

## **KAJIAN BANJIR BENGAWAN SOLO PADA DESEMBER 2007 DAN FUNGSI WADUK SERBAGUNA WONOGIRI SEBAGAI PENGENDALI BANJIR**

*Darjanta Budihardja \**

Darjanta Budihardja, (2008), Kajian Banjir Bengawan Solo Pada Desember 2007 dan Fungsi Waduk Serbaguna Wonogiri Sebagai Pengendali Banjir, *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, Vol. 3, No. 1, Tahun 2008, hal. 26 - 34, 3 gambar, 3 tabel.

**ABSTRACT :** *The Solo River, 600 km long and has a catchment area of about 16.000 km<sup>2</sup> is the largest river in Java Island. The main problem of this river is flooding in the rainy season and water shortage in the dry season. One of the efforts to overcome this problem is to build Wonogiri Multipurpose Dam, that was completed in 1981. The dam is utilized for flood control, water supply of irrigation and power generation. Nevertheless in the big flooding that occurred in Solo City at 26 December 2007, the released water discharge from the reservoir and the reservoir sedimentation were accused as the causation of the flooding. Therefore it is necessary to clarify the matter proportionally.*

**Keywords:** *flooding, Solo river, Wonogiri reservoir operation, reservoir sedimentation.*

### **1. PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Bengawan Solo merupakan sungai terbesar di Pulau Jawa, mempunyai luas DAS sekitar 16.000 km<sup>2</sup> dan panjang sungai men-capai hampir 600 km. Sungai ini mengalir melewati dua buah propinsi yaitu Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur.

Banjir karena luapan air Bengawan Solo yang melanda kota Surakarta atau Solo sudah terjadi sejak lama, beberapa catatan banjir besar diantaranya adalah banjir tahun 1863 dan 1897. Banjir terbesar sampai saat ini, terjadi pada tanggal 16 Maret 1966, banjir ini akibat dari hujan deras yang turun beberapa hari berturut-turut di daerah Wonogiri. Banjir tersebut menyebabkan bobolnya tanggul (dibangun pada zaman penjajahan Belanda) yang melindungi kota Solo. Dengan bobolnya tanggul di beberapa lokasi menjadikan sepertiga luas kota Solo tergenang air.

Pada banjir tahun 1966 ini selain kerugian berupa harta benda seperti rumah, pabrik, dan bangunan lainnya yang hancur, ribuan hewan yang mati/hilang, juga tercatat korban jiwa manusia yaitu sebanyak 158 orang tewas. Data debit maksimum

pada Pos Duga Air di Jurug (di tepi timur kota Surakarta) saat itu sebesar 2.200 m<sup>3</sup>/detik yang merupakan catatan data debit puncak banjir terbesar di Stasiun Debit Jurug sampai saat ini.

Banjir tahun 1966 ini menjadi pemicu terbentuknya Proyek Bengawan Solo yang sekarang menjadi Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Salah satu proyek besar yang telah selesai dilakukan adalah pembangunan Bendungan Serbaguna Wonogiri pada tahun 1981, salah satu fungsi waduk ini adalah untuk mengendalikan banjir dari Bengawan Solo, khususnya yang akan melanda kota Solo.

Di DAS Bengawan Solo, pada sore hari tanggal 25 Desember 2007 terjadi hujan lebat yang berlangsung sampai keesokan harinya. Hujan ini terjadi merata baik di DAS bagian hulu, tengah, sampai bagian hilir, sehingga menyebabkan banjir di sepanjang sungai yaitu mulai dari Kabupaten Sukoharjo, Kota Surakarta, Kabupaten Sragen, Bojonegoro, Tuban, sampai dengan Kabupaten Lamongan.

Di kota Solo, banjir besar karena luapan air Bengawan Solo terjadi pada tanggal 26 Desember 2007. Dalam peristiwa ini telah terbentuk opini publik dan juga mass media secara luas bahwa dilepasnya air (operasional) dari Waduk Wonogiri dan pendangkalan waduk sebagai penyebab banjir di kota Solo.

---

\* *Peneliti Madya Balai Sungai, Puslitbang Sumber Daya Air, Departemen Pekerjaan Umum, Jl. Ir. H. Juanda No. 193 Bandung*

Oleh karena itu perlu dilakukan kajian tentang penyebab banjir kota Solo, juga penjelasan cara operasi Waduk Wonogiri dalam pengendalian banjir Bengawan Solo.

## 1.2. Tujuan

Tujuan pengkajian ini adalah untuk mengetahui penyebab yang sebenarnya dari kejadian banjir Bengawan Solo, khususnya yang melanda kota Solo pada tanggal 26 Desember 2007.

## 2. METODE PENELITIAN

Kajian dilakukan dengan cara mempelajari semua data yang berhubungan dengan peristiwa banjir tersebut, dan juga mempelajari tata cara Operasional Waduk Wonogiri, khususnya operasi yang dilakukan pada saat Periode Banjir.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Data Teknis Bendungan

Berikut ini, beberapa Data Teknis Bendungan Serbaguna Wonogiri (saat selesai dibangun) yang berkaitan dengan fungsi Pengendalian Banjir.

