

ANALISIS EFEKTIVITAS PENAMBAHAN KAPASITAS PINTU AIR MANGGARAI UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI WILAYAH SUNGAI CILIWUNG

Nimas Ayu Anggraini¹⁾, Very Dermawan²⁾, Endang Purwati²⁾

¹⁾Mahasiswa Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia; email: nimasnggra@gmail.com

²⁾Dosen Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya Malang

ABSTRAK : Provinsi Jakarta terdiri dari 5 kota dan 1 kabupaten. Di utara Jakarta terdapat pantai yang menjadi tempat bermuaranya 13 sungai dan 2 kanal. Sungai Ciliwung merupakan sungai utama yang mempunyai pengaruh terhadap kehidupan penduduk Jakarta. Sungai Ciliwung mengalir menuju BKB. Pintu air manggarai terletak di hulu BKB yang berfungsi untuk pengendalian aliran Sungai Ciliwung. Studi ini melakukan penelitian dengan penambahan dua pintu, yaitu pintu dengan dimensi 3.4 m x 8.1 m serta 5 m x 5.3 m. Untuk analisis hidrologi perhitungan debit dengan menggunakan Log Pearson III sedangkan analisa hidrolika menggunakan bantuan *software* HECRAS 4.1.0. Data debit pada titik kontrol AWLR MT Haryono yang tercatat pada tanggal 21 Januari 2013 menunjukkan 287.876 m³/det. Dari data yang diperoleh, dilakukan simulasi bukaan pintu dengan 8 alternatif. Pada studi ini menunjukkan hasil yang efektif untuk Q2th dan Q5th dengan bukaan pintu 2 m (Alternatif 4), Q10th dengan bukaan pintu 4 m (Alternatif 5), Q20th dan Q25th dengan bukaan pintu 6 m (Alternatif 6), Q50th dan Q100th dengan bukaan pintu maksimal (Alternatif 8).

Kata Kunci: Pintu Air, Simulasi, Operasi Pintu, Tinggi Bukaan

ABSTRACT: DKI Jakarta Province consists of 5 cities and 1 district. At the north part of Jakarta there are beaches which became the estuary of 13 rivers and 2 canals. Ciliwung is the main river that has an effect on the lives of people in Jakarta. The Ciliwung river flows towards to BKB. Manggarai sluice gate is located at the upstream of BKB to control Ciliwung river flow. This study was conducted by giving two addition of Manggarai sluice gate, each dimension of additional gate is 3.4 m x 8.1 m and 5 m x 5.3 m. Discharge calculations for hydrology analysis used Log Pearson III while hydraulics analysis used *software* HECRAS 4.1.0. Discharge data at AWLR MT Haryono control point recorded on January 21st, 2013 showed 287.876 m³/sec. From the data, sluice gate simulations conducted with 8 alternatives opening gates. In this study showed the most effective results for Q2th and Q5th with opening gates 2 m (alternative 4), Q10th with opening gates 4 m (alternative 5), Q20th and Q25th with opening gates 6 m (alternative 6), Q50 and Q100th with maximum gates opening (alternative 8).

Keywords: Sluice Gate, Simulation, Gate Operation, Opening Gate

A. PENDAHULUAN

Sekitar 40% dari seluruh wilayah DKI Jakarta adalah dataran yang letaknya lebih rendah dari permukaan laut. Saat ini Jakarta merupakan

kota dengan jumlah penduduk tertinggi di Indonesia dan akan terus bertambah (Anonim1, 2010: 3).

Sungai Ciliwung termasuk dalam sub sistim aliran tengah, sumber aliran berasal dari DAS Ciliwung yang lokasi hulunya terletak di daerah puncak, Kabupaten Bogor. Sungai Ciliwung pada musim hujan memiliki aliran yang cukup besar dan sering menimbulkan banjir sehingga dapat menggenangi beberapa daerah seperti pada daerah Kebon Baru, Bukit Duri, Kampung Melayu.

