

## BAB 7 STRATEGI DASAR PENYUSUNAN RENCANA INDUK

### 7.1 Ringkasan Kondisi Sedimentasi di Waduk Wonogiri Saat Ini

Tabel 7.1.1 berikut menunjukkan ringkasan penyelidikan sedimentasi waduk pada tahun 1993, 2004 dan 2005 yang telah dibahas secara rinci di Bab 3.

**Tabel 7.1.1 Perubahan Kapasitas dan Endapan Sedimen di Waduk Wonogiri**

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

Sumber: Tim Studi JICA

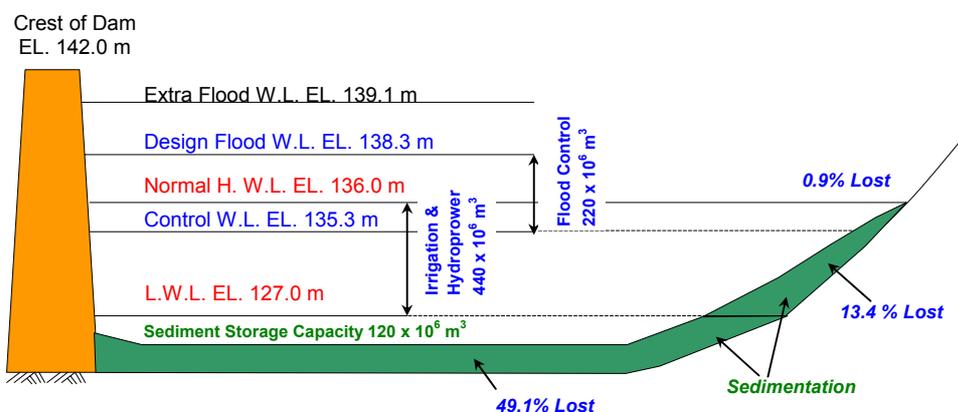
Perkiraan kehilangan kapasitas waduk akibat sedimentasi di tiga zona tampungan antara tahun 1980 dan 2005 ditunjukkan pada Gambar 7.1.1 di bawah ini.

**Tabel 7.1.2 Kehilangan Kapasitas Waduk Wonogiri di Zona Tampungan antara Tahun 1980 dan 2005**

Zona Waduk	Kapasitas (Juta m <sup>3</sup> )		Kapasitas yang Hilang Akibat Sedimentasi	
	1980	2005	Volume (Juta m <sup>3</sup> )	Nisbah Terhadap Kap. Awal (%)
<i>Flood Control Storage</i> (EL. 135.3-138.3m)	232	230	2	0.9
<i>Water Use Storage</i> (EL. 127.0-136.0m)	433	375	58	13.4
<i>Dead Storage</i> (di bawah EL. 127.0m)	114	58	56	49.1

Catatan: Kapasitas waduk dihitung ulang berdasarkan DEM yang dibuat dalam Studi ini.

Sumber: Tim Studi JICA



Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.1.1 Kehilangan Kapasitas Waduk Wonogiri di Zona Tampungan Tahun 2005**

Berdasarkan hasil survei sedimentasi di atas, kondisi waduk Wonogiri saat ini sebagai berikut:

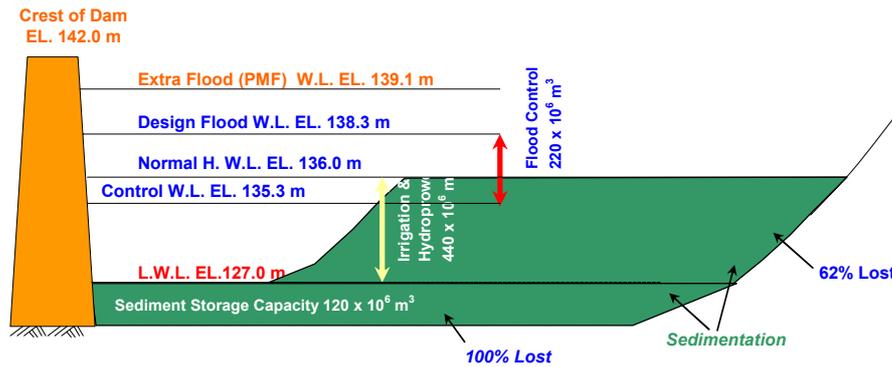
- i) Hampir tidak ada perubahan di dalam zona tampungan pengendalian banjir (El. 135.3 – El. 138.3 m). Hal ini karena *inflow* sedimen terjadi selama musim hujan dan pengendapan sedimen secara dominan terjadi di dalam waduk pada zona waduk antara ketinggian LWL EL. 127.0 m dan NHWL EL. 136.0 m.
- ii) Dengan demikian, hampir tidak ada sedimen yang mengendap di zona tampungan pengendalian banjir melampaui NHWL, dan nampak erosi tebing bisa terjadi di sekitar tepi wilayah waduk akibat gelombang air. Dengan demikian, keamanan bendungan Wonogiri terhadap PMF dapat diselamatkan dalam kondisi sedimentasi saat ini.
- iii) Di dalam zona tampungan sedimen di bawah El. 127.0 m, 56 juta m<sup>3</sup> atau 49.1% dari kapasitas awal telah hilang akibat sedimentasi pada tahun 1980-2005 (lihat Tabel 7.1.2 di atas).
- iv) Volume di zona tampungan efektif antara El. 127.0 m dan 136.0 m telah berkurang dari 433 menjadi 375 juta m<sup>3</sup>. Kehilangan volume mencapai 58 juta m<sup>3</sup> atau 13.4% dari kapasitas awal akibat sedimentasi tahun 1980-2005 (lihat Tabel 7.1.2 di atas).
- v) Sekitar 16% dari total kapasitas awal (= 730 juta m<sup>3</sup> di bawah DFWL El. 138.3 m) hilang akibat sedimentasi pada tahun 1980-2005. Laju kehilangan kapasitas waduk tahunan rata-rata mencapai sekitar 0.64% (=16%/25 tahun, lihat Tabel 7.1.1 di atas).

## 7.2 **Proyeksi Kondisi Sedimentasi Mendatang di Waduk Wonogiri Bila Tidak Dilakukan Upaya Penanggulangan Sedimentasi**

Sedimentasi dalam jumlah besar telah terjadi di waduk Wonogiri. Akibatnya, volume tampungan bendungan Wonogiri telah berkurang oleh adanya sedimentasi yang terus berlangsung dari tahun ke tahun. Perhitungan awal kondisi waduk Wonogiri di masa mendatang berdasarkan laju rata-rata tahunan kehilangan kapasitas waduk seperti dibahas di atas dan bila tiada upaya penanggulangan sedimentasi sebagai berikut:

- i) Jika penanganan pengelolaan sedimentasi di waduk dilakukan mulai sekarang, nampak bahwa masalah penyumbatan sedimen di bangunan *intake* terjadi pada periode proyeksi 100 tahun. Sehingga, dianggap tidak terjadi penyumbatan *intake* oleh sedimen dalam periode proyeksi.
- ii) Sedimentasi terjadi hanya dalam zona tampungan efektif dan tampungan mati (*dead storage*) di bawah NHWL El. 136.0 m.
- iii) Kondisi sedimentasi saat ini, tahun 2005, digunakan sebagai permulaan proyeksi seperti diilustrasikan dalam Gambar 7.1.1 di atas.
- iv) Volume aliran sedimen tahunan diasumsikan sebesar 3.18 juta m<sup>3</sup>, yaitu setara dengan tahunan rata-rata pada tahun 1993-2005 (lihat Tabel 5.4.1). Sebaliknya, *outflow* sedimen tahunan dianggap 0.41 juta m<sup>3</sup> yang merupakan perkiraan *outflow* sedimen tahunan rata-rata taun 1993-2004 terdiri dari 0.26 juta m<sup>3</sup> oleh pembangkit tenaga air dan 0.15 juta m<sup>3</sup> keluar melalui *spillway*. Perkiraan ini dibuat berdasarkan model analisis sedimentasi waduk Wonogiri yang dikembangkan dalam Studi ini.
- v) Laju pengendapan tahunan di anggap 50% pada zona tampungan efektif dan 50% pada zona tampungan mati berdasarkan volume sedimentasi pada tahun 1980-2005 (lihat Tabel 7.1.2 di atas).

Proyeksi sedimentasi waduk Wonogiri dibuat berdasarkan keseimbangan sedimen tahunan dengan menerapkan kondisi dan anggapan-anggapan di atas. Gambar 7.2.1 berikut menyajikan kondisi proyeksi pada tahun 2105.



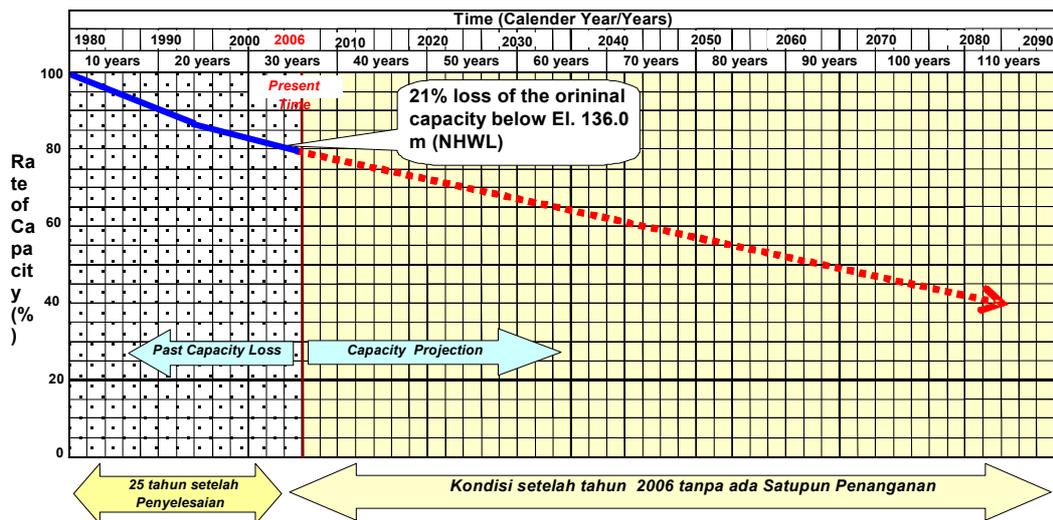
Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.2.1 Proyeksi Kondisi Sedimentasi Waduk Wonogiri pada Tahun 2105**

Pada tahun 2051, waduk Wonogiri akan kehilangan sekitar 28% dari kapasitas tampung efektif dan hilang seluruh kapasitas tampungan mati. Waduk Wonogiri akan kehilangan sekitar 62% kapasitas tampung efektifnya sekitar tahun 2105. Pada tahun 2005, kurang lebih 21% kapasitas asli berada di bawah NHWL El. 136.0 m (lihat Tabel 7.1.1 di atas). Penurunan kapasitas total yaitu zona tampung efektif dan zona tampungan mati (kapasitas tampung total di bawah NHWL El. 136.0 m) sejak selesai pembangunan bendungan Wonogiri ditunjukkan di Gambar 7.2.2 di bawah ini.

Secara umum, dampak atau kerugian akibat problem sedimentasi waduk ditunjukkan sebagai tahun-tahun yang diperlukan untuk kehilangan setengah dari volume awal waduk. Umum diketahui bahwa waduk sering dioperasikan dengan batasan-batasan yang ketat sampai pada kondisi kehilangan setengah dari kapasitas awalnya.<sup>1</sup> Seperti telah diproyeksikan pada gambar atas, waduk Wonogiri akan kehilangan setengah kapasitasnya sekitar / hingga tahun 2062. Namun, dengan catatan bahwa isu sedimentasi yang serius dapat terjadi lebih banyak sebelum setengah kapasitas tersebut hilang, khususnya terhadap penggunaan air saat ini seperti pembangkit tenaga air, irigasi dan suplei air domestik.

**Proyeksi Penurunan Kapasitas Waduk Wonogiri**



Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.2.2 Proyeksi Sederhana Penurunan Kapasitas Waduk Wonogiri**

<sup>1</sup> Gregory L. Morris, P.E. Ph.D., Reservoir Sedimentasi management, Worldwide Status and Prospects, Session on Challenges to the Sedimen Management for Reservoir Sustainability, The 3<sup>rd</sup> World Water Forum, 2003

### 7.3 Isu dan Permasalahan Sedimentasi di Waduk Wonogiri

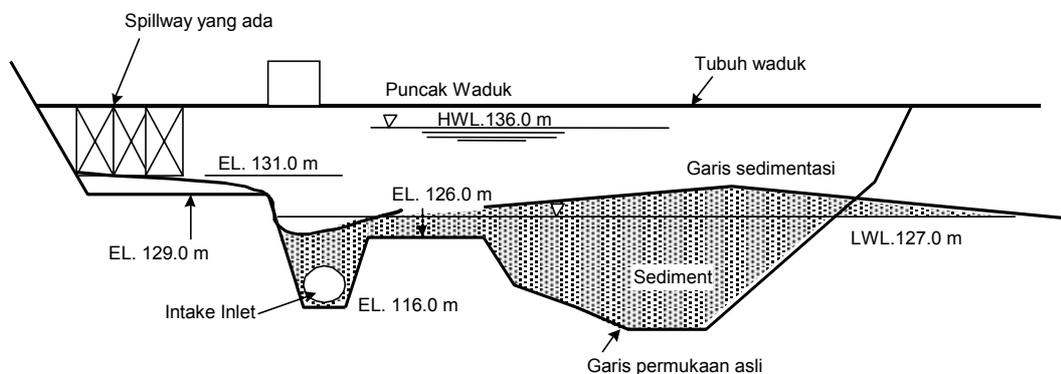
Isu dan permasalahan sedimentasi di Waduk Wonogiri dirangkum sebagai berikut:

- i) Endapan sedimen dan sampah di *intake*,
- ii) Penurunan volume tampungan efektif akibat tingginya hasil sedimen (*sediment yield*) di DAS Wonogiri, dan
- iii) Operasi waduk beresiko terhadap PMF karena penurunan volume tampungan efektif.