#### Bendungan Utama (Main Dam).

- Tinggi bendungan : 40 m.
- Lebar puncak bendungan : 10 m.
- Panjang puncak bendungan : 830 m.
- Elevasi puncak bendungan : EL. 142.00 m.
- Tipe bendungan : Urugan batu
- Volume timbunan total : 1.223.300 m<sup>3</sup>
- Zona inti : 167.500 m<sup>3</sup>

#### Waduk (Reservoir).

- Catchment Area : 1.350 km<sup>2</sup>
- Normal Low W.Level : EL. 127.00 m
- Normal High W.Level : EL. 136.00 m
- Control Water Level (Non Flood period) : EL. 135.30 m
- Design Flood W.Level (Flood period) : EL. 138.30 m
- Extra Flood W.Level (Qmax= 5.100 m<sup>3</sup>/detik) : EL. 139.10 m
- Flood control capacity : 220 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- Tampungan efektif : 440 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- (Effective storage)

- Tampungan mati : 120 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- (Dead storage)

#### Spillway.

- SHFD (60 th) : 4.000 m<sup>3</sup>/detik
- Design flood : 5.100 m<sup>3</sup>/detik
- PMF : 9.600 m<sup>3</sup>/detik
- Debit maksimum : 1.360 m<sup>3</sup>/detik
- Elevasi puncak : EL. 131.00 m.
- Tipe spillway : Pelimpah, dilengkapi 4 buah pintu radial.
- Lebar efektif : 4 x 7,50 m = 30 m
- Pintu : 4 bh 7,50 m x 7,80 m.

### 3.2. Pola Operasi Waduk Wonogiri

Waduk Wonogiri selain berfungsi sebagai pengendali banjir Bengawan Solo, airnya juga dimanfaatkan untuk keperluan irigasi dan sebagai tenaga air untuk PLTA.

Pola Operasi untuk Waduk Wonogiri terbagi dalam 2 (dua) periode, yaitu:

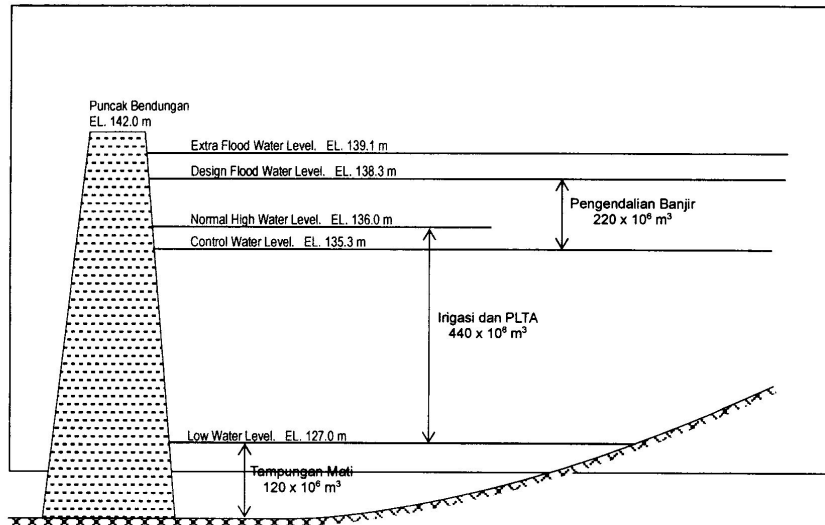
- Periode banjir, bulan Desember s/d April
- Bukan periode banjir, Mei s/d Nopember.

Berikut ini diuraikan beberapa hal penting yang berkaitan dengan Pola Operasi Waduk Serbaguna Wonogiri yang dilakukan pada saat periode banjir, yaitu sebagai berikut:

- Pelepasan air (*release of discharge*) dari waduk yang lebih besar dari 400 m<sup>3</sup>/detik akan menyebabkan banjir, karena kapasitas alur sungai Bengawan Solo di hilir waduk adalah sebesar 400 m<sup>3</sup>/detik.

Selama periode banjir, elevasi Kontrol Pengendali Banjir (*Control Water Level*) pada EL. 135.30 m. Artinya jika muka air waduk mencapai elevasi tersebut *spillway* sudah harus mulai dibuka untuk melepas air ke hilir secara bertahap, dan tidak boleh lebih besar dari 400 m<sup>3</sup>/detik (agar tidak menimbulkan banjir). Jika muka air waduk kemudian turun kembali (yang berarti debit inflow sudah lebih kecil dari 400 m<sup>3</sup>/detik), dan setelah muka air waduk menjadi lebih rendah dari pada EL. 135.30 m, maka operasi pelepasan air waduk harus dihentikan sampai elevasi muka air naik lagi menuju EL. 135.30 m.