Sungai Ciliwung merupakan sungai utama dan sangat berpengaruh terhadap hidupan penduduk di Jakarta. Sejak dulu manusia tinggal di sepanjang Sungai dan merupakan sumber kehidupan. Seiring dengan berjalannya waktu penduduk yang bermukim disepanjang Sungai Ciliwung bertambah, mereka tinggal bukan karena membutuhkan air melainkan bantaran dan Sungai Ciliwung merupakan daerah yang murah dan mudah dicapai dari tempat mereka mencari nafkah. Lokasi penelitian dilakukan dari Sungai Ciliwung dari AWLR MT Haryono ke hilir sampai pintu air manggarai yang terletak di Banjir Kanal Barat (BKB). Terdapat dua pintu pada pintu air manggarai dengan lebar masing-masing pintu 5,5m dan tinggi 8,1m yang memiliki fungsi untuk pengendalian aliran Sungai Ciliwung. Banjir Kanal Barat dibangun untuk melindungi kawasan kota dari banjir.

Perubahan jumlah penduduk dan perluasan kawasan pemukiman serta industri yang menyebabkan curah hujan tidak dapat meresap ke tanah karena daerah re-sapan telah tertutup. Semakin banyaknya pendatang yang datang menyebabkan tanah pertanian berubah menjadi daerah pemukiman, konservasi di Jakarta juga cenderung menurun dan berubah fungsi. Semakin tahun terjadi penurunan muka tanah, penurunan maksimum terjadi 4m terjadi sejak 1974. Akibat eksploitasi air tanah yang berlebihan menyebabkan terjadinya penurunan tanah yang menyebabkan rawan banjir.

B. METODOLOGI

Pintu air Manggarai terletak di Kel. Pegangsaan, Kec. Menteng, Jakarta Pusat. Letak geografis pintu air Manggarai adalah 6°12'28.48" LS dan 106°50'54.43" BT.



Gambar 1. Pintu Air Manggarai

1. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah:

- Data AWLR MT Haryono tahun 2004-2013
- Data geometri Sungai Ciliwung dan BKB.
- Studi Detail Desain Terdahulu
- Data Pendukung Lainnya

2. Pengolahan Data

a. Rating Curve (Lengkung Debit)

Lengkung debit adalah hubungan grafis antara tinggi muka air dan debit. Perhitungan ini sangat diperlukan dalam banyak analisis. Analisis lengkung debit dapat diperoleh dengan sejumlah pengukuran yang terencana.

Hubungan grafis antara variabel tinggi muka air dan debit dapat dilakukan dengan cara sederhana, yaitu menghubungkan titik-titik pengukuran dengan garis lengkung di atas kertas grafik. Namun hendaknya disadari bahwa meskipun cara ini paling mudah tetapi mengundang unsur subyektifitas yang tinggi. Oleh sebab itu, proses kalibrasi hendaknya diperoleh dengan cara-cara statistik, matematik, ataupun dengan secara langsung menggunakan program komputer yang banyak tersedia. Persamaan *rating curve* yang digunakan adalah (Harto, 1993):

$$Q = A(H + \Delta H)^B$$

Dengan:

- Q = Debit (m³/det)
A,B = Tetapan
H = Tinggi Muka Air
ΔH = Angka Koreksi

b. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bukan untuk menentukan besarnya debit aliran sungai pada suatu saat, tetapi lebih tepat untuk memperkirakan apakah debit aliran sungai tersebut akan melampaui atau menyamai suatu harga tertentu, misalnya untuk 10

tahun, 20 tahun dst yang akan datang. Dalam hidrologi, analisis tersebut dipakai untuk menentukan besarnya hujan dan debit banjir rancangan (*design flood*) dengan kala ulang tertentu (Montarcih, 2010)

c. Distribusi Log Pearson III

Parameter statistik yang diperlukan ada 3 (Montarcih, 2010):

- 1) Harga rata-rata (*Mean*)
- 2) Penyimpangan baku (*Standard Devi-ation*)
- 3) Koefisien kepengcengan (*skewness*)

Langkah perhitungan:

- 1) Mengubah data debit menjadi log
- 2) Menghitung rata-rata

$$\overline{\log x} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log} x_i}{n}$$

- 3) Menghitung harga simpangan baku (dalam log)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log} x_i - \overline{\text{Log} x})^2}{n - 1}}$$

- 4) Menghitung koefisien kepengcengan (dalam log)

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log} x_i - \overline{\text{Log} x})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

- 5) Menghitung nilai ekstrim

$$\overline{\text{Log} x} = \text{Log} x + G \times S$$

G dari tabel, fungsi dari Cs (Koefisien Kepengcengan) dan probabilitas (Kala Ulang)

