

BAB 3 KAJIAN KONDISI TERKINI SEDIMENTASI WADUK WONOGIRI

3.1 Waduk Serbaguna Wonogiri

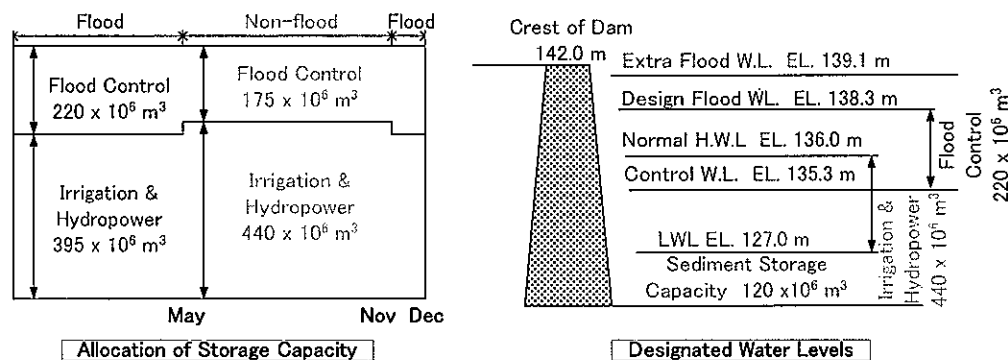
3.1.1 Gambaran Umum Waduk Serbaguna Wonogiri

Gambaran Umum Waduk Serbaguna Wonogiri diringkas pada Tabel 3.1.1 di bawah dan alokasi kapasitas tampungan dan tinggi muka air juga ditunjukkan dalam Gambar 3.1.1 di bawah:

Tabel 3.1.1 Data Utama Dam dan Waduk Serbaguna Wonogiri

Tipe bendung	Urugan batu	Tinggi muka air normal	EL. 136.0 m
Tinggi bendung	40 m	Tinggi muka air banjir	EL. 138.3 m
Panjang puncak	830m	TMA banjir besar	EL. 139.1 m
Volume timbunan	1,223,300 m ³	Spillway (Radial gate)	7.5 m x 7.8 m x 4nos.
Daerah tangkapan air	1,350 km ²	Tinggi puncak bendung	EL. 131.0 m
Luas Waduk	90 km ²	Debit <i>inflow</i> banjir (Banjir 60-tahunan)	4,000 m ³ /detik
Kapasitas tampungan total	735 x 10 ⁶ m ³	Debit <i>outflow</i> banjir	400 m ³ /detik
Kapasitas tampungan aktif	615 x 10 ⁶ m ³	<i>Design flood discharge</i> (100-year flood)	5,100 m ³ /detik
Kapasitas tampungan pengendali banjir	220 x 10 ⁶ m ³	PMF	9,600 m ³ /detik
Kapasitas tampungan untuk irigasi dan PLTA	440 x 10 ⁶ m ³	Kapasitas terpasang	12.4 MW
Kapasitas tampungan sedimen	120 x 10 ⁶ m ³	Tinggi tekan (<i>head</i>)	20.4 m
Tinggi endapan sedimen	EL. 127.0 m	Debit maksimum	75 m ³ /s
Kontrol tinggi muka air selama musim banjir	EL. 135.3 m	Kapasitas daya pertahun	50,000 MWh

Sumber: PBS



Sumber:PBS

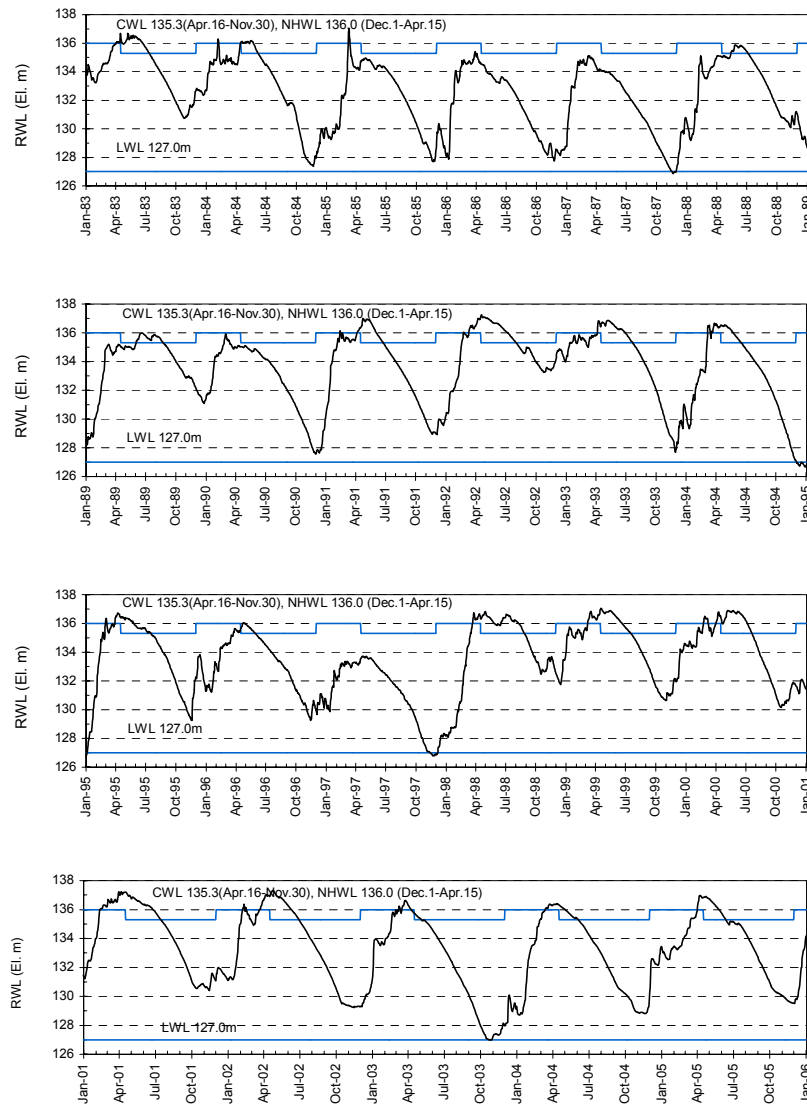
Gambar 3.1.1 Alokasi Kapasitas Tampungan dan Tinggi Muka Air Bendung Wonogiri

3.1.2 Kinerja Operasi Waduk Wonogiri

(1) Operasi Waduk

Volume *inflow* rata-rata tahunan yang mendekati angka 1,23 milyar m³ pada tahun 1983-2005 (lihat Gambar 3.1.3 pada halaman berikut), telah melewati volume waduk

pada rancangan FWL EL. 138.3 m sebesar 735 juta m³. Hidrograf muka air waduk pada tahun 1983-2005 disajikan di bawah:

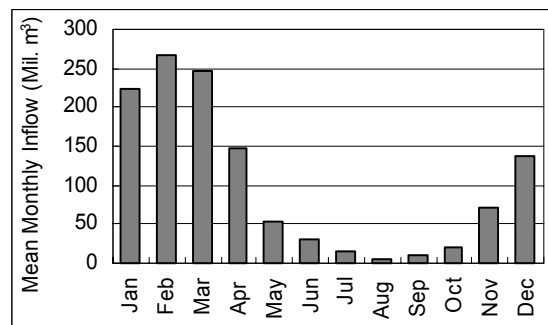


Sumber: Tim Studi JICA

Gambar 3.1.2 Hidrograf TMA Waduk Wonogiri Tahun 1983-2005

Berdasarkan rekaman harian tinggi muka air waduk seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas, selama musim hujan aliran air dari sungai-sungai di bagian hulu disimpan ke dalam waduk Wonogiri, dan dilepas ke bagian hilir waduk untuk penggunaan irigasi dan pembangkit tenaga listrik sepanjang musim kemarau.

