

ANALISA PENATAAN *OUTLET CHANNEL*

Danang Bimo Irianto¹, Dian Sisingih², Dwi Priyantoro²

¹Mahasiswa Program Magister dan Doktor Teknik Pengairan

Abstrak: *Outlet channel* Sungai Karang Anyar ini langsung bermuara ke laut yang dipengaruhi oleh pasang surut. Banjir sering terjadi pada saat hujan bersamaan dengan air laut pasang. *Outlet channel* ini memiliki kemiringan eksisting yang sangat landai, data awal menyebutkan panjang *outlet channel* ini kurang lebih 1.625 m dengan elevasi dasar di hulu = +4,40m dan +0,10 m di hilir, dengan kemiringan rata rata =0,003. dt dan Q_{25th} yang lewat sebesar 75,16 m³/dt. Elevasi muka air laut pasang +1,5m dari muka air laut rata-rata. Dari berbagai pemodelan didapat konsep penataan yang bisa menghilangkan banjir yang terjadi adalah tindakan sebagai berikut: rekayasa dimensi dengan melebarkan saluran dan pembuatan tanggul di kanan kiri, pembuatan tampungan lokal untuk tiap *sub catchment* dihilir, pembuatan pintu pembuang untuk tampungan lokal, pembuatan pintu pasang surut untuk mencegah pasang masuk ke dalam sistem,

Kata kunci: *Outlet channel*, Penataan kawasan, Muara, Karang Anyar,

Abstract: *Karang Anyar outlet channel has the outlets that directly flow in to the sea and it's influenced by the tides. Flooding often occurs when rain along with high tides. The outlet channel has a very gentle slope, initial data mentioned that outlet channel length is approximately 1625 m, elevation in the upstream = +4.40 m and +0.10 m in the downstream, with an average slope = 0.003. Elevation embankment upstream = +6.00 m and downstream = +1.50 m. Meanwhile, according to secondary data, the flood with 10th years return periode that flow in the outlet channel is 66.4 m³/sec and the flood with 25th years return periode is 75.16 m³/sec. On average, a tide water level is +1.5 m above sea level. Based on the variety of modeling, the action concepts that can eliminate the flooding are these following action: widening the channel dimension, build the embankment on channel side, making the local storage for each sub-catchment in the downstream, making the gate for the local storage, making tidal gate to prevent the tide come into the system, making the retarding basin to accommodate flood waters from upstream when the outlet is closed due to high tide.*

Key word: *Outlet channel, Regional arrangement, Outlet, Karang Anyar, Tarakan*

Kota Tarakan sebagai wilayah yang sedang berkembang pesat dalam 10 tahun terakhir ini memiliki masalah yang sangat umum dimiliki oleh sebagian besar kota yang ada di Indonesia, yakni banjir dan genangan saat terjadi hujan. Kota Tarakan mempunyai intensitas hujan yang cukup tinggi sehingga banjir dan genangan yang sering timbul akibat hujan tersebut cukup mengganggu

Sungai Karang Anyar sebagai sistem utama saluran drainase di DAS Karang anyar memiliki *outlet* atau titik pengeluaran yang tidak jelas dan menyebar masuk ke kawasan rawa dan bekas rawa yang beralih fungsi menjadi pemukiman dan tambak dan salah satunya berupa *outlet channel* yang dipakai sebagai salah satu *outlet* banjir DAS Karang Anyar. *Outlet channel* adalah sebuah

pasan suatu kawasan ke titik pembuangan akhir.

Outlet channel Sungai Karang Anyar ini dibuat dengan tujuan untuk mempercepat proses pengurasan dalam rangka membantu mengatasi banjir di kawasan Mulawarman yang merupakan kawasan perkotaan dan pusat perdagangan yang berada di DAS Karang Anyar di Kota Tarakan.

Outlet channel Sungai Karang Anyar ini langsung bermuara ke laut yang dipengaruhi oleh pasang surut. Banjir sering terjadi pada saat hujan bersamaan dengan air laut pasang. *Outlet channel* ini memiliki kemiringan eksisting yang sangat landai, data awal menyebutkan panjang *outlet channel* ini kurang lebih

1.625 m dengan elevasi Dasar di hulu = +4,40m dan

+0,10 m di hilir, dengan kemiringan rata-rata m^3/dt . Elevasi muka air laut pasang +1,5m dari muka

air laut rata-rata.

Dalam menjalankan fungsinya mengalirkan debit banjir, *outlet channel* Sungai Karang Anyar ini memiliki banyak kekurangan dalam karakteristiknya, yakni elevasi dasar yang tidak terlalu berbeda dengan elevasi daerah genangan, kemiringan dasar yang cukup landai dan bagian hilir di pengaruhi pasang yang cukup tinggi.

Karakteristik yang dimiliki *outlet channel* ini berakibat pada ketidakmampuan *outlet channel* untuk membuang debit banjir dengan cepat sehingga Pemerintah Kota Tarakan melalui dinas terkait merasa perlu melakukan kajian dan tindakan teknis dalam rangka meningkatkan kemampuan *outlet channel* Sungai Karang Anyar untuk mengalirkan debit banjir yang ada sehingga adanya genangan dan banjir di bagian hulu dapat di hilangkan dengan lebih cepat.

Maksud dari studi ini adalah melakukan kajian terhadap kondisi *outlet channel* Sungai Karang Anyar saat ini serta melakukan analisa hidrolis pada *outlet channel* sungai KarangAnyar dengan dengan 5 variasi kondisi yakni kombinasi antara pelebaran, penanggulangan pembuatan *retarding basin* dan *tidal gate* dengan memperhitungkan parameter debit banjir yang lewat dari hulu, parameter limpasan di wilayah sekitar dan pengaruh pasang surut yang ada di muara.

Tujuan dari studi ini adalah menganalisa kondisi eksisting, menghitung dimensi yang di

kapasitas pengaliran yang maksimal, mampu meng-

alirkan debit baik di kondisi banjir maupun normal, di kondisi pasang dengan tetap tetap memperhatikan aspek lingkungan & sosial kemasyarakatan dalam rangka mendukung

BAHAN DAN METODE

Hidrologi

Dalam studi ini analisa hujan rancangan dipakai metode Log Pearson type III dengan menggunakan data curah hujan harian dari Stasiun Juata dengan rentang pengamatan selama 20 tahun yakni antara tahun 1992 sampai 2012, dengan tetap melakukan pengujian kesesuaian distribusi frekuensi.

Persamaan yang digunakan adalah:

$$\overline{\text{Log } x} = \frac{\sum \log x}{n}$$

Standard Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}}$$

Dengan:

X = curah hujan (mm)

$\overline{\text{Log } x}$ = rerata Log X

K = faktor frekuensi

Uji kesesuaian distribusi yang dilakukan adalah:

Uji chi square digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal apakah distribusi frekuensi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis, dan Uji secara horisontal

Tabel 1. Syarat pemilihan

No	Distribusi	Syarat	Keterangan
1.	Normal	$C_s \approx 0$	Jika analisis ekstrim tidak ada yang Memenuhi syarat tersebut, maka Digunakan Distribusi Log Pearson Type III dan jika ada lebih dari satu distribusi yang memenuhi maka di pilih distribusi yang memberikan hasil terbesar
2.	Log Normal	$C_s / C_v \approx 3$	
3.	Gumbel Type I	$C_s \approx 1.1396$ $C_k \approx 5.4002$	

Sumber: Sri Harto, 1993

Periode ulang perencanaan biasanya ditetapkan

dari hasil analisis ekonomi yaitu diambil dari skala yang paling optimum. Untuk suatu proyek yang bersifat mendesak atau merupakan fasilitas pelayanan umum, penentuan periode ulang perencanaan mengikuti strategi nasional di bidang drainase dalam perencanaan ini dipakai kala ulang 10 tahun mengingat luas Kota Tarakan adalah 25,080 Ha dengan jumlah penduduk pada tahun 2012 adalah 240.000 Jiwa. (Suripin, 2003)

Pada studi ini, perhitungan aliran permukaan dilakukan untuk menghitung debit tambahan yang masuk ke *outlet channel* selain debit yang di bawa dari hulu sungai Karang Anyar. Perhitungan aliran permukaan dilakukan dengan metode

Metode Rasional

Metode Rasional pertama kali diperkenalkan di Inggris pada tahun 1889 oleh Lloyd-Davis dan mengalami modifikasi untuk menyesuaikan dengan karakter DAS. Metode ini akan memberikan hasil yang memadai apabila digunakan secara benar. Metode ini biasanya dipakai untuk daerah perkotaan dengan luas maksimum perbagian yang dihitung 12 Km² (1200 ha).

Debit puncak dapat di formulasi sebagai

dengan:

Q = debit puncak rencana (m³/det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan

A = (mm/Jam) luas daerah

Cs = aliran (ha) koefisien

(Suripin, 2003)

Model Komputer SWMM

Storm Water Management Model (SWMM) merupakan model simulasi hujan aliran (*rainfall-runoff*) yang digunakan untuk simulasi kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan dari daerah perkotaan. Limpasan permukaan dihasilkan dari daerah tangkapan hujan yang menerima hujan. Beban limpasan permukaan tersebut kemudian dialirkan melalui sistem drainase berupa pipa, saluran terbuka, dan bisa dilengkapi dengan tampungan, dan sistem pompa jika di perlukan.

SWMM menghitung kuantitas dan kualitas

dan debit aliran, kedalaman aliran, dan kualitas air di

setiap titik outlet selama periode simulasi, meski demikian dalam studi ini tidak memperhatikan masalah kualitas air untuk pemodelan drainase.

Program SWMM bersifat gratis (*public domain*) dan versi terakhir yaitu versi 5.0 yang telah beredar sejak Juli 2009. Program SWMM tersedia di website resmi United States Environmental Protection Agency (US EPA) dan dapat didownload di http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/wq/models/swmm/swmm50022_setup.exe. (NRMR Labora-

Pasang Surut

Pasang surut adalah gerakan naik-turunnya muka air laut yang ditimbulkan oleh gerak regular benda angkasa, terutama bulan, bumi dan matahari. Disamping itu, gerak muka air laut juga dipengaruhi oleh adanya variasi tekanan atmosfer dan angin.

Benda angkasa yang mempengaruhi proses pembentukan pasang surut air laut, bumi dan

- Revolusi bulan terhadap bumi
- Revolusi bumi terhadap matahari
- Perputaran bumi terhadap sumbunya sendiri (rotasi bumi)

Kota Tarakan terletak di pesisir pantai barat

Pulau Tarakan dan seluruh sistem drainase Kota Tarakan mempunyai *oulet* di pantai barat termasuk Sungai KarangAnyar, dan di kondisi pasang elevasi muka air hilir/muara sungai lebih tinggi dari elevasi muka air banjir pada kondisi normal. Hal ini tentu harus di perhitungkan dalam

Hidrolika Aliran Seragam

Untuk aliran seragam dalam menentukan perencanaan dimensi saluran drainase digunakan rumus umum dari Robert Manning dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

dengan:

V = kecepatan aliran (m/dt)

n = koefisien kekasaran Manning

R = jari-jari hidrolis = A/P (m)

A = luas basah (m²) keliling

P = basah (m) kemiringan

S = Dasar saluran

Untuk saluran Trapesium berlaku:

$$A = B \cdot H + Z \cdot H^2$$

$$P = B + 2 \cdot H (1 + Z^2)^{0.5}$$

dengan:

B = lebar Dasar saluran (m)

H = kedalaman aliran (m)

Z = kemiringan talud

$$Q = A \cdot V$$

dengan:

Q = debit (m³/dt)

A = luas basah (m²)

V = kecepatan aliran (m/dt)

(J Kodoatie, Robert.2001)

Hidrolika Saluran Aliran Tidak Seragam

Perhitungan hidrolika saluran pada studi ini dilakukan dengan bantuan program SWMM, yakni program terintegrasi yang terdiri dari masukan perhitungan berbasis grafik, analisa hidrolik yang terpisah dan keluaran berupa grafik dan tabel.

Sistem ini mampu menganalisa komponen hidrolik dari tiga kondisi yaitu perhitungan profil pada aliran seragam, perhitungan aliran tidak seragam dan perhitungan dengan menggunakan batasan pasang di hilir. Untuk studi ini kondisi yang dipakai adalah kondisi aliran tidak seragam.

SWMM melakukan perhitungan profil muka air untuk aliran seragam berubah lambat laun pada saluran alam maupun saluran buatan. Perhitungan yang dilakukan pada kondisi aliran subkritis, aliran super kritis dan gabungan keduanya.

Profil muka air dihitung dari satu potongan melintang ke potongan melintang berikutnya menggunakan persamaan energi dengan prosedur iterasi yang disebut metode tahapan

$$z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$E_1 = E_2 + h_e$$

dengan:

E₁, E₂ = tinggi energi total di titik kontrol (m)

Z₁, Z₂ = ketinggian dasar saluran dari garis referensi (m)

Y₁, Y₂ = kedalaman air dasar saluran (m)

V₁, V₂ = kecepatan rata-rata (m/det)

G = percepatan gravitasi (m/det²)

h_e = kehilangan energi (m)

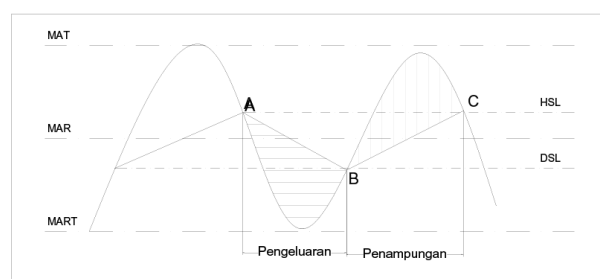
a₁, a₂ = koefisien kecepatan

Hidrolika Pintu Klep Otomatis

Pintu klep otomatis direncanakan dapat bekerja dengan memanfaatkan beda tinggi muka air di hilir dan hulu pintu. Sebagai dasar dari perencanaan pintu klep otomatis adalah: (a) Hilir: fluktuasi muka air akibat pengaruh pasang surut. (b) Hulu: (1) muka air terendah di saluran; (2) muka air tertinggi di saluran.

Sistem gerakan pintu klep otomatis berdasarkan gaya-gaya yang bekerja pada pintu yang menyebabkan pintu membuka dan menutup sesuai fluktuasi pasang surut pada hilir pintu. Pada Gambar 1 (titik a) tinggi muka air di hilir dan di hulu sama tinggi. Bila tinggi muka air di hilir turun terus akan mengakibatkan pintu klep otomatis secara lambat laun akan terbuka dan air di saluran akan mengalir, akibatnya tinggi muka air di saluran turun.

Apabila tinggi muka air di hilir naik sampai titik b maka pintu akan segera tertutup dan air di saluran akan tertahan sebagai genangan/tampungan sementara pada saluran. Demikian seterusnya sampai tinggi muka air di hulu dan di hilir pintu akan bertemu di titik c dan kembali



Gambar 1. Sistem operasi pintu klep otomatis.

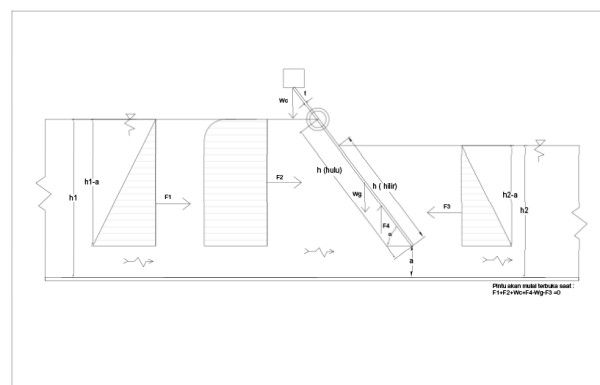
Keterangan:

MAT : muka air tertinggi di hilir pintu

MAR : muka air rata-rata di hilir pintu

MART : muka air terendah di hilir pintu

HSL : muka air tertinggi di saluran



Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja pada pintu

Metode

Langkah-langkah dalam pengerjaan studi ini se- cara garis besar adalah: (1) Menentukan luasan masing-masing *cathment* di kawasan hilir. (2) Menghitung nilai C dari masing-masing *cathment* dengan menggunakan peta tata guna lahan yang ada. (3) Menghitung besarnya limpasan/ genangan yang terjadi di kawasan *outlet channel* yang ditambahkan pada debit yang sudah ada dari hulu berdasarkan data DAS dan hujan rancangan dari data sekunder dengan bantuan program SWMM. (4) Menghitung profil aliran dan muka air memakai metode tahapan standart dengan bantuan program SWMM pada *outlet channel* eksisting, dengan memakai masukan berupa data sekunder yang berbentuk data debit dari kawasan hulu di tambah debit limpasan di kawasan hilir dengan boundari hilir berupa pasang surut. (5) Melakukan rekayasa dimensi dan menghitung ulang profil muka air dan aliran hingga di dapat dimensi yang mampu melewati debit banjir. (6) Menganalisa hasil perhitungan jika dikombinasi dengan pembuatan konstruksi *tidal gatedan retardingbasin*. (7) Melakukan evaluasi dan penilaian skenario

HASIL DAN PEMBAHASAN

Outlet channel diharapkan mampu melewati seluruh debit, untuk itu perlu dikaji kemampuan *out- let channel* dengan kondisi debit banjir kala ulang 10 tahun, dimensi kondisi eksisting dan batasan hilir di kondisi pasang surut

Dari hasil pemodelan, 7 ruas dari 16 ruas saluran memiliki kapasitas terpakai diatas 80%. dan pada kondisi muka air pasang di hilir. 10 ruas dari 16 ruas saluran memiliki kapasitas terpakai diatas 80%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3, dan untuk perletakannya dapat dilihat pada Gambar 3 sampai Gambar 6.

Kawasan di sekitar *outlet channel* menjadi kawasan yang rawan banjir karena debit yang berasal dari kawasan hulu sudah cukup besar dan tidak mampu di lewatkan seluruhnya oleh *outlet channel* yang ada. Besarnya debit yang tidak bisa terlewatkan di saluran dapat dilihat pada Tabel 4 dan lokasi titik terjadinya banjir dapat dilihat pada Gambar 7. **Lokasi** Untuk menata kawasan *outlet channel* dilakukan berbagai pemodelan dengan tujuan akhir menghilangkan banjir yang terjadi di kawasan ini, rekayasa yang bisa di lakukan adalah: (a)

Tabel 2. Debit dan kapasitas terpakai tiap ruassaluran

No	Ruas Saluran	Debit lewat (m ³ /det)	kapasitas terpakai (%)
1	Cki1	2.33	100
2	Cki2	10.83	86
3	Cki3	13.72	71
4	Cki4	20.64	69
5	Cki5	23.94	70
6	Cki6	5.58	78
7	Cki7	5.57	66
8	Cki8	12.31	52
9	CKa1	1.79	64
10	CKa2	3.17	69
11	CKa3	5.03	83
12	CKa4	8.08	98
13	CKa5	7.41	100
14	CKa6	29.56	87
15	CKa7	31.24	94
16	Cx1	20.05	70

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 3. Debit dan kapasitas terpakai tiap ruassaluran

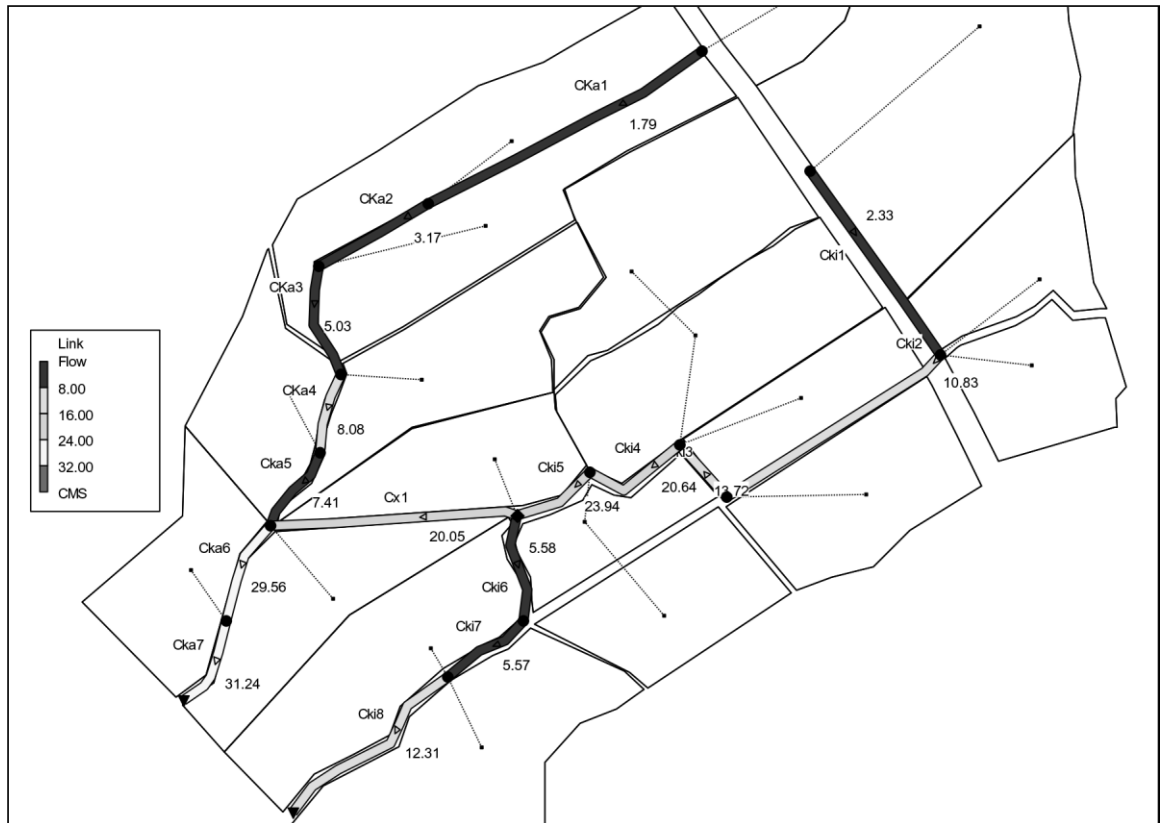
No	Ruas Saluran	Debit lewat (m ³ /det)	kapasitas terpakai (%)
1	Cki1	2.33	100
2	Cki2	10.83	86
3	Cki3	13.72	71
4	Cki4	20.64	69
5	Cki5	23.94	70
6	Cki6	3.97	88
7	Cki7	3.97	98
8	Cki8	14.74	100
9	CKa1	1.79	64
10	CKa2	3.17	69
11	CKa3	5.03	83
12	CKa4	8.08	98
13	CKa5	2.86	100
14	CKa6	26.64	91
15	CKa7	69.72	100
16	Cx1	21.67	73

Sumber: Hasil Perhitungan

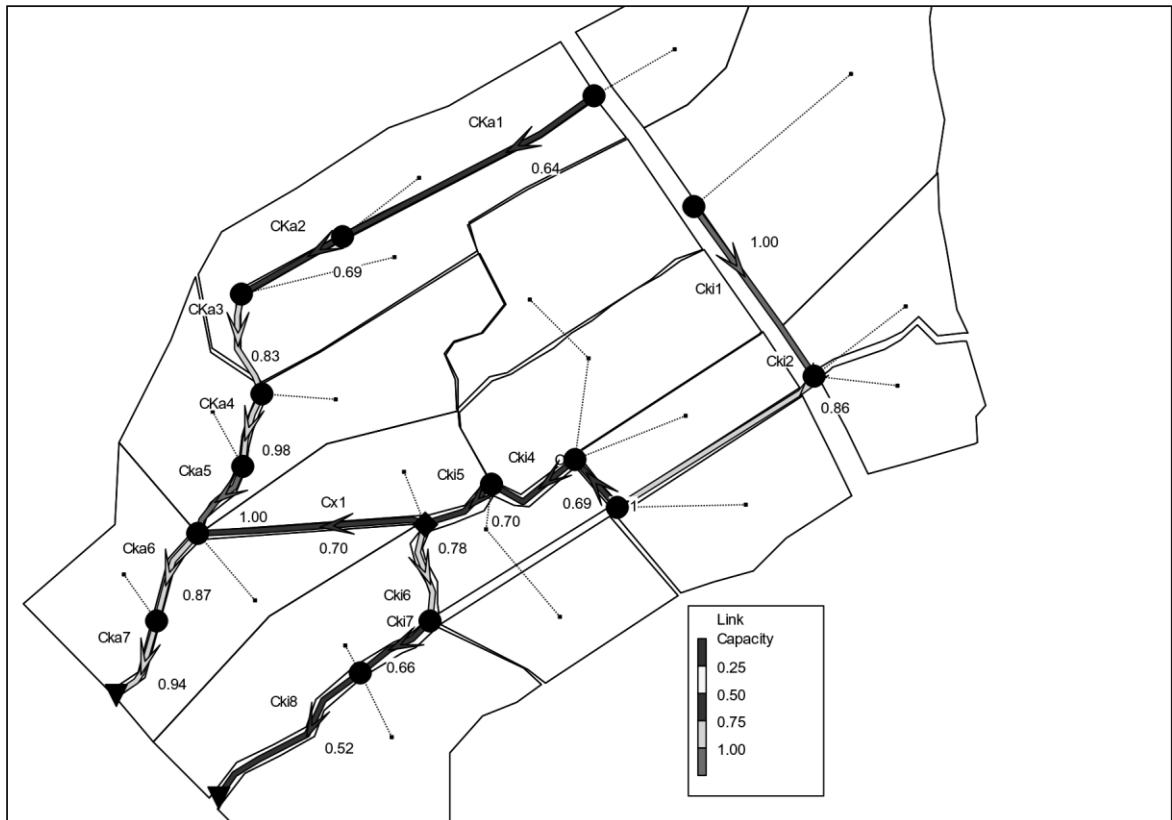
Tabel 4. Lokasi dan besarnya debit

No	Node	Debit Banjir (m ³ /det)
1	Jki1	7.18
2	Jki2	56.06
3	Jki8	27.54
4	Jka5	6.80
5	Jka7	103.01
Total		200.59

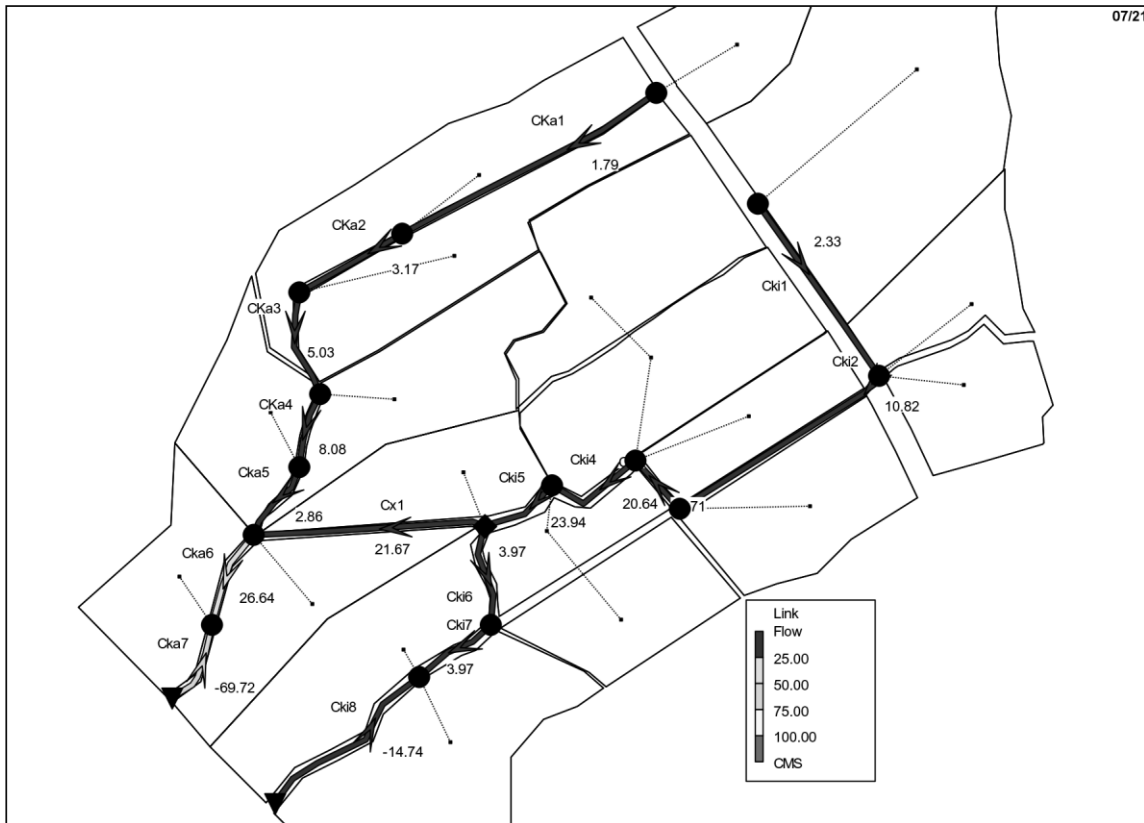
Sumber: Hasil Perhitungan



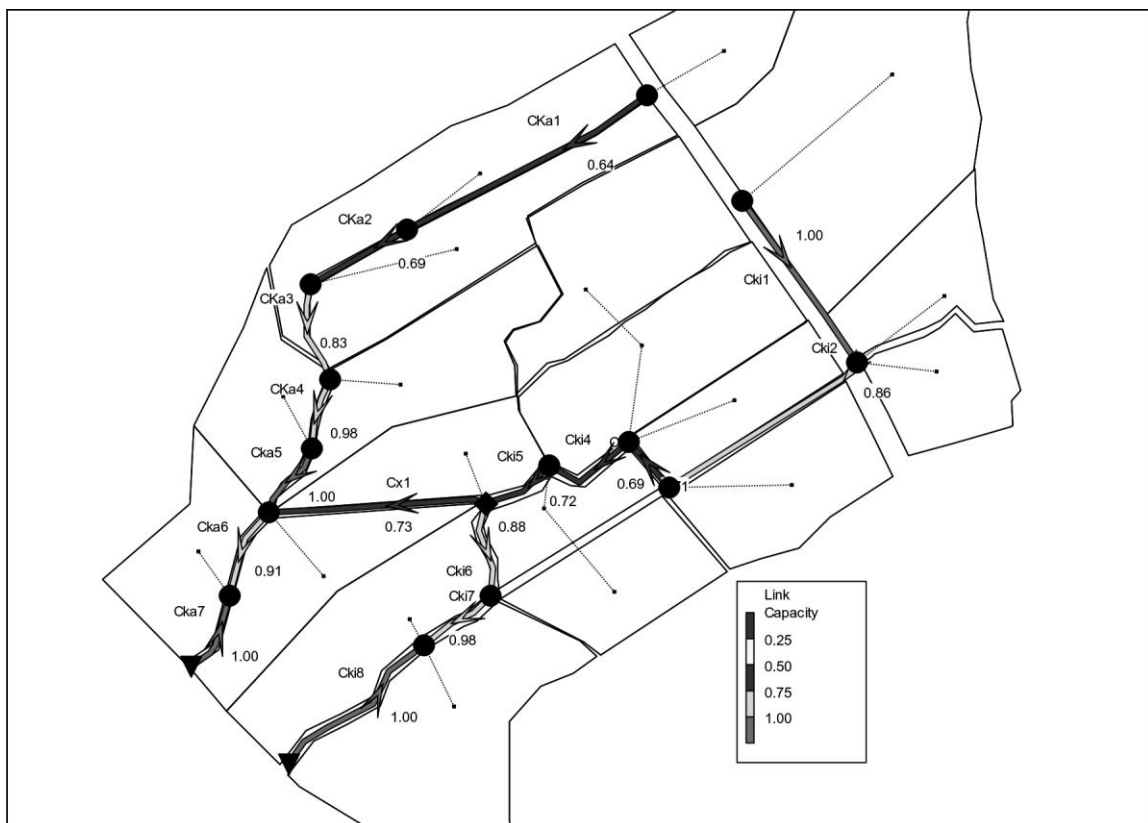
Gambar 3. Debit pada ruas saluran kondisi hilir tanpa



Gambar 4. Kapasitas pada ruas saluran kondisi hilir tanpa



Gambar 5. Debit pada ruas saluran kondisi hilir



Gambar 6. Kapasitas pada ruas saluran kondisi hilir

buat tanggul di kana kiri saluran. (c) Membagi debit

banjir dengan konstruksi retarding basin dan saluran pembawanya. (d) Membuat *local storage* yang berfungsi menampung air sementara dari kawasan di sekitar *outlet channel* yang tidak bisa masuk ke dalam saluran, dan mengalirkannya kembali ke dalam saluran saat muka air di *outlet channel* sudah menurun. (e) Mencegah pengaruh pasang masuk ke dalam sistem dengan membuat *tidal gate* dan tanggul pasang agar pasang yang terjadi tidak masuk ke outlet channel.

Rekap pemodelan yang dilakukan serta

Tabel 5. Rekapitulasi hasil

No	Model	Banjir (m ³ /det)	catatan
1	Kondisi Eksisting	Jki1 = 7.1 Jki2 = 56.0 Jki8 = 27.5 Jka5 = 6.8 Jka7 = 101.4 total = 199.0	
2	Pelebaran Saluran	Jki8 = 24.4 Jka5 = 7.4 Jka7 = 268.0 total = 299.8	butuh saluran yang sangat lebar
3	Pelebaran dan Tanggul	Jki8 = 23.6 Jka7 = 154.4 total = 178.1	Pelebaran saluran Tanggul Tampungan lokal
4	Pelebaran dan Tanggul Pintu Pasang Surut	Jki8 = 9.0 Jka7 = 77.5 total = 86.6	Pelebaran saluran Tanggul Tampungan lokal Pintu regulator
5	Pelebaran dan Tanggul Pintu Pasang Surut Retarding basin	tidak ada total = 0	Pelebaran saluran Tanggul Tampungan lokal Pintu regulator Retarding basin

Sumber: Hasil Perhitungan

KESIMPULAN

Dari berbagai pemodelan didapat konsep penataan yang bisa menghilangkan banjir dengan kala ulang 10 tahun yang terjadi diakibatkan oleh banjir kiriman dari hulu ditambah dengan banjir yang terjadi di kawasan hilir adalah dengan tindakan sebagai berikut.

Rekayasa dimensi dengan melebarkan saluran dan pembuatan tanggul di kanan kiri saluran dengan dimensi sebagai berikut.

Tabel 6. Dimensi rencana untuk

Ruas	H (m)	B (m)	M (m)	Keterangan
Cki1	2.00	4.00	1.00	Desain ulang
Cki2	2.50	8.00	1.00	Desain ulang
Cki3	2.50	8.00	0.25	Desain ulang
Cki4	2.50	8.00	0.25	Desain ulang
Cki5	2.50	8.00	0.25	Desain ulang
Cki6	1.52	3.06	1.00	Tetap
Cki7	1.47	3.21	1.00	Tetap
Cki8	1.54	5.25	1.00	Tetap
Cka1	1.32	1.54	1.00	Tetap
Cka2	1.46	1.44	1.00	Tetap
Cka3	2.00	4.00	1.00	Desain ulang
Cka4	2.50	5.00	1.00	Desain ulang
Cka5	2.50	5.00	1.00	Desain ulang
Cka6	2.50	12.00	1.00	Desain ulang
Cka7	2.50	12.00	1.00	Desain ulang
Cx1	2.50	12.00	0.50	Desain ulang

Sumber: Hasil Perhitungan

Pembuatan tampungan lokal untuk tiap *sub catchment* dihilir dengan dimensi sebagai berikut.

Tabel 7. Dimensi kebutuhan untuk tampungan lokal

Storage Unit	Luas (m ²)	Kedalaman (m)
Su8	27.000	1
Su9	5500	1
Su10	14000	1
Su11	7500	1
Su13	8000	1
Su14	15000	1

Sumber: Hasil Perhitungan

Pembuatan pintu pembuang untuk tampungan lokal dengan dimensi seperti terlihat pada tabel berikut.



Gambar 7. Lokasi titik lokasi

Tabel 8. Dimensi dan jumlah

Storage Unit	Volume (m ³)	Jumlah pintu	b (m)	h (m)
Su8	26.812	3.00	0.75	1.0
Su9	5.129	1.00	0.75	1.0
Su10	13.113	2.00	0.75	1.0
Su11	7.105	1.00	0.75	1.0
Su13	7.716	1.00	0.75	1.0
Su14	14.975	2.00	0.75	1.0

Sumber: Hasil Perhitungan

Pembuatan *tidal gate* untuk menjegah pasang masuk ke dalam sistem dengan dimensi sebagai berikut.

Tabel 9. Dimensi *tidal*

Pintu Otomatis	Lebar Pintu (m)	Tinggi Pintu (m)
O1	3	2
O2	3	2

Sumber: Hasil Perhitungan

Pembuatan *retardingbasin* untuk menampung air banjir dari hulu saat *outlet* tertutup karena pasang dengan dimensi sebagai berikut:

Tabel 10. Dimensi *retarding*

Retarding Basin	Genangan (m ²)	Kedalaman (m)
Su16	90.000	3
Su 19	3.500	1

Sumber: Hasil Perhitungan

DAFTAR PUSTAKA

J, Kodoatie, Robert. 2001. *Hidrolika Terapan, Aliran Pada Saluran terbuka dan Pipa*. Yogyakarta: ANDI.
 Pratikto,WA. 2009. *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut*. Yogyakarta: BPF.
 Sumarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
 Harto, Sri. 1993 *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
 Triatmojo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Off- set.
 Suripin. 2003. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI.
 NRM Laboratory. 2009. *Storm Water Management Model User Manual Version 5*. US Environmental Protection Agency.