- 6) Mencari antilog dari Log x untuk mendapatkan debit banjir rancangan yang dikehendaki

d. Uji Kesesuaian Distribusi

Data hidrologi yang dipakai untuk mengestimasi banjir rancangan atau debit andalan menggunakan analisis frekuensi belum tentu sesuai dengan distribusi–distribusi yang dipilih. Untuk itu perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi. Ka-rena pengeplotan data pada kertas distri-busi didasarkan pada 2 sistem ordinat, yang umumnya dikenal dengan peluang (%) sebagai absis (skala normal/log-aritma) dan nilai ekstrim (banjir/hujan) sebagai ordinat (skala normal/logaritma), maka sebaran data ini diasumsi bisa di-wakili oleh satu kurva teoritis (bisa berupa garis lurus/lengkung, bergantung pada jenis skala yang dipakai) (Montarcih, 2010)

• Uji Smirnov Kolmogorov

Sebelum melakukan uji kesesuaian terlebih dahulu dilakukan *plotting* data dengan tahapan:

- 1) Data diurutkan dari data terkecil sampai terbesar.

- 2) Hitung probabilitas dengan menggunakan rumus weibull (Harto, 1993):

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2.16)$$

Dengan:

P = Probabilitas (%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

- 3) *Plotting* data debit (x) dengan probabilitas P
- 4) Tarik garis durasi dengan mengambil 2 titik pada Metode Gumbel (garis teoritis berupa garis lurus) dan 3 titik pada Metode Log Pearson III (garis teoritis berupa garis lengkung kecuali untuk Cs=0, garis teoritis berupa garis lurus).

Persamaan yang digunakan adalah:

$$\Delta_{maks} = [P_e - P_t]$$

Dengan:

Δ_{maks} = Selisih maksimum antara pe-luang empiris dan teoritis

P_e = Peluang empiris

P_t = Peluang teoritis

Δ_{cr} = Simpangan kritis (Dari tabel)

Kemudian dibandingkan antara Δ_{maks} dan Δ_{cr} , distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$

• Uji Chi Square

Uji chi square dilakukan untuk uji kesesuaian distribusi. Rumus chi square (χ^2) sebagai berikut (Montarcih, 2010:67):

$$\chi^2_{hitung} = \sum_{i=1}^k \frac{(F_e - F_t)^2}{F_t}$$

Dengan:

χ^2_{hitung} = Harga Chi Square hitung

F_e = Frekuensi pengamatan kelas j

F_t = Frekuensi pengamatan kelas j

k = Jumlah kelas

• Pemodelan HECRAS versi 4.1.0

HEC-RAS merupakan program apli-kasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis Sistem (RAS)*, yang dibuat oleh *Hydraulic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (*steady and unsteady one di-mensional flow model*) (Istianto, 2010)

Profil muka air dihitung dari suatu penampang dengan Persamaan Energi melalui prosedur iterative yang disebut dengan *standard step method*.

Persamaan energi yang dimaksud adalah

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Dengan:

Y_1, Y_2 = Tinggi muka air pada penampang melintang 1 dan 2

Z_1, Z_2 = Garis datum persamaan pada penampang melintang 1 dan 2

V_1, V_2 = Kecepatan rata-rata pada penampang melintang 1 dan 2

α_1, α_2 = Koefisien Corolis

g = Percepatan Gravitasi

h_e = Kehilangan tinggi energi

Kehilangan tinggi energi antara dua penampang akibat pelebaran atau penyempitan saluran adalah sebagai berikut:

$$h_c = L \bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Dengan:

L = Panjang penampang (m)

\bar{S}_f = Kemiringan garis energi (*friction slope*)

antara dua penampang

C = Koefisien kehilangan akibat pelebaran atau penyempitan alur

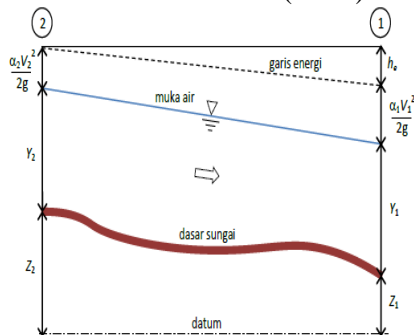
Panjang sungai rata-rata L , dihitung dengan rumus:

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

Dengan:

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} = Panjang melintang penampang sungai kiri, utama dan kanan (m)

