampung		
				JAM	DEPOSISI NETTO	Jam Tanpa <i>Flushing</i>	Jam Dgn <i>Flushing</i>	Deposisi Netto
a	b	c	d	e = d x 24	f = b x e x 1000	g	h = e - g	i = (b x g) + (c x h) x 1000
Jan	0,5911583	0,2805899	31	744	439.821,76	0	744	208.758,91
Feb	0,7506808	0,4066031	28	672	504.457,51	0	672	273.237,26
Mar	0,6231771	0,3656993	31	744	463.643,74	0	744	272.080,26
Apr	0,3200233	0,1920745	30	720	230.416,75	0	720	138.293,65
Mei	0,1292162	0,0721246	31	744	96.136,84	744	0	96.136,84
Jun	0,0888936	0,0433416	30	720	64.003,37	720	0	64.003,37
Jul	0,0727379	0,0308322	31	744	54.116,99	744	0	54.116,99
Agus	0,0674508	0,0248026	31	744	50.183,42	744	0	50.183,42
Sept	0,0714982	0,0241014	30	720	51.478,70	720	0	51.478,70
Okt	0,1057920	0,0349620	31	744	78.709,21	744	0	78.709,21
Nov	0,2089612	0,0727688	30	720	150.452,06	720	0	150.452,06
Des	0,3628663	0,1496848	31	744	269.972,55	744	0	269.972,55
Jumlah					2.453.392,91			1.707.423,2
							Selisih Persen	745.969,68 30,41

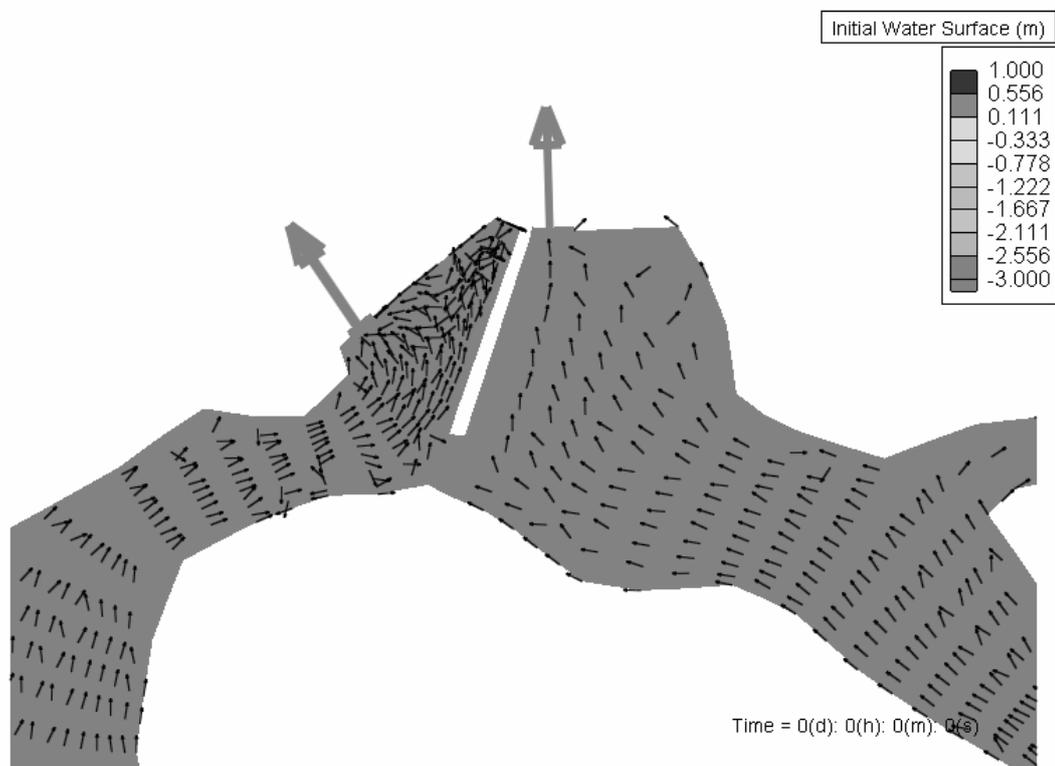
Vektor kecepatan setelah adanya waduk penampung, sebagaimana terlihat pada Gambar 3 menunjukkan bahwa aliran dari Sungai Keduang cenderung mengarah kepintu pelimpah baru. Aliran terlihat seragam sehingga dapat disimpulkan bahwa aliran yang terjadi tidak fluktuatif dan tidak terjadi turbulensi secara signifikan. Kecepatan aliran yang ditandai warna yang relatif sama menunjukkan besarnya vektor kecepatan yang relatif seragam. Memperhatikan kondisi demikian dapat dipahami mengapa dengan penambahan waduk penampung sedimen dan pengoperasian pelimpah baru menyebabkan terjadi penurunan deposisi. Sedimen yang terkandung dalam aliran adalah berupa sedimen suspensi dan besarnya merupakan kepekatan konsentrasi aliran. Dengan demikian sedimen tersebut akan tetap terlarut bersama aliran dan tidak mengendap seiring dengan lancarnya aliran yang terjadi.

Akibat waktu simulasi yang relatif singkat, penyebaran lokasi deposisi masih terlihat relatif merata pada keseluruhan waduk. Pada bagian hulu (*inlet boundary*) terlihat pengendapan yang lebih besar. Pada simulasi dengan waduk penampung

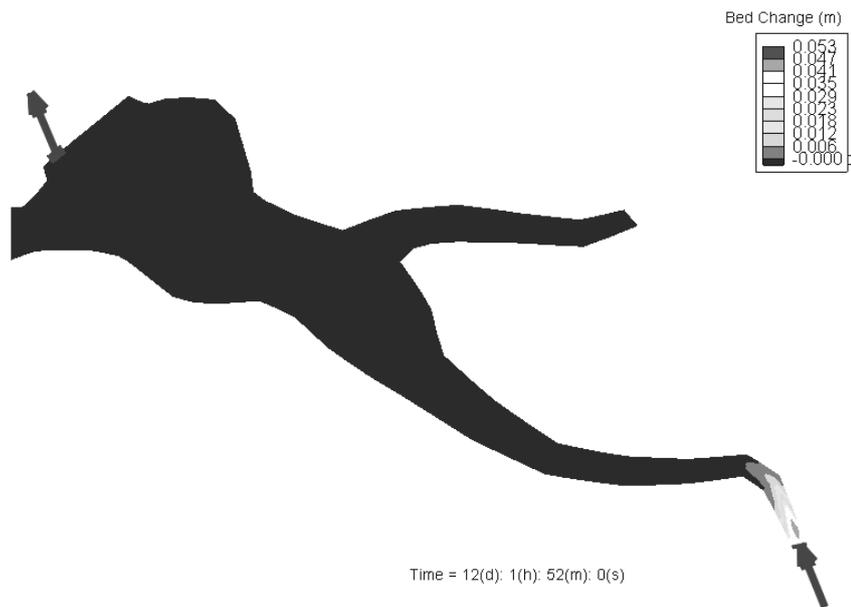
sedimen terlihat distribusi lebih jauh kearah hilir yang menunjukkan bahwa sedimen dapat terangkut sewaktu pengelontoran.

Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan lokasi pengendapan sedimen terbesar pada simulasi dengan kedua kondisi yaitu kondisi eksisting dan kondisi dengan penambahan waduk penampung sedimen. Kondisi demikian diakibatkan karena kecepatan aliran masih relatif kecil untuk dapat membawa material kearah hilir.

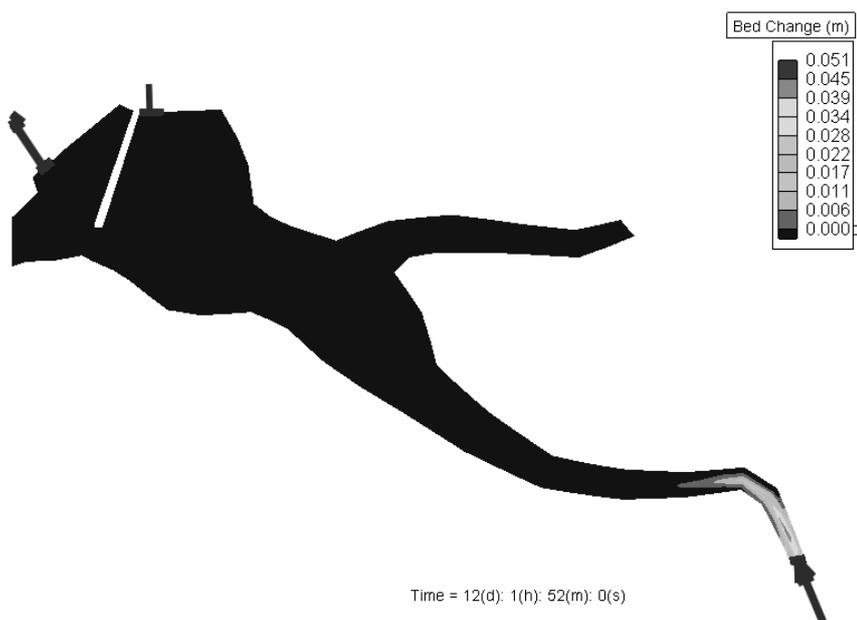
Simulasi yang dilakukan menggunakan data bathimetri tahun 1994. Pada kondisi ini muara Sungai Keduang di waduk masih cukup dalam sehingga masih tersedia cukup tempat untuk pengendapan sedimen. Kondisi demikian menyebabkan simulasi sistem *flushing* yang dilakukan belum optimal karena dasar waduk masih lebih tinggi dari pelimpah baru yang digunakan untuk *flushing*. Hal ini menyebabkan penurunan deposisi *netto* dengan adanya waduk penampung pada simulasi relatif kecil. Akan tetapi hasil simulasi tersebut telah menunjukkan efek positif sistem *flushing* tersebut.



Gambar 3. Vektor kecepatan pada simulasi waduk penampung sedimen.



Gambar 4. Pengendapan pada bagian hulu pada simulasi kondisi eksisting.



Gambar 5. Pengendapan pada bagian hulu pada simulasi dengan waduk penampung sedimen.

## KESIMPULAN

Dari simulasi yang dilakukan terhadap kedua model yaitu pada kondisi awal dan pada kondisi setelah dibangun waduk penampung sedimen dapat diambil beberapa kesimpulan dibawah ini.

1. Aliran yang terjadi pada waduk sebelum adanya waduk penampung sedimen memperlihatkan adanya turbulensi. Arah aliran terlihat

berputar didalam waduk dengan kecepatan yang relatif kecil sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan. Kondisi berlawanan terjadi bila terdapat waduk penampung sedimen. Aliran mengarah kepintu pelimpah baru dengan kecepatan yang relatif seragam. Hal ini mempercepat pergerakan aliran kearah

pelimpah sehingga sedimen suspensi belum terendapkan.

2. Pengoperasian waduk penampung sedimen dapat menurunkan besarnya deposisi *netto* yang terjadi pada waduk sebesar kurang lebih 30.41% bila dibandingkan dengan kondisi sebelum adanya waduk penampung tersebut.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disampaikan saran berikut ini.

1. Dalam pemodelan dengan Program CCHE, stabilitas numerik perhitungan sangat terkait dengan geometrik model. Apabila bentuk geometrik yang dibuat dapat disederhanakan atau dibuat lebih teratur, maka *time step* untuk tiap tahap perhitungannya dapat lebih panjang. Hal ini terjadi karena kualitas *mesh grid* pada bentuk geometri yang teratur dapat lebih baik yaitu ditunjukkan dengan menurunnya deviasi ortogonalitas dan *smoothness* pada grid tersebut. Dengan demikian simulasi dalam jangka panjang dapat dilakukan dalam waktu yang relatif lebih cepat. Untuk itu penelitian yang serupa sebaiknya pemodelan dilakukan dalam beberapa submodel untuk memperoleh geometri yang lebih sederhana.
2. Dalam penelitian ini pengaruh fluktuasi debit yang masuk belum diperhitungkan karena keterbatasan data pada beberapa anak sungai yang masuk kedalam waduk. Sebagai pendekatan digunakan debit rerata bulanan untuk semua *inflow* sungai yang masuk ke tampungan waduk. Dengan pendekatan ini waktu

simulasi menjadi lebih pendek, akan tetapi mengakibatkan kecenderungan lokasi pengendapan tidak dapat terlihat secara signifikan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti diperlukan simulasi serupa dalam jangka waktu lebih panjang serta memperhatikan besarnya fluktuasi aliran dari waktu ke waktu agar kecenderungan tersebut lebih terlihat secara nyata. Dengan demikian sistem *flushing* yang optimumpun dapat juga disimulasikan sehingga efektifitasnya dapat tergambar lebih jelas.

## DAFTAR PUSTAKA

- , 2005, *The Study Of Countermeasures for Sedimentation on the Wonogiri Multipurpose Dam Reservoir*, Progress Report 1, JICA-Dirjen SDA Departemen Pekerjaan Umum, Surakarta.
- , 2007, *Studi Penanganan Sedimentasi Waduk Serbaguna Wonogiri*, Laporan Akhir Sementara Volume II Laporan Utama, JICA-Dirjen SDA Departemen Pekerjaan Umum, Surakarta.
- Wu, Weiming. 2001, *CCHE2D Sediment Transport Model, Version 2.1*, Technical Report No. NCCHE-TR-2001-3, The University of Mississippi, Mississippi, USA.
- Zhang, Yaoxin. 2006, *Graphical Users Interface for NCCHE Models*, User's Manual Version 3.0, The University of Mississippi, Mississippi, USA.
- Zhang, Yaoxin and Yafei Jia. 2007, *CCHE-MESH: 2D Structured Mesh Generator*, User's Manual Version 3.0, The University of Mississippi, Mississippi, USA.