- Elevasi Debit Banjir Rencana (*Design Flood Water Level*) adalah EL. 138.30 m ini akan dicapai pada Debit Inflow Maksimum sebesar Qmax = 5.100 m<sup>3</sup>/detik atau sama dengan debit banjir periode ulang 100 tahunan. Artinya dengan pintu *spillway* dibuka dan sudah mengeluarkan debit



Gambar 1. Tinggi muka air dan tampungan awal Waduk Wonogiri

maksimum sebesar 400 m<sup>3</sup>/detik secara terus menerus sedangkan muka air waduk juga masih terus naik, maka pada saat debit inflow maksimum mencapai sebesar 5.100 m<sup>3</sup>/detik, muka air waduk akan mencapai maksimum EL.138.30 m dan tidak akan melebihi elevasi tersebut. Inilah arti dari pengendalian banjir yang sesungguhnya, dengan fasilitas tampungan untuk pengendalian banjir mulai EL.135.30 m sampai dengan EL.138.30 m dengan kapasitas tampung sebesar 220 juta m<sup>3</sup> maka Waduk Wonogiri akan mampu menampung serta mengendalikan air banjir dari debit inflow maksimum sebesar 5.100 m<sup>3</sup>/detik kemudian melepaskannya ke hilir waduk menjadi debit maksimum sebesar 400 m<sup>3</sup>/detik sesuai kapasitas alur sungai di hilir waduk, sehingga tidak terjadi banjir.

- Namun demikian pada pengoperasian Waduk Wonogiri, guna mengantisipasi adanya banjir maksimum yang mungkin terjadi (*Possible Maximum Flood* atau *PMF*). Maka pada saat muka air waduk mencapai EL. 138.20 m yang mana hal ini akan dicapai pada Debit *Inflow* Maksimum sebesar  $Q_{max} = 4.000$  m<sup>3</sup>/detik (*Standart Highest Flood Discharge* atau *SHFD*) atau ekuivalen dengan debit banjir periode ulang 60 tahunan, pada kondisi ini pintu air *spillway*

semuanya (4 buah) harus sudah mulai dibuka secara penuh (*fully opened*). Oleh karena itu debit yang keluar dari waduk akan lebih besar dari 400 m<sup>3</sup>/detik, yang tentunya akan menimbulkan banjir namun tidak sebesar debit *inflow* banjir. Jadi pelepasan debit maksimum sebesar 400 m<sup>3</sup>/detik dari waduk secara terus menerus hanya sampai pada EL. 138.20 m.

- Dengan 4 (empat) buah pintu *spillway* yang sudah dibuka secara penuh namun muka air waduk masih terus naik, diperhitungkan bahwa seandainya *PMF* dengan  $Q_{max} = 9.600$  m<sup>3</sup>/detik ini terjadi maka dengan fasilitas tampungan banjir ekstra, muka air waduk hanya akan mencapai EL. 139.10 m (*Extra Flood Water Level*) setelah itu muka air waduk akan turun kembali. Pada saat *PMF* ini debit total yang melewati pintu *spillway* (yang semuanya telah dibuka penuh) adalah sebesar 1.360 m<sup>3</sup>/detik atau setiap pintu debitnya sebesar 340 m<sup>3</sup>/detik. Dengan demikian meskipun waduk sudah tidak mampu mengendalikan banjir, namun masih tetap berfungsi memperkecil debit banjir yaitu dari debit sebesar 9.600 m<sup>3</sup>/detik yang masuk ke waduk, menjadi debit sebesar 1.360 m<sup>3</sup>/detik yang keluar dari waduk. Pengoperasian waduk seperti ini guna menghindari jebolnya bendungan

yang disebabkan *overtopping* (air waduk melimpas di atas puncak bendungan).

### 3.3. Penurunan Kapasitas Tampung Waduk Wonogiri

Semua bangunan waduk akan selalu mengalami masalah terjadinya sedimentasi di dalamnya. Dengan adanya akumulasi sedimen di dalam waduk akan mengakibatkan kapasitas tampungnya menjadi berkurang. Endapan sedimen yang akan terjadi tidak mengisi bagian waduk yang paling rendah (*dead storage*) sampai penuh terlebih dahulu, melainkan akan terdistribusi di setiap bagian kedalaman dari waduk, yaitu mulai dari elevasi yang paling rendah di dekat bendungan sampai dengan *NHWL* (*Normal High Water Level*). Dengan demikian pengurangan tampungan efektif (*effective storage*) dan tampungan pengendalian banjir (*flood control storage*) karena endapan sedimen, sudah dimulai sebelum tampungan mati (*dead storage*) penuh endapan sedimen. Endapan sedimen kasar akan terjadi di bagian hulu atau bagian atas waduk, sedangkan endapan halus akan berada di bagian bawah dan bisa mengganggu pintu pengambilan.

Selain dengan cara mengukur langsung endapan sedimen di dalam waduk, perkiraan distribusi endapan sedimen di dalam waduk dapat dilakukan secara empiris. Salah satu metode empiris dikemukakan oleh Borland dan Miller (1958) yang diperbaiki oleh Lara (1962), perubahan berikutnya oleh Pemberton (1978). Metode ini dikenal dengan nama *Empirical Area Reduction Method* (Robert et al, 1982; Withney et al, 1958). Dari pengumpulan data survai ulang terhadap 30 buah waduk besar di Amerika Serikat, kemudian dikembangkan untuk memperoleh hubungan empiris guna memperkirakan pola distribusi endapan sedimen yang terjadi di dalam waduk. Hasil yang diperoleh menyatakan bahwa distribusi endapan sedimen di dalam waduk tergantung pada beberapa faktor, diantaranya yaitu: bentuk waduk, cara operasi waduk, juga tekstur dan ukuran partikel sedimen.