$\bar{Q}_{lob}, \bar{Q}_{ch}, \bar{Q}_{rob}$ = Rata-rata debit penampang sungai kiri, utama dan kanan (m^3/dt)



Gambar 1 Persamaan Energi

Sumber: Anonim2, 2010

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data tinggi muka air yang tercatat pada stasiun AWLR MT Haryono tahun 2004 – 2013, maka dapat diketahui debit banjir maksimum di Sungai Ciliwung sebagai berikut:

Tabel 1 Debit Banjir Maksimum Sungai Ciliwung

No	Tahun	Tanggal	TMA (m)	Debit (m^3/det)
1	2004	19 /02/ 2004	4.66	124.668
2	2005	19 /01/ 2005	6.78	284.443
3	2006	28 /01/ 2006	4.39	108.806
4	2007	30 /01/ 2007	5.10	152.341
5	2008	14 /11/2008	3.74	76.390
6	2009	16 /01/ 2009	4.80	132.973
7	2010	19 /02/ 2009	4.75	129.920
8	2011	18 /11/2011	4.03	90.171
9	2012	24 /12/2012	4.84	135.521
10	2013	21/01/2013	6.82	287.876

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis frekuensi dan uji kesesuaian distribusi, maka dapat diketahui debit banjir rancangan Sungai Ciliwung sebagai berikut:

Tabel 2 Debit Banjir Rancangan

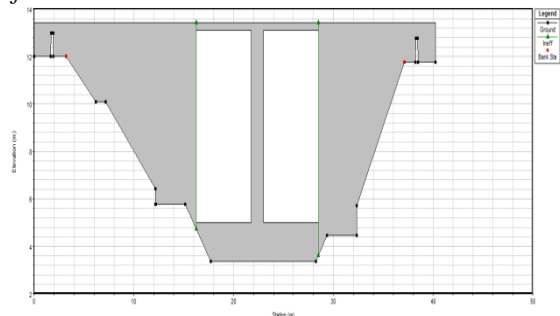
No	Kala Ulang	Q maks (m^3/det)
1	2	131.915
2	5	195.284
3	10	247.570
4	20	287.876
5	25	327.529
6	50	397.350
7	100	477.940

Sumber: Hasil Perhitungan

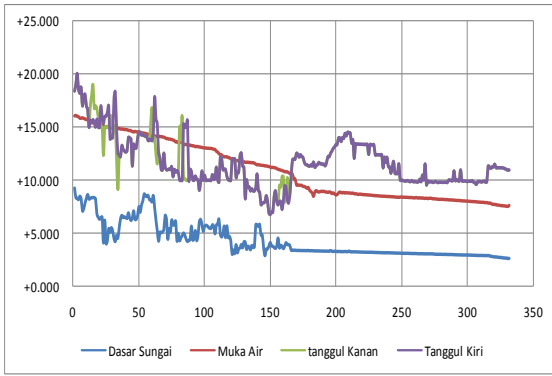
Perhitungan periode ulang untuk debit eksisting $287.876 m^3/det$ menggunakan metode Log Pearson III setara dengan periode ulang 20th.

1. Analisis Kapasitas Eksisting

Analisis profil muka air menggunakan software HECRAS 4.1.0



Gambar 2 Inline Structure Pintu Air Manggarai



Gambar 3 Profil Plot Sungai Kondisi Eksisting
2. Verifikasi dan Kalibrasi Analisis Kapasitas Sungai

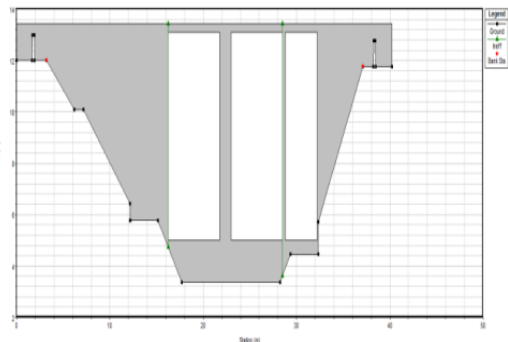
Berdasarkan hasil analisis profil muka air kondisi eksisting diharapkan sesuai atau mendekati kondisi asli di lapangan. Maka perlu dilakukan verifikasi data hasil *Running* HECRAS 4.1.0 dengan kondisi asli di lapangan.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)
Ciliwung	1	166	21JAN2013 0100	286.05	9.21	16.03	
Ciliwung	1	165	21JAN2013 0100	286.05	3.47	16.09	
Ciliwung	1	164	21JAN2013 0100	286.05	8.25	15.99	
Ciliwung	1	163	21JAN2013 0100	286.05	8.13	15.96	
Ciliwung	1	162	21JAN2013 0100	286.05	8.44	15.82	
Ciliwung	1	161	21JAN2013 0100	286.05	8.22	15.82	
Ciliwung	1	160	21JAN2013 0100	286.05	7.07	15.84	
Ciliwung	1	159	21JAN2013 0100	286.05	7.27	15.80	
Ciliwung	1	158	21JAN2013 0100	286.04	7.81	15.74	
Ciliwung	1	157	21JAN2013 0100	286.04	8.24	15.69	
Ciliwung	1	156	21JAN2013 0100	286.04	8.60	15.66	
Ciliwung	1	155	21JAN2013 0100	286.04	8.19	15.64	
Ciliwung	1	154	21JAN2013 0100	286.03	8.24	15.55	

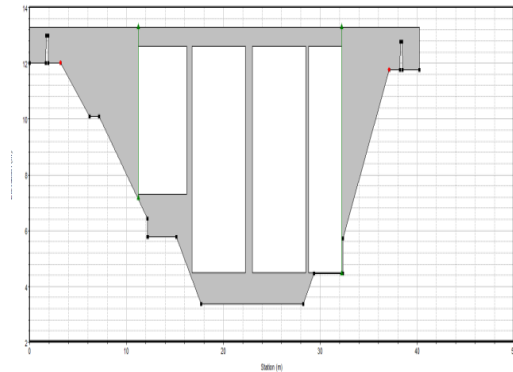
Gambar 4 Profile Output Table HECRAS

Data AWLR MT Haryono diketahui data debit maksimum 287,876m³/det dengan tinggi muka air 6,82m dan pada hasil *running* HECRAS dapat dilihat elevasi muka air +15,99 sedangkan elevasi dasar sungai +9,21 sehingga tinggi muka air 6,78 m.

3. Analisis Penambahan Jumlah Pintu



Gambar 5 Alternatif 1 Penambahan Pintu



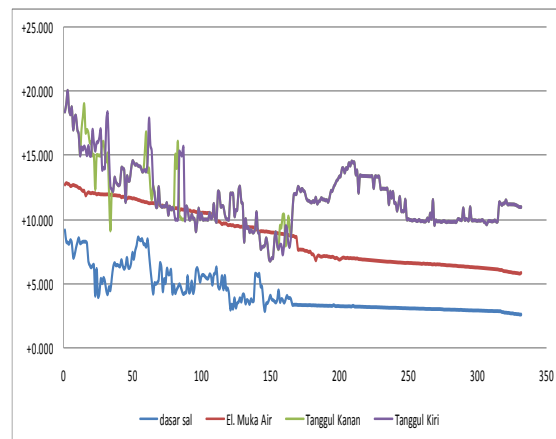
Gambar 6 Alternatif 2 Penambahan Pintu

Untuk alternatif 1 penambahan pintu dilakukan dengan 7 simulasi bukaan pintu untuk tiap debit banjir rancangan sedangkan alternatif 2 dilakukan 1 simulasi bukaan pintu, jadi dilakukan 8 alternatif simulasi bukaan pintu.

Tabel 3 Alternatif bukaan pintu

Alternatif	Tinggi bukaan Pintu (m)			
	1	2	3	4
Alt 1	0	0,5	0	-
Alt 2	0,5	0,5	0,5	-
Alt 3	1	1	1	-
Alt 4	2	2	2	-
Alt 5	4	4	4	-
Alt 6	6	6	6	-
Alt 7	8.1	8.1	8.1	-
Alt 8	8.1	8.1	8.1	5.3

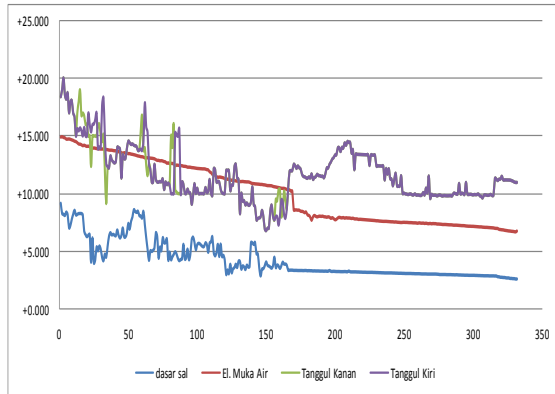
Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 7 Profil Plot Sungai Ciliwung Kondisi Q2th (Alternatif 4)

Sumber: Hasil Perhitungan

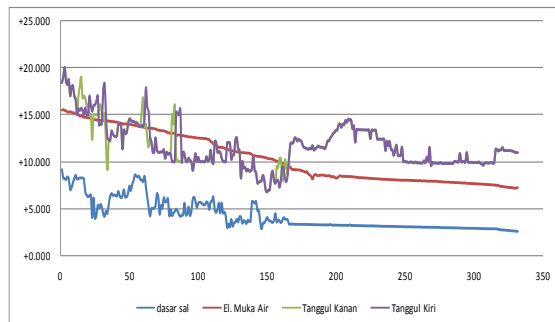
Pada Q2th alternatif 4 dengan pintu dibuka 2m, mampu mengalirkan debit Q5th dan mengurangi banjir 35.07%



Gambar 8 Profil Plot Sungai Ciliwung Kondisi Q5th (Alternatif 4)

Sumber: Hasil Perhitungan

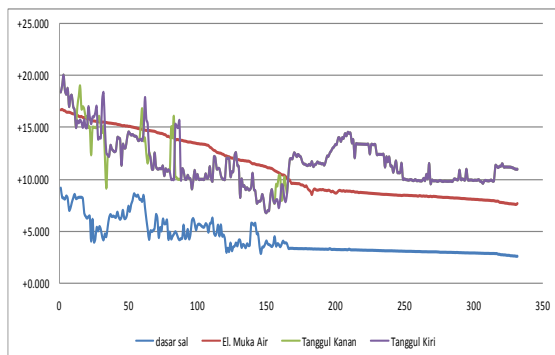
Pada Q5th alternatif 4 dengan pintu dibuka 2m, mampu mengalirkan debit Q5th dan mengurangi banjir 22.09%



Gambar 9 Profil Plot Sungai Ciliwung Kondisi Q10th (Alternatif 6)

Sumber: Hasil Perhitungan

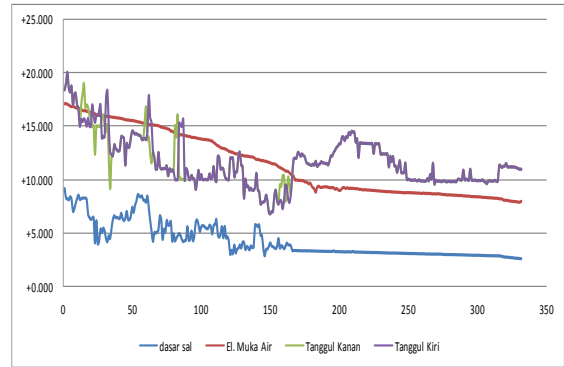
Pada Q10th alternatif 6 dengan pintu dibuka 6m, mampu mengalirkan debit Q10th dan mengurangi banjir 13.43%



Gambar 10 Profil Plot Sungai Ciliwung Kondisi Q20th (Alternatif 6)

Sumber: Hasil Perhitungan

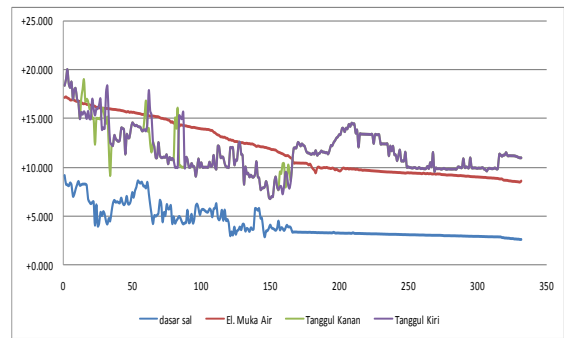
Pada Q20th alternatif 6 dengan pintu dibuka 6m, mampu mengalirkan debit Q18th dan mengurangi banjir 13.43%



Gambar 11 Profil Plot Sungai Ciliwung Kondisi Q25th (Alternatif 6)

Sumber: Hasil Perhitungan

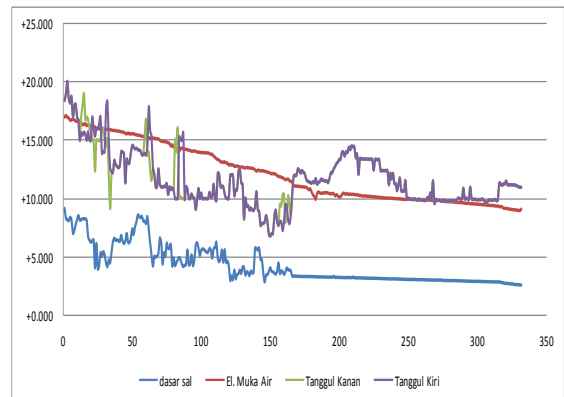
Pada Q25th alternatif 6 dengan pintu dibuka 6m, mampu mengalirkan debit Q18th dan mengurangi banjir 1.04%



Gambar 12 Profil Plot Sungai Ciliwung Kondisi Q50th (Alternatif 8)

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Q50th alternatif 8 dengan pintu dibuka maksimal. Pada alternatif 8 masih terjadi banjir 5.67%



Gambar 13 Profil Plot Sungai Ciliwung Kondisi Q100th (Alternatif 8)

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Q100th alternatif 8 dengan pintu dibuka maksimal. Pada alternatif 8 masih terjadi banjir 15.07%

Tabel 4 Rekapitulasi Tinggi Muka Air paling efektif

Debit Rancangan	El. Hulu Pintu	El. Hilir Pintu	Kedalaman (m)
Eksisting			
21-Jan-13	10.05	9.51	5.32
Q2th			
Alt 4	8.64	7.69	3.6
Q5th			
Alt5	9.59	8.57	4.46
Q10th			
Alt 6	9.17	9.16	4.99
Q20th			
Alt 6	9.17	9.16	5.34
Q25Th			
Alt 6	10	9.97	5.75
Q50th			
Alt 8	10.45	10.44	6.36
Q100th			
Alt 8	11.08	11.06	6.89

Sumber: Hasil *Running* HECRAS

Pada Q2th, Q5th, Q10th, Q20th, Q25th tidak dipilih alternatif 8, karena pada alternatif-alternatif tersebut pintu air mampu mengalirkan debit banjir rancangan, sehingga pintu air tidak perlu dibuka secara maksimal.

Tabel 5 Rekapitulasi Volume di Sungai Ciliwung

Debit Rancangan (Alternatif)	Vol. Chanel	Vol. Left	Vol. Right	Total Volume
21-Jan-13	614.35		0.46	614.82
Q2th				
Alt 4	525.57	0.04	0.05	525.62
Q5th				
Alt 5	600.42		0.3	600.72
Q10th				
Alt 6	589.75		0.24	589.99
Q20th				
Alt 6	617.72		0.47	618.19
Q25th				
Alt 6	674.03		1.18	675.22
Q50th				
Alt 8	778.23	0.02	3.01	781.25
Q100th				
Alt 8	841.96	0.38	5.89	848.23

Sumber: Hasil *Running* HECRAS

Volume pada Tabel 5 merupakan volume saluran di hilir sampai dengan section Pintu Air Manggarai, karena dasar kedalaman pada tabel 4 merupakan kedalaman di Pintu Air Manggarai.

A. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- Berdasarkan data hasil pengukuran tinggi muka air selama sepuluh tahun diketahui debit banjir maksimum selama tahun 2004 – 2013 terjadi pada 21 Januari 2013 dengan tinggi muka air 6.82 m dan besar debit 287.876 m³/det.
- Pengaruh pola operasi pintu eksisting:
 - Elevasi muka air di AWLR MT Haryono adalah +16.03
 - Elevasi dasar saluran +9.21
 - Berdasarkan elevasi muka air dan elevasi minimum saluran dapat diketahui tinggi muka air 6,82 m
 - Elevasi muka air di hulu pintu air Manggarai +10.05
 - Elevasi muka air di hilir pintu air Manggarai setinggi +9.51
- Dalam studi ini dilakukan alternatif penambahan jumlah pintu sebanyak dua buah, masing-masing dengan dimensi lebar pintu 3,4 m dan tingginya 8,1 m serta penambahan pintu dengan dimensