

PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR DAS GARANG (BKB)

Suseno Darsono¹⁾, Wursito A. Baskoro²⁾, Ratih Pujiastuti¹⁾,
Fitria Maya Lestari¹⁾, Risdiana Ch. Afifah¹⁾

RINGKASAN (Abstract)

Tulisan ini menguraikan upaya fisik pengelolaan sumber daya air dalam peningkatan manfaat sumber daya air daerah aliran sungai Garang dan mengurangi potensi meluapnya Banjir Kanal Barat (BKB) terhadap Kota Semarang.

Pengelolaan sumber daya air di daerah aliran sungai yang telah dilaksanakan maupun yang masih rencana perlu mengacu pada tiga pilar utama dari lima pilar UU. No. 7 Tahun 2004, yaitu konservasi sumber daya air, pendayagunaan, pendalian daya rusak sumber daya air. Meskipun demikian pilar pemberdayaan masyarakat dan teknologi informasi juga diperhatikan.

Infrastruktur yang terkait dengan pengelolaan sumber daya air yang telah terbangun dan sedang dibangun saat ini berupa perbaikan sungai Banjir Kanal Barat, pembangunan waduk Jatibarang serta pembangunan dam pengendali sedimen.

Hasil analisis neraca air dan analisis debit banjir menyimpulkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan air baku, pemeliharaan sungai serta pengendalian banjir saat mendatang masih diperlukan waduk lain. Konservasi lahan di daerah aliran sungai sangat diperlukan dalam upaya mengendalikan banjir dan mempertahankan umur waduk, karena fungsi utama waduk-waduk di wilayah ini adalah untuk pengendalian debit banjir dan pengawetan air.

Berdasar hasil analisis dan pengamatan angkutan sediment selama beberapa tahun, sungai Banjir Kanal Barat mempunyai masalah pendangkalan yang sangat tinggi. Pendayagunaan sumber daya air yang dominan di wilayah ini adalah sebagai sumber air baku kota Semarang.

Hasil analisis dapatlah diketahui maksimum air baku tambahan dari waduk Jatibarang adalah sebesar $1\text{ m}^3/\text{det}$ dan air untuk pemeliharaan sungai sebesar $0.25\text{ m}^3/\text{det}$. Potensi waduk-waduk lain yang adalah waduk Mundingan, Kirpik, dan waduk Kaligarang yang lokasinya di kota Semarang sangat diperlukan sebagai sumber air kota Semarang.

Pengembangan dan pemanfaatan teknologi informasi dan model hidrologi guna membangun sistim informasi dini peringatan bahaya banjir sangat

diperlukan dan perlu dikembangkan, karena waktu terjadinya puncak banjir (Time to peak) sangat pendek (Flash Flood). Sistem data dasar hidrometeorologi serta data pengoperasian dan pemeliharaan waduk dan sungai di Daerah Aliran Sungai Garang yang spasial dan digital sangat diperlukan dan perlu dikembangkan guna mengembangkan teknik pengelolaan sumber daya air sehingga sumber daya air dari daerah aliran sungai dapat dimanfaatkan secara optimal.

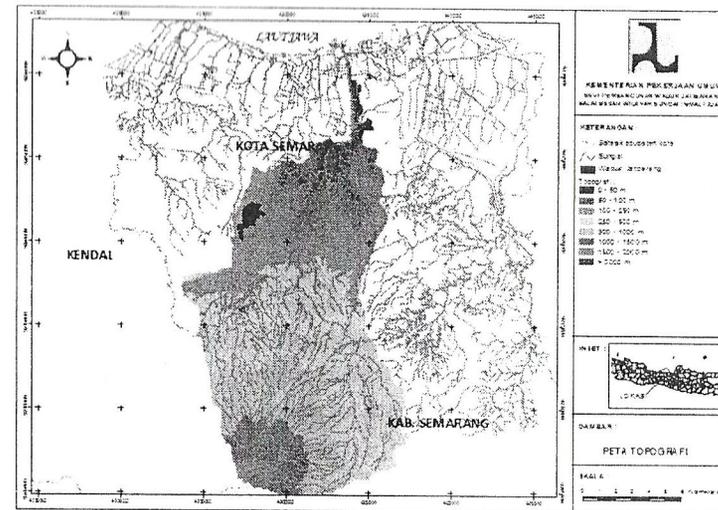
Koordinasi dan kerjasama dari berbagai institusi pemerintah maupun organisasi masyarakat seperti BBWS PEMALI-JUANA, BPDAS, BMKG, pemerintah provinsi, pemerintah kota, dan UNDIP sangat diperlukan dalam pelaksanaan pengelolaan DAS yang optimal. Berdasar lokasi geografisnya dan potensi pemanfaatannya DAS Garang sangat potensial untuk dijadikan sebagai wilayah aplikasi pengembangan teknologi pengelolaan Sumber Daya Air yang terintegrasi untuk berbagai bidang ilmu bagi Universitas Diponegoro.

Pemberdayaan masyarakat dalam mengelola Banjir Kanal Barat dapat mengacu "Pilot Project" pengelolaan Polder Banger yang dilaksanakan oleh wakil-wakil masyarakat, pengusaha, personil Kota Semarang dan akademisi dari beberapa universitas di Kota Semarang.

Kata Kunci: Pengelolaan SDA, Konservasi SDA, Operasi Waduk.

1. Pendahuluan

Daerah aliran sungai Garang yang mempunyai tiga sungai utama bagian hulu yaitu sungai Garang, Kripikdan Kreo dengan kemiringan yang cukup curam dan terletak di wilayah administrasi kota Semarang. Sungai Banjir Kanal Barat (BKB) merupakan sungai yang mengalirkan air dari ketiga sungai utama tersebut ke laut dengan kemiringan yang cukup landai. Topografi DAS BKB dapat dilihat pada gambar 1 berikut.

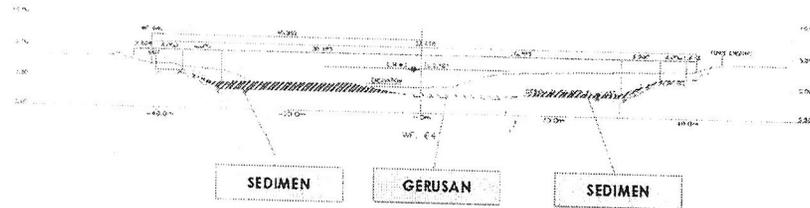


Gambar 1. Peta Topografi

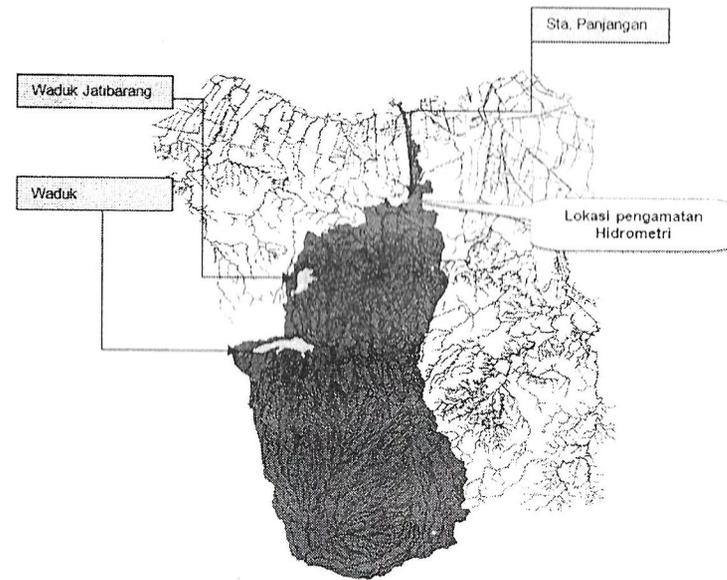
Sungai BKB sudah direhabilitasi untuk dapat mengalirkan debit banjir dengan periode ulang 50 tahunan ke laut dengan kanan kiri sungai di bangun agar dapat bermanfaat sebagai ruang terbuka tempat wisata atau tempat olahraga masyarakat.

Perbaikan Banjir Kanal Barat mendapat prioritas pertama di dalam upaya pengelolaan SDA, dengan alasan sifat aliran banjir yang ditimbulkan adalah "flash flood". Aliran banjir dari sungai Banjir Kanal Barat (BKB) mempunyai risiko tinggi untuk menyebabkan bencana yang berdampak tidak hanya pada kerugian harta benda tetapi juga korban manusia di wilayah kota Semarang.

Gambar 2 merupakan contoh potongan lintang yang menunjukkan tingkat sedimentasi cukup tinggi, dengan demikian untuk mempertahankan kapasitas pengaliran BKB diperlukan pengerukan berkala sedimen sungai.



Gambar 2. Contoh Potongan Melintang Sungai BKB



Gambar 3. Lokasi DAS Garang, StasiunAWRL Panjangan dan Waduk-Waduk Rencana

Akibat peningkatan aktivitas “perdagangan dan industri” dan perkembangan aktivitas pendidikan tinggi, kota Semarang sebagai Ibu Kota provinsi Jawa Tengah mempunyai peningkatan jumlah penduduk yang cukup tinggi. Hal ini menyebabkan peningkatan kebutuhan air baku yang cukup tinggi. Saat ini kebutuhan air baku kota Semarang dipasok dari sumber-sumber di luar kota Semarang, seperti air dari waduk Kedung Ombo yang lokasinya cukup jauh dan air tanah serta mata air. Jauhnya jarak menyebabkan bertambahnya tingkat kesulitan operasi dan pemeliharaan sistem transmisi air baku.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang mempunyai potensi yang cukup besar sebagai sumber air baku dengan upaya konservasi SDA. Pengawetan air hujan yang turun di DAS Garang dengan membangun beberapa bendungan akan merupakan potensi sumber air baku dan juga merupakan upaya teknik dalam menurunkan besarnya puncak banjir dari Banjir Kanal Barat. Konservasi lahan perlu dikaji untuk mengurangi dampak negatif dari sedimentasi yang terjadi di waduk dan Banjir Kanal Barat yang mengurangi umur manfaatnya.

Maksud utama dari tulisan ini adalah mengkaji dan mengevaluasi pembangunan infrastruktur Sumber Daya Air di DAS Garang agar manfaatnya bagi kota Semarang dan Provinsi Jawa Tengah dapat maksimal. Lokasi waduk-waduk di DAS Garang dan lokasi “Automatic Water Level Recorder”(AWRL) BKB di Panjangan ada pada Gambar 3 berikut.

2. Analisis pengelolaan Sumber Daya Air

Saat ini infrastruktur pengelolaan SDA yang telah terbangun baru perbaikan Banjir Kanal Barat, sebagai saluran pengendali banjir tersebut dibangun dengan jenis saluran yang mempunyai tampang ganda. Di bagian hilir BKB, bantaran sungai dibangun sedemikian rupa agar dapat digunakan masyarakat untuk tempat rekreasi ataupun olahraga di saat aliran sungai kecil atau di saat musim kemarau.

Infrastruktur pengelolaan SDA lain yang masih dalam proses konstruksi adalah pembangunan waduk Jatibarang dan bangunan pengendali sedimen (check dam). Agar manfaat dari potensi sumber daya air dari DAS Garang dapat dihasilkan secara optimal maka perlu dilakukan pengelolaan SDA yang terpadu sesuai dengan UU No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air.

2.1 Konservasi sumber daya air

DAS Garang merupakan bagian wilayah kota Semarang yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air dan daerah tangkapan air, oleh karena itu konservasi sumber daya air yang berupa konservasi lahan dan pengawetan air perlu dikaji dan dikelola secara baik dan benar.

Tingkat erosi lahan di analisis dengan menggunakan model USLE dengan cara analisa spasial. Persamaan umum model adalah seperti berikut (Chay, A., 2002):

$$A = R . K . L . S . C . P$$

Dimana:

- A = Kecepatan erosi lahan (ton/ha/th)
- R = Indeks erosivitas hujan
- K = Faktor erodibilitas tanah
- L = Faktor panjang lereng
- S = Faktor kecuraman lereng
- C = Faktor vegetasi/penutup tanah
- P = Faktor tindakan-tindakan khusus konservasi tanah.

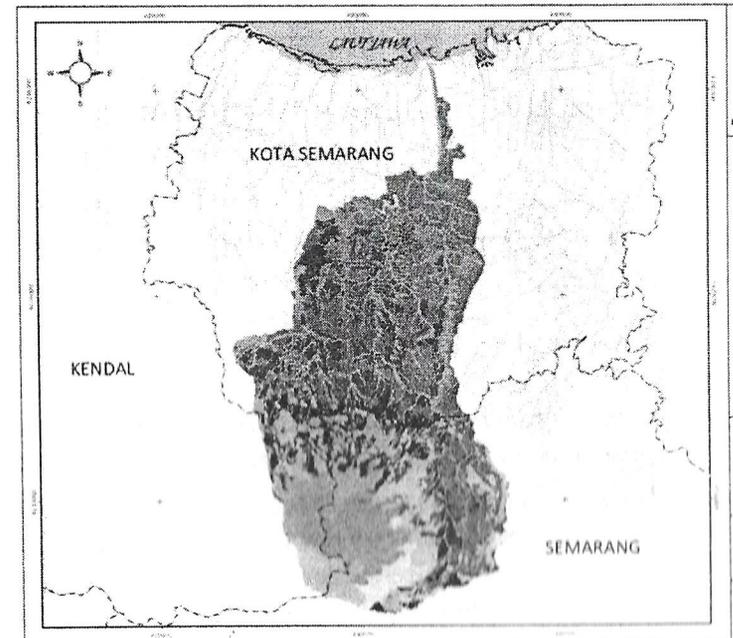
Tingkat kecepatan erosi lahan untuk penggunaan lahan saat ini adalah 2.13 mm/tahun, dengan distribusi spasial penyebarannya dapat dilihat pada gambar 4.

Tingkat kecepatan erosi lahan diharapkan akan menurun jika penggunaan lahannya ditata sesuai dengan RTRW kota dan kemiringan sungainya ditata dengan membangun dam pengendali sedimen (Check Dam). Perbandingan jenis penggunaan lahan saat ini dengan yang ada di dalam RTRW kota dapat dilihat pada tabel 1 berikut dan Gambar 4 merupakan peta tataguna lahan.

Tabel 1. Jenis penggunaan lahan DAS Garang

Fungsi	RTRW (%)	Tataguna Lahan (%)
belukar	14.71	0.60
Hutan (hutan rakyat)	3.49	0.29
Hutan Lindung	3.07	0.53
Pemukiman dan Kota	30.26	2.65
Perkebunan	17.20	0.003
Sawah tidak dibedakan	17.31	95.61
Tegalan	13.97	0.33

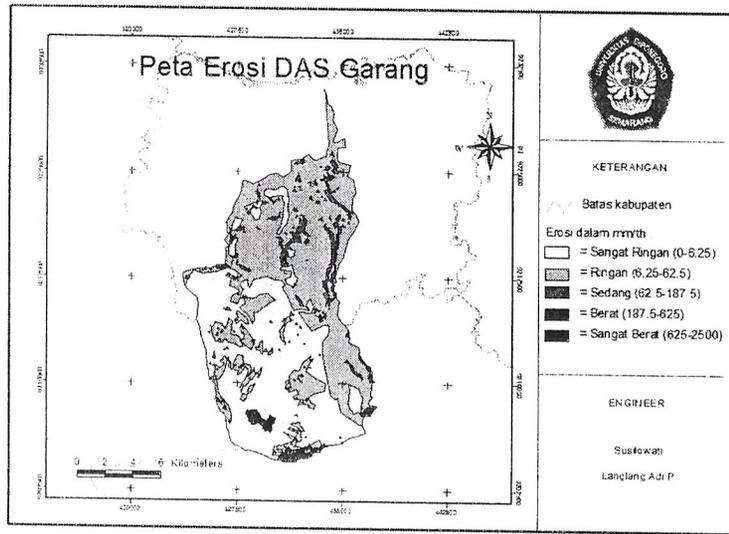
Sumber: Langlang dan Susilowati, 2013



Sumber: Langlang dan Susilowati, 2013

Gambar 4. Peta Penggunaan Lahan DAS Garang

Hasil analisis erosi menggunakan metode USLE secara spasial digambarkan pada gambar 5.