Situasi sedimentasi saat ini secara singkat diuraikan sebagai berikut.

#### 7.3.1 Endapan Sedimen dan Sampah di *Intake*

*Intake* mensuplai air ke turbin pembangkit tenaga air dan untuk sistim irigasi di daerah hilir. Bangunan *intake* telah terganggu secara serius oleh endapan sedimen dari Sungai Keduang. Ketinggian sedimen hampir mencapai LWL El. 127 m di *forebay* yang terletak dekat/hulu bendungan seperti digambarkan berikut.



Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.3.1 Penampang Tipikal di depan Intake**

Sungai Keduang merupakan penyebab utama permasalahan yang saat ini berhubungan dengan sedimen di *intake*. Sungai Keduang masuk ke dalam waduk di bagian hulu dan sangat dekat dengan bendungan, serta telah mengendapkan sedimen dalam jumlah yang sangat besar di *forebay* bersisian dengan bendungan.

Gambar-gambar di bawah menunjukkan potongan tumbuhan (*debris*) dan sampah di *intake*. Penggelontoran debris lewat *spillway* dilakukan terakhir tanggal 29 Desember 2004 dengan ketinggian RWL (El. 133.40 m). Untuk penggelontoran, sampah di sekitar *floating booms* di depan *spillway* dipindahkan secara manual.



**Foto: Pembuangan *debris* dan sampah di *intake* (29 Desember 2004)**



Foto: Pengelontoran *debris* pada 29 Desember 2004



Foto: Pengelontoran *debris* pada 29 Desember 2004



Fototo: Pembuangan *debris* pada Januari 2004

Analisis pendahuluan pengaruh penyedotan di *inlet intake* menunjukkan kecepatan di *inlet* sekitar 0.24 m/s, jauh lebih besar dibanding perkiraan kecepatan geser (*tractive*) kritis 0.009 m/s untuk sedimen yang terendapkan di *intake* ( $D_{60\%}=0.01$  mm). Ini menyiratkan bahwa jika tak ada endapan sampah, maka tak akan ada penyumbatan *intake*.

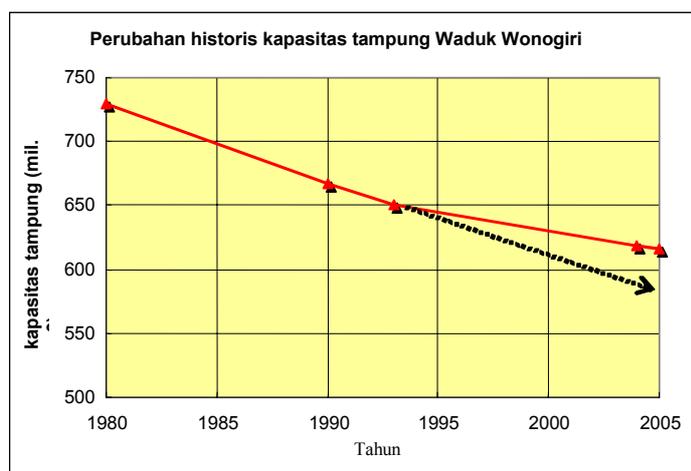
### 7.3.2 Penurunan Tampang Efektif Akibat Tingginya Hasil Sedimen di DAS Wonogiri

*Aliran Masuk* sedimen tahunan rata-rata ke dalam waduk Wonogiri tahun 1993-2004 sekitar 3.18 juta m<sup>3</sup>/tahun. Waduk Wonogiri telah dipenuhi sedimen lebih cepat dari yang diperkirakan dalam perencanaan awal sejak selesai pembangunannya pada tahun 1980. Bahasan di sub-bab 9.2 memperkirakan fungsi utama waduk sebagai pen-*supply* air akan sangat terpengaruh dalam 50-60 tahun mendatang.

Sumber endapan sedimen adalah DAS Wonogiri. Seperti telah dijelaskan pada Bab 4

hampir 95% sumber sedimen adalah erosi tanah permukaan lahan dari lahan-lahan pertanian. *The Upper Solo (Wonogiri) Watershed Protection Project* yang didanai IBRD dilaksanakan oleh Departemen Kehutanan dari tahun 1988/89 - 1994/95. Tujuan proyek ini adalah untuk mengurangi erosi tanah permukaan dari DAS Wonogiri sehingga meningkatkan umur waduk. Pelestarian tanah dilakukan termasuk dengan perbaikan teknik pertanian untuk mengurangi erosi permukaan dan erosi alur, dan pembuatan bangunan guna mengurangi erosi jurang dan erosi tebing sungai.

Perubahan historis kapasitas tampung waduk Wonogiri (jumlah zona tampungan efektif dan tampungan mati) sejak penyelesaiannya pada tahun 1980 ditunjukkan di Gambar 7.3.2 berikut bersama-sama dengan survai sedimen waduk yang dilakukan pada tahun 1990, 1993, 2004 dan 2005.



Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.3.2 Perubahan Kapasitas Waduk Wonogiri**

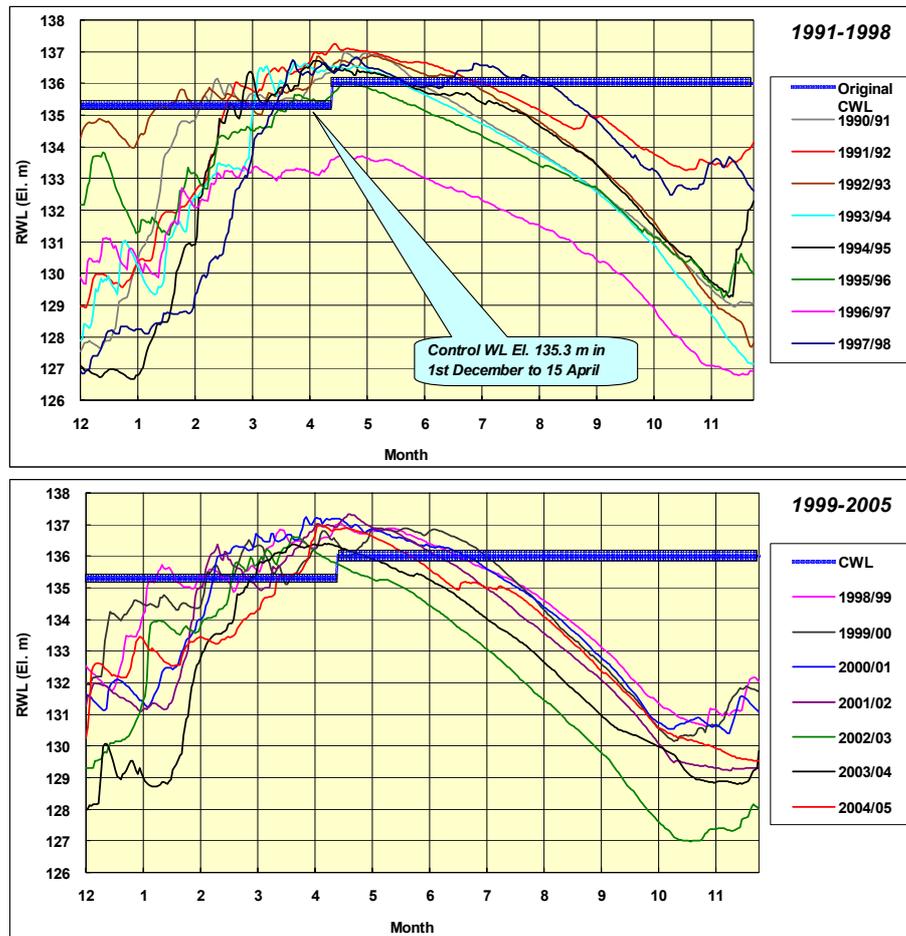
Laju sedimentasi waduk rata-rata sekitar 6.2 juta m<sup>3</sup>/tahun pada 1980-1990, 5.7 juta m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 1980-1993, 4.6 juta m<sup>3</sup>/tahun pada 1980-2004 dan 4.7 juta m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 1980-2005. Sebaliknya, laju sedimentasi tampak berkurang dari 5.7 juta m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 1980-1993 sampai 3.2 juta m<sup>3</sup>/tahun pada 1993-2005.

Volume aliran masuk sedimen tahunan sangat tergantung pada kejadian hidrologi seperti tahun kering dan tahun basah, maka laju sedimentasi bervariasi dari tahun ke tahun. Salah satu alasan adanya perbedaan yang signifikan dari laju sedimentasi sebelum dan sesudah 1993 mungkin karena banjir-banjir besar yang memiliki puncak banjir lebih besar dari 2,500 m<sup>3</sup>/d terjadi hanya pada tahun 1980an (lihat Tabel 2.3.2) yang menghasilkan inflow sedimen dalam jumlah besar ke dalam waduk Wonogiri. Alasan lain karena penurunan laju erosi permukaan dari DAS Wonogiri setelah penyelesaian proyek Departemen Kehutanan pada tahun 1988/89-1994/95 (bahasan rinci di Sub Bab 2.3.2). Perubahan kapasitas waduk Wonogiri menunjukkan bahwa pengurangan jumlah erosi tanah yang masuk waduk telah terjadi sebagai hasil dari proyek tersebut.

### 7.3.3 Pengoperasian Waduk yang tidak aman terhadap PMF akibat Penurunan Tampungan Efektif

Grafik dalam Gambar 7.3.3 berikut menunjukkan rekaman pengoperasian waduk Wonogiri tahun 1991-2005. Menurut aturan operasi waduk, selama periode banjir dari 1 Desember hingga 15 April, muka air waduk harus dikendalikan supaya tidak melebihi *Control Water level (CWL)* El. 135.3 m guna menjaga keamanan bendungan terhadap

PMF. Dengan demikian, selama ini pengoperasian waduk tidak mengikuti aturan tersebut di atas, yaitu menjaga CWL, kecuali tahun kering 1996 dan 1997.

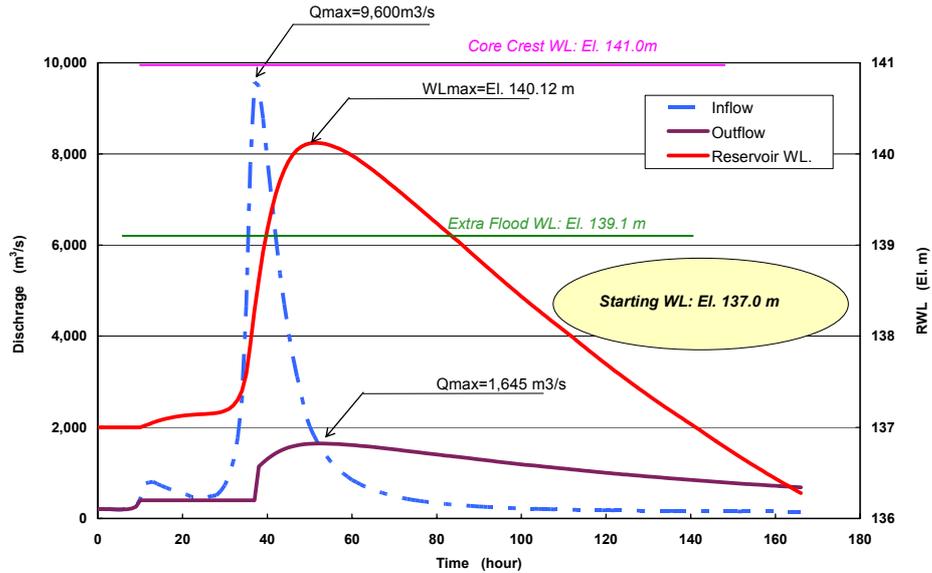


Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.3.3 Pengoperasian Waduk Wonogiri Tahun 1991-2005**

Dalam tahun-tahun normal, muka air waduk telah dinaikkan hingga sekitar El. 137 m yang melebihi CWL (EL 135.3 m) dan NHWL (El. 136.0 m). Dari sudut pandang keamanan bendungan bahwa waduk mampu menghadapi PMF tanpa melimpah, keamanan bendungan dengan operasi waduk yang berlaku sekarang dikaji. Kajian dibuat berdasarkan simulasi praktek pengoperasian waduk saat ini, muka air permulaan PMF adalah El. 137.0 m. Hasil simulasi disajikan di Gambar 7.3.4.

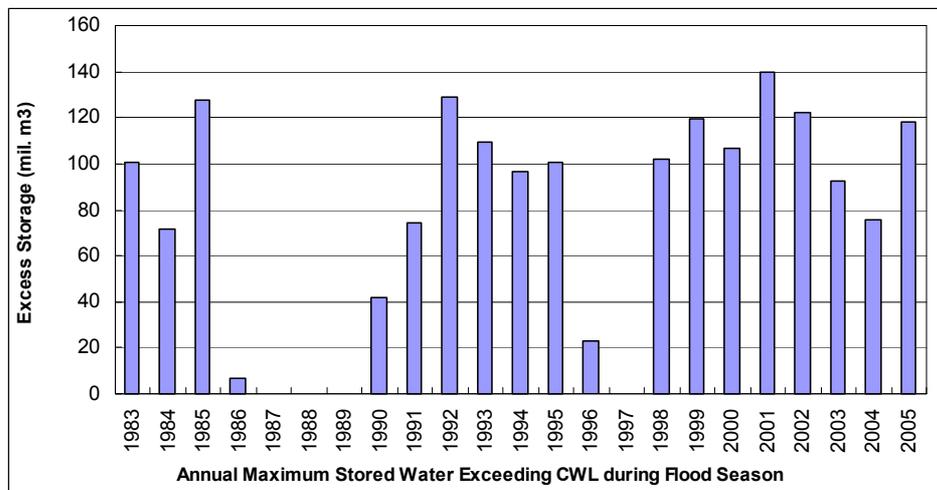
Seperti ditunjukkan dalam gambar, dengan pengoperasian saat ini, muka air waduk naik hingga El. 140.12 m dengan pengeluaran air (*release*) maksimum 1,645 m<sup>3</sup>/det. Berdasarkan rancangannya, ketinggian air maksimum PMF pada El. 139.1 m dan tinggi jagaan 1.9 m, yaitu antara tinggi muka air maksimum dan puncak dari zona inti pusat kedap air (*impervious center core zone*) El. 141.0 m. Meskipun PMF kemungkinan tidak melimpasi puncak bendungan, tinggi jagaan berkurang hingga 0.88 m. Sehubungan tinggi jagaan sebesar 1.9 m telah ditetapkan dan dialokasikan untuk cadangan jagaan terhadap tinggi gelombang akibat angin yang datang bersamaan dengan terjadinya PMF, dapat dikatakan bahwa operasi waduk yang berlangsung saat ini tidak aman terhadap PMF dari sudut keamanan bendungan (karena tinggi jagaan yang tidak mencukupi).



Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.3.4 Pengoperasian Beresiko PMF mulai pada Ketinggian Air 137.0 m**

Gambar 7.3.5 berikut menyajikan volume air maksimum yang tertampung tahunan pada ketinggian air lebih dari CWL El. 135.3 m selama periode banjir. Kelebihan air 140 juta m<sup>3</sup> telah ditampung ketika tinggi muka air waduk maksimum mencapai El. 137.23 m pada tanggal 5 April, 2001 melebihi CWL El. 135.3 m hingga 1.93 m.



Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.3.5 Volume Tampungan Air Maksimum Tahunan Melampaui CWL saat Musim Banjir**

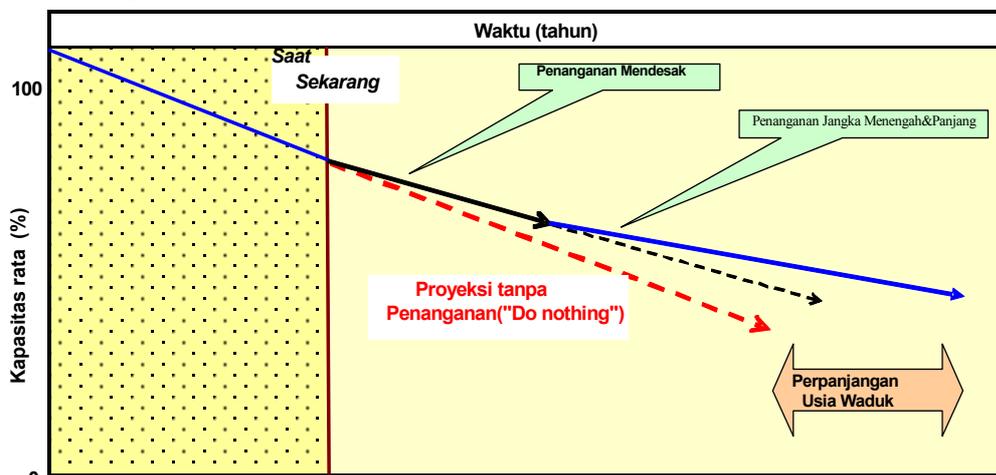
Kapasitas tampungan-efektif saat ini antara LWL (El. 127.0 m) sampai NHWL (El. 136.0 m) telah berkurang dari 440 juta m<sup>3</sup> pada tahun 1980 hingga 375 juta m<sup>3</sup> pada tahun 2005. Dengan demikian, pengoperasian waduk Wonogiri dengan aturan operasi yang berlaku sekarang membuat waduk Wonogiri dapat menampung air hingga ketinggian sekitar 137.0 m, dengan total air 450 juta m<sup>3</sup> (= 375 + 75), untuk PLTA dan suplei air irigasi. Volume ini melebihi alokasi tampungan awal 440 juta m<sup>3</sup>.

#### 7.4 Tujuan dan Strategi Perumusan Rencana Induk Pengelolaan Sedimen Waduk/Bendungan Wonogiri

Tujuan utama Studi adalah menyusun rencana induk penanganan berkelanjutan terhadap problem sedimentasi waduk/bendungan serbaguna Wonogiri. Tujuan terpenting dari Studi yang sudah disusun antara Pemerintah Indonesia dan Jepang adalah untuk melaksanakan berbagai penanganan sehubungan dengan rencana induk untuk menyelamatkan kemampuan jangka panjang waduk dalam mensuplai air irigasi, PLTA, dan pengendalian banjir. Rencana induk yang diusulkan akan menjadi kerangka kerja dan indikasi arah pengelolaan sedimen waduk Wonogiri secara komprehensif. Penanganan yang diusulkan dalam Studi harus lebih realistis dan dapat diterapkan. Selanjutnya, Studi ini sangat diharapkan memberikan pendekatan teknis dan solusi untuk isu-isu sedimentasi di waduk-waduk di Indonesia lainnya saat ini.

Bendungan serbaguna Wonogiri merupakan satu-satunya waduk besar di sungai Bengawan Solo. Bendungan Wonogiri telah banyak menunjang kesejahteraan sosial di wilayah ini dan sangat bermanfaat dari aspek pengembangan ekonomi daerah dan nasional. Dalam hal ini, bendungan Wonogiri merupakan sebuah bangunan prasarana sosial berskala nasional. Nilai ekonomi bendungan Wonogiri sebagai penampung air sangat tinggi. Di pulau Jawa yang berpenduduk padat, sebuah waduk merupakan sumber daya penting yang sangat sulit tergantikan jika waduk benar-benar terisi penuh sedimen.

Hampir tidak ada lokasi waduk sebesar waduk Wonogiri di Jawa. Meskipun pemulihan waduk Wonogiri secara utuh merupakan upaya yang sangat sulit, pengelolaan waduk Wonogiri yang berkelanjutan merupakan hal krusial untuk mempertahankan kesejahteraan masa depan dari semua *stakeholders* di wilayah ini. Dengan demikian, waduk Wonogiri harus dimanfaatkan secara berkelanjutan dengan pengadaan sistem pengelolaan sedimen waduk, dalam hal ini memperpanjang umur pemanfaatan waduk seperti ditunjukkan di Gambar 7.4.1 berikut.



Sumber: Tim Studi JICA

Gambar 7.4.1 Ilustrasi Pengaruh Implementasi *Master Plan*

Dengan pertimbangan tersebut di atas, tujuan rencana induk disusun sebagai berikut:

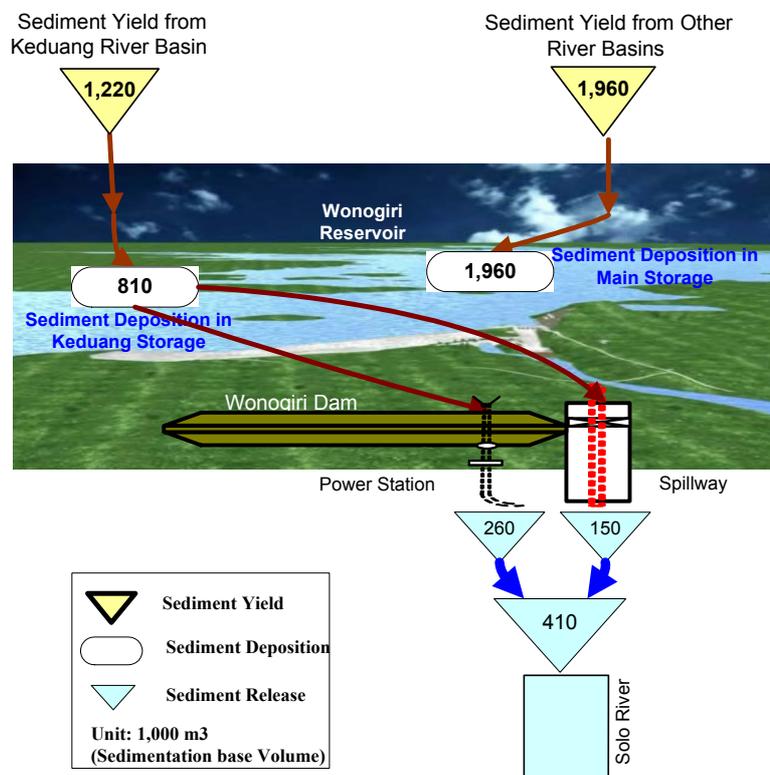
- i) **Bendungan Wonogiri sebaiknya tetap mendukung stabilitas mata pencaharian masyarakat dan perbaikan kesejahteraan sosial minimal dalam 100 tahun mendatang.** Tujuan ini akan tercapai hanya dengan mengamankan dan memelihara fungsi semula waduk Wonogiri sebagai pengendali banjir, penyedia air irigasi, air domestik dan PLTA.

- ii) **Bendungan Wonogiri harus tetap berfungsi dan aman setiap waktu.** Tujuan ini akan diwujudkan dengan mentaati dengan seksama aturan operasi waduk. Dari sudut pandang keamanan bendungan, waduk/bendungan Wonogiri akan dioperasikan secara benar dan aman terhadap kejadian banjir, dari berbagai besaran banjir.
- iii) **Pengelolaan waduk Wonogiri yang berkelanjutan akan dicapai dengan memadukan pengelolaan yang baik dan pelestarian DAS Wonogiri.** DAS Wonogiri akan dikelola dan dilestarikan selaras dengan perbaikan kualitas hidup petani di dalam DAS.

Untuk mencapai tujuan di atas, rencana induk sistem pengelolaan sedimentasi waduk Wonogiri dirumuskan berdasarkan strategi berikut:

**A. Kombinasi Penanganan Pengelolaan Sedimen Waduk dan Penanganan Pengelolaan dan Konservasi DAS:**

- i) Hasil sedimen (*sediment yield*) tahunan rata-rata dan neraca sedimen di waduk Wonogiri pada tahun 1993-2005 ditunjukkan pada Gambar 7.2.4 berikut.



Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.4.2 Neraca Sedimen Tahunan Waduk Wonogiri**

Setiap tahun sekitar 3.18 juta m<sup>3</sup> sedimen berlanjut masuk ke dalam waduk Wonogiri, 1.22 juta m<sup>3</sup> di antaranya masuk dari Sungai Keduang. Sedimen yang keluar dari waduk (*sediment outflow*) per tahun diperkirakan 0.41 juta m<sup>3</sup>, 0.26 juta m<sup>3</sup> melalui pembangkit tenaga listrik dan 0.15 juta m<sup>3</sup> melalui *spillway*. Berdasarkan neraca sedimen, 2.77 juta m<sup>3</sup> sedimen terendapkan di dalam waduk. Hasil simulasi menunjukkan kebanyakan sedimen yang masuk ke dalam waduk Wonogiri berasal dari anak-anak sungai yang lain – kecuali Keduang, terendapkan ke dalam waduk.

- ii) Setiap tahun sekitar 3.18 juta m<sup>3</sup> sedimen berlanjut masuk ke dalam waduk Wonogiri. Untuk desain awal penanganan struktural, sasaran desain laju pengendapan sedimen

ditentukan sama atau kurang dari 1.2 juta m<sup>3</sup>/tahun, yaitu besaran desain awal waduk Wonogiri tahun 1975. Jadi, sasaran total pengendapan sedimen dalam 100 tahun mendatang diperkirakan 120 juta m<sup>3</sup> (=1.2 juta m<sup>3</sup>/tahun x 100 tahun) atau kurang.

- iii) Penanganan apapun yang diusulkan dalam rencana induk, penurunan suplai air dari waduk Wonogiri tidak dapat dihindari, karena sisa kapasitas tampungan sedimen saat ini (2005) sebesar 58 juta m<sup>3</sup> tak akan cukup untuk menampung 120 juta m<sup>3</sup> sedimen dalam kurun waktu 100 tahun kedepan, sehingga terjadi pengendapan sedimen di zona tampungan efektif waduk. Batas penurunan suplai air irigasi yang diijinkan atau yang dapat diterima dalam 100 tahun ke depan menjadi faktor penentu (kunci).
- iv) Dari volume total sedimen yang masuk ke dalam waduk dalam kurun 100 tahun mendatang diperkirakan 318 juta m<sup>3</sup> (=3.18 juta m<sup>3</sup>/tahun × 100 tahun), sedangkan jumlah total sedimen yang keluar waduk pada periode yang sama diperkirakan mencapai 41 juta m<sup>3</sup> (=0.41 juta m<sup>3</sup>/tahun × 100 tahun). **Rencana Induk mengusulkan untuk mengelola sisa tampungan 157 juta m<sup>3</sup> (=318 – 120 – 41) dengan kombinasi penanganan pengelolaan sedimentasi di waduk dan pelestarian DAS.** Penanganan ini diperkirakan dapat mengelola masukan sedimen tahunan rata-rata ke dalam waduk pada jumlah 1.57 juta m<sup>3</sup>/tahun.

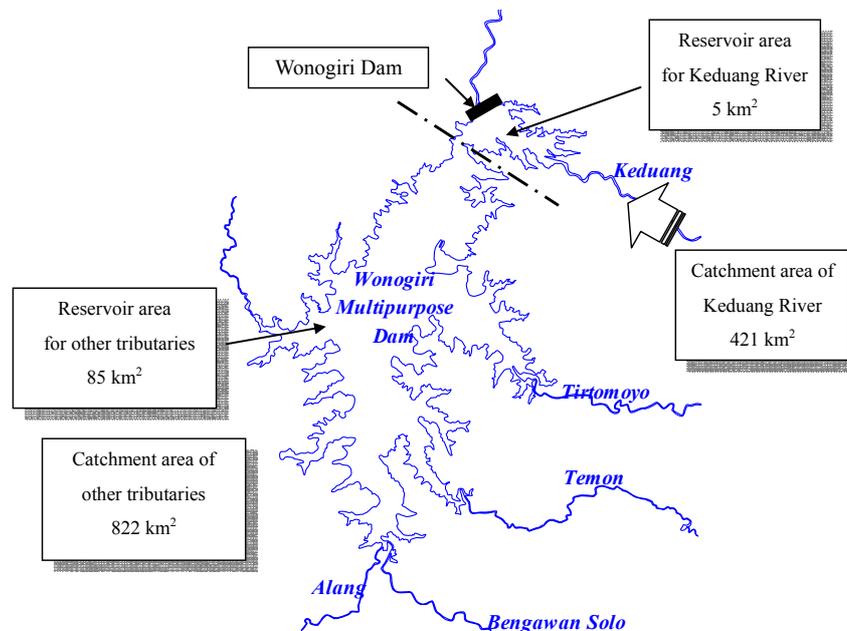
#### ***B. Penanganan Pengelolaan Sedimen Waduk Dengan Resiko dan Dampak Sosial Kecil:***

- i) Sedimentasi dalam jumlah besar telah terjadi di waduk Wonogiri. Solusi terbaik untuk menangani permasalahan ini bisa dengan merestorasi total waduk (misal mengeruk 114 juta m<sup>3</sup> endapan dengan cara mekanis), tetapi cara ini akan memerlukan biaya dalam jumlah besar, juga pembebasan lahan dalam jumlah besar untuk pembuangannya. Sementara berdasarkan hasil penyelidikan lapangan menunjukkan hanya ada sedikit lahan untuk menampung material pengerukan sedimen. Bila rerata dianggap 3.1 juta m<sup>3</sup> per tahun sedimen masuk ke dalam waduk Wonogiri, **cara paling tepat dan praktis untuk mengurangi masukan sedimen ke dalam waduk adalah implementasi pengelolaan dan pelestarian DAS yang dapat memperpanjang umur waduk.**
- ii) Sistem pengelolaan sedimentasi di waduk Wonogiri yang diusulkan bertujuan supaya waduk bisa berfungsi dengan baik dalam jangka panjang. **Sistem dimaksudkan agar secara efektif menggunakan semaksimal mungkin aliran daya angkut sedimen bagian hilir sungai Bengawan Solo** untuk mengangkut sedimen yang dilepas dari waduk Wonogiri ke muara sungai.
- iii) Berkaitan dengan hal tersebut, sistem direncanakan untuk meminimalkan isu-isu dampak lingkungan alam dan lingkungan sosial seperti pemindahan penduduk dan pembebasan tanah.

#### ***C. Prioritisasi Penanganan Mendesak (Urgent) Jangka Menengah dan Jangka Panjang:***

- i) Dari sudut pandang teknis, penyumbatan *intake* disebabkan oleh pengendapan sedimen dan sampah yang harus dihindari supaya kelanjutan suplai air terjamin, sehingga **prioritas utama ditempatkan pada formulasi penanganan pembersihan endapan sampah di bangunan intake.** Karena hampir semua sampah di *intake* berasal dari sungai Keduang, maka penanganan penting-mendesak ditujukan untuk mengatasi masukan sampah dari sungai Keduang. Jika permasalahan sampah di *intake* tertangani, nampaknya tidak akan terjadi penyumbatan *intake*.

- ii) Waduk Wonogiri memiliki karakter khusus di bagian kanannya, yaitu tempat bermuaranya sungai Keduang ke dalam waduk yang sangat dekat dengan bangunan bendung. Di antara kelima sungai-sungai utama di DAS waduk Wonogiri, DAS Keduang merupakan sub-DAS terbesar dengan luas DTA 421 km<sup>2</sup> atau 34% dari total DAS Wonogiri. Tetapi, kawasan waduk Wonogiri yang menerima masukan sedimen dari DAS Keduang (yang selanjutnya disebut “waduk kawasan Keduang”) hanya 5 km<sup>2</sup> atau 6% dari total luas waduk Wonogiri – seperti ditunjukkan pada Gambar 7.4.3 berikut. Karena relatif kecilnya volume tampungan waduk kawasan Keduang dibanding luas DAS Keduang, maka perkembangan sedimentasi di waduk kawasan Keduang jauh lebih cepat dibanding sungai-sungai utama yang lainnya. Hasilnya, sedimen dalam jumlah besar terendapkan pada bagian yang dekat dengan bendungan, khususnya di *forebay* yang bersisian dengan bangunan *intake*.
- iii) Kehilangan kapasitas waduk di waduk kawasan Keduang ditunjukkan dalam tabel 7.4.1 berikut. Sekitar 66% zona tampungan efektif waduk kawasan Keduang telah hilang akibat sedimentasi antara tahun 1980 dan 2005. Zona *dead storage* di kawasan ini telah sepenuhnya tertutup sedimen. Dengan anggapan pengendapan sedimen 0.81 juta m<sup>3</sup> (lihat Gambar 7.4.2), diperkirakan waduk kawasan Keduang akan lenyap pada tahun 2002 – seperti ditunjukkan di Gambar 7.4.4 berikut.



Sumber: Tim Studi JICA

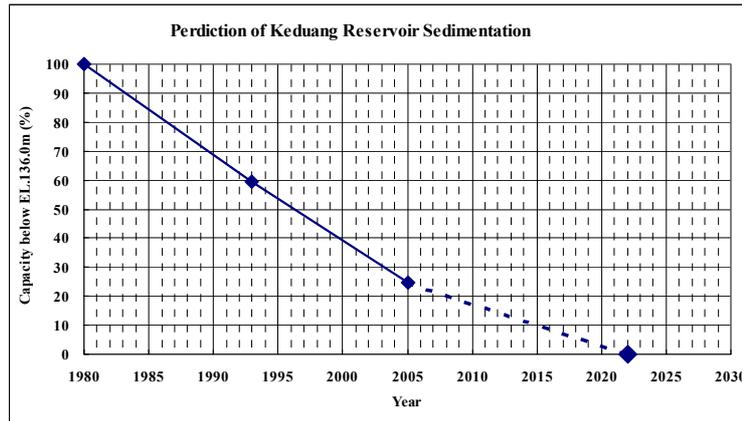
**Gambar 7.4.3 Waduk di Kawasan Sungai Keduang**

**Tabel 7.4.1 Kehilangan Kapasitas Waduk di Waduk Kawasan Keduang tahun 1980-2005**

Zona Waduk	Kapasitas Waduk (million m <sup>3</sup> )		Kehilangan Kapasitas Waduk Akibat Sedimentasi	
	1980	2005	Volume (Juta m <sup>3</sup> )	Nisbah Terhadap Kap. Semula (%)
<i>Flood Control Storage</i> (El. 135.3 – 138.3 m)	18	12	6	33.7
<i>Effective Storage</i> (El. 127.0 – 136.0 m)	40	14	26	65.6
<i>Dead Storage</i> (below El. 127.0 m)	16	0	16	100

Catatan: Kapasitas waduk dalam Studi ini dihitung ulang dengan cara DEM..

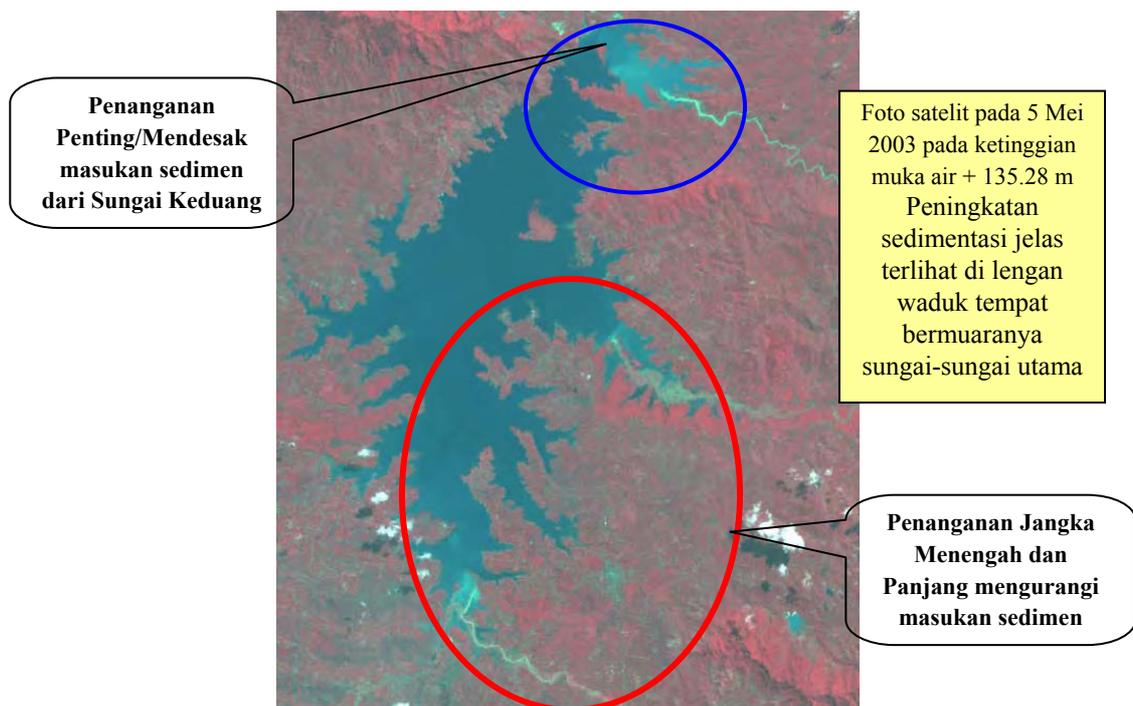
Sumber: Tim Studi JICA



Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.4.4** Prediksi Kehilangan Kapasitas di Waduk Kawasan Keduang

- iv) Masukan sedimen dan sampah dari Sungai Keduang ke dalam waduk merupakan penyebab utama permasalahan yang berkaitan dengan sedimen pada bangunan intake. **Penanganan masalah pada bangunan intake yang diperlukan untuk menangani masukan sedimen dan sampah dari sungai Keduang merupakan prioritas paling utama.**
- v) Sedimen yang masuk ke dalam waduk dari sungai: Bengawan Solo, Tirtomoyo, Alang dan Temon terendapkan antara LWL dan NHWL membentuk delta pada masing-masing lengan waduk (mulut/muara sungai). Meskipun masing-masing delta cenderung masuk semakin dalam dan luas ke dalam waduk, laju pertumbuhan memanjangnya nampak lambat. Diperlukan waktu lama hingga akhirnya delta berkembang sampai di kawasan yang menyebabkan dampak serius pada intake. Pada keempat sungai utama yang lain, **dinilai praktis untuk menerapkan pengelolaan dan pelestarian DAS guna mengurangi laju hasil sedimen (sediment yield) sebagai penanganan jangka menengah dan panjang.**



Sumber: Tim Studi JICA

**Gambar 7.4.5** Prioritas Kawasan Penanganan dalam Master Plan

#### **D. Pengelolaan DAS dengan Pendekatan Komprehensif**

- i) Erosi tanah merupakan proses alam yang tidak bisa sepenuhnya dicegah. Mayoritas endapan sedimen waduk terdiri dari tanah-tanah yang tererosi dari pembudidayaan lahan kering di DAS Wonogiri dan tergolong sebagai lahan yang sangat rentan erosi permukaan. Untuk memitigasi erosi tanah dan masukan sedimen (*sediment yield*) di DAS Wonogiri, **Rencana Induk mengusulkan untuk mengimplementasikan pengelolaan DAS dengan pendekatan komprehensif yang meliputi komponen struktural dan non-struktural.** Selanjutnya, perlu untuk memfokuskan pada penyertaan masyarakat dengan mendorong petani lokal untuk memperbaiki praktek-praktek penggunaan lahan saat ini dengan memvotivasi pembangunan ekonomi di kawasan-kawasan tegalan sehingga dengan demikian menurunkan laju erosi dari kawasan pertanian lahan kering.
- ii) Telah dibahas sebelumnya, upaya konservasi DAS Wonogiri yang telah dilakukan dengan skala besar adalah *the Upper Solo (Wonogiri) Watershed Protection Project in 1988/89-1994/95* (rinciannya di sub Bab 2.6.4). Proyek ini telah berhasil menurunkan laju erosi tanah di DAS Wonogiri dalam tingkat yang berarti (*significant*). **Pengalaman dari proyek ini seharusnya terefleksi dan terserap dalam formulasi upaya-upaya pelestarian dalam Rencana Induk Pengelolaan DAS Wonogiri.** Dengan memperhatikan keterkaitan antara kemiskinan dengan jeleknya pengelolaan usaha tani pada lahan kering - yang merupakan salah satu pengalaman dari proyek itu, maka perlu mengkombinasikan paket upaya konservasi dan perbaikan praktek pertanian untuk mencapai sasaran-sasaran. Sedemikian rupa, program pengelolaan DAS akan dapat memberikan pendapatan keuangan yang memadai dalam jangka pendek dan panjang kepada para petani, dan dengan demikian memastikan partisipasi positif dari para petani lahan kering. Selain itu, mengusulkan penyusunan upaya pengelolaan tanah dan lahan yang menjamin kebutuhan hajat hidup generasi penerus.

#### **E. Mentaati Dengan Penuh Kehati-hataian Aturan Pengoperasian Waduk Saat Ini:**

- i) Telah dibahas di sub-bab 7.3.3, setelah tahun 1991, untuk memperoleh tambahan tampungan air 75 juta m<sup>3</sup>, waduk Wonogiri dioperasikan dengan menaikkan NHWL aslinya setinggi sekitar 1 meter. Hal ini merupakan upaya praktis untuk memenuhi jumlah air yang sangat dibutuhkan oleh pengguna air di hilir waduk.
- ii) Praktek pengoperasian waduk saat ini yang menaikkan tinggi muka air waduk hingga di atas NHWL asli dikaji tidak aman berdasarkan aturan keamanan bendungan. Meski dengan mentaati aturan pengoperasian waduk asli akan mengurangi kapasitas suplei air hingga 75 juta m<sup>3</sup>, semua pihak yang berkepentingan (*stakeholder*) hendaknya menyadari bahwa keamanan bendung merupakan hal paling penting. Dalam Studi – yang akan di bahas di Bab 8 berikut, berbagai alternatif penanganan dikaji dan dibandingkan berdasarkan aspek-aspek teknik dan ekonomi. Evaluasi teknis dan rancangan awal alternatif penanganan struktural dibuat dengan sepenuhnya memperhatikan aturan pengoperasian waduk Wonogiri saat ini.