Pada tahun 1989, dengan masukan sedimen ke dalam Waduk Wonogiri sebesar 2,8 juta ton per tahun yang diambil dari hasil penelitian oleh Puslitbang Pengairan, telah dihitung pengurangan kapasitas tampung waduk jika telah beroperasi selama 25 tahun, dimana distribusi endapan sedimennya di dalam waduk diperkirakan memakai metode

*Empirical Area Reduction Method*. Hasilnya seperti pada tabel berikut ini.

Dari Tabel 1 tersebut di atas terlihat bahwa selama 25 tahun waduk beroperasi maka tampungan untuk pengendalian banjir berkurang hanya sebesar 0,45%, tampungan efektif berkurang sebesar 6,17%, sedangkan tampungan mati (*dead storage*) berkurang sebesar 24,17%.

Pada tahun 2005, Tim JICA (untuk studi sedimentasi Waduk Wonogiri) melakukan pengukuran sebaran sedimentasi yang terjadi di dalam waduk secara langsung yaitu dengan cara pemeruman gema (*sounding*). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Tampungan Waduk Wonogiri

Zona Tampungan	Kapasitas Tampung Waduk ( $10^6 \text{ m}^3$ )	
	Awal (1981)	25 Tahun
Tampungan Banjir (El. 135,3-138,3 m)	220	219
Tampungan Efektif (El. 127,0-136,0 m)	440	413
Tampungan Mati (< El. 127,0 m)	120	91

Sumber: Budihardja (1992); Puslitbang Pengairan (1989).

Tabel 2. Pengukuran tampungan waduk

Zona Tampungan	Kapasitas Tampung Waduk ( $10^6 \text{ m}^3$ )	
	Awal (1981)	25 Tahun
Tampungan Banjir (El. 135,3-138,3 m)	220	218
Tampungan Efektif (El. 127,0-136,0 m)	440	413
Tampungan Mati (< El. 127,0 m)	120	91

Sumber: JICA (2007); Perum Jasa Tirta I (2008).

Dari Tabel 2 tersebut di atas terlihat bahwa selama 24 tahun waduk beroperasi maka dari hasil pengukuran tampungan waduk dengan cara pemeruman gema, dapat diketahui bahwa tampungan untuk pengendalian banjir berkurang sebesar 0,91%, kemudian tampungan efektif yang dipergunakan untuk irigasi dan PLTA berkurang sebesar 14,77% sedangkan tampungan mati berkurang paling banyak yaitu sebesar 51,67%.



### 3.4. Curah Hujan Ekstrem di Das Bengawan Solo pada Desember 2007

#### a. Curah Hujan

Pada hari Selasa tanggal 25 Desember 2007 telah terjadi hujan luar biasa yang jatuh secara intensif dan berlangsung bersamaan di seluruh DAS Bengawan Solo yang terdiri dari Sub DAS Bengawan Solo Hulu, Kali Madiun, dan Bengawan Solo Hilir. Dari ketiga Sub DAS tersebut, hujan yang jatuh di Sub DAS Bengawan Solo Hulu pada hari itu adalah yang paling besar, dengan curah hujan tertinggi terjadi di Stasiun Jatisrono yaitu 278 mm. Hujan mulai jatuh pada sore hari sekitar jam 17.00 dan berlangsung secara terus menerus dengan intensitas yang tinggi.

#### b. Debit Banjir

Konsultan *Nippon Koei* pada *Lower Solo River Improvement Project Phase II*, dalam laporannya untuk Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, *Flood Damage and Scale of December Flood in The Bengawan Solo River Basin*, menyatakan bahwa akibat curah hujan yang ekstrim tersebut menimbulkan debit banjir yang ekstrim pula. Hasil pengamatan tinggi muka air Bengawan Solo (Perum Jasa Tirta I, 2008) di Stasiun Jurug (Surakarta) pada tanggal 26 Desember 2007 adalah 11,75 m dengan Debit puncak ( $Q_p$ ) = 1.986 m<sup>3</sup>/detik ini ekuivalen dengan debit banjir periode ulang 30 tahunan. Sedangkan pengamatan tinggi muka air di Bojonegoro pada tanggal 29 Desember 2007 menunjukkan angka

Tabel 3. Data curah hujan harian di DAS Bengawan Solo pada bulan Desember 2007.

