

SISTEM PENGENDALIAN BANJIR KALI JUANA

RIVER JUANA FLOOD CONTROL SYSTEM

Istiarto¹⁾, Gurawan Djati Wibowo²⁾

¹⁾ Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil dan Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281.

²⁾ Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani No 1 Tromol Pos 1, Pabelan Kartasura, Surakarta 57102
e-mail: gurawan2000@yaoo.com

ABSTRACT

River Juana is bifurcation of River Serang through Wilalung Flood Gate. This river is the only drainage channel from Juana Plain to Java Ocean. Some areas are flooded by River Juana annually. The biggest flood was happened in 2002 with 11600 hectare flood area, in which 3600 hectare of flood area was inundated for 2 – 3 months. This study objectives are to find the source of flood in R. Juana using previous study review, design flood analysis, spill on Wilalung Flood Gate, and hydraulic condition of River Juana; and also to find appropriate flood control system to be implemented in River Juana. Based on the analysis, it can be concluded that the flood in R. Juana was caused dominantly by high rainfall intensity, the area condition that placed in low contour, low river gradient, high sedimentation rate in the river, high flood in R. Juana river branches (1542 m³/s for 2 year return period) that exceeded the R.Juana capacity (90 m³/s, Seluna Project, 2003), narrow tributary due to ships stopping, and high spill from Wilalung Flood Gate. In addition, the most appropriate flood control systems are implementing river normalization, constructing embankment and flood retention pond.

Keywords : *flood, flood control, the source of flood*

PENDAHULUAN

Lembah Juana dahulu merupakan daerah rawa-rawa dan berfungsi juga sebagai retensi banjir. Pemerintah Belanda pada waktu itu (1890) mempunyai kebijakan untuk mengarahkan banjir ke lembah Juana untuk tujuan *kolmatasi*. Setelah berlangsung ratusan tahun tujuan *kolmatasi* tersebut berhasil, sehingga daerah-daerah yang dahulu berupa rawa-rawa sekarang ini menjadi lahan pertanian yang subur dan sebagian berupa pemukiman. Kondisi topografi DAS Kali Juana terdiri dari kemiringan yang cukup besar, sedang dan sangat landai. Kemiringan topografi yang cukup besar (lebih dari 40°, dapat terjadi di lereng Gunung Muria dan Pegunungan Kapur Utara), kemiringan sedang di pertengahan anak sungai Juana, sedangkan kemiringan yang sangat landai terdapat dekat pertemuan anak-anak sungai tersebut ke Kali Juana. Dari catatan banjir di lapangan disimpulkan bahwa pasti setiap tahun terjadi limpasan di Kali Juana, dan terjadi genangan di beberapa daerah. Banjir terbesar dalam 15 tahun terakhir terjadi pada tahun 2002, dengan genangan di sepanjang Kali Juana dengan luas 11.600 ha. Dari genangan tersebut terdapat 3.600 ha genangan banjir dengan lama genangan 2-3 bulan.

Penelitian ini bertujuan meneliti beberapa alternatif sistem pengendalian banjir Kali Juana yang mungkin dilakukan. Sebagai penelitian awal adalah analisis penyebab banjir dominan Kali Juana. Dari analisis penyebab banjir dominan Kali Juana ini dapat disusun konsep strategi pengendalian banjir Kali Juana, sehingga didapatkan strategi pengendalian banjir yang cukup mantap.

Banjir terjadi jika kapasitas tampang sungai tidak cukup untuk menampung besarnya debit banjir. Biasanya limpasan banjir menyebabkan genangan di kiri dan kanan sungai, dengan lama genangan sangat dipengaruhi unjukkerja saluran *drain* yang ada. Semakin baik unjuk kerja saluran *drain*, kemungkinan akan semakin cepat surutnya genangan tersebut.

Kapasitas pengaliran suatu tampang sungai dipengaruhi nilai kekasaran manning, luas tampang, jari-jari hidraulik dan *slope* energi aliran yang terjadi. Teorema ini disusun oleh manning dengan rumusnya yang cukup sederhana berikut ini.

$$Q = A \cdot V \quad (1)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

dengan

- Q = debit pengaliran (m³/dt),
- n = nilai kekasaran *manning*,
- R = jari-jari hidrolis (m),
- S_f = kemiringan energi,
- A = luas tampang basah(m²).

Dari persamaan di atas jika R (jari-jari hidraulis) merupakan fungsi tinggi muka air, dan jika tinggi muka air yang terjadi merupakan tinggi muka air maksimum, maka debit pada waktu itu merupakan debit *bankfull capacity* (kapasitas pengaliran suatu tampang). Dari kapasitas pengaliran yang melalui tampang sungai, maka dapat diketahui ada atau tidaknya limpasan dari tanggul sungai, jika debit banjir melalui sungai tersebut.

Berdasarkan logika sederhana dapat dipahami bahwa kapasitas pengaliran suatu tampang sungai dapat mengecil jika nilai kekasaran *manning* mengecil, demikian pula sebaliknya.

Nilai kekasaran *manning* dipengaruhi oleh konfigurasi dasar sungai maupun tebing sungai. Semakin kasar dan tak teratur dasar atau tebing sungai maka gaya hambat aliran semakin besar, sehingga akan memperkecil kecepatan air yang berarti juga memperkecil kapasitas tampang sungai. Dari pengertian tersebut maka teknik memperhalus nilai kekasaran sungai merupakan salah satu teknik untuk meningkatkan kapasitas aliran sungai, yang sangat penting dalam rangka pengendalian banjir. Disamping itu bangunan-bangunan yang melintang sungai juga bersifat menghambat kecepatan aliran, sehingga juga bersifat memperkecil dari kapasitas pengaliran. Contoh bangunan-bangun-an sungai yang sering ditemui antara lain jembatan (pilar dan abutment yang menghambat laju aliran), bendung maupun pintu-pintu air.

Berdasarkan persamaan *manning* di atas, kecepatan dipengaruhi oleh nilai kekasaran (n), jari-jari hidrolis (R) dan kemiringan energi (S_f). Kemiringan energi merupakan komulatif dari kemiringan dasar sungai (S₀), kemiringan muka air (S_w) dan kemiringan dari tinggi energi kecepatan. Dengan pengertian ini, jika kemiringan dasar sungai semakin landai maka kemiringan energi juga terpengaruh menjadi kecil, sehingga kecepatan mengecil. Kemiringan dasar sungai biasanya mengecil dari hulu ke hilir, sehingga kecepatan aliran semakin mendekati muara juga akan semakin mengecil.

Perencanaan banjir dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan analisis frekuensi data banjir maksimum tercatat, atau perancangan dari analisis data hujan maksimum, kemudian ditransformasikan ke banjir rancangan dengan model hidrograf satuan

sinetis. Cara transformasi dari hujan rancangan ditempuh jika tidak didapatkan data banjir maksimum tercatat dalam waktu yang diinginkan untuk analisis (minimum 15 tahun). Hidrograf satuan yang digunakan untuk analisis banjir rancangan pada studi ini adalah hidrograf satuan sinetik Gama I. Cara ini ditempuh karena hidrograf inilah yang telah terkalibrasi untuk kasus sungai-sungai di Pulau Jawa. Rumusan HSS Gama I disajikan berikut ini (Sri Harto,1993).

$$Q_t = Q_p e^{-t/k} \quad (4)$$

$$TR = 0.43 (L/100 SF)^3 + 1.0665 SIM + 1.2775 \quad (5)$$

$$Q_p = 0.1836A^{0.5886} TR^{-0.4008} JN^{0.2381} \quad (6)$$

$$T_b = 27.4132 TR^{0.1457} S^{-0.0986} SN^{0.7344} + RUA^{0.2574} \quad (7)$$

$$K = 0.5617 A^{0.1798} S^{-0.1446} SF-1.0897 D^{0.0452} \quad (8)$$

$$Q_b = 0.4751 A^{0.6444} D^{0.9430} \quad (9)$$

dengan

- Q_t : debit hidrograf pada saat resesi, m³/dt.
- TR, T_b : waktu puncak dan waktu dasar hidrograf, Jam.
- Q_p : debit puncak HSS Gama I, m³/dt.
- K : koefisien tampungan
- Q_b : baseflow, m³/dt.
- S, SF : slope dasar sungai, factor sumber.
- SN : frekuensi sumber.
- WF : faktor lebar.
- RUA : luas DAS sebelah hulu, km².
- SIM : faktor simetri

Untuk mensimulasikan penjalaran banjir di sungai, digunakan perangkat lunak HEC RAS 3.11. Persamaan yang digunakan untuk mensimulasi aliran tak tunak (unsteady flow) adalah sebagai berikut ini.

Konservasi masa :

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \quad (10)$$

Konservasi Momentum :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (v_c Q)}{\partial x_c} + \frac{\partial (v_f Q)}{\partial x_f} + gA \left[\frac{\partial z}{\partial x_c} + S_{fc} \right] + gA_f \left[\frac{\partial z}{\partial x_f} + S_{ff} \right] = 0 \quad \dots\dots(11)$$

dengan

- Q : debit sungai (di palung dan *floodplain*)

Q_c : debit air di palung sungai
 A : luas basah sungai (komulatif dari luas basah di palung sungai dan dataran banjir)
 V_c : kecepatan air di palung sungai
 V_f : kecepatan air di *floodplain*
 A_f : luas tampang basah di *floodplain*
 S_{fc} : kemiringan energi aliran di palung sungai
 S_{ff} : kemiringan energi aliran di *floodplain*
 g : gravitasi

$\frac{\partial z}{\partial x_c}$: perubahan elevasi dasar sungai terhadap jarak (x) di palung sungai

$\frac{\partial z}{\partial x_f}$: perubahan elevasi dasar sungai terhadap jarak (x) di *floodplain*

METODE PENELITIAN

Dari kondisi lapangan yang selalu banjir setiap tahun, maka penulis berusaha menelaah permasalahan banjir Kali Juana dan system pengendalian banjir dengan langkah-langkah penelitian yang disajikan berikut ini.

1. Melakukan telaah studi terdahulu
2. Mengumpulkan data hidrologi (hujan, banjir) dan data sungai (morfologi sungai)
3. Pengukuran topografi sungai
4. Analisis Perancangan banjir dan simulasi banjir dengan topografi eksisting
5. Alternatif sistem pengendalian banjir
6. Simulasi alternatif sistem pengendalian banjir sungai
7. Analisis dan pembahasan
8. Kesimpulan dan saran

Titik penting dalam cara penelitian tersebut adalah pada pengajuan sistem pengendalian banjir. Ajuan sistem pengendalian banjir ini didapatkan setelah telaah rinci studi terdahulu, perancangan banjir dan survai banjir di lapangan dan pengukuran topografi.

Analisis simulasi banjir dengan topografi eksisting digunakan untuk membuktikan bahwa dengan desain kala ulang pengendalian banjir yang ditetapkan apakah Kali Juana mengalami limpasan (banjir) atau tidak. Hal ini juga dapat digunakan untuk menentukan strategi pengendalian banjir selanjutnya. Strategi pengendalian banjir ditetapkan setelah ada telaah studi terdahulu (terutama tentang sistem pengendalian banjir Kali Serang dan Kali Juana), survey banjir, simulasi banjir eksisting

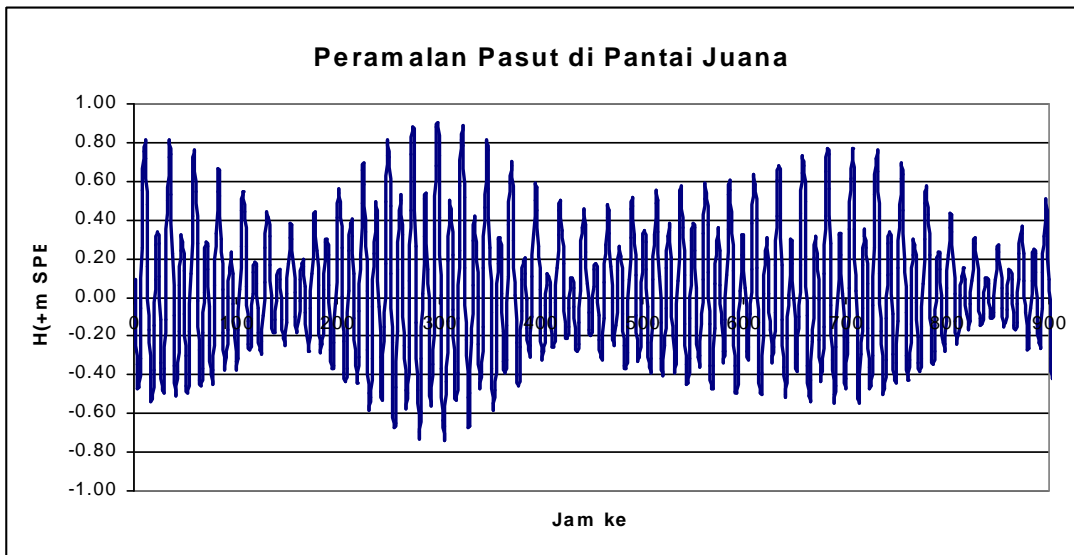
HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis perancangan banjir berdasarkan dengan *Summary of Flood Control Criteria and Guidelines*(WSTCF, 1993) ditetapkan bahwa untuk pengendalian banjir Kali Juana (asli) memakai debit banjir dengan kala ulang 25 tahun. Akan tetapi dengan kompleknya anak-anak sungai Juana, yang berjumlah 26 sungai dan saluran drain, maka ditetapkan bahwa debit perancangan anak-anak sungai Juana adalah debit kala ulang 2 tahun. Hasil analisis banjir dengan kala ulang 2 tahun tersebut menggunakan transformasi hujan aliran hidrograf satuan sintetik Gama 1 dan distribusi hujan jam-jaman menurut Rumus Mononobe. Dari analisis HSS Gama 1 tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu konsentrasi anak-anak sungai Juwana berkisar 2 – 4 jam. Hal ini menandakan bahwa puncak banjir relatif cepat sampai di Kali Juana. Hasil debit puncak dari tiap-tiap anak sungai Juana disajikan berikut ini.

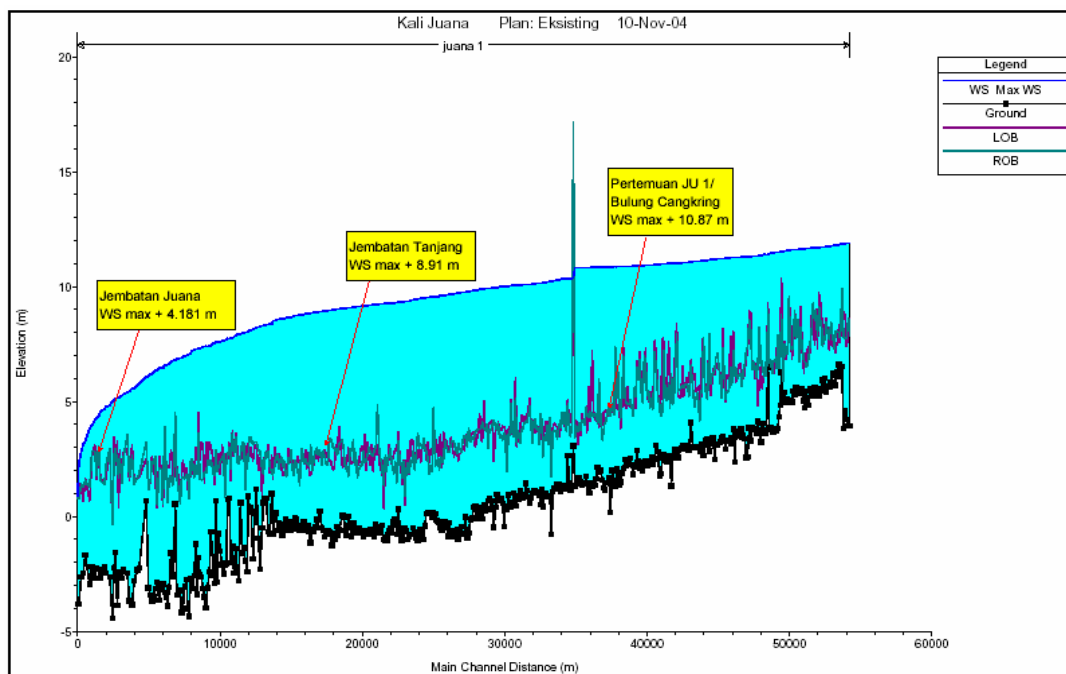
Tabel 1. Q_{peak} pada masing-masing SubDAS

DAS	Q_{peak} (m^3/dt)	DAS	Q_{peak} (m^3/dt)
1	164.57	14	93.05
2	41.03	15	11.65
3	160.59	16	200.89
4	48.74	17	57.06
5	39.76	18	22.24
6	48.44	19	16.87
7	20.75	20	21.02
8	26.76	21	53.93
9	25.52	22	19.19
10	31.49	23	82.08
11	64.16	24	23.47
12	45.74	25	27.98
13	70.25	26	24.93

Jumlah puncak debit seluruhnya sebesar 1442 m^3/dt . Untuk simulasi banjir dengan kondisi topografi sungai eksisting, ditetapkan bahwa limpasan Sungai Serang yang melalui Kali Babalan sebesar 100 m^3/dt (SMEC, 1999) selama 24 jam, dan debit-debit anak sungai Juana dengan kala ulang 2 tahun. Debit Sungai Babalan (sebesar 100 m^3/dt) dan debit anak-anak Sungai Juana (sebesar 1442 m^3/dt) sebagai kondisi hulu, sebagai kondisi hilir adalah pasang surut tertinggi (sebesar + 0.9 m SPB) muara Sungai Juana. Peramalan pasang surut muara Kali Juana dengan memakai metode admiralty adalah sebagai berikut ini.



Gambar 1. Peramalan Pasang Surut Muara K. Juana



Gambar 2. Simulasi Banjir K. Juana pada kondisi topografi eksisting

Untuk mensimulasi debit banjir di Sungai Juana dari anak-anak sungainya, dilakukan asumsi bahwa debit banjir di anak-anak sungai Juana dapat langsung masuk ke Sungai Juana, nilai kekasaran manning Sungai Juana sebesar 0.035 (dari survai di lapangan). Dari hasil simulasi pada kondisi topografi eksisting tersebut dapat disimpulkan bahwa semua

ruas pada Kali Juana mengalami limpasan. Hal ini sangat masuk akal, karena kapasitas tampang eksisting Kali Juana hanya sebesar 90 m³/dt (catatan dari PSDA Seluna, 2002), sedangkan jumlah puncak banjir yang menuju Kali Juana sebesar 1542 m³/dt. Berdasarkan simulasi banjir dengan kondisi eksisting, survai banjir yang dilakukan dan analisis

perancangan banjir maka dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang menyebabkan banjir di Kali Juana adalah sebagai berikut ini.

- Curah hujan yang cukup tinggi, khususnya di wilayah Kudus yang menunjukkan besaran 165 mm untuk hujan kala ulang 25 tahun.
- Kali Juana menampung aliran dari berbagai anak sungai yang merupakan saluran pengatus (drainage channel) wilayah Kudus dan Pati dengan debit yang cukup tinggi. Sebagai contoh, salah satu anak sungai yang masuk ke Kali Juana melalui saluran drainase JU1 (di sisi hulu Jembatan Bulu Cangkring) memiliki debit puncak 374 m³/s. Padahal, menurut studi yang dilakukan pada tahun 1993 maupun 1999, kapasitas alur Kali Juana hanya 100 m³/s (SMEC, 1999). Menurut perencanaan yang ada, kapasitas alur Kali Juana dirancang untuk debit 320 m³/s (SMEC, 1999).
- Secara topografis, DAS Juana merupakan dataran rendah yang secara alamiah rawan terhadap genangan. Bahkan, dalam sejarahnya, lembah Juana merupakan kawasan kolmatasi. Saat ini, lembah Juana telah berkembang sebagian menjadi areal sawah beririgasi teknis. Tempo dulu, kawasan ini kemungkinan merupakan retensi banjir (*retarding basin*). Daerah irigasi teknis tersebut, tentu saja tidak diinginkan menjadi retensi banjir lagi. Apabila kawasan ini tergenang akan menimbulkan kerugian yang besar.
- Kondisi kemiringan Kali Juana yang sangat datar (sebesar 0.00005 – 0.00008) mempengaruhi kecepatan aliran Kali Juana yang relatif kecil, sehingga kecepatan banjir di Kali Juana sangat rendah sehingga peluang terjadinya sedimentasi di Kali Juana semakin besar, sehingga sebagian besar ruas Kali Juana mengalami pendangkalan/penyempitan. Hal ini tentu saja memperkecil kapasitas aliran Kali Juana.

Berangkat dari faktor-faktor dominan penyebab banjir di Kali Juana, maka diajukan beberapa alternatif sistem pengendalian banjir Kali Juana sebagai berikut ini.

1. Sistem pengendalian banjir dengan normalisasi sungai dan tanggul
2. Sistem pengendalian banjir dengan normalisasi sungai, tanggul dan kolam retensi banjir
3. Sistem pengendalian banjir dengan normalisasi sungai, tanggul dan kolam retensi dan floodway.

Kolam retensi diajukan sebagai alternatif pengendalian banjir karena sangat cocok untuk diterapkan di sebelah kira/kanan Sungai Juana (dengan kemiringan kecil) dan kondisi topografi dan tata guna lahan yang sangat memungkinkan. Berdasarkan survay lapangan dan konsultasi dengan Dinas terkait, maka dipilih 3 tempat kolam retensi

yaitu di Desa Bulung Kulon (312.5 ha), Desa Talun (268 ha) dan Desa Jambean Kidul (166 ha). Skema pengendalian banjir terlengkap (normalisasi, tanggul, kolam retensi dan floodway disajikan pada Gambar 3). Pemilihan kolam retensi di tiga tempat tersebut dilakukan dengan mencermati kondisi topografi setempat, kejadian-kejadian banjir di lapangan maupun dengan mencermati tinggi muka air banjir akibat masuknya banjir dari anak-anak sungai Juana yang dominan, maupun melakukan konsultasi publik di Karesidenan Pati..

Pengamatan muka air banjir dilakukan pada 3 titik kontrol juga yaitu Bulung Cangkring, Jembatan Tanjung dan Jembatan Juana. Profil muka air banjir maksimum di setiap tempat di Kali Juana dapat dicermati pada Gambar 5 tersebut dapat ditelaah konsekuensi hidraulis muka air banjir Kali Juana dengan floodway, maupun tanpa floodway.

Muka air banjir tertinggi ada di Sta 16.8 (km) dari muara, sebesar 3.12 m (dari muka tanah asli, tebing sungai), sedangkan di daerah hulu (Kali Babalan) bahkan sebagian tampang tidak perlu tanggul (muka air banjir di bawah tebing sungai Babalan). Perbedaan muka air banjir dengan floodway maupun tanpa floodway terjadi dari muara sampai kolam retensi Bulung Kulon, hal ini dapat digayutkan dari tinjauan hidrolis. Hasil simulasi HEC RAS tersebut menunjukkan bahwa bilangan froude berkisar 0.1 – 0.3 (aliran sub kritis), sehingga pengaruh floodway dapat terjadi di sebelah hilir maupun di sebelah hulu (*floodway*). Pengaruh floodway hanya menjalar kira-kira sampai Kolam retensi Bulung Kulon, dan disebelah hulu retensi tersebut tidak terpengaruh floodway. Penurunan banjir dengan floodway dibandingkan tanpa floodway maksimum sebesar 0.72 m di Sta 15.3 dari muara sungai (hampir sama di lokasi awal *floodway*).

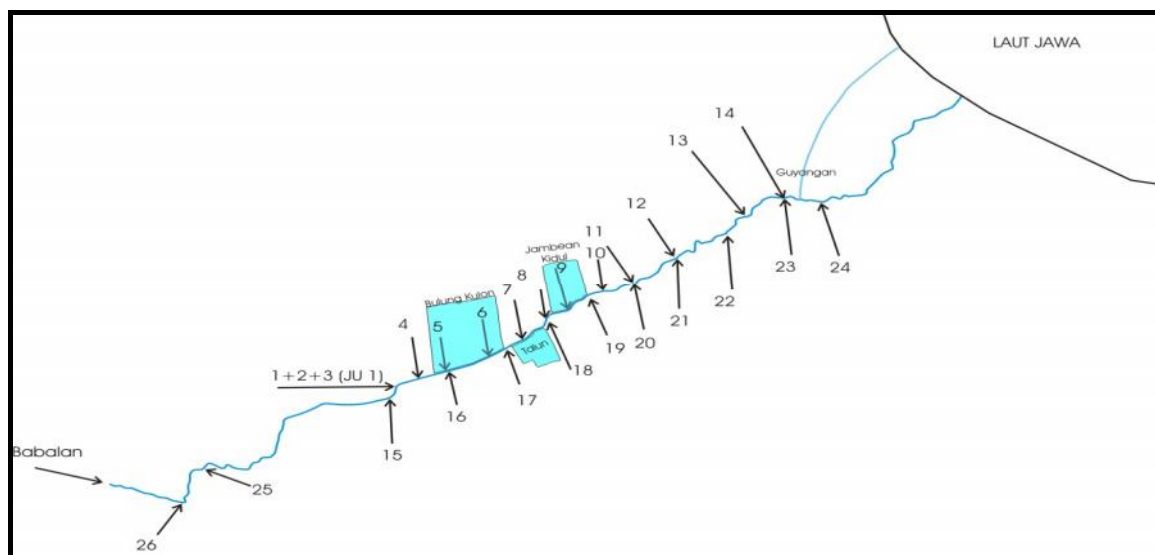
Sementara itu jika diamati profil muka air banjir di 3 Kolam retensi (tanpa *flood way*), dengan waktu simulasi ditingkatkan menjadi 1 minggu, terlihat bahwa muka air maksimum terjadi pada 0.75 hari dari awal simulasi, setelah itu banjir menyusut dari kolam retensi. Kolam retensi Jambean Kidul paling awal mengalami penyurutan banjir (1 minggu sudah ke kondisi semula), disusul Kolam Retensi Talun dan Bulung Kulon. Dilihat secara posisi kolam retensi, penyurutan muka air kolam berurutan dari posisi yang dekat muara. Perbandingan penyurutan muka air banjir di Kolam Retensi Bulung Kulon dengan flood way maupun tanpa floodway hanya tipis sekali, artinya pengaruh floodway sangat kecil di Kolam retensi Bulung Kulon ini. Pada pengamatan titik kontrol banjir (Bulung Cangkring, Jembatan Tanjung dan Jembatan Juana), terlihat bahwa adanya kolam retensi ini berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan banjir, dibandingkan

dengan strategi pengendalian banjir dengan normalisasi saja.

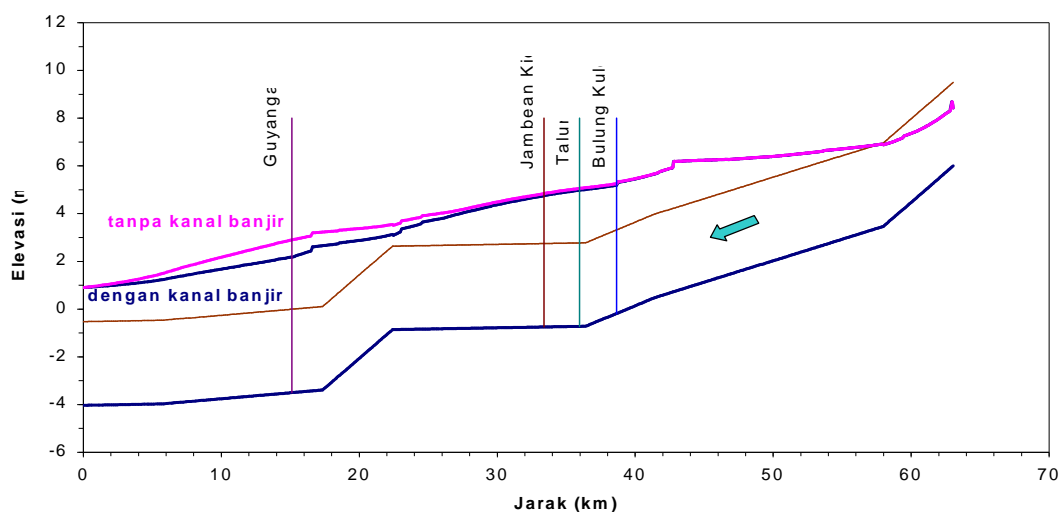
Floodway yang diusulkan di lapangan tersebut hanya mereduksi tinggi muka air banjir maksimum di pintu floodway (dekat Jembatan Juana). Pengaruh floodway yang cukup kecil ini diakibatkan oleh karena momentum aliran banjir di hilir (dekat muara) sangat kecil, akibat dari kemiringan sungai yang sangat kecil (0.00005) dan hampir datar di muara Sungai Juana. Dari analisis jalur floodway di lapangan jika floodway di lebarkan dari floodway

awal desain (dari 3 m menjadi 10 m) sangatlah tidak mungkin, karena problem sosial sangat besar, terutama di daerah hunian di Juana hilir.

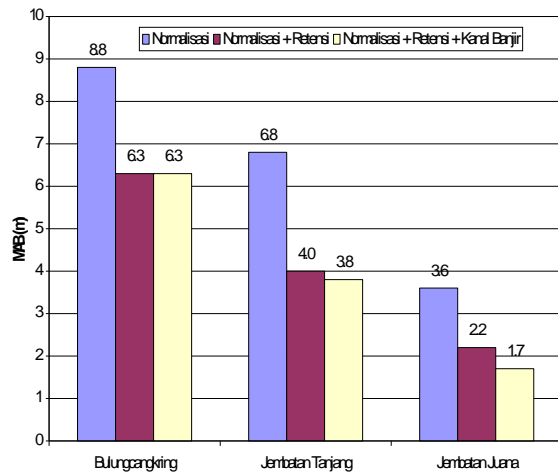
Dari pemilihan lokasi kolam retensi banjir tersebut, maka perlu dilakukan sosialisasi terhadap pemilik lahan maupun masyarakat di dekat kolam retensi, tentang sistem operasi kolam retensi maupun perubahan tata-tanam di kolam retensi. Resume pengamatan banjir di 3 tempat (Bulung Cangkring, Jembatan Tanjung, dan Jembatan Juana) disajikan pada Gambar 6.



Gambar 4. Skema Pengendalian Banjir dengan Normalisasi, Tanggul, Retensi dan Floodway



Gambar 5. Perbandingan Muka Air Banjir dengan Kanal banjir dan tanpa Kanal Banjir



Gambar 6. Perbandingan muka air banjir di 3 tempat pengamatan

Berdasarkan hasil analisis di atas terlihat bahwa dengan memakai kolam retensi banjir dapat meredam muka air banjir sebesar 2.5 m di Bulunggangring, 2.8 m di Jembatan Tanjung dan 1.4 m di Jembatan Juana. Hal ini sangat berpengaruh pada analisis ekonomi terutama dalam pembuatan tanggul. Sedangkan perbedaan muka air dengan normalisasi sungai, retensi banjir, tanggul, floodway maupun tanpa floodway hanya menunjukkan penyurutan muka air banjir yang cukup kecil.

Berdasarkan analisis awal ekonomi (konsultasi PPSA Jratun Seluna) diperoleh bahwa sangat lebih murah membebaskan lahan untuk kolam retensi dibandingkan membuat dan meninggikan tanggul tinggi sepanjang 60 km (tanpa kolam retensi), karena tempat-tempat retensi banjir tersebut berupa sawah dengan topografi rendah, yang biasanya memang sudah sering banjir. Alternatif lainnya adalah bahwa pemerintah tidak membebaskan kolam retensi semuanya, akan tetapi melakukan pembelian selamanya pada masa tanam II (Januari – April), sehingga petani pada saat itu tidak menanam padi, bisa dengan memelihara ikan di kolam retensi tersebut.

Dari analisis hidraulika tersebut di atas terdapat beberapa kelemahan, terutama dari sisi transpor sedimen. Mengingat kemiringan Sungai Juana sangat kecil, maka strategi pengendalian banjir Kali Juana sangat rentan terhadap sedimentasi sungai. Untuk mengantisipasi hal ini, maka harus tersedia dana yang cukup untuk menormalisasi Kali Juana dari efek sedimentasi. Sistem pengendalian banjir yang telah diterapkan, terutama normalisasi di anak-anak sungai Juana ternyata hanya memindahkan banjir dari anak sungai ke Sungai Juana saja. Sistem pengendalian banjir yang paling

ideal di Kali Juana adalah dengan menampung banjir di kantong-kantong banjir anak Sungai Juana sehingga banjir-banjir tersebut dapat di kendalikan lebih baik dan pelepasan ke Kali Juana dengan teori antrian, sehingga efek banjir di Kali Juana tidak besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari analisis pengendalian banjir di Kali Juana di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Banjir di Kali Juana disebabkan karena curah hujan yang tinggi (kalah ulang 2 tahun sebesar 137 mm/hr), kemiringan sungai yang sangat kecil (0.00005 - 0.00008), besarnya banjir di anak-anak sungai Juana dan topografi yang rendah bahkan sangat datar.
2. Sistem pengendalian banjir Kali Juana yang paling baik dari 3 alternatif yang diajukan adalah dengan normalisasi sungai, tanggul, dan kolam retensi banjir
3. Perlu program normalisasi yang kontinyu di Kali Juana, karena tingkat sedimentasi yang cukup besar.

Saran

Untuk pengendalian banjir Kali Juana selain dari sisi hidraulika (cara struktur) juga perlu segera dilakukan perbaikan lingkungan DAS di anak-anak Kali Juana sehingga besaran banjir dapat direduksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada PIPWS Jratun Seluna yang telah memberikan ijin maupun data-data sehingga studi ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Indah Karya, 1994, *Perencanaan Pola Tata Air Satuan Wilayah Sungai Jratunseluna*, Laporan Penunjang Hidrologi.
- Indah Karya, 1994, *Perencanaan Pengendalian Banjir Kali Serang dan Kali Juana*, Laporan Akhir.
- Sri Harto, 1993, *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia, Jakarta.
- SMEC 1999, *Flood Control for Serang – Wulan – Juana River System*, Final Report.