

ANALISIS POLA OPERASIONAL PINTU AIR KANAL BANJIR TIMUR UNTUK PENGENDALIAN BANJIR

Arif Firmanto¹, Umboro Lasminto², Theresia Sri Sidharti²

¹Mahasiswa Magister Manajemen Aset Infrastruktur, Fakultas Teknik, Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, arif.firmanto@gmail.com

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Abstrak

Salah satu upaya pengendalian banjir di Jakarta adalah pembangunan Kanal Banjir Timur (KBT). Sistem pengendalian banjir KBT dalam perencanaan awal menampung debit banjir dari 7 (tujuh) sungai, yaitu Sungai Cipinang, Sungai Sunter, Sungai Buaran, Sungai Jatikramat, Sungai Cibening, Sungai Cakung, dan Sungai Blencong. Saat ini KBT direncanakan akan menampung debit banjir dari sungai Ciliwung, yang direncanakan akan mulai beroperasi pada desember 2015. Pada penelitian ini direncanakan untuk menganalisa pola operasional pintu air Eksisting terhadap rencana penambahan debit dari sudetan Ciliwung – KBT. Simulasi dilakukan sebelum dan setelah sudetan Ciliwung – KBT beroperasi. Dari hasil kedua simulasi tersebut selanjutnya dilakukan modifikasi pola operasional yang paling optimal dengan memperhitungkan besarnya debit banjir yang terjadi pada masing-masing ruas saluran KBT. Dari hasil analisa menggunakan debit banjir kala ulang 100 tahun dengan pola operasional eksisting setelah beroperasinya sudetan Ciliwung – KBT, sal. KBT masih mampu untuk mengalirkan debit banjir yang terjadi. Pada sal. KBT ruas WEIR I – WEIR III debit yang terjadi sebesar 486.79 m³/detik. Pada ruas tersebut debit maksimum yang terjadi melebihi jagaan tinggi muka air banjir yang berupa *sheetpile* namun tidak terjadi *overtopping*. Dengan menggunakan modifikasi pola operasional dapat meminimumkan debit yang masuk ke ruas WEIR I – WEIR II sebesar 28.96 m³/detik. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi debit yang masuk ke ruas WEIR I - WEIR III adalah memfungsikan kembali bagian hilir sungai Sunter dan Buaran. Modifikasi pola operasional tidak berpengaruh terhadap kejadian banjir pada sungai Cipinang tanggal 24 juli 2014. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan normalisasi sungai Cipinang. Dalam penelitian ini upaya memfungsikan kembali bagian hilir sungai Sunter dan Buaran maupun normalisasi sungai Cipinang merupakan desain dasar maka diperlukan penelitian lanjutan

Kata Kunci : *Banjir, KBT, Sudetan, Pola operasional*

Pendahuluan

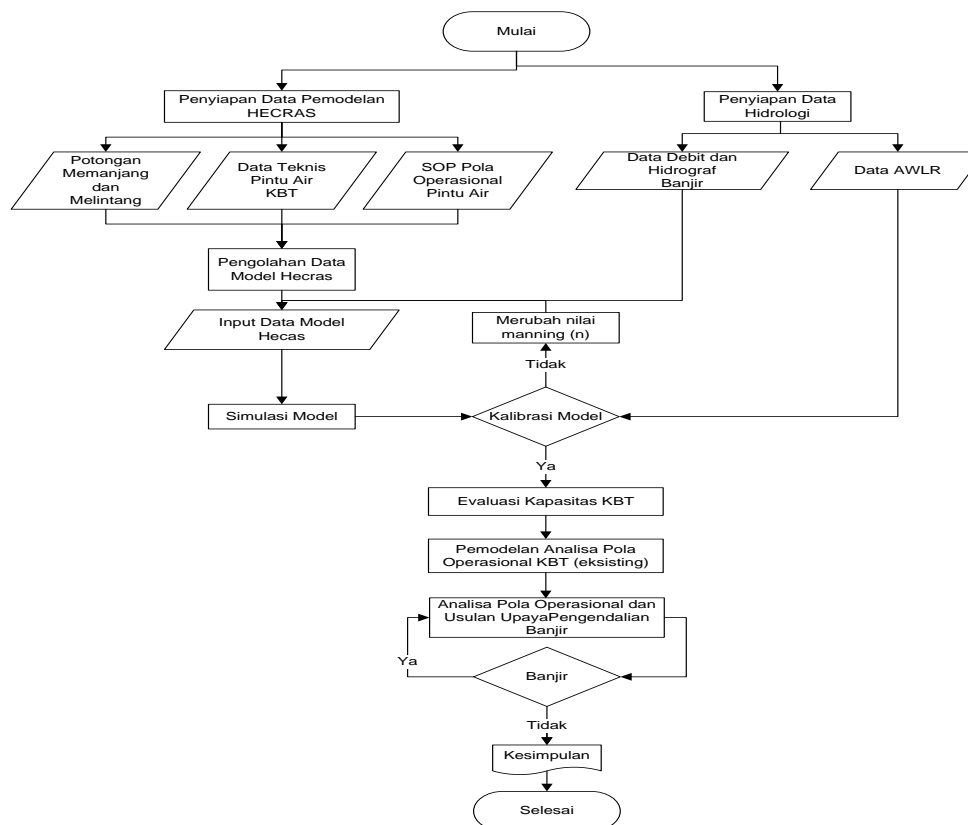
Bencana banjir kerap kali melanda kota Jakarta ketika musim hujan, Salah satu upaya pengendalian banjir di Jakarta adalah pembangunan Kanal Banjir Timur (KBT). Sistem pengendalian banjir KBT dalam perencanaan awal menampung debit banjir dari 7 (tujuh) sungai Cipinang sungai sunter, sungai Buaran, sungai Jatikramat, sungai Cibening, sungai Cakung dan sungai Blencong. Dalam perkembangannya saat ini KBT direncanakan akan menampung debit banjir dari sungai Ciliwung sebesar 60 m³/detik, yang direncanakan akan mulai beroperasi pada desember 2015. Saluran KBT dilengkapi 4 pintu pengendali banjir di sepanjang saluran yaitu Bendung Cipinang, WEIR I, WEIR II dan WEIR III yang mempunyai fungsi masing-masing dalam upaya pengendalian banjir sekaligus menjaga kapasitas saluran.

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan kapasitas debit banjir maksimum yang dapat dialirkan pada masing-masing ruas saluran KBT, menganalisa pola operasional masing-masing pintu air yang ada saat ini terhadap pengalihan sebagian debit banjir dari sungai Ciliwung.

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi saluran KBT dengan pola operasional pintu air yang ada saat ini akibat pengaruh pengalihan debit dari sungai Ciliwung .

Bahan dan Metode Penelitian

Agar penelitian dapat terarah maka dibuat bagan alir penelitian, yang memuat tahapan penelitian yang akan dilakukan, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Penelitian mengenai analisa pola operasional pintu air ini berlokasi di daerah aliran dari sistem KBT, yang meliputi beberapa sungai yaitu sungai Cipinang, sungai Sunter, sungai Buaran, sungai Jatikramat, sungai Cibening, sungai Cakung, sungai Blencong dan sudetan Ciliwung – KBT (beroperasi desember 2015). Sedangkan infrastruktur yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengendalikan banjir adalah KBT yang berada di propinsi DKI Jakarta yang membentang dari Jakarta Timur hingga bermuara di laut utara Pulau Jawa.

Pengumpulan Data

- Data yang digunakan dalam melakukan penelitian ini meliputi :
- Pengambilan gambar dan dokumentasi saat peninjauan secara langsung di lokasi penelitian
- Data debit yang didapatkan dari pencatatan tinggi muka air pada masing – masing sungai dan saluran KBT.
- Potongan Melintang dan Memanjang Saluran Kanal Banjir Timur, Sungai Cipinang dan rencana sudetan Ciliwung ke KBT yang diperoleh dari BBWS Ciliwung Cisadane, dan beberapa literatur pendukung yang terkait dengan penelitian ini.
- Data Hidrologi berupa hidrograf debit banjir rencana yang tercakup dalam DAS Kanal Banjir Timur analisa yang dilakukan oleh BBWS Ciliwung Cisadane.
- Potongan melintang bangunan melintang sungai berupa pintu air maupun bendung,
- Petunjuk operasional pintu pengendali banjir di KBT saat ini.
- Data pendukung lain yang relevan.

Analisa Hidrolika

Hec-Ras 4.1.0 merupakan program yang dikembangkan oleh U.S. Army. Program ini merupakan alat bantu dalam menganalisis profil muka air. Perhitungan program ini berdasarkan pada penyelesaian persamaan aliran satu dimensi melalui saluran terbuka. Aliran satu dimensi ditandai dengan besarnya kecepatan yang sama pada seluruh penampang atau digunakan kecepatan rata-rata (Sumber : Hec-Ras 4.1.0 Users Manual).

Analisa hidrolika dilakukan untuk mengetahui kemampuan saluran Kanal Banjir Timur dalam upaya pengendalian banjir setelah beroperasinya sudetan Ciliwung – KBT menggunakan debit banjir rencana kala ulang 100 tahunan sesuai dalam perencanaan awal bahwa saluran KBT didesain dapat mengalirkan debit banjir rencana

kala ulang 100 tahunan. Pada penelitian ini dibagi dalam 2 (dua) tahap. Tahap pertama dicoba menggunakan pola operasional eksisting pada pintu-pintu pengendali banjir saluran KBT yang selanjutnya diketahui kondisi saluran KBT dalam mengalirkan debit banjir rencana kala ulang 100 tahunan. Tahap kedua yaitu berdasarkan hasil analisa hidrolika pada saluran KBT menggunakan pola operasional eksisting selanjutnya dilakukan modifikasi pola operasional pada pintu pengendali banjir yang terdapat di saluran KBT.

Standar operasional prosedur operasional 3 (tiga) pintu air KBT.

Pola Operasional Pada Weir I.

- Pada kondisi normal (musim kemarau atau tidak banjir), pintu-pintu Weir I ditutup untuk mempertahankan muka air pada elevasi P.P + 7,88 atau muka air normal.
- Pada kondisi banjir (muka air naik melampui MAN) / P.P + 7,88 pintu- pintu dibuka sebagian/semuanya dimulai dari bagian tengah, sesuai dengan debit banjir yang akan lewat berdasarkan informasi/petunjuk dari stasion pusat yang berlokasi di Kantor BBWSCC, untuk persiapan operasi pintu-pintunya.

Pola Operasional Pada Weir II.

- Pada kondisi normal (musim kemarau atau tidak banjir), pintu-pintu Weir I ditutup untuk mempertahankan muka air pada elevasi P.P + 4,43 atau muka air normal.
- Pada kondisi banjir (muka air naik melampui MAN) / P.P + 4,43 pintu- pintu dibuka sebagian/semuanya dimulai dari bagian tengah, sesuai dengan debit banjir yang akan lewat berdasarkan informasi/petunjuk dari stasion pusat yang berlokasi di Kantor BBWSCC, untuk persiapan operasi pintu-pintunya.

Pola Operasional Pada Weir III.

- Pada kondisi normal (musim kemarau atau tidak banjir), pintu-pintu Weir I ditutup untuk mempertahankan muka air pada elevasi P.P + 1,85 atau muka air normal.
- Pada kondisi banjir (muka air naik melampui MAN) / P.P + 1,85 pintu- pintu dibuka sebagian/semuanya dimulai dari bagian tengah, sesuai dengan debit banjir yang akan lewat berdasarkan informasi/petunjuk dari stasion pusat yang berlokasi di Kantor BBWSCC, untuk persiapan operasi pintu-pintunya.

Hasil dan Pembahasan

Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa debit banjir rencana kala ulang, Adapun analisa hidrologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisa hidrologi yang sudah ada yaitu analisa hidrologi pada DAS Kanal Banjir Timur meliputi DAS Cipinang, DAS Sunter, DAS Buaran, DAS Jatikramat, DAS Cibening, DAS Cakung, DAS Blencong yang dilakukan melalui kegiatan swakelola oleh Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane pada tahun 2013, dan analisa hidrologi pada DAS Ciliwung yang dilakukan melalui kegiatan Laporan Hidrologi kegiatan Detail Desain Floodway Ciliwung – Kanal Banjir Timur oleh konsultan PT. Indra Karya pada tahun 2011

Tabel 1. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana DAS pada Sistem Pengendali Banjir Kanal Banjir Timur

DAS	Debit Banjir Kala Ulang (m ³ /detik)					
	2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th
Cipinang	83.79	105.97	107.04	126.29	129.70	135.17
Sunter	96.94	122.65	132.14	146.12	150.03	156.35
Buaran	49.34	62.68	67.30	74.33	76.09	79.19
Jatikramat	48.20	61.00	65.69	72.63	74.54	77.65
Cibening	32.30	41.03	44.06	48.66	49.81	51.84
Cakung	80.71	102.26	110.04	121.65	124.78	129.98
Blencong	66.75	84.35	90.96	100.61	103.39	107.78
Ciliwung	320.98	397.13	446.5	507.19	551.43	595.17

Sumber : Laporan hidrologi kegiatan swakelola Monitoring evaluasi PPK Program perencanaan, 2014 dan Laporan Hidrologi Pekerjaan DD Floodway Ciliwung- BKT, PT. Indra Karya, 2011

Pasang Surut Muka Air Laut di Muara KBT

Pada penelitian ini Data pasang surut muka air laut yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Data pasang surut muka air laut yang berasal dari instansi BMG Prop. DKI Jakarta dengan lokasi pencatatan yang berada di stasiun pencatat tinggi muka air laut Tanjung Priok (teluk Jakarta) berlokasi ± 8 Km sebelah barat muara KBT. Adapun rekapitulasi pasang surut tinggi muka air laut pada teluk Jakarta sebagai berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi Tinggi Pasang Surut Muka Air Laut Maksimum di Teluk Jakarta (Sta. Tanjung Priok) Bulan Januari - Desember 2014

Jam	TMA Maksimum (m)	Jam	TMA Maksimum (m)
01.00	0.90	13.00	0.90
02.00	0.90	14.00	0.80
03.00	0.90	15.00	0.70
04.00	0.90	16.00	0.80
05.00	0.90	17.00	0.90
06.00	1.10	18.00	1.00
07.00	1.10	19.00	1.10
08.00	1.10	20.00	1.10
09.00	1.10	21.00	1.10
10.00	1.10	22.00	1.10
11.00	1.10	23.00	1.10
12.00	1.00	24.00	0.90

Sumber : Pencatatan Pasang Surut Tinggi Muka air Laut Teluk Jakarta. BMG DKI Jakarta, 2014

Kalibrasi Model

Berdasarkan running Hecras dengan merubah angka manning (n), pada model yang paling mendekati kondisi dilapangan pada titik pantau AWLR Weir I (Sta. 246) adalah dengan nilai $n = 0.03$ dengan persentase error sebesar (uji RMSE) adalah 0.020310096

Tabel 3. Uji Kalibrasi Sal KBT AWLR Weir I (Sta. 246)

No	Tahun	TMA pengamatan (m)	TMA+ elevasi dasar (m)	Debit (m ³ /s)	TMA HECRAS (m)	$((4)-(6))^2$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	2011	3.08	7.08	153.60	7.090	0.000
2	2011	3.09	7.09	154.30	7.100	0.000
3	2012	3.10	7.10	155.30	7.110	0.000
4	2012	3.12	7.12	158.30	7.140	0.000
5	2013	3.13	7.13	160.30	7.160	0.001
6	2013	3.14	7.14	162.30	7.180	0.002
7	2014	3.08	7.08	153.10	7.090	0.000
8	2014	3.08	7.08	153.60	7.090	0.000

NO	Nilai Uji (Angka Manning (n))	Persentase Error (Uji RMSE)
1	0.025	0.230271579
2	0.028	0.07566373
3	0.03	0.020310096
4	0.032	0.110227038
5	0.035	0.239556883

Sumber : Hasil Analisa

Rekapitulasi nilai manning (n) hasil kalibrasi.

Berdasarkan running Hecras dengan merubah angka manning (n), pada model yang paling mendekati kondisi dilapangan pada titik pantau AWLR masing - masing sungai didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Rekapitulasi Uji Kalibrasi Sal. KBT dan anak - anak sungai

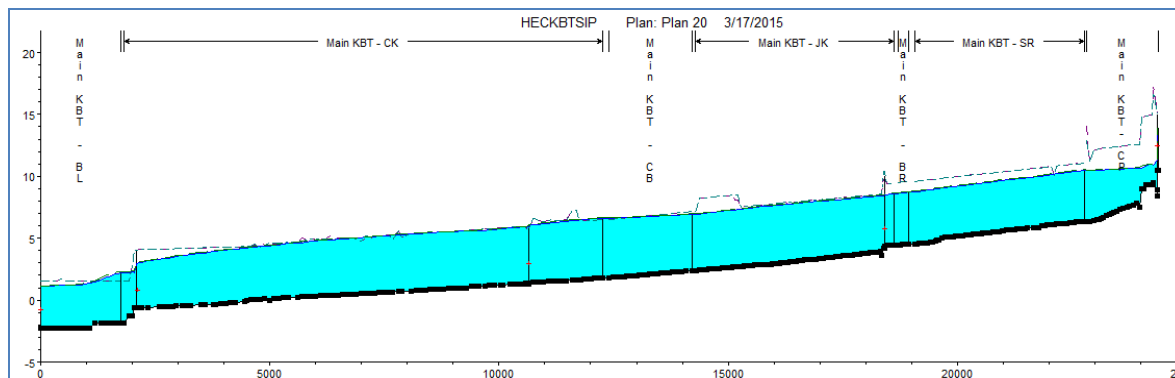
No	Sungai	Nilai Uji / Angka Manning (n)	Persentase Error / Nilai RMSE
1	Cipinang	0.035	0.0535
2	Sunter	0.03	0.0267
3	Buaran	0.03	
4	Jatikramat	0.03	0.0541
5	Cibening	0.03	
6	Cakung	0.032	0.043
7	Blencong	0.03	0.05
8	KBT		
-	- WEIR I	0.03	0.02
-	- WEIR II	0.03	0.06
-	- WEIR III	0.032	0.032

Sumber : Hasil Analisa

Hasil Simulasi saluran KBT sebelum sudetan Ciliwung – KBT beroperasi menggunakan pola operasional eksisting.

Berdasar hasil simulasi dengan analisa unsteady flow, sebelum beroperasinya sudetan Ciliwung – KBT, menggunakan standar pola operasional prosedur eksisting. Dengan debit banjir rencana kala ulang 100 tahunan pada beberapa ruas saluran KBT, debit air yang terjadi melebihi batas jagaan tinggi muka air maksimum yang berupa

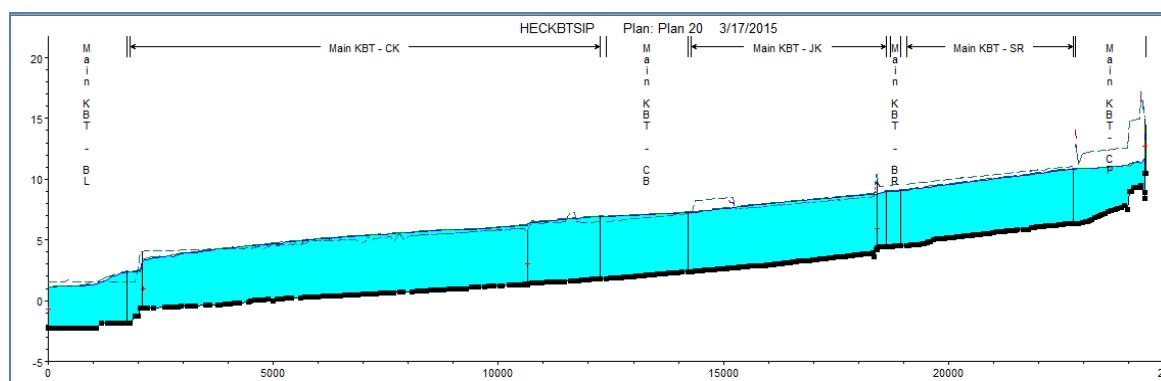
sheetpile namun tidak terjadi overtoping / limpasan yaitu pada ruas WEIR II – WEIR III dengan debit yang terjadi sebesar 421,94 m³/detik (El +6.12 m) dari tinggi jagaan muka air banjir pada ruas tersebut pada elevasi El +6 m. Pada saluran KBT ruas bendung Cipinang – WEIR I dengan debit maksimum yang terjadi sebesar 322.09 m³/detik. Pada ruas WEIR I – WEIR II debit banjir maksimum yang terjadi sebesar 427.56 m³/detik, pada WEIR II tinggi muka air yang terjadi pada elevasi +6.12 dimana tinggi jagaan muka air banjir pada ruas tersebut pada elevasi +6.



Gambar 2. Profil muka air potongan memanjang saluran KBT

Hasil Simulasi saluran KBT sebelum sudetan Ciliwung – KBT beroperasi menggunakan pola operasional eksisting.

Berdasar hasil simulasi dengan analisa unsteady flow, setelah beroperasinya sudetan Ciliwung – KBT, menggunakan standar pola operasional prosedur eksisting. Dengan debit banjir rencana kala ulang 100 tahunan pada beberapa ruas saluran KBT, debit air yang terjadi melebihi batas jagaan tinggi muka air maksimum yang berupa sheetpile namun tidak terjadi overtoping / limpasan yaitu pada ruas pertemuan S. Cibening – pertemuan Cakung dengan debit yang terjadi sebesar 388.47 m³/detik (El +7.33 m) dari jagaan tinggi muka air banjir maksimum pada El +7.14 m, ruas pertemuan S. Cakung – WEIR II dengan debit yang terjadi sebesar 487.75 m³/detik (El +7.01 m) dari jagaan tinggi muka air banjir maksimum pada El +6.5 m, ruas WEIR II – WEIR III dengan debit yang terjadi sebesar 486,79 m³/detik (El +6.47 m) dari jagaan tinggi muka air banjir maksimum pada El +6 m.



Gambar 3. Profil muka air potongan memanjang saluran KBT

Berikut rekapitulasi kondisi saluran KBT dan sungai-sungai yang bermuara di KBT sebelum dan setelah sudetan Ciliwung – KBT beroperasi.

Tabel 5. Rekapitulasi kondisi sebelum dan sesudah sudetan Ciliwung – KBT beroperasi (Pola Operasional Eksisting)

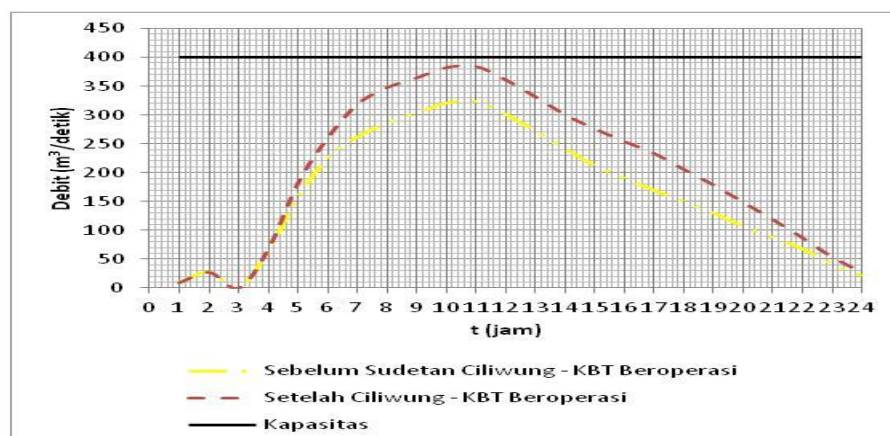
No	Sungai	Q 100 th Sebelum Sudetan Beroperasi	Q 100 th Setelah Sudetan Beroperasi
1	Cipinang		
	Jembatan Halim - Pertemuan Sudetan	135.17	135.17
	Pertemuan Cipinang dan Sudetan - Bendung Cipinang (KBT)	129.89	189.97
2	KBT		
	Bendung Cipinang - Pertemuan Sunter	129.97	190.06
	Pertemuan Sunter - Pertemuan Buaran	283.1	343.67
	Pertemuan Buaran - Pertemuan Jatikramat	285.97	347.78
	Pertemuan Jatikramat - WEIR I	322.09	383.9
	WEIR I - Pertemuan Cibening	322.22	384.08
	Pertemuan Cibening - Pertemuan Cakung	325.18	388.47
	Pertemuan Cakung - WEIR II	427.56	486.79
	WEIR II - WEIR III	421.94	483.37
	WEIR III - Pertemuan Blencong	418.67	478.38
	Pertemuan Blencong - Muara	523.2	588.55
3	Sunter	155.9	156.35
4	Buaran	78.96	79.19
5	Jatikramat	77.14	77.65
6	Cibening	51.43	51.84
7	Cakung	129.57	129.98
8	Blencong	107.78	107.78

Sumber : hasil analisa

Ket : Dicetak tebal debit yang terjadi melebihi kapasitas alir

WEIR I (BKT. 241 + 160)

Pada WEIR I yang berfungsi sebagai pintu air yang menjaga saluran KBT ruas bendung Cipinang - WEIR I, ruas WEIR I – WEIR II dan anak sungai nya agar saluran / sungai dapat menampung debit air semaksimal mungkin sehingga tidak terjadi overtopping / limpasan yang mengakibatkan banjir pada sungai tersebut. Dengan menggunakan pola operasional eksisting baik sebelum dan setelah sudetan Ciliwung – KBT beroperasi saluran KBT pada ruas bendung Cipinang – WEIR 1 masih mampu mengalirkan debit banjir kala ulang 100 tahunan yang disajikan dalam gambar berikut ini :



Gambar 4. Debit banjir yang terjadi pada WEIR I ketika melewati debit banjir rencana kala ulang 100 tahunan

Pada saluran KBT ruas Bendung Cipinang – WEIR I debit air yang terjadi sebesar 322.09 m³/detik sebelum sudetan Ciliwung – KBT beroperasi dan 383.9 m³/detik setelah sudetan Ciliwung – KBT beroperasi dari debit air maksimum yang dapat dialirkan pada ruas tersebut sebesar 400 m³/detik namun terjadi ketidak mampuan saluran / sungai dalam menampung debit banjir rencana kala ulang 100 tahunan yaitu pada S. Cipinang yang berada pada hulu Weir I dan saluran KBT pada ruas Weir I – Weir II yang berada pada hilir WEIR I yang ditunjukkan pada tabel dan gambar sub pokok bahasan sebelumnya.

A) Data Teknis WEIR I :

- Jumlah Pintu Air : 4 Buah, Bentang Bersih : 6.7 m
- Tinggi Angkat : 7.1 m
- Kecepatan Angkat : 0.25 m / menit

Tabel 6. Tinggi bukaan pintu dan debit yang dialirkan pada WEIR I

Tinggi Bukaan Pintu	Bukaan 1 Pintu	Bukaan 2 Pintu	Bukaan 3 Pintu	Bukaan 4 Pintu
0	0	0	0	0
0.5	26.32	52.28	77.84	102.91
1	52.19	102.63	151.28	197.55
1.5	77.61	151.06	219.74	283.23
2	102.48	197.29	283.29	358.78
2.5	126.91	240.98	340.87	422.91
3	150.71	283.03	392.29	476.1
3.5	174.14	322	437.21	519.67
4	196.62	357.86	475.44	555.71
4.2	217.07	387.76	506.07	582.4

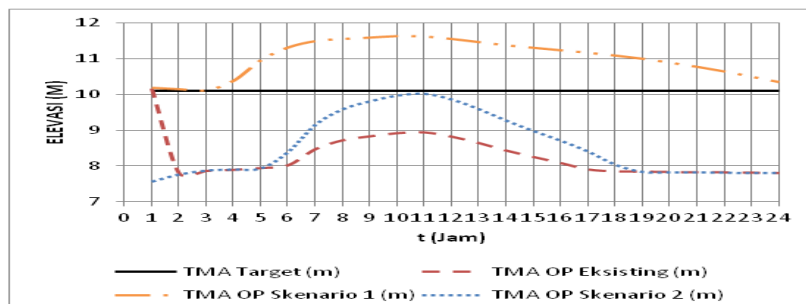
Sumber : Analisa

Menggunakan analisa *unsteady-flow* dengan cara mengkombinasikan pola bukaan pintu air. Diharapkan Weir I dapat menahan debit air yang masuk ke hilir WEIR I dan dapat mengurangi genangan banjir akibat limpasan pada S. Cipinang sekaligus memaksimalkan kapasitas saluran KBT ruas bendungan Cipinang – Weir I, dengan cara kombinasi pola bukaan pintu air

Skenario pertama adalah menutup seluruh pintu air pada WEIR I untuk memaksimalkan kapasitas saluran KBT ruas Bendung Cipinang – WEIR I untuk mengurangi debit yang masuk hilir WEIR I.

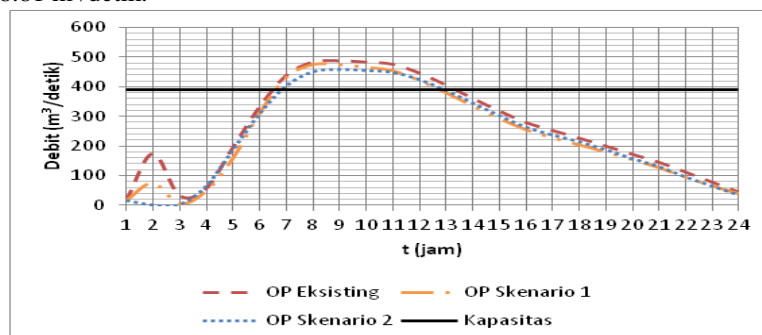
Dengan penutupan penuh pintu air pada WEIR I tinggi muka air pada WEIR I melebihi batas jagaan tinggi muka air yang disyaratkan, tinggi muka air pada elevasi +11.63 m dari yang disyaratkan pada elevasi +10 m, dengan penutupan pintu air pada WEIR I terjadi limpasan pada S. Sunter pada patok 140, 160, dan 180 sampai dengan 200. Limpasan juga terjadi pada S. Jatikramat yaitu pada patok 334, dan 540 sampai dengan 693. Pada saluran KBT yang berada di hulu WEIR I pada patok BKT.338+200, BKT.259, BKT.260, BKT.252, BKT.247, dan hampir disepanjang ruas S. Cipinang. Dibandingkan dengan pola operasional eksisting pada hilir WEIR I (BKT. 121+100) terjadi penurunan debit sebesar 13.23 m³/detik pada saat terjadinya waktu puncak terjadinya banjir. Skenario kedua adalah mengkombinasikan buka pintu air pada WEIR I untuk memaksimalkan kapasitas di hulu WEIR I dan meminimalkan debit yang masuk ke hilir WEIR I, dari beberapa kali kombinasi bukaan pintu air didapat kombinasi yang maksimal sebagai berikut :

Pada saat musim hujan kondisi awal Pintu air ditutup untuk mempertahankan elevasi muka air pada elevasi +7.8 sebagai *maintenance flow* . Pada Weir I yang berjumlah 4 buah pintu air. 2 buah Pintu air mulai dioperasikan untuk dibuka yaitu pintu air 2 dan 3 yang berada ditengah ketika ketinggian muka air berada pada elevasi + 7.9 dengan tinggi bukaan maksimal sebesar 3 meter atau pada elevasi +7.5 sedangkan 2 pintu air yang lain tetap ditutup dan mulai dioperasikan ketika ketinggian muka air pada WEIR I mendekati elevasi +9 m. Pintu air mulai dioperasikan untuk ditutup penuh ketika ketinggian muka air mengalami penurunan dan dijaga pada elevasi + 7.8 untuk mempertahankan muka air pada elevasi +7.8. Pada WEIR II menggunakan pola operasional eksisting. Dengan kombinasi bukaan pintu air diatas didapat hasil sebagai berikut:



Gambar. 5. Perbandingan tinggi muka pada WEIR I dengan berbagai kondisi pola operasional saat mengalirkan debit banjir kala ulang 100 tahun

Dengan modifikasi pola operasional diatas dapat memaksimalkan kapasitas tampungan pada hulu WEIR I dengan tinggi muka air tertinggi yang terjadi pada WEIR I di elevasi +10.01 dari batas tinggi muka air yang disyaratkan pada elevasi +10.1. dan terjadi pengurangan debit banjir pada waktu puncak terjadinya banjir pada hilir WEIR I (BKT. 121+100) dengan pola operasional eksisting pada ruas tersebut debit banjir yang terjadi sebesar 487.75 m³/detik dengan skenario ke 2 debit pada ruas tersebut menjadi 458.94 m³/detik atau terjadi penurunan sebesar 28.81 m³/detik.



Gambar. 6. Perbandingan debit banjir yang terjadi pada hilir WEIR I (BKT. 121+100) dengan berbagai kondisi pola operasional

B) WEIR II (BKT. 103 + 300)

Pada WEIR II yang berfungsi sebagai pintu air yang menjaga saluran KBT ruas WEIR I – WEIR II, ruas WEIR II- WEIR III dan anak sungai nya agar saluran / sungai dapat menampung debit air semaksimal mungkin sehingga tidak terjadi overtopping / limpasan yang mengakibatkan banjir pada sungai tersebut.

Data Teknis WEIR II :

- Jumlah Pintu Air : 5 Buah, Bentang Bersih : 6.6 m
- Tinggi Angkat : 7.1 m
- Kecepatan Angkat : 0.25 m / menit

Tabel 7. Tinggi bukaan pintu dan debit yang dialirkan pada WEIR II

Tinggi Bukaan Pintu	Bukaan 1 Pintu	Bukaan 2 Pintu	Bukaan 3 Pintu	Bukaan 4 Pintu	Bukaan 5 Pintu
0	0	0	0	0	0
0.5	19.27	41.31	65.41	90.75	116.6
1	39.38	84.78	132.78	178.45	225.9
1.5	60.21	128.97	195.73	261.46	316.56
2	81.44	172.58	258.06	329.65	386.61
2.5	102.94	211.95	310.86	384.6	434
3	124.8	253.98	393.75	424.83	466.88
3.5	146.41	290.48	418.24	451.89	490.9
4	164.79	319.5	418.24	473.86	509.56

Sumber : Hasil Analisa

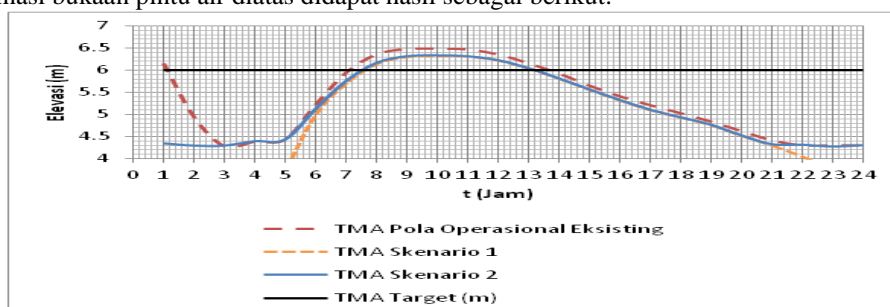
Dengan menggunakan pola operasional eksisting sebelum beroperasinya sudetan Ciliwung – KBT, saluran KBT ruas WEIR I – WEIR II debit air yang terjadi melewati batas tinggi jagaan muka air yang berupa sheetpile pada elevasi +6.5, debit air maksimum yang terjadi pada BKT. 121+100 sebesar 427.56 m³/detik (El +6.7) dan setelah sudetan Ciliwung – KBT beroperasi saluran KBT pada ruas WEIR I – WEIR II tinggi muka air melewati tinggi jagaan muka air banjir dengan debit maksimum yang terjadi sebesar 482.75 m³/detik (El +7.01), dengan

modifikasi pada WEIR I debit yang terjadi sebesar $458.94 \text{ m}^3/\text{detik}$ (El +6.86) dari tinggi jagaan muka air banjir maksimum yang disyaratkan pada ruas pada El +6.5. Menggunakan analisa unsteady-flow dengan cara mengkombinasikan pola bukaan pintu air. Diharapkan Weir II dapat mengalirkan debit air lebih cepat ke saluran KBT ruas Weir II – Weir III (hilir Weir I) agar dapat menjaga elevasi muka air pada jagaan tinggi muka air banjir maksimum di saluran KBT hulu Weir II sekaligus memaksimalkan kapasitas saluran KBT hilir Weir II. Skenario pertama adalah pada WEIR I menggunakan pola operasional modifikasi dan pada WEIR II membuka penuh pintu air pada Weir II untuk mengurangi debit banjir pada hulu WEIR II dan memaksimalkan kapasitas di hilir WEIR II.

Dengan membuka penuh pintu air pada WEIR II pengurangan debit air saat terjadinya waktu puncak terjadinya banjir pada saluran KBT patok BKT. 131+100 tidak lebih dari $1 \text{ m}^3/\text{detik}$. Skenario kedua mengkombinasikan buka pintu air pada WEIR II untuk meminimalkan debit air yang terjadi pada hilir WEIR II, dari beberapa kali kombinasi bukaan pintu air didapat kombinasi yang maksimal sebagai berikut :

- Pada kondisi awal semua Pintu air ditutup dan untuk mempertahankan tinggi muka air pada elevasi +4.3 sebagai maintenance flow.
- Pada WEIR II yang terdapat 5 buah pintu air, pintu air mulai dioperasikan untuk dibuka 2 buah ketika terjadi kenaikan tinggi muka air mendekati elevasi + 5. Semua pintu air dioperasikan untuk dibuka penuh apabila tinggi muka air pada WEIR II naik mendekati elevasi +5.5
- Pintu air mulai dioperasikan untuk ditutup penuh ketika terjadi penurunan tinggi muka air untuk mempertahankan muka air pada elevasi +4.3 sebagai *maintenance flow*.

Dengan kombinasi bukaan pintu air diatas didapat hasil sebagai berikut:



Gambar 7. Tinggi muka air yang terjadi pada WEIR II dengan pola operasional eksisting dan modifikasi pola operasional

Dengan modifikasi pola operasional pada WEIR II dapat mengurangi tinggi muka air yang terjadi pada jam ke-1 terjadinya banjir sekaligus dapat mempertahankan elevasi muka air pada elevasi +4.3 sebagai maintenance flow.

C) WEIR III (BKT. 23 + 300)

Pada WEIR III yang berfungsi sebagai pintu air yang menjaga saluran KBT ruas WEIR II – WEIR III, ruas WEIR III- muara dan S.Blencong agar dapat menampung debit air semaksimal mungkin sehingga tidak terjadi overtopping / limpasan yang mengakibatkan banjir pada sungai / saluran tersebut dan menahan backwater dari air laut.

Data Teknis WEIR II :

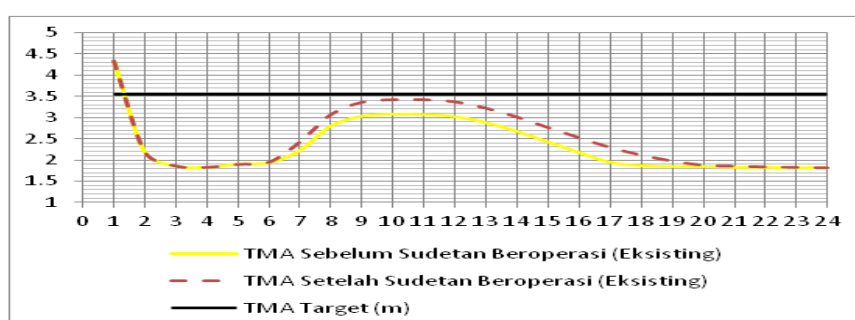
- Jumlah Pintu Air : 5 Buah.
- Bentang Bersih : 7 m
- Tinggi Angkat : 7.1 m
- Kecepatan Angkat : 0.25 m / menit

Tabel 8. Tinggi bukaan pintu dan debit yang dialirkan pada WEIR II

Tinggi Bukaan Pintu (m)	Bukaan 1 Pintu	Bukaan 2 Pintu	Bukaan 3 Pintu	Bukaan 4 Pintu	Bukaan 5 Pintu
0	0	0	0	0	0
0.5	50.32	99.51	147.82	195.37	241.87
1	99.51	195.37	287.21	375.4	459.37
1.5	147.82	287.21	417.63	527.43	649.45
2	195.37	375.4	527.43	683.03	805.26
2.5	241.87	459.37	649.45	805.26	900
3	287.21	527.43	747.35	892.19	900

Sumber : Hasil analisa

Dengan menggunakan pola operasional eksisting sebelum beroperasinya sudetan Ciliwung – KBT, saluran KBT ruas WEIR II – WEIR III debit air yang terjadi melewati batas tinggi jagaan muka air yang berupa sheetpile pada elevasi +5.8, debit air maksimum yang terjadi pada Hilir WEIR II sebesar 421.94 m³/detik (El +6.12) dan setelah sudetan Ciliwung – KBT beroperasi saluran KBT pada ruas WEIR II – WEIR III tinggi muka air melewati tinggi jagaan muka air banjir dengan debit maksimum yang terjadi sebesar 481.8 m³/detik (El +6.45), dengan modifikasi pada WEIR I dan II debit yang terjadi sebesar 451.78 m³/detik (El +6.27) dari tinggi jagaan muka air banjir maksimum pada ruas tersebut tpada El +5.8m. Pada hilir Weir III debit air yang terjadi sebesar 523.2 m³/detik sebelum sudetan Ciliwung – KBT beroperasi dan 583.85 m³/detik. Berikut adalah grafik kondisi pada Weir III ketika mengalirkan debit banjir rencana kala ulang 100 tahun pada kondisi pola operasional eksisting.

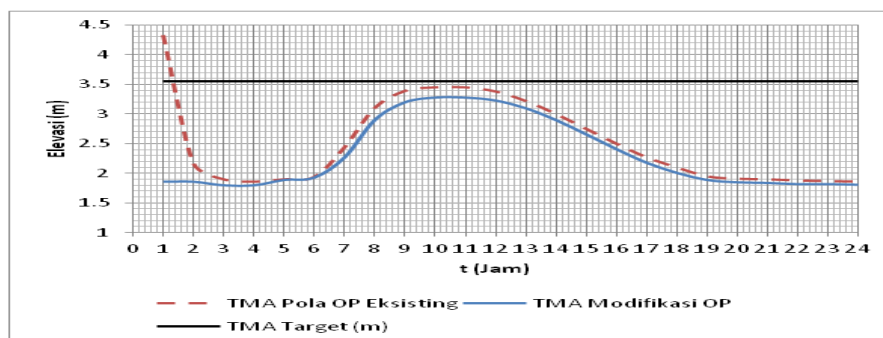


Gambar 8. Tinggi muka air yang terjadi pada Weir III sebelum dan sesudah Ciliwung – KBT beroperasi

Menggunakan analisa unsteady-flow dengan cara mengkombinasikan pola bukaan pintu air. Diharapkan Weir III dapat menurunkan elevasi muka air yang terjadi pada jam pertama, dengan pola operasional eksisting terjadi tinggi muka air melewati batas tinggi muka air maksimum yaitu pada elevasi +3.55 dengan tinggi muka air yang terjadi pada pada elevasi + 4.35. berikut modifikasi pola operasional pada Weir III:

- Pada saat musim hujan kondisi awal Pintu air ditutup untu mencegah instruksi air laut dan menjaga tinggi muka air pada elevasi +1.8.
- Pintu air mulai dioperasikan untuk dibuka ketika tinggi muka air berada pada elevasi + 1.9, pintu air dibuka maksimal sampai dengan elevasi +3.55.
- Pintu air mulai dioperasikan untuk ditutup penuh ketika tinggi muka air mengalami penurunan sampai berada pada elevasi + 1.9 untuk mempertahankan muka air pada elevasi +1.8 dan menjaga agar air laut tidak masuk ke saluran KBT.

Berikut adalah grafik kondisi pada Weir III ketika mengalirkan debit banjir rencana kala ulang 100 tahun pada kondisi pola operasional eksisting dan modifikasi pola operasional pada Weir III:



Gambar 9. Tinggi muka air yang terjadi pada WEIR III dengan pola operasional eksisting dan modifikasi pola operasional

Berikut adalah rekapitulasi situasi Kanal Banjir pada tiap-tiap ruas dengan kondisi menggunakan pola operasional eksisting dan modifikasi pola operasional ketika mengalirkan debit banjir rencana 100 tahunan :

Tabel 9. Rekapitulasi kondisi KBT dengan berbagai pola operasional

No	Sungai	Q Maks (m ³ /detik)	Elevasi sheetpile (m)	Elevasi Tanggul tertinggi (m)	Sebelum Sudetan Beroperasi Pola Operasional Eksisting		Setelah Sudetan Beroperasi Pola Operasional Eksisting		Setelah Sudetan Beroperasi Pola Operasional Skenario 1		Setelah Sudetan Beroperasi Pola Operasional Skenario 2	
					Q (m ³ /detik)	Tinggi Muka Air (m)	Q (m ³ /detik)	Tinggi Muka Air (m)	Q (m ³ /detik)	Tinggi Muka Air (m)	Q (m ³ /detik)	Tinggi Muka Air (m)
1	Cipinang											
	Jembatan Halim - Pertemuan Sudetan	20	15.53	15.53	135.17	18.93	135.17	17.86	135.17	17.86	135.17	17.86
	Pertemuan Cipinang dan Sudetan	200	15.1	15.1	129.89	13.9	189.97	14.51	189.97	14.51	190.08	14.28
2	KBT											
	Bendung Cipinang - Pertemuan Sunter	200	15.1	15.1	129.97	13.88	190.06	14.49	165.22	14.25	165.24	14.24
	Pertemuan Sunter - Pertemuan Buaran	350	11.07	13.59	283.1	10.53	343.67	10.91	319.12	12	318.81	11.05
	Pertemuan Buaran - Pertemuan Jatikramat	380	9.58	11.61	285.97	8.76	347.78	9.14	323.46	11.65	322.88	10.09
	Pertemuan Jatikramat - WEIR I	400	9.46	11.74	322.09	8.68	383.9	9.06	358.95	11.65	358.73	10.06
	WEIR I - Pertemuan Cibening	400	10.1	13.68	322.22	8.56	384.08	8.94	359.16	11.63	358.96	10.01
	Pertemuan Cibening - Pertemuan Cakung	356	7.14	8.96	325.18	6.98	388.47	7.33	365.3	7.22	361.79	7.19
	Pertemuan Cakung - WEIR II	433	6.57	7.49	422.52	6.68	487.75	7.01	474.52	6.95	458.79	6.86
	WEIR II - WEIR III	410	6	7.39	421.94	6.12	486.79	6.47	474.15	6.41	457.32	6.31
	WEIR III - Pertemuan Blencong	500	4.03	4.5	418.67	3.08	483.37	3.45	469.68	3.37	453.87	3.28
	Pertemuan Blencong - Muara	600	3.58	3.58	523.2	2.29	588.55	2.45	570.9	2.4	560.12	2.38
3	Sunter	158	12.36	12.36	154.26	10.52	154.31	11.15	154.73	12.18	154.32	11.3
4	Buaran	80	12.5	12.5	75.39	8.15	75.38	8.19	75.51	10.99	75.41	8.17
5	Jatikramat	80	14.2	14.2	75.93	8.28	75.78	8.61	76.5	11.51	75.23	9.28
6	Cibening	55	9.36	9.36	48.39	5.38	48.39	5.46	48.44	5.22	49.18	5.13
7	Cakung	135	11.46	11.46	127.59	6.69	127.5	6.96	127.52	6.92	127.51	6.79
8	Blencong	180	4.4	4.4	107.81	2.35	107.81	2.47	107.82	2.43	107.8	2.42

Rekomendasi pengendalian banjir pada sistem pengendali banjir KBT

Berdasarkan analisa pada pembahasan sub-pokok bahasan sebelumnya dengan tambahan debit sebesar 60 m³/detik yang berasal dari sudetan Ciliwung – KBT menggunakan pola operasional eksisting yang ada saat ini, dengan kapasitas saluran KBT yang ada masih mencukupi meskipun pada beberapa ruas tinggi muka air maksimum yang terjadi melewati tinggi muka air maksimal yang disyaratkan (batas jagaan berupa *sheetpile*), namun tinggi muka air yang terjadi dengan debit banjir rencana kala ulang 100 tahunan tidak sampai melebihi tanggul tertinggi saluran KBT (*overtopping* / limpasan) yang dapat mengakibatkan genangan banjir.

Baik sebelum dan setelah beroperasinya sudetan Ciliwung – BKT. Rekomendasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi debit air yang terjadi pada KBT ruas WEIR I – WEIR II dan ruas WEIR II – WEIR III adalah dengan mengurangi debit air yang masuk ke ruas tersebut dengan cara memfungsikan kembali bagian hilir sungai Sunter dan Buaran yang berada pada hulu WEIR I agar debit air yang terjadi dapat dijaga pada jagaan tinggi muka air maksimum yang berupa *sheetpile*. Adapun saat ini menurut perencanaan awal pada saat pembangunan KBT pintu outlet sunter di desain dapat mengalirkan debit air sebesar 76.75 m³/detik dan pintu outlet buaran di desain dapat mengalirkan debit sebesar 122.8 m³/detik

Kesimpulan

Hasil analisa hidrolika sungai menunjukkan bahwa kapasitas aliran saluran Kanal Banjir Timur (KBT) dengan bantuan aplikasi HEC-RAS diketahui saluran KBT sebelum dan setelah beroperasinya sudetan Ciliwung - KBT masih mampu dalam mengalirkan debit banjir rencana kala ulang 100 tahunan

Pada anak-anak sungai yang tercakup dalam sistem pengendali banjir KBT sungai Sunter, Buaran, Jatikramat, Cibening, Cakung dan Blencong masih mampu dalam mengalirkan debit banjir rencana kala ulang 100 tahunan. Pada S. Cipinang dengan debit banjir pada tanggal 24 juli 2014 sebesar 90.4 m³/detik terjadi limpasan / overtopping pada beberapa ruas S. Cipinang.

Hasil analisa hidrolika dengan bantuan software HECRAS menunjukkan dengan penggunaan pola operasional eksisting saluran KBT masih mampu menampung tambahan debit yang berasal dari sudetan Ciliwung – KBT sebesar 60 m³/detik. Pada saluran KBT ruas pertemuan Sungai Cibening -Pertemuan Sungai Cakung menggunakan debit banjir rencana kala ulang 100 tahunan, debit banjir yang terjadi melebihi batas jagaan tinggi muka air maksimum pada yang berupa sheetpile namun pada ruas tersebut dengan debit banjir yang terjadi tidak sampai terjadi overtopping / limpasan.

Modifikasi pola operasional pada 3 (tiga) pintu air pada saluran KBT dan pengaturan pada pintu air Cipinang hilir yang dilakukan dalam penelitian ini, pada saat waktu puncak terjadinya banjir di hilir WEIR I hanya dapat mereduksi debit banjir sebesar 28.96 m³/detik, yaitu debit maksimum yang terjadi sebesar 487.75 m³/detik (El +7.01) dengan menggunakan pola operasional eksisting, dari tinggi jagaan muka air banjir maksimum pada El. +6.57. salah satu upaya yang bisa dilakukan untuk menjaga ruas WEIR I – WEIR II pada kapasitas alir maksimum yaitu memfungsikan kembali bagian hilir sungai Sunter dan Buaran.

Daftar Pustaka

- Ajie, Gustian. 2008. *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan DAS Ciliwung Terhadap Debit Banjir Jakarta*. Tesis, Bandung : Digilib ITB. (Tidak dipublikasikan).
- Anonim, 2011. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai*, Jakarta.
- Chow, V.T., 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Jakarta : Erlangga.
- Danapriatna, Nana. 2009. *Fenomena Banjir Jakarta : Penyebab dan Alternatif Pengendalian*. Region Volume I No. 3. September 2009. (dipublikasikan).
- Kodoatie, R.J. 2013. *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Kodoatie, R.J.. dan Roestam Sjarief. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Kodoatie, R.J.. dan Roestam Sjarief. 2008. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Kodoatie, R.J., dan Sugiyanto. 2001. *Banjir: Beberapa penyebab dan metode pengendaliannya*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Limantara, L.M. 2010. *Hidrologi Praktis*. Bandung : CV. Lubuk Agung.
- Putiarni, Sepanie. 2009. *Penerapan Sumur Resapan Terhadap Analisis Kejadian Banjir di Kawasan Jakarta Timur pada Tahun 2002 dan 2007*. Tesis, Bandung : Digilib ITB. (Tidak dipublikasikan).
- Sosrodarsono, Suyono. 1985. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Zaenuddin. 2013. *Banjir Jakarta Dari Zaman Jenderal JP Coen (1621) Sampai Gubernur Jokowi (2013)*. Jakarta : PT. Zaytuna Ufuk Abadi.