No.	Stasiun	Tanggal							
		21	22	23	24	25	26	27	28
<b>I. <u>Bengawan Solo Hulu</u></b>									
1.	Jatisrono	72	0	0	0	278	13	37	32
2.	Batuwarno	0	0	0	0	163	5	0	33
3.	Pracimantoro	5	8	0	10	145	6	3	0
4.	Tirtomoyo	7	0	1	0	82	0	6	16
5.	Tawangmangu	60	0	0	3	194	1	56	44
6.	Wonogiri	49	1	0	1	136	6	31	41
7.	Palur		1	0	1	102	2	95	37
8.	Pabelan	9	0	0	2	133	5	111	25
9.	Klaten	38	7	0	0	52	0	70	31
10.	Sragen	0	0	0	0	260	0	84	19
<b>II. <u>Kali Madiun</u></b>									
1.	Slahung	6	9	0	0	95	25	0	17
2.	Ponorogo	5	7	0	2	263	10	0	0
3.	Jiwan	13	17	0	6	120	3	61	13
4.	Magetan	9	0	2	0	119	11	59	8
5.	Ngebel	13	10	0	1	162	15	18	0
6.	Soko	17	1	0	3	136	20	3	7
7.	Nrambe	18	16	0	0	87	0	32	23
8.	Ngawi	17	12	0	0	112	0	99	0
9.	Tulung	79	0	0	0	91	0	35	0
<b>III. <u>Bengawan Solo Hilir</u></b>									
1.	Doplang					162			
2.	Bojonegoro					50			
3.	Lamongan					77			

Sumber: BBWS Bengawan Solo.

16,09 m dengan debit puncak banjir = 2.431 m<sup>3</sup>/detik.

### 3.5. Pembahasan Banjir Besar Kota Solo pada Desember 2007

#### a. Kejadian Banjir

Disebabkan oleh hujan ekstrim yang terjadi secara merata di DAS Bengawan Solo (luas DAS 16.100 km<sup>2</sup>) pada tanggal 25 Desember 2007 dan berlangsung dari sore hari hingga dini hari berikutnya, dengan sendirinya mengakibatkan debit banjir yang luar biasa pula di sepanjang sungai Bengawan Solo.

Debit puncak ( $Q_p$ ) Bengawan Solo di Stasiun Jurug (luas DAS 3.220 km<sup>2</sup>) yang berada di tepi timur kota Solo pada jam 12.00 tanggal 26 Desember 2007 adalah sebesar 1.986 m<sup>3</sup>/detik (Perum Jasa Tirta I, 2008) ini merupakan debit banjir terbesar kedua setelah debit banjir pada tanggal 16 Maret tahun 1966 yaitu sebesar 2.200 m<sup>3</sup>/detik (Nippon Koci & PT. Indah Karya, 2001).

Perlu diingat bahwa debit banjir sebesar 1.986 m<sup>3</sup>/detik di Stasiun Jurug ini terjadi pada kondisi setelah ada Waduk Serba Guna Wonogiri yang terletak kira-kira 40 km di hulu Stasiun Jurug. Waduk Wonogiri yang salah satu fungsinya sebagai pengendali banjir, selesai dibangun pada tahun 1981. Seandainya belum ada waduk maka debit yang terjadi saat itu akan jauh lebih besar, mungkin melebihi debit banjir tahun 1996. Mengingat hujan lebat pada Desember 2007 tidak hanya terjadi di hulu Wonogiri tetapi juga terjadi di daerah antara Wonogiri sampai lokasi Jurug. Sedangkan debit banjir di Jurug tahun 1966 adalah akibat hujan lebat di daerah Wonogiri saja dan waduk juga belum dibangun.

Debit banjir di Stasiun Bojonegoro (luas DAS 12.804 km<sup>2</sup>) pada tanggal 29 Desember 2007 adalah sebesar 2.431 m<sup>3</sup>/detik, yang juga merupakan debit banjir terbesar kedua setelah debit banjir yang terjadi pada tahun 1966 yaitu sebesar 2.510 m<sup>3</sup>/detik (Nippon Koci & PT. Indah Karya, 2001).

Sedangkan debit banjir yang terjadi di Kali Madiun (anak sungai Bengawan Solo yang terbesar) yang tercatat di Stasiun A. Yani (kota Madiun) pada jam 6.00 pagi tanggal 26 Desember 2007 sebesar 1.421 m<sup>3</sup>/detik (Perum Jasa Tirta I, 2008), ternyata

besaran debit tersebut lebih dari dua kali lipat dibandingkan dengan debit banjir pada tahun 1966 yaitu sebesar 584 m<sup>3</sup>/detik (Nippon Koci & PT. Indah Karya, 2001). Besaran debit banjir di Stasiun A. Yani tersebut juga masuk akal karena pada tahun 1966 hujan lebat hanya terjadi di daerah Wonogiri, sedangkan pada Desember 2007 hujan luar biasa terjadi secara merata hampir di seluruh DAS Bengawan Solo termasuk hujan yang jatuh di *catchment area* Stasiun A. Yani seperti yang tercatat di Pos Hujan Slahung, Ponorogo, Jiwan, Magetan, dan Ngebel (lihat Tabel 3).

Hujan luar biasa yg berlangsung bersamaan di DAS Bengawan Solo tersebut mengakibatkan banjir besar di daerah-daerah yang dilewati Bengawan Solo. Banjir terjadi berturut-turut mulai dari Kabupaten Sukoharjo, Kota Surakarta atau Solo, Kabupaten Sragen, Ngawi, Blora, Bojonegoro, Tuban, sampai dengan Kabupaten Lamongan.