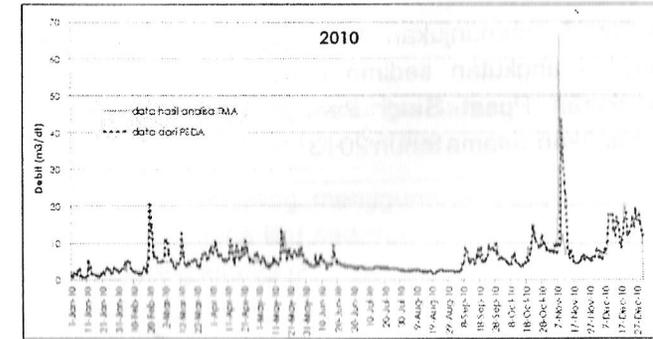


Sumber: Langlang dan Susilowati, 2013

Gambar 5. Distribusi Spasial Tingkat Erosi DAS Garang

Sebelum sungai BKB direhabilitasi, lokasi pengukuran hidrometri berada daerah Panjang. Letaknya di hulu sungai Banjir Kanal Barat dimana ketiga Sungai Garang, Sungai Kripik dan Sungai Kreo bertemu serta mempunyai dasar sungai yang landai. Di lokasi tersebut terpasang stasiun pengamatan muka air jam-jaman, tetapi alat pengamat muka air otomatis tersebut saat ini telah dibongkar akibat dilaksanakannya perbaikan atau pelebaran palung sungai.

Berdasar data pengamatan muka air jam-jaman mulai tahun 2005 sampai tengah tahun 2011 dari stasiun Panjang dan persamaan liku debit untuk profil palung sungai saat itu yang didapat dari Dinas PSDA Provinsi Jawa tengah. Maka dapatlah diturunkan debit jam-jaman sungai BKB di lokasi Panjang, sebagai contoh data debit jam-jaman sungai BKB di lokasi Panjang, sebagai contoh data debit jam-jaman sungai BKB stasiun Panjang tahun 2010 diplot pada gambar 6.



Sumber: PSB, 2013

Gambar 6. Contoh Data Debit Jam-Jaman Sungai BKB Stasiun Panjang

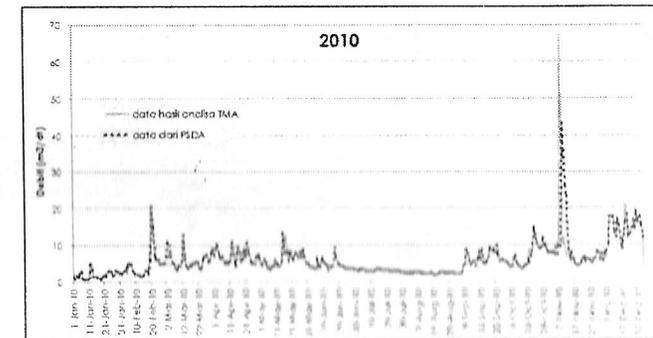
Dari hasil survey dan analisis hidrometri di dapatlah rumus hubungan antara debit sedimen layang dengan debit aliran sungai seperti berikut ini;

$$Q_s = 6.0999 Q^{1.5517}$$

Dimana;

Q_s = Debit aliran sedimen di sungai Garang

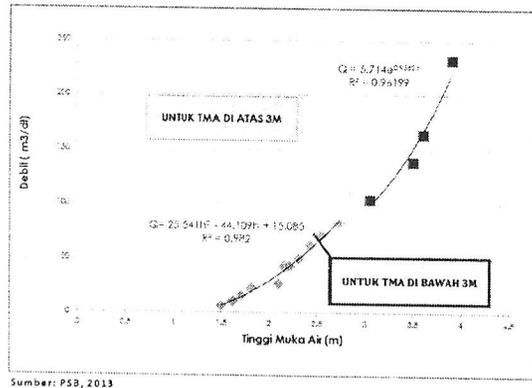
Q = Debit aliran air di sungai Garang



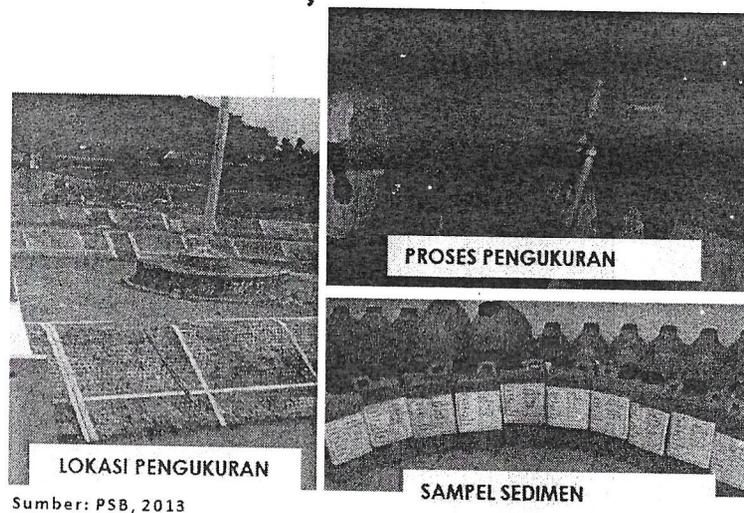
Sumber: PSB, 2013

Gambar 7. Garis Liku Sedimen Stasiun Panjang

Gambar 7. menunjukkan hubungan antara debit BKB dengan kapasitas angkutan sedimen layang di stasiun Panjang hasil pengukuran Pusat Studi Bencana (PSB) LPPM UNDIP yang dilaksanakan selama tahun 2013



Gambar 8. Garis Liku Debit Stasiun Panjang



Gambar 9. Kegiatan Pengukuran Debit dan Pengambilan Sampel Sedimen

Hasil survey dan analisis hidrometri dirumuskan hubungan antara debit sediment layang dengan debit aliran sungai seperti berikut ini; _

$$Q_s = 6.0999 Q^{1.5517}$$

Dimana;

- Q_s = Debit aliran sedimen di sungai Garang
- Q = Debit aliran air di sungai Garang

Hasil analisis sedimen yang menggunakan data debit jam-jaman dengan persamaan garis liku sedimen didapatkan jumlah sedimen layang tahunan yang terangkut setiap tahun adalah seperti berikut;

- Tahun 2005 angkutan sedimen layang yang terangkut 27,961 m³
- Tahun 2006 angkutan sedimen layang yang terangkut 226,946 m³
- Tahun 2007 angkutan sedimen layang yang terangkut 58,033 m³
- Tahun 2008 angkutan sedimen layang yang terangkut 553,631 m³
- Tahun 2009 angkutan sedimen layang yang terangkut 61,513 m³
- Tahun 2010 angkutan sedimen layang yang terangkut 277,973 m³
- Tahun 2011 angkutan sedimen layang yang terangkut (s/d 18 Sept 2011): 105,338 m³

Volume sedimentasi tahun 2010 di sepanjang sungai BKB dihitung menggunakan gambar penampang lintang adalah 238,080 m³. Volume sedimentasi yang diendapkan di sepanjang sungai BKB hampir sama besar dengan volume angkutan sedimen layang di tahun 2010. Disimpulkan bahwa hasil analisis sedimen layang yang dihitung dari debit jam-jaman dapat digunakan untuk mengestimasi besarnya biaya pemeliharaan sungai BKB dalam mempertahankan kapasitas aliran banjir.

Tingkat erosi maupun sedimentasi di sungai BKB cukup tinggi, oleh karena itu perlu adanya upaya menahan hasil erosi lahan yang berupa upaya fisik seperti pembangunan bangunan dam pengendali sedimen maupun upaya non-teknis seperti penatagunaan lahan perlu dilakukan. Usulan lain yang perlu diutarakan adalah pembangunan "Automatic Water Level Recorder" (AWRL) di lokasi stasiun Panjang perlu segera dilaksanakan guna pemantauan debit, maupun estimasi angkutan sedimen yang lebih akurat.

Dam pengendali sedimen untuk menstabilkan dasar sungai perlu ditambah selain dam pengendali Pramuka maupun dam pengendali Mundingan.

2.2. Pendayagunaan Sumber Daya Air

Pendayagunaan sumber daya air di DAS Garang berupa usaha untuk mengatur pendayagunaan dengan pembangunan waduk-waduk dengan menampung air saat musim hujan yang kemudian dimanfaatkan di musim kemarau di saat debit sungai sangat rendah. Fungsi waduk yang dibangun di DAS Garang adalah meminimumkan puncak banjir dan untuk modifikasi distribusi air sesuai kebutuhan berupa pembangkitan energi listrik dan air baku Rumah tangga, Kota dan Industri (RKI). Operasi waduk adalah suatu upaya dalam mengelola dan mengendalikan volume air waduk selama interval periode yang ditinjau (Jayadi, 2005). Saat ini waduk Jatibarang masih dalam proses pembangunan.

2.2.1 Optimasi Operasi Waduk Jatibarang

Operasi waduk yang berupa pendayagunaan diterapkan dengan carapemodelan optimasi. Dalam analisis pengelolaan SDA DAS Garang ini diterapkan model optimasi dengan metode program dinamik dengan perangkat lunak CSUDP agar menghasilkan luaran yang optimal karena masalah konfigurasi tata air yang begitu kompleks dan mempunyai hubungan antar variabel yang non-linier.

Fungsi Tujuan (Objective Function) pada analisis optimasi ini adalah untuk meminimalkan penyimpangan relatif antara pelepasan dan target kebutuhan air, dengan persamaan seperti berikut;

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \frac{T_i - U_i}{T_i}$$

Dimana :

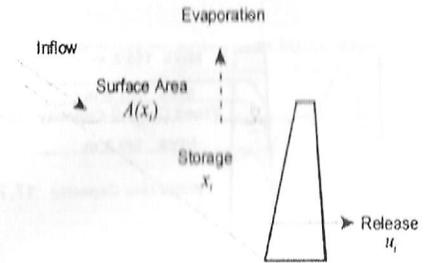
- Z = fungsi tujuan
- i = urutan periode (stage) operasi waduk
- n = banyaknya periode yang ditinjau
- U_i = Pelepasan waduk pada periode i (release)
- T_i = Target kebutuhan air pada bulan k

Untuk menyatakan hubungan kondisi tampungan waduk dari satu periode ke periode berikutnya digunakan persamaan neraca air waduk seperti berikut:

$$S_{i+1} = S_i - U_i + I_i - E_i - SO_i$$

atau

$$U_i = S_i - S_{i+1} + I_i - E_i - SO_i$$



Dimana :

- S_i = volume tampungan waduk (storage) pada awal periode i
- S_{i+1} = volume tampungan waduk (storage) pada awal periode i+1
- U_i = pelepasan (release) waduk pada periode i = Inflow waduk pada periode i
- E_i = penguapan (evaporation) waduk pada periode i
- SO_i = limpasan (spill out) waduk pada periode i

Fungsi kendala berupa faktor pembatas tampungan waduk dan pelepasan, sebagai berikut :

$$S_{min} \leq S_i \leq S_{max}$$

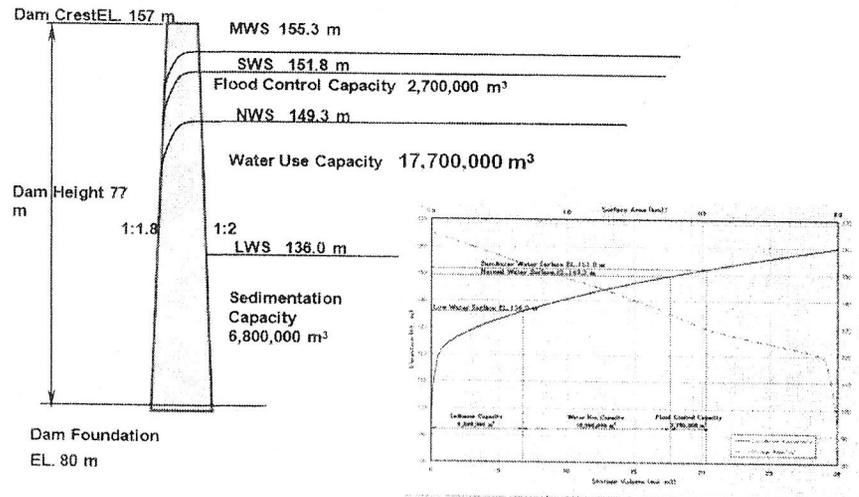
Dimana :

- S_{min} = Volume tampungan waduk minimum
- S_i = Volume tampungan waduk pada awal periode i
- S_{max} = Volume tampungan waduk maksimum

$$X_{min} \leq X_i \leq X_{max}$$

Dimana :

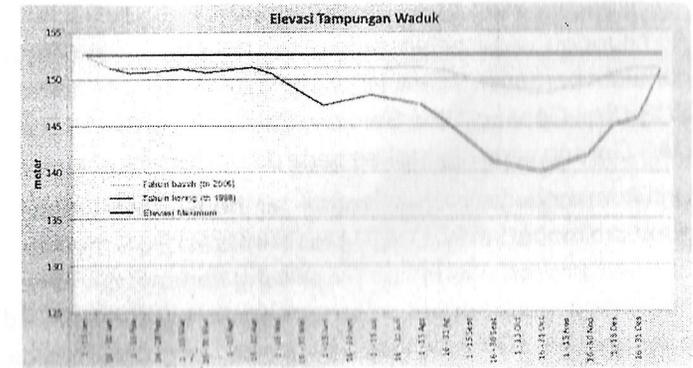
- X_{min} = pelepasan minimum
- X_i = pelepasan waduk pada periode i
- X_{max} = pelepasan maksimum yang diijinkan



Gambar 10. Data Teknis Waduk Jatibarang

Analisis optimasi operasi waduk yang baru dilakukan adalah analisis operasi waduk Jatibarang, selanjutnya dilakukan analisis simulasi operasi menggunakan perangkat lunak RIBASIM. Model optimasi ini dikembangkan untuk mengatur pelepasan air waduk guna memenuhi kebutuhan air yang terdiri dari kebutuhan pengendalian banjir dan intake PDAM.

Untuk melaksanakan fungsi waduk dalam pengendalian banjir disediakan tampungan sampai dengan elevasi 155,30 m pada periode banjir. Optimasi operasi dilakukan pada elevasi 136,00 m sampai elevasi 149,3 m. Tampungan yang disediakan untuk kebutuhan air minum dan pemeliharaan lingkungan adalah tampungan sampai dengan elevasi 149.3 m baik pada periode non banjir (16 April-30 Nopember) maupun pada periode banjir (1 Desember-15 April). Hasil analisis operasi waduk berupa kurva aturan (Rule Curve) operasi dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Kurva Aturan Operasi Waduk Hasil Analisis Optimasi dan Simulasi

2.3. Pengendalian daya rusak air

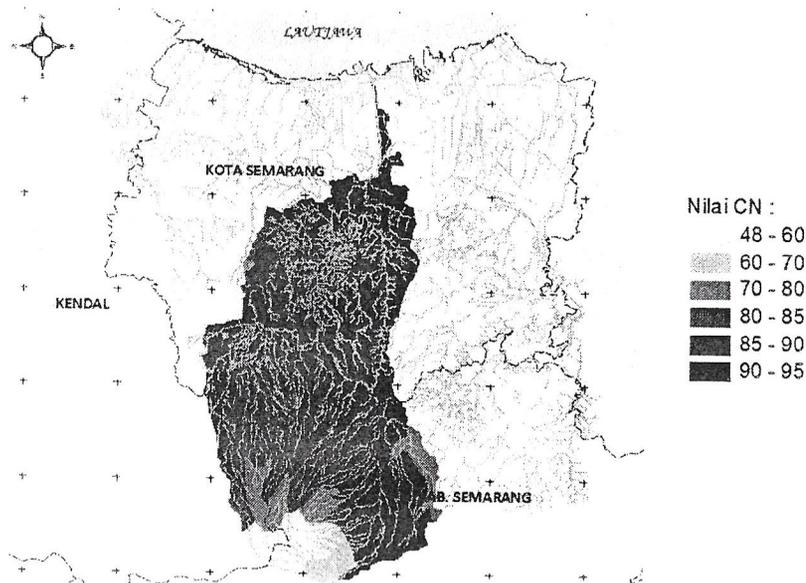
Pengendalian daya rusak air yang berupa banjir merupakan issue utama di wilayah kota Semarang. Bencana banjir sungai BKB merupakan bencana yang berdaya rusak besar karena besar debit banjirnya cukup besar serta waktu datangnya sangat singkat. Dua upaya fisik dalam menanggulangi bencana banjir di lokasi ini adalah memanfaatkan tampungan waduk dan memperbesar kapasitas pengaliran sungai BKB.



Gambar 12. Peta Sub-DAS Garang

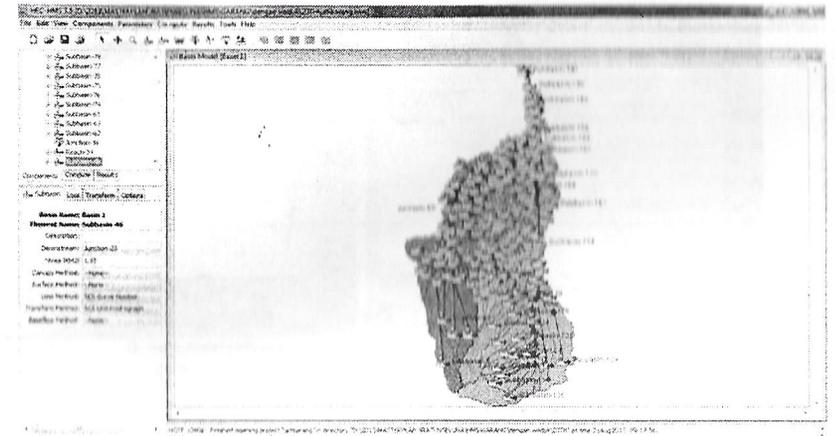
Perhitungan debit banjir disimulasi dari data hujan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-HMS dengan model sintetik hidrograf SCS (Soil Conservation Service). Gambar 10 merupakan peta Sub-DAS Garang yang digunakan pada pemodelan debit banjir.

Untuk mengestimasi kehilangan air hujan karena infiltrasi menggunakan model infiltrasi SCS. Model infiltrasi SCS menggunakan nilai "Curve Number" (CN) yang tergantung dari macam atau jenis tanah dan penggunaan lahannya. Dengan analisis spasial maka dapatlah di estimasi nilai CN untuk setiap wilayah yang hasilnya dapat dilihat pada peta Nilai CN (Gambar 13).



Gambar 13. Nilai CN pada DAS Garang

Pada model HEC-HMS setiap Sub-DAS di representasikan dengan simbol-simbol dan dihubungkan dengan garis-garis hubung yang di tunjukkan pada gambar 14.

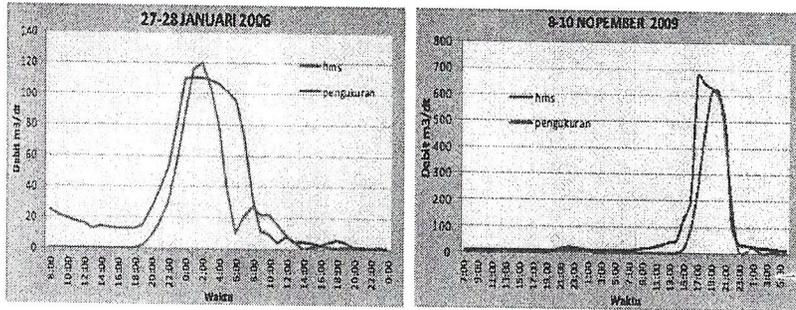


Gambar 14. Model HEC HMS pada DAS Garang

Model banjir ini kemudian dikalibrasi dan diverifikasi dengan hidrograf banjir di lokasi Stasiun Panjang, seperti yang terlihat pada gambar 15. Debit puncak banjir hasil pemodelan juga dibandingkan dengan debit puncak banjir studi-studi terdahulu, yang ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Debit Berbagai Kala Ulang Hasil Sebelum dan Sesudah Ada Waduk Jatibarang.

Return Period (Year)	Di lokasi Panjangan			Di Waduk Jatibarang		
	PSB	JICA	CTI	PSB	JICA	CTI
2	437	330	350	135	130	119
5	689	512	530	221	181	161
10	859	633	658	282	214	192
20	1050	748	787	350	247	225
50	1181	898	962	396	288	272
100	1304	1010	1101	440	319	311



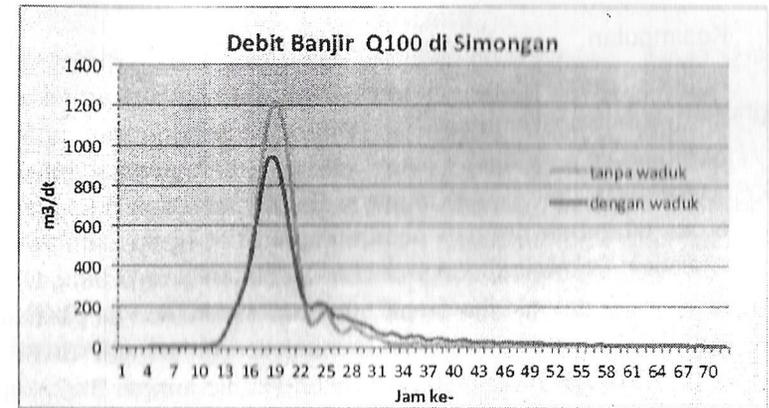
Gambar 15. Hasil Kalibrasi dan Verifikasi Hidrograf Banjir

Analisis hidrograf banjir dilaksanakan setelah proses kalibrasi dan verifikasi model, kemudian analisis dilaksanakan untuk skenario tanpa waduk dan setelah ada waduk, untuk mengetahui besarnya pengaruh waduk. Pengaruh redaman waduk terhadap debit banjir hasil pemodelan digambarkan pada gambar 16.

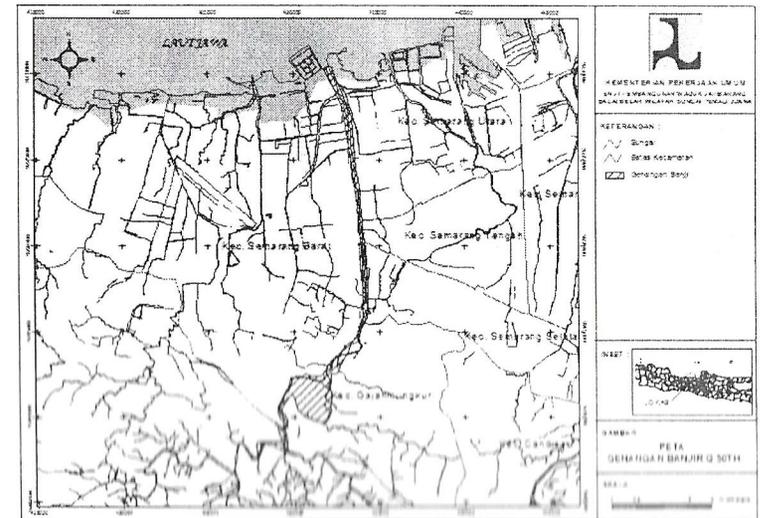
Tabel 3. Hasil Analisis Debit Banjir Tanpa dan Dengan Waduk

LOKASI	TANPA WADUK						DENGAN WADUK					
	2 th	5 th	10 th	20 th	50 th	100 th	2 th	5 th	10 th	20 th	50 th	100 th
MUNDINGAN	114.2	195.2	253.2	317.5	362.0	403.8	18.0	37.8	80.1	140.1	178.4	212.5
JATIBARANG	123.9	209.8	269.4	335.7	381.2	423.9	14.9	28.4	43.5	66.9	84.7	102.2
SIMONGAN	407.8	644.0	803.8	982.6	1105.5	1220.7	328.0	505.1	623.1	754.4	844.3	932.1

Kapasitas pengaliran sungai BKB dianalisis dengan analisis hidrolika menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dan hasilnya di plot pada Gambar 17. Terlihat banjir dapat dialirkan dalam palung sungai hasil rehabilitasi.



Gambar 16. Perbandingan Hidrograf Banjir Dengan dan Tanpa Waduk



Gambar 17. Genangan banjir di sungai BKB

3. Kesimpulan

Analisis pengelolaan Sumber Daya Air DAS Garang dapatlah menyimpulkan beberapa hal berikut sebagai upaya pengelolaan Sumber Daya Air DAS Garang. Penataan penggunaan lahan sesuai RTRW kota merupakan salah satu upaya konservasi pengurangan erosi, ditambah dengan pembangunan beberapa dam pengendali sedimen. Pembangunan waduk merupakan upaya pengawetan air guna didayagunakan sebagai sumber air baku dan air pemeliharaan lingkungan, serta meredam puncak banjir sungai BKB. Selain diredamnya puncak banjir yang mengalir ke sungai BKB, kapasitas angkutan BKB dengan merehabilitasi dimensinya. Pemberdayaan masyarakat untuk melaksanakan operasi pemeliharaan sangat diperlukan, terutama untuk operasi dan pemeliharaan sungai BKB. Kemajuan teknologi informasi perlu dimanfaatkan guna pengembangan data base dan sistem peringatan bahaya dini.

Daftar Pustaka

- Asdak Chay, 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Cetakan kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Jayadi, R. 2005. *Analisa Sistem Sumber Daya Air*. Yogyakarta, DIY, Indonesia: JTS FT UGM.
- Langlang dan Susilowati. 2013. *Perancangan Check Dam Pramuka Guna Mengatasi Sedimentasi di Banjir Kanal Barat, Semarang*, Indonesia: Tugas Akhir JTS FT Undip.
- Mays, L., 1996. *Water Resources Handbook*. New Jersey, USA: McGraw-Hill.
- Purwanto, D., 2005. *Pembangunan Daerah Irigasi Baru di DAS Ngrancah Kabupaten Kulon Progo*. Yogyakarta, DIY, Indonesia: Tesis, JTS FT UGM.
- Pusat Studi Bencana, 2013. *Analisa Sedimentasi Kaligarang/Banjir Kanal Barat Semarang*. LPPM Undip. Tidak dipublikasi.
- Pusat Studi Bencana, 2013. *Studi Analisa Keruntuhan Bendungan Jatibarang*. LPPM Undip. Tidak dipublikasi.
- Taft, A. R., 2001. *Sediment Sampling Guide and Methodologies*, State of Ohio, Environmental Protection Agency, Division of Surface Water.
- Walling, D. E. *Limitations of the rating curve technique for estimating suspended sediment loads, with particular reference to British rivers*, itia.ntua.gr/hsj/redbooks/122/iahs_122_0034.pdf.