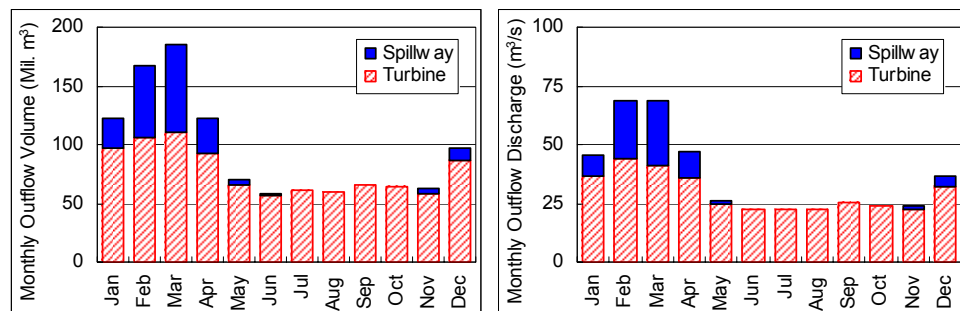
Karena sedimentasi di depan intake bertambah dengan cepat, sejak 1996 Waduk Wonogiri dioperasikan dengan ketinggian muka air sekurang-kurangnya El. 130,0 m, kecuali ketika pekerjaan pengerukan (*dredging*) sedimen pada intake yang dilaksanakan dengan Program Dana Hibah JICA pada tahun 2003.



Gambar 3.1.3 Perkiraan Inflow Bulanan Rata-rata ke Waduk Wonogiri (1983-2005)

Gambar 3.1.3 di atas memperlihatkan perkiraan *inflow* rata-rata bulanan ke dalam Waduk Wonogiri pada tahun 1983-2005. *Inflow* bulanan rata-rata terbesar 110,8 m³/det (268 juta m³) pada bulan Februari, dan terendah pada bulan Agustus 2,3 m³/det (6 juta m³). Perkiraan koefisien aliran permukaan 0,46 dan tinggi aliran permukaan tahunan sebesar 912 mm.

Gambar 3.1.4 di bawah menunjukkan *outflow* rata-rata bulanan Waduk Wonogiri selama tahun 1983-2005. *Outflow* terdiri dari air limbah dari saluran pelimpah (*spill way*) dan air yang dilepaskan ke hilir melalui turbin PLTA. Seperti ditunjukkan dalam gambar, volume air limbah bulanan rata-rata dari *spillway* – yang dianggap sebagai *outflow* tidak efektif dari sudut pandang penggunaan air, mencapai 18% dari total volume *outflow* tahunan atau 210 juta m³. Volume yang tersisa 932 juta m³ atau 82% digunakan untuk PLTA pada periode tersebut.

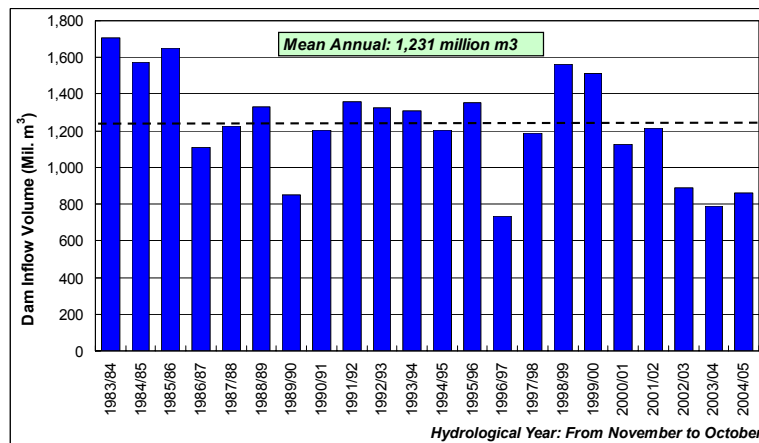


Sumber: Tim Studi JICA

Gambar 3.1.4 Outflow Bulanan Rata-rata Waduk Wonogiri antara Tahun 1983 dan 2005

Perlu dicatat bahwa limpahan air yang berlebihan dari spillway pada awal musim hujan, sejauh yang diketahui, terjadi hanya 2 kali, yaitu pada Nopember 1998 dan Desember 1995.

Volume *inflow* tahunan yang masuk Waduk Wonogiri antara tahun 1983 dan 2004 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.5, dengan rentang waktu hidrologi antara bulan Nopember hingga Oktober digunakan dalam perhitungan total volume di setiap tahun. Musim kering yang parah terjadi pada tahun-tahun 1989/90, 1996/97, 2003/2004 dan 2004/2005. Musim kering terparah terjadi pada tahun 1996/97, ketika itu permukaan air Waduk Wonogiri tidak bisa mencapai NHWL El. (136,0 m). Secara berturut-turut Waduk Wonogiri mengalami kekeringan 3 tahun dari tahun 2002/03 hingga 2004/05. Dalam dua tahun ini, tidak ada air limbah dari waduk yang dilepas melalui spilway.

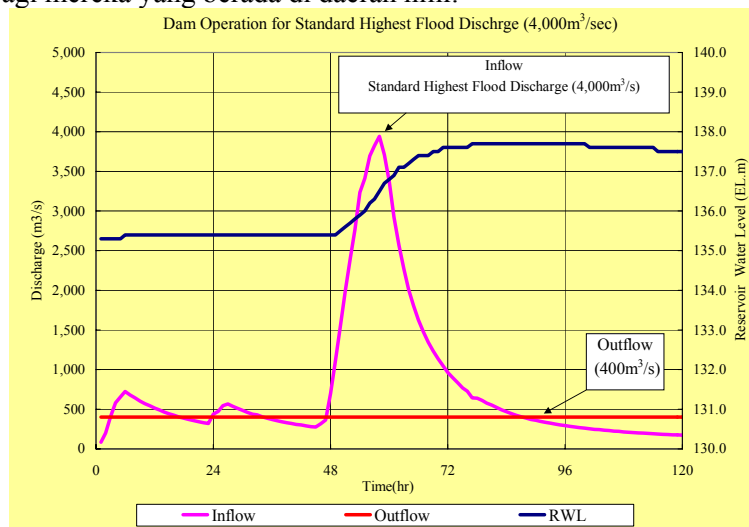


Sumber: Tim Studi JICA

Gambar 3.1.5 Perkiraan Inflow Bulanan Rata-rata Waduk Wonogiri Tahun 1983-2004

(2) Pengendalian Banjir

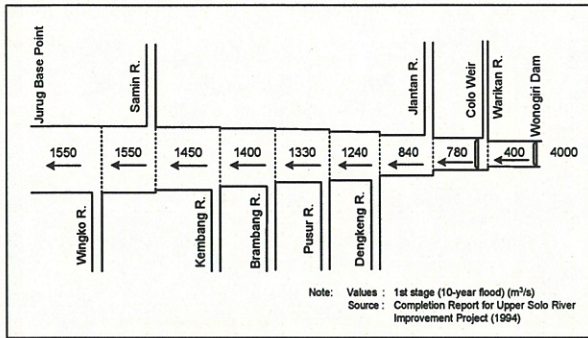
Untuk menghindari terjadinya *overtopping* akibat banjir maksimum yang mungkin terjadi atau *probable maximum flood* (PMF) pada puncak Waduk Wonogiri, maka muka air waduk dikendalikan untuk tidak melebihi Tinggi Muka Air Kendali (El.135,3 m) selama musim banjir dari tanggal 1 Desember hingga 15 April. Waduk mempunyai ruang pengendali banjir sebesar 220 juta m³ untuk mengatur standar debit banjir tertinggi (*standard highest flood discharge*/SHFD) dengan puncak debit 4.000 m³/det di Waduk Wonogiri. Ketika SHDF terjadi, debit *spill-out* dari spillway dikendalikan melalui pengoperasian pintu spillway untuk mengalirkan outflow konstan sebesar 400 m³/det selama banjir, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.6 di bawah. Dalam sudut pandang pengendalian banjir, irigasi dan pasokan listrik, Waduk Wonogiri telah memberikan banyak sumbangan untuk kesejahteraan masyarakat di daerah aliran sungainya, khususnya bagi mereka yang berada di daerah hilir.



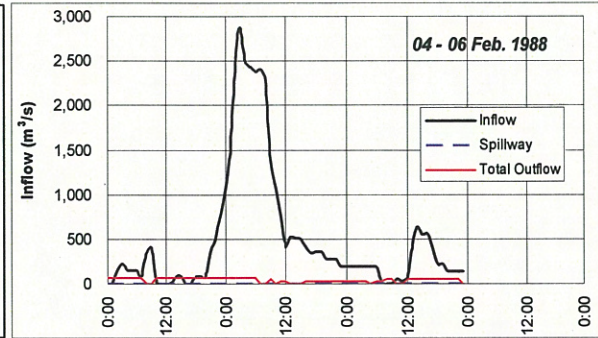
Sumber: *Detailed Design Report on Wonogiri Multipurpose Dam Project, 1978*

Gambar 3.1.6 Tipikal Operasi Pengendalian Banjir Dam Wonogiri

Proyek Perbaikan Sungai Bengawan Solo (*Upper Solo River Improvement Project*) telah diselesaikan pada tahun 1994. Ruas sungai yang menjadi sasaran sekitar 53 km, mencakup alur sungai dari jembatan Nguter ke jembatan Jurug. Jembatan Nguter berlokasi di Hilir Colo Intake dan jembatan Jurug terletak sekitar 5 km hilir kota Surakarta. Luas daerah tangkapan air Bengawan Solo di Jurug seluas kira-kira 3.220 km². Perbaikan sungai dilakukan dengan debit banjir 10-tahunan dengan mempertimbangkan pengaruh pengendalian banjir yang signifikan dari Waduk Wonogiri. Sebanyak 7 (tujuh) saluran sudetan dengan panjang total 13 km dibangun. Distribusi debit banjir rencana sepanjang ruas sungai digambarkan pada Gambar 3.1.7 di bawah.



Gambar 3.1.7 Distribusi Debit Banjir Rencana di Upper Solo River Improvement Project



Gambar 3.1.8 Operasi Waduk Wonogiri keadaan Banjir Tanggal 4-6 Februari 1988

Banjir skala besar yang masuk waduk diperkirakan berdasarkan catatan operasi waduk secara jam-jaman antara tahun 1983-2004. Estimasi banjir besar tersebut menunjukkan bahwa Waduk Wonogiri mengalami banjir terbesar dengan debit puncak sebesar 2.880 m³/det pada tanggal 5 Februari 1988, diikuti dengan banjir terbesar kedua pada tahun 1985 sebesar 2.720 m³/det. Banjir-banjir besar dengan debit puncak diatas 2.000 m³/det di Waduk Wonogiri sering terjadi pada tahun 1980 an.

(3) Daerah Irigasi Wonogiri

Segera setelah selesainya Proyek Irigasi Wonogiri pada tahun 1986, pasokan air pada daerah irigasi Wonogiri dimulai. Air irigasi diambil dari pintu pengambilan Bendung Colo; terletak sekitar 13 km di hilir Waduk Wonogiri. Daerah irigasi Wonogiri terdiri dari 94 km saluran utama dan 105 km saluran sekunder. Air yang dilepas dari Bendungan Wonogiri disalurkan ke saluran Colo Barat dan saluran Colo Timur. Pada waktu sekarang, luas areal irigasi yang asli 24,000 ha telah diperluas menjadi 29,330 ha dengan kemungkinan bercocok tanam dua atau tiga kali pertahun. Debit rata-rata bulanan pada pintu pengambilan Bendung Colo antara tahun 1986-2005 ditunjukkan dalam Tabel di bawah.



Pintu Pengambilan Bendung Colo

Tabel 3.1.2 Debit Rata-rata Bulanan pada Bendung Colo pada Tahun 1986-2005

(Satuan: m³/det)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Pelepasan untuk pemeliharaan	30.7	51.4	54.7	32.0	4.8	3.3	3.2	3.2	4.5	6.8	11.8	17.8
Intake saluran kiri	2.4	2.8	2.5	3.1	3.3	3.5	3.4	3.2	3.4	2.7	2.3	2.7
Intake saluran kanan	15.2	13.8	15.7	16.5	16.9	15.7	16.0	15.6	17.0	15.5	14.4	16.6
Inflow total di Colo	48.3	70.2	74.0	54.1	26.2	23.3	23.3	22.5	25.6	26.0	29.0	35.5

Sumber: Balai PSDA Bengawan Solo Wilayah, Surakarta

(4) Stasiun Pembangkit Listrik Tenaga Air di Bendungan Wonogiri

Rumah pembangkit terletak tepat di sebelah hilir Bendungan Wonogiri. Padanya ditempatkan peralatan pembangkit dengan kapasitas terpasang sebesar 12,4 MW untuk menghasilkan energi tahunan sebesar 55.000 MWh. Debit maksimum untuk pembangkit tenaga sebesar 75 m³/det. Pada musim kemarau dari Mei-Nopember, sekitar 50-60 juta m³ dari simpanan air waduk digunakan untuk pembangkitan tenaga. Dalam hal ini berarti debit bulanan sekitar 20-25 m³/det. Penggunaan air untuk pembangkit tenaga bukan sesuatu yang konsumtif, sehingga sebagian besar air yang dilepaskan melalui saluran pembangkit tenaga kemudian digunakan untuk air irigasi yang diambil dari Bendung Colo. Permukaan air waduk paling rendah untuk pembangkit listrik sekarang di-set pada El. 130 m karena adanya sedimen di depan bangunan *intake*.



PLTA Wonogiri

(5) Operasi dan Pemeliharaan

PJT I Bengawan Solo dibentuk pada bulan Maret, 2003 berdasarkan pada Keputusan Presiden No. 129/2000. Dengan itu maka operasi dan pemeliharaan Bendungan Wonogiri diserahkan oleh PBS kepada PJT I Bengawan Solo. Pendapatan utama PJT I Bengawan Solo adalah penjualan jasa air untuk pembangkit tenaga listrik (PLN), air baku untuk PDAM dan air baku untuk keperluan pemukiman/industri. Bendungan Wonogiri dikelola dengan menggunakan pendapatan ini.

3.1.3 Permasalahan Sampah pada Intake

Air waduk untuk keperluan pembangkit listrik dan seterusnya untuk irigasi dimasukkan ke saluran pembangkit melalui bangunan *intake*. Sehingga, akan sangat susah untuk mempertahankan pembangkitan listrik dan penyediaan air irigasi seperti aslinya bila bangunan intake menjadi tidak berfungsi dengan baik.

Terutama pada tahun-tahun terakhir, pada awal musim hujan, kepingan dan sampah vegetasi dengan jumlah yang cukup besar telah masuk dan tertumpuk di bagian depan intake. Penyumbatan sebagian pintu intake oleh sampah sering terjadi. Sebagai hasilnya, kurang lebih selama 20 hari pada tiap musim hujan, saringan sampah (*trash rack*) pada lubang intake tersumbat oleh sampah sisa tanaman yang mengakibatkan turunnya tekanan hidrolis air terhadap turbin sehingga turbin tidak bekerja lagi. Kemudian sampah terpaksa dibersihkan dahulu oleh tenaga penyelam.

Sedimen yang terkumpul di depan intake terdiri dari butiran amat halus (*wash load*). Tidak terdapat pasir dalam endapan. Tidak tampak terjadinya abrasi/pengausan fisik turbin (tersobek) atau kerusakan-kerusakan lain yang terkait dengan turbin, juga tidak ada bagian-bagian turbin yang telah digantikan sejak dioperasikan pada pertengahan 1980 an. Ini menunjukkan bahwa hanya bahan-bahan sedimen yang sangat halus seperti *clay* dan *silt* yang melintasi turbin. Menurut petugas PLTA Wonogiri, tersedia cukup ruang bebas di turbin pembangkit yang efektif untuk dilalui bahan sedimen tanpa mengakibatkan kerusakan akibat abrasi.

3.2 Status Sedimentasi Waduk Wonogiri Saat Ini

3.2.1 Studi-studi Pemantauan Sedimentasi Waduk Wonogiri Sebelumnya

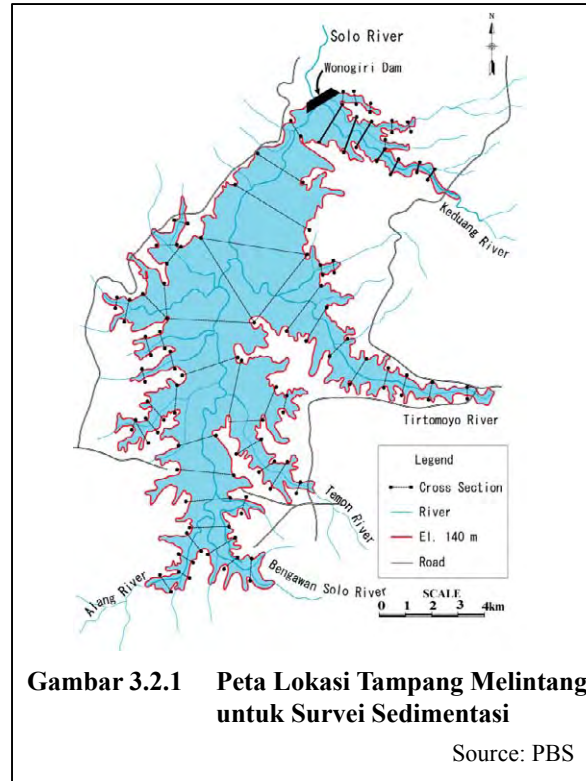
Untuk mengevaluasi kondisi sedimentasi Waduk Wonogiri secara numeris, sejumlah studi telah dilakukan sejak selesainya Bendungan Wonogiri pada tahun 1981. Studi yang terbaru dilakukan oleh PT Citra Mandala Agritrans (PT CMA) pada tahun 1993. Sub-bab 3.2 membahas hasil dari studi-studi sebelumnya. Yang terutama adalah:

- i) Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 1985 dan 1990,
- ii) Proyek Pengembangan Wil. Sungai Bengawan Solo (PBS), 1986, 1987 dan 1989, dan
- iii) PT Citra Mandala Agritrans (PT CMA), 1993.

Hasil-hasil penting dari ketiga studi itu diringkas sebagai berikut:

- (1) Studi yang dilakukan PBS, tahun 1989

PBS memperkirakan masukan sedimen ke Waduk Wonogiri berdasarkan pengukuran sedimen pada 6 anak sungai utama sebagai berikut:



Gambar 3.2.1 Peta Lokasi Tampang Melintang untuk Survei Sedimentasi

Source: PBS

Tabel 3.2.1 Perkiraan Masukan Sedimen Tahunan ke Waduk Wonogiri dari Anak Sungai

(Satuan: 1,000 ton/Tahun)

Sungai	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Tirtomoyo	951	1,048	757	1,103	751	958	740	617
Keduang	299	-	398	395	357	461	94	30
Solo	-	283	343	564	282	478	248	257
Alang	54	22	224	150	66	35	123	38
Temon	44	33	61	81	102	51	27	35
Wuryantoro	3	2	4	24	15	5	6	3
Total	4,046	1,389	1,787	2,317	1,574	1,988	1,239	949
Diakumulasikan	4,046	5,435	7,222	9,539	11,113	13,101	14,340	15,289
Volume Total (10 ³ m ³)	2,549	3,424	4,550	6,010	7,001	8,254	9,034	9,632

Sumber: Laporan Pemantauan PBS

Seperti ditunjukkan di tabel di atas, total volume sedimen yang masuk ke dalam Waduk Wonogiri pada tahun 1981-1988 diperkirakan 9,63 juta m³, yang setara dengan rata-rata volume endapan sedimen rata-rata per tahun 1,2 juta m³/tahun

- (2) Studi Universitas Gadjah Mada pada Tahun 1985 dan 1990

Perkiraan kapasitas Waduk Wonogiri yang tersisa dilakukan oleh Universitas Gadjah Mada pada tahun 1985 dan 1990. Perkiraan-perkiraan ini didasarkan hasil survei penampang melintang waduk pada lokasi-lokasi yang sudah ditetapkan sebelumnya seperti ditunjukkan di Gambar 3.2.1. Kedua survei pengukuran penampang pada tahun 1985 dan 1990, dilaksanakan dengan pemeruman. Hasilnya, volume sedimen yang setara dengan rata-rata kehilangan volume tampungan di bawah EL. 138 m mencapai 86,2 juta m³ pada tahun 1981-1985 dan 156,4 juta m³

pada tahun 1981-1990, seperti yang terlihat pada tabel 3.2.2 di bawah. Dari kedua perkiraan tersebut, diperkirakan pengendapan sedimen rata-rata tahunan sekitar 15,6 juta m³/tahun pada periode tahun 1981-1990.

Tabel 3.2.2 Perkiraan Endapan Sedimen di Waduk Wonogiri (Satuan: m³)

Selang Elevasi	Di bawah El. 127 m	Di bawah El. 138 m
Daya tampung	123,590,000	718,044,000
1981-1985	41,476,804	86,165,280
1985-1990	31,654,637	74,245,750
1981-1990	68,184,603	156,389,980

Sumber: Jurusan Teknik Geologi FT UGM (UGM) tahun 1985 dan *Monitoring Soil Erosion in Upper Solo by Monitoring Sedimentation in Wonogiri Reservoir 1990*.

(3) PT CMA pada tahun 1993

Pada tahun 1993, PT CMA membuat peta kontur waduk berdasarkan hasil survei penampang melintang waduk dan menghitung sisa kapasitas tampungan waduk berdasarkan peta itu. Dalam Studi ini, Tim Studi hanya dapat memperoleh salinan peta Waduk yang tidak jelas buatan PT CMA. Didapat informasi bahwa peta orisinilnya berskala 1:30.000 dengan interval kontur 5 meter.

Dari perubahan kurva H-V, PT CMA menemukan bahwa penurunan berarti kapasitas tampungan waduk disebabkan oleh sedimentasi yang terjadi antara tahun 1981 sampai 1993. Berkurangnya kapasitas tampungan akibat sedimentasi di bawah El. 138 m adalah 240 juta m³ yang setara dengan penurunan kapasitas tampungan rata-rata tahunan di bawah El. 138 m sebesar 18,5 juta m³/tahun. Pengurangan pada zona tampungan akibat sedimentasi antara tahun 1980 hingga 1993 diringkas sebagai berikut:

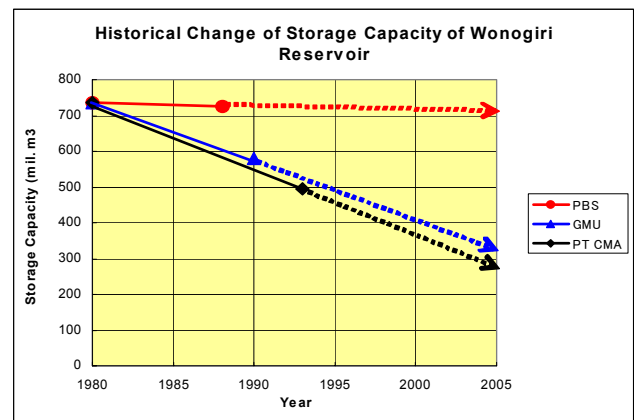
Tabel 3.2.3 Pengurangan Kapasitas Waduk Wonogiri berdasarkan Zona Tampungan antara 1980 dan 1993

Zone Waduk	Kapasitas Waduk (Juta m ³)		Kapasitas Hilang Akibat Sedimentasi	
	Tahun 1980	Tahun 1993	Volume (Juta m ³)	Persen 1980 (%)
<i>Flood Control Storage</i> (El. 135.3 – 138.3 m)	220	160	60	27
<i>Water Use Storage</i> (El. 127.0 – 136.0 m)	440	306	134	30
<i>Dead Storage</i> (below El. 127.0 m)	120	56	64	53
Total Volume	780	522	258	-

Sumber: Tim Studi JICA

(4) Perbandingan Perkiraan Kapasitas Tampung Waduk Wonogiri dalam 3 Studi Sebelumnya

Gambar 3.2.2 di sebelah kanan memperlihatkan perbandingan kapasitas antara Waduk Wonogiri dihitung dari tiga studi sebelumnya dengan pengurangan tahunan linier sampai tahun 2005. Seperti yang terlihat dalam gambar, dengan menggunakan perkiraan laju penurunan oleh Universitas Gadjah Mada (15,6 juta m³/tahun pada tahun 1980-1988) dan 270



Gambar 3.2.2 Proyeksi Sedimentasi Waduk Wonogiri Berdasarkan Hasil 3 Studi Sebelumnya
Sumber Tim Studi JICA

juta m³ dan perkiraan dari PT. CMA (18,5 juta m³/tahun pada tahun 1981-1993), maka kapasitas tampung Waduk Wonogiri akan berkurang masing-masing sekitar 330 juta m³ dan 270 juta m³ pada tahun 2005. Jadi, kedua studi memperkirakan bahwa pada tahun 2005 Waduk Wonogiri akan kehilangan kapasitas tampung sekitar 55-63% dari kapasitas aslinya.

Tabel 3.2.4 dibawah menunjukkan laju erosi tanah rata-rata di keseluruhan wilayah DAS Waduk Wonogiri yaitu sama dengan volume endapan sedimen tahunan dalam ketiga studi sebelumnya:

Tabel 3.2.4 Perbandingan Laju Erosi Rata-rata dari Studi Sebelumnya

Studi sebelumnya	Volume Endapan Sedimen Rata-rata (juta m ³ /tahun)	Laju Erosi Tahunan Rata-rata (mm/tahun)	Kedalaman Erosi dalam 100 tahun (cm)
PBS tahun 1989	1.2	0.9	9
UGM tahun 1985 & 1990	15.6	11.6	116
PT CMA tahun 1993	18.5	13.7	137

Sumber: Data Perkiraan Tim Studi JICA berdasarkan Studi-studi Sebelumnya

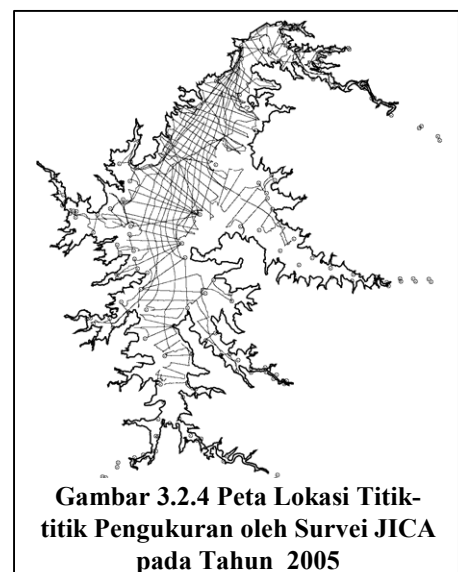
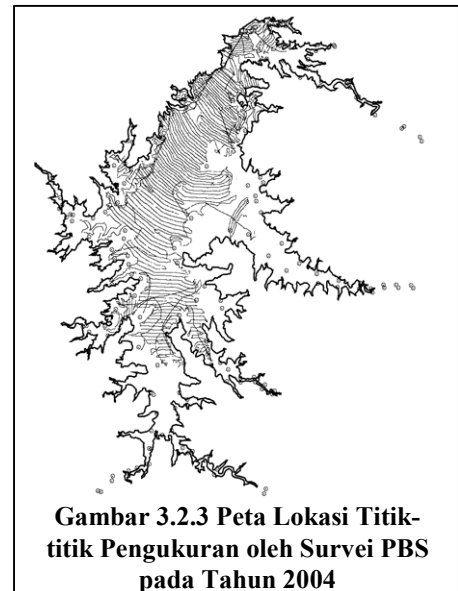
Studi sedimentasi di Waduk Wonogiri telah dilaksanakan dalam Studi ini menggunakan peta waduk dengan garis kontur yang dibuat selama berlangsungnya Studi, demikian juga data hidro-meteorologi dan data lain yang berguna. Dengan membandingkannya dengan hasil studi sedimentasi dalam Studi ini, disimpulkan bahwa keseluruhan hasil 3 studi waduk terdahulu kurang akurat, terutama hasil dari PT CMA yang terlalu berlebihan dalam menghitung laju endapan sedimen di Waduk Wonogiri.

3.2.2 Status Sedimentasi di Waduk Wonogiri Saat Sekarang

Dalam Studi ini, survei dengan pemeruman yang dilengkapi dengan GPS dilakukan dua kali di Waduk Wonogiri, yaitu dari Oktober - November 2004 (sebelum memasuki musim hujan) dan Juni - Juli 2005 (setelah musim hujan) dengan tujuan untuk memperkirakan status sedimentasi di Waduk Wonogiri saat sekarang dan juga bertambahnya endapan di musim hujan tahun 2004/2005.

(1) Survei Sedimentasi Waduk Tahun 2004 oleh PBS

PBS melakukan pengukuran sedimentasi waduk yang pelaksanaannya dikerjakan oleh sub kontraktor. Survei dilakukan pada bulan Juli hingga September 2004. Tetapi laporan akhirnya baru selesai pada bulan Mei 2005. Pemeruman dilakukan lebih banyak untuk meningkatkan kerapatan data pengukuran sehingga diperoleh peta topografi yang akurat. Keseluruhannya ada sekitar 100.000 titik dengan selang sekitar 10 m di survei. Peta lokasi



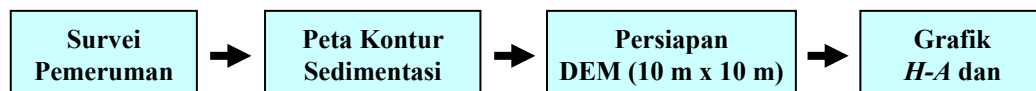
titik-titik survei ditunjukkan pada Gambar 3.2.3. Sayang sekali, survei hanya dilakukan pada pada kawasan waduk yang berair saja (di bawah muka air waduk El. 132 m). Pengukuran perimeter dari sisi muka air hingga pada keadaan muka air waduk maksimum tidak dilakukan.

Sebagai upaya untuk menambah ketelitian dalam pemetaan topografi pada tahun 2005, data titik-titik ditambah dalam Studi ini, terutama pada beberapa arah tampang lintang waduk seperti terlihat pada Gambar 3.2.4.

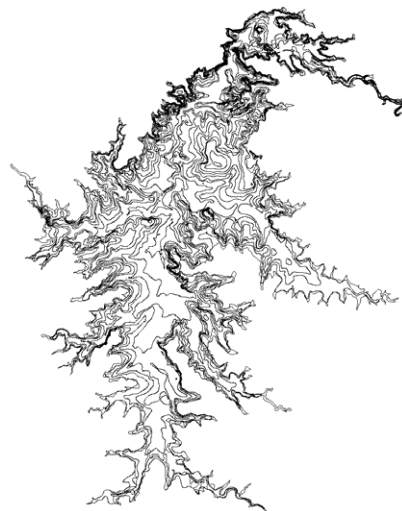
(2) Kondisi Waduk Wonogiri pada Tahun 2004 dan 2005

Perkiraan kapasitas tampung waduk sekarang didasarkan pada peta kontur dasar waduk DEM (*Digital Elevation Method*) seperti digambarkan di bawah.

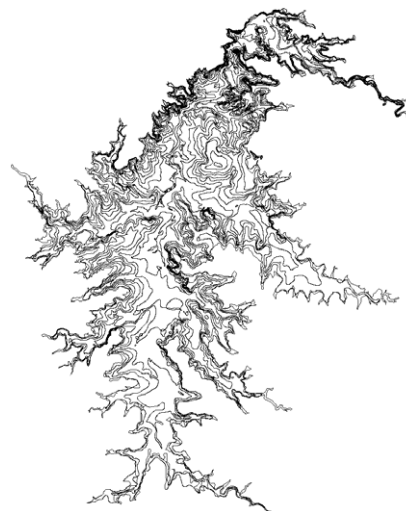
Hasil survei sedimentasi pada tahun 1993 dinilai kembali dengan menggunakan prosedur yang sama.



Hasil dari survei sedimentasi PBS pada tahun 2004 sangat bermanfaat untuk memeriksa kembali hasil survei yang dilakukan dalam Studi ini pada tahun 2004. Pada akhirnya peta garis kontur hasil survei tahun 2004 dimodifikasi dengan cara membandingkan dengan hasil survei PBS pada tahun 2004. Gambar-gambar di bawah menunjukkan peta garis kontur dasar waduk pada tahun 1993 hingga 2004.



Gambar 3.2.5 Peta Kontur Waduk Tahun 1993



Gambar 3.2.6 Peta Kontur Waduk Tahun 2005

Grafik hubungan elevasi- permukaan dasar Waduk Wonogiri pada tahun 1980, 1993, 2004 dan 2005 dikembangkan dengan menggunakan DEM (keseluruhan ada sekitar 900.000 *grid*). Tabel 3.2.5 di bawah menyajikan perkiraan kapasitas tampungan Waduk Wonogiri.

Tabel 3.2.5 Perkiraan Kapasitas Tampungan Waduk Wonogiri berdasarkan DEM

Zona Waduk	Kapasitas Waduk (Juta m ³)				Endapan Sedimen (Juta m ³)	
	1980	1993	2004	2005	1993	2005
di bawah El. 127.0 m (LWL)	114	69	58	58	45 (39%)	56 (49%)
di bawah EL.136.0 m (NHWL)	547	468	435	433	79 (14%)	114 (21%)
di bawah EL.138.3 m (DFWL)	730	650	618	616	80 (11%)	114 (16%)

Sumber: Tim Studi JICA

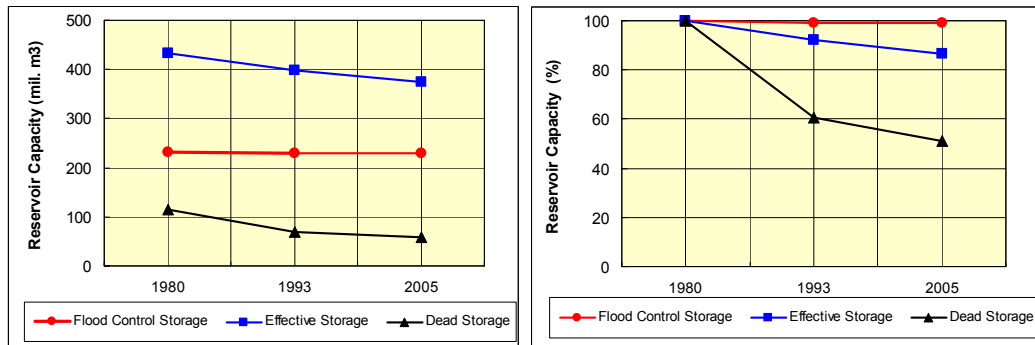
Seperti terlihat di atas, sekitar 114 juta m³ atau 16% dari keseluruhan kapasitas tampungan 730 juta m³ telah hilang akibat sedimentasi waduk dalam periode tahun 1980 hingga tahun 2005. Perkiraan kehilangan kapasitas terkini di ketiga zona tampungan waduk yang diakibatkan sedimentasi antara tahun 1980 hingga 2005 seperti diringkas di bawah ini:

Tabel 3.2.6 Kehilangan Kapasitas Tampungan Waduk Wonogiri berdasarkan Zona Tampungan antara 1980 dan 2005

Zona Waduk	Kapasitas Waduk (10 ⁶ m ³)		Kehilangan Kapasitas Karena Sedimentasi	
	1980	2005	Volume (10 ⁶ m ³)	Terhadap Awal (%)
<i>Flood Control Storage</i> (El. 135.3 – 138.3 m)	232	230	2	0.9
<i>Effective Storage</i> (El. 127.0 – 136.0 m)	433	375	58	13.4
<i>Dead Storage</i> (di bawah El. 127.0 m)	114	58	56	49.1

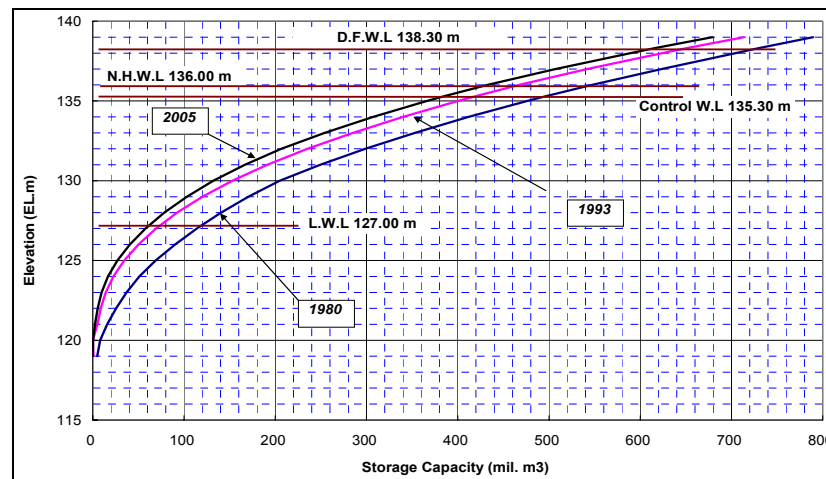
Sumber: Tim Studi JICA

Seperti terlihat di atas, sekitar 13% dari zona tampungan asli yang efektif (antara El. 127.0 m dan El. 136.0 m) telah terisi dengan endapan sedimen pada tahun 2005. Dengan kata lain, sekitar 87% dari zona tampungan asli masih dapat digunakan. Perubahan historis dari zona-zona waduk tergambar seperti di bawah.



Sumber: Tim Studi JICA

Gambar 3.2.7 Perubahan Kapasitas Waduk Wonogiri berdasarkan Zona Tampungan tahun 1980 dan 2005



Sumber: Tim Studi JICA

Gambar 3.2.8 Kurva Elevasi-Kapasitas Waduk Serbaguna Wonogiri tahun 1980, 1993 dan 2005

3.3 Kondisi Geoteknik Waduk Wonogiri

3.3.1 Kondisi Geologi

Untuk menerangkan kondisi geologis di areal waduk, telah dilakukan pengeboran di 12 titik di Waduk Wonogiri pada fase pertama Studi. Hasil pengeboran yang dilakukan pada fase pertama diringkas dalam Tabel 3.3.1 di bawah.

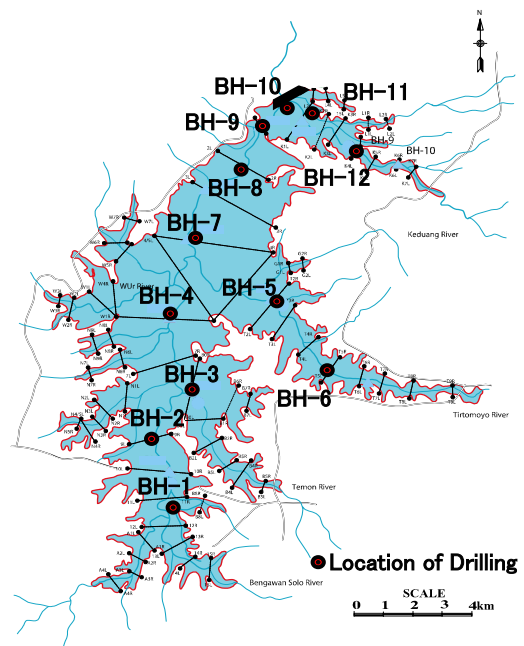
Tabel 3.3.1 Hasil Core Drilling

No Titik Bor	Nama Sungai	Panjang (m)	Kondisi Geologi (m)			
			Sedimen setelah bendung digunakan	Asal endapan sungai, Endapan Teras	Batuan Rujukan (jenis batu)	Catatan
BH-1	Solo	15	0.0-2.5		2.5-15.0 (tuffaceous sand)	2.5-4.0 Organic soil
BH-2	Solo	16	0.0-2.0	2.0-8.0	8.0-16.0 (tuffaceous sand)	2.0-5.0 Organic soil
BH-3	Temon	9	0.0-7.6	7.6-9.0		
BH-4	Solo	12	0.0-3.6	3.6-9.2	9.2-12.0 (tuff)	
BH-5	Tirutomoyo	12	0.0-1.5		1.5-12.0 (tuffaceous sand)	1.5-3.0 Organic soil
BH-6	Tirutomoyo	13	0.0-3.5		3.5-13.0 (tuff)	
BH-7	Solo	13	0.0-0.8	0.8-1.5	1.5-12.0 (tuff)	
BH-8	Solo	14	0.0-2.0		2.0-14.0 (lappili tuff, tuffaceous sand)	
BH-9	Solo	13	0.0-1.7		1.7-13.0 (lapilli tuff)	
BH-10	Solo	23	0.0-3.2		3.2-23.0 (lapilli tuff)	
BH-11	Keduwang	25	0.0-17.5	17.5-25.0		
BH-12	Keduwang	17	0.0-8.0		8.0-17.0 (tuff breccia)	

Sumber: JICA Study Team

Peta lokasi pengeboran ditunjukkan pada Gambar 3.3.1 di bawah. Gambar 3.3.2 menyajikan penampang memanjang kondisi geologi waduk. Karakteristik produksi material sedimen dari anak sungai utama DAS Waduk Wonogiri diuraikan di bawah.

- Material sedimen waduk yang berasal dari sungai Keduwang sebagian besar terdiri dari lanau (silt) dan lempung (clay), yang diduga terangkut sebagai aliran sedimen melayang.
- Material sedimen waduk yang berasal dari sungai Alang, sungai Solo, sungai Temon dan sungai Tirutomoyo secara berangsur-angsur semakin halus ke arah hilir dan berbentuk kepasir-pasiran (*sandy*) menuju lempung (*clayey*) pada dasar waduk tepat di bagian hulu bagian akhir waduk.



Gambar 3.3.1 Peta Lokasi Pekerjaan Drilling

3.3.2 Kandungan Fisik Endapan Material Sedimentasi di Waduk Wonogiri

Dalam studi ini, endapan material sedimentasi di Waduk Wonogiri diambil dan diuji di laboratorium untuk mendapatkan gambaran kandungan fisik sedimen. Lokasi pengambilan sedimen di Waduk Wonogiri seperti yang ditunjukkan di gambar 3.3.3 pada posisi yang sama dengan garis survei di 5 (lima) anak sungai Bengawan Solo. Kandungan fisik material sedimen yang didapat melalui uji laboratorium rangkumannya seperti di

bawah ini.

a) *Specific gravity* tanah

Pada *sample* yang diambil dari Waduk Wonogiri, tidak ada perbedaan yang berarti pada nilai *Specific gravity*-nya. Nilai maksimum dan minimum masing-masing 2.728 dan 2.538, dengan nilai rata-rata 2.670.

b) *Bulk Density*

Uji *density* dilaksanakan pada *undisturbed sample* diseleksi pada kedalaman pengeboran (*boring core*) pada 3 (tiga) lapisan, masing-masing 0.2-0.4 m, 0.6-0.8 m dan 1.5-1.7 m. Sekitar 50% hasil pengeboran inti (*boring core drilling*) hampir sama panjang.

Tabel 3.3.2 Hasil Uji *Bulk Density*

Pengujian	Maksimum (g/cm³)	Minimum (g/cm³)	Rerata (g/cm³)	Deviasi Standar
<i>Wet density</i>	1.889	1.485	1.639	0.09
<i>Dry density</i>	1.438	0.792	1.063	0.15
<i>Saturated</i>	1.910	1.488	1.664	0.10

Sumber: Tim Studi JICA

c) Konsistensi

Sebagian besar *sample* diklasifikasikan ke CH.

3.4 Pemantauan Sedimentasi di depan Intake

3.4.1 Metode Pemantauan

Bangunan Intake sangat dipengaruhi inflow sedimen dari sungai Keduang. Setelah penyelesaian Proyek Urgent Countermeasures Sedimentasi di Waduk Wonogiri pada bulan Maret 2004, PBS melakukan pemantauan secara periodik terhadap tingkat sedimen pada saluran langsung di muka yang menuju Intake. Garis besar metoda monitor diuraikan sebagai berikut:

Area : *Approach channel* dan *forebay* dari intake nampak pada Gambar 3.4.1 pada halaman selanjutnya. (20 m (L) x 120 m (P) pada 3 penampang dengan selang 5 m)

Metode : *Echo Sounder* (RAYTHEON Company)

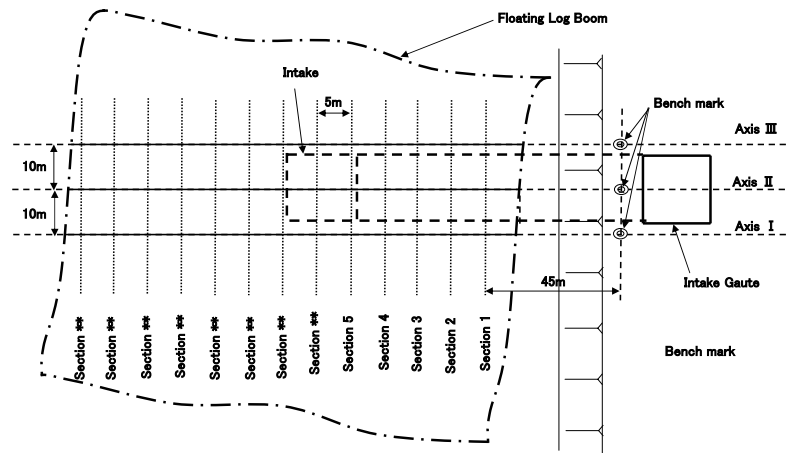
Jadwal : Bulanan



Intake Setelah Selesai Tahun 1980



Survey Pemantauan pada Mei 2005



Sumber: Tim Studi JICA

Gambar 3.4.1 Lokasi Pemantauan pada Forebay Intake

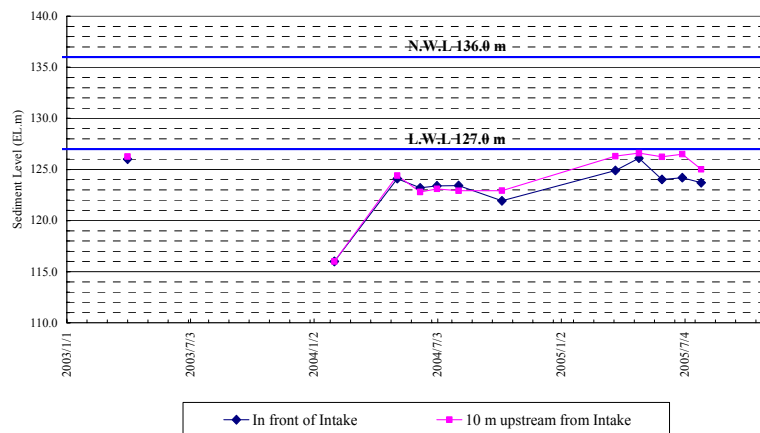
3.4.2 Hasil Pemantauan

Hasil pemantauan sedimen yang diselenggarakan terbaru terangkum dalam pada Gambar 3.4.2. Gambar 3.4.3 di bawah memperlihatkan perbandingan pada 2 (dua) lokasi yang dekat dengan kanal. Itu terdapat di depan dan 10 m jaraknya dari hulu *Intake*. Hasil catatan pemantauan menunjukkan bahwa:



Echo Sounder

- i) Tinggi sedimen dalam keadaan tetap selama musim kemarau dari bulan Mei 2004 hingga Oktober 2004.
- ii) Tinggi sedimen bertambah 2.1 m selama musim hujan Oktober 2004 hingga Juli 2005
- iii) Tinggi sedimen meningkat sekitar 3 meter dalam musim hujan dari November 2004 hingga Februari 2005. Dengan kata lain, level sedimen hampir stabil untuk periode Maret hingga Mei 2005.
- iv) Tinggi sedimen pada EL. 123.7 m di depan trash rack pada bulan Juli 2005. Tempat pembukaan antara level sedimen dan puncak intake sekitar 3.3 m pada Juli 2005.
- v) Kemiringan endapan sedimen yang stabil berdasarkan penampang memanjang sedimen diperkirakan sekitar 1/20-1/30.



Gambar 3.4.3 Perbandingan Ketinggian Sedimen di Depan Intake