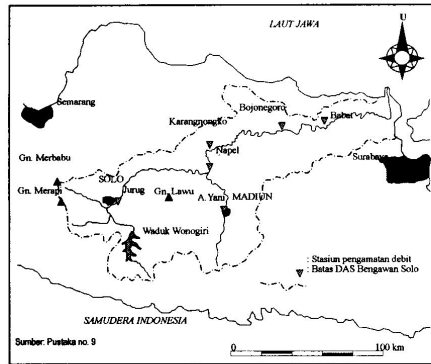
Namun demikian yang menjadi persoalan adalah bahwa karena kurangnya pemahaman, maka pada saat kejadian banjir besar di bulan Desember 2007 tersebut, di kota Solo telah terbentuk opini publik dan juga mass media secara luas, yang menganggap dilepasnya air (operasional) dari Waduk Wonogiri dan juga pendangkalan waduk sebagai penyebab banjir yang melanda kota Solo.

#### b. Operasi Waduk Pengendali Banjir

Sesuai dengan salah satu fungsinya yaitu guna pengendalian banjir, maka Waduk Wonogiri pada kejadian banjir Desember 2007 juga telah dioperasikan sesuai ketentuan.

Akibat hujan luar biasa pada tanggal 25 Desember 2007 yang jatuh di DTA (Daerah Tangkapan Air) Waduk Wonogiri seperti yang tercatat di Pos Hujan Jatisrono, Batuwarno, Pracimantoro, dan Tirtomoyo (lihat tabel 3), maka TMA (Tinggi Muka Air) waduk juga mengalami peningkatan yang luar biasa pula.

Seperti diketahui hujan pada tanggal 25 Desember 2007 mulai jatuh pada sore hari sekitar jam 17.00, pada saat itu TMA waduk pada EL.133,68 m (masih berada di bawah *Control Water Level*). Hujan berlangsung secara terus menerus sampai dini hari dengan intensitas yang sangat tinggi. Pada keesokan harinya, yaitu pada jam 6.00 pagi, tanggal 26 Desember 2007, TMA waduk sudah mencapai EL. 135,33 m, elevasi ini sudah melampaui *CWL*, karena pada periode banjir *CWL* ditetapkan



Gambar 2. Peta stasiun pengamatan debit di DAS Bengawan Solo

pada EL. 135,30 m. Sehingga operasi pengendalian banjir sudah harus dilakukan pada saat itu juga, yaitu dengan membuka pintu *spillway* secara bertahap.

Pada tahap pertama dilepas air dari waduk dengan debit sebesar 100 m<sup>3</sup>/detik pada jam 8.00, kemudian secara bertahap pada hari itu juga pelepasan air dari waduk ditingkatkan sampai mencapai debit 175 m<sup>3</sup>/detik. Pada jam 17.00, TMA waduk telah mencapai EL. 136,64 m, yang berarti dalam tempo 24 jam, TMA waduk mengalami kenaikan hampir 3.00 m, yaitu sebesar 2,96 m. Dengan menghitung volume air yang sudah tertampung di dalam waduk dan juga memperhitungkan air yang telah dikeluarkan melalui *spillway*, diperoleh hasil bahwa volume air banjir selama 24 jam adalah sebesar 199.283.280 m<sup>3</sup>.

Dengan mengandaikan pola hidrografnya sama dengan debit banjir tahun 1966, maka bisa diperkirakan bahwa debit puncak banjir di DTA Waduk Wonogiri pada tanggal 26 Desember 2007 ini besarnya mencapai sekitar 3.700 m<sup>3</sup>/detik.

Dalam rangka operasi pengendalian banjir, *out-flow* dari *spillway* dalam beberapa hari terus ditingkatkan secara bertahap sampai 300 m<sup>3</sup>/detik. Dengan operasi waduk seperti ini, TMA waduk masih terus naik sampai mencapai maksimum pada EL. 136,68 m yang dicapai pada jam 10.00, tanggal 29 Desember 2007. Setelah elevasi tersebut, TMA waduk terus menurun menuju *CWL*, berarti debit *inflow* banjir sudah lebih kecil daripada 300 m<sup>3</sup>/detik. Pada elevasi maksimum itu, air banjir yang tertahan di dalam Tampungan Pengendalian Banjir adalah 80.077.040 m<sup>3</sup>. Namun demikian, secara nyata

sebenarnya waduk telah berhasil menampung volume air banjir sebesar 199.574.800 m<sup>3</sup>, ini terjadi karena ketika banjir datang TMA waduk pada EL. 133,68 m (masih di bawah *CWL*). Dengan memperhitungkan air banjir yang sudah dilepas melalui *spillway*, maka volume total air banjir pada saat elevasi maksimum adalah sebesar 237.284.800 m<sup>3</sup>. Dalam menghitung volume air banjir yang tertampung di waduk, sudah memperhitungkan penurunan kapasitas tampung waduk karena adanya endapan sedimen di dalam waduk.

Air yang dikeluarkan dari waduk pada kejadian banjir ini, maksimum hanya sebesar 300 m<sup>3</sup>/detik, masih di bawah kapasitas alur sungai di hilir waduk yang besarnya 400 m<sup>3</sup>/detik, sehingga tidak akan menimbulkan banjir. Hal ini dapat dibuktikan dengan tidak meluapnya air Bengawan Solo pada penggal sungai sepanjang 12 km di hilir Bendungan Wonogiri, padahal di penggal sungai tersebut tidak mempunyai tanggul.

Memang pelepasan air dari waduk akan menambah debit atau volume air banjir yang terjadi di Solo. Tetapi pelepasan air melalui *spillway* ini mutlak diperlukan, sesuai dengan *manual* Operasi Waduk Wonogiri. Hal ini guna menghindari terjadinya bencana yang lebih dahsyat, yaitu runtuhnya bendungan akibat *overtopping* yang akan menimbulkan banjir luar biasa yang bisa menenggelamkan kota Solo dengan kerugian yang luar biasa pula, baik jiwa maupun harta benda.

Perlu diketahui bahwa kejadian banjir yang melanda kota Solo pada hari Rabu tanggal 26 Desember 2007 sudah dimulai pada dini hari, artinya sejak dini hari selepas subuh air banjir sudah mulai menggenangi permukiman penduduk. Sedangkan pelepasan air dari Waduk Wonogiri melalui *spillway*, baru dimulai pada jam 8.00 pagi hari itu juga.

Di Stasiun Jurug (stasiun hidrometri yang terletak tepat di tepi timur kota Solo) tercatat TMA Bengawan Solo mencapai ketinggian maksimum pada jam 12.00, hari Rabu, tanggal 26 Desember 2007. TMA maksimum tersebut tercatat pada H = 11,75 m, dengan perkiraan debit puncak sebesar 1.986 m<sup>3</sup>/detik. Padahal sampai saat itu, pelepasan air dari Waduk Wonogiri baru mencapai 100 m<sup>3</sup>/detik, atau hanya 5,03% dari besarnya debit puncak banjir yang terjadi di Stasiun Jurug.

### c. Penyebab Banjir Kota Solo

Perlu diketahui bahwa luas DAS Bengawan Solo di lokasi kota Solo (Stasiun Pengamatan Debit

Jurug) adalah seluas 3.220 km<sup>2</sup>, sedangkan luas daerah tangkapan air atau DAS Waduk Wonogiri adalah 1.350 km<sup>2</sup>. Dengan demikian luas DAS Bengawan Solo antara lokasi Waduk Wonogiri sampai dengan Stasiun Debit Jurug adalah seluas 1.870 km<sup>2</sup>.

Di DAS seluas 1.870 km<sup>2</sup> ini pada hari Selasa tanggal 25 Desember 2007 juga turun hujan yang ekstrim, meskipun tidak sebesar hujan yang jatuh di hulu waduk. Curah hujan ekstrim yang tercatat pada hari itu, di Pos Hujan Wonogiri (hilir waduk) adalah sebesar 136 mm, di Tawangmangu 194 mm, Palur 102 mm, Klaten 52 mm, dan di Pabelan 133 mm. Curah hujan lebat ini menimbulkan debit yang besar pula pada anak-anak sungai Bengawan Solo yang berada di DAS yang bersangkutan.

Terdapat 9 (sembilan) buah anak sungai yang mengalir ke Bengawan Solo pada penggal sungai antara Waduk Wonogiri sampai dengan lokasi Stasiun Debit Jurug. Di sisi kanan Bengawan Solo, bermuara 3 (tiga) buah anak sungai, yaitu Kali Walikan, Kali Jlantah, dan Kali Samin. Sedangkan di sisi kiri bermuara 6 (enam) buah anak sungai, yaitu Kali Dengkeng, Kali Pusur, Kali Buntungan, Kali Brambang, Kali Kembangan, dan Kali Wingko. Melalui anak-anak sungai inilah, yang menjadikan debit banjir Bengawan Solo di Stasiun Jurug pada tanggal 26 Desember 2007 mencapai 1.986 m<sup>3</sup>/detik, yang akhirnya menimbulkan bencana banjir di kota Solo.

Sebenarnya kota Solo sudah dilindungi dengan tanggul, namun demikian karena ada bagian tanggul yang bobol dan ada sebuah pintu air di badan tanggul yang tidak berfungsi, maka air banjir menerobos dan menggenangi beberapa kecamatan di kota Solo, terutama yang berada di bagian kota sebelah timur, tenggara, dan selatan.

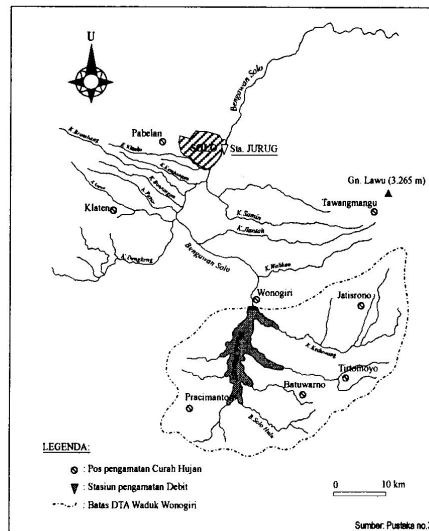
#### 4. KESIMPULAN

Dari penjelasan-penjelasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pendapat yang mengatakan bahwa pelepasan air dari Waduk Wonogiri melalui *spillway* sebagai penyebab kejadian banjir besar yang melanda kota Solo, adalah tidak benar. Pada kejadian banjir besar tersebut, Waduk Wonogiri justru telah mampu meredam debit puncak banjir dari hulu waduk sebesar kira-kira 3.700 m<sup>3</sup>/detik, menjadi debit yang besarnya maksimum hanya 300 m<sup>3</sup>/detik yang dikeluarkan dari waduk. Pada

saat tercapai debit puncak banjir sebesar 1.986 m<sup>3</sup>/detik di Stasiun Debit Jurug (kota Solo) yang terjadi pada jam 12.00 tanggal 26 Desember 2007, pada saat itu pelepasan air dari Waduk Wonogiri (yang ditingkatkan besaran debitnya secara bertahap) baru mencapai debit 100 m<sup>3</sup>/detik. Pelepasan air dari waduk tersebut mutlak diperlukan, hal ini guna mencegah timbulnya bencana yang lebih mengerikan, yaitu bencana runtuhnya bendungan karena terjadinya *overtopping*.

2. Anggapan bahwa pendangkalan waduk (sehingga fungsinya berkurang) sebagai salah satu penyebab banjir, juga tidak tepat. Memang jumlah sedimen yang masuk ke dalam waduk cukup besar. Namun demikian, akibat adanya sedimentasi di dalam waduk setelah waduk beroperasi selama 25 tahun, ternyata kapasitas tampungan waduk yang disediakan untuk pengendalian banjir hanya mengalami penurunan kapasitas kurang dari 1%. Penurunan kapasitas yang signifikan terjadi pada tampungan untuk irigasi dan PLTA, dan penurunan kapasitas terbesar adalah di tampungan mati (memang disediakan untuk endapan sedimen) yaitu mengalami penurunan kapasitas tampung lebih dari 50%. Dalam hal ini, bahkan



Gambar 3. Anak-anak sungai Bengawan Solo di hulu kota Solo

seandainya suatu saat nanti Waduk Serba Guna Wonogiri penuh berisi endapan sedimen, maka tampungan untuk pengendalian banjir akan menjadi yang terakhir kehilangan fungsinya, karena posisi tampungannya berada di bagian paling atas dari waduk.

3. Penyebab banjir besar yang melanda kota Solo pada tanggal 26 Desember 2007 adalah karena pada tanggal 25 Desember 2007 di Sub DAS Bengawan Solo yang berada di hulu kota Solo, juga turun hujan lebat. Curah hujan ekstrim tersebut menimbulkan debit puncak banjir di Stasiun Debit Jurug (Solo) sebesar 1.986m<sup>3</sup>/detik. Bengawan Solo meluap, dan pada dini hari Rabu, 26 Desember 2007, air mulai menggenangi seluruh permukiman liar yang berada di bantaran sungai. Permukiman liar tersebut dihuni oleh penduduk resmi, yang termasuk di dalam beberapa kelurahan. Sedangkan penyebab langsung banjir besar yang melanda beberapa daerah di dalam kota yang sebenarnya sudah dilindungi dengan tanggul, adalah karena bobolnya sebagian tanggul Kali Wingko dan juga karena tidak berfungsinya sebuah pintu air yang berada di tanggul Bengawan Solo di daerah Kampung Sewu. Mengenai banjir-banjir kecil yang banyak terjadi di dalam kota adalah karena meluapnya saluran drainasi utama, ini akibat Pintu Air yang menuju ke Bengawan Solo ditutup total akan tetapi kapasitas pompanya tidak memadai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Budihardja D., 1992, *Pengurangan Kapasitas Tampung Waduk karena Endapan Sedimen*, Jurnal Litbang Pengairan No. 25 Th. 7- KW III, Bandung.
- JICA, Juli 2007, *Studi Penanganan Sedimentasi Waduk Serbaguna Wonogiri (Laporan Akhir)*.
- Nippon Koei Co. Ltd., 1982, *Wonogiri Multipurpose Dam Project Manual for Operation and Maintenance*.
- Nippon Koei Co. Ltd. in Association with PT. Indah Karya, 2001, *Comprehensive Development and Management Plan (CDMP) Study for Bengawan Solo River Basin Under Lower Solo River Improvement Project*, Final Report, Volume-VII, Data Book II.
- Perum Jasa Tirta I, 2008, *Banjir Bengawan Solo & Operasi Pengendalian Banjir Bendungan Wonogiri*.
- Puslitbang Pengairan, Balai Penyelidikan Sungai, 1989, *Monitoring Erosi DAS Waduk Wonogiri*, Laporan Akhir.
- Robert I. Strand and Ernest L. Pemberton, 1982, *Reservoir Sedimentation*, Technical Guideline for Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.
- The UNESCO-IHP Regional Steering Committee for Southeast Asia and the Pasific, 1995, *Catalogue of Rivers for Southeast Asia and the Pacific-Volume I*, Hongkong.
- Withney M. Borland and Carl R. Miller, 1958, *Distribution of Sediment in Large Reservoir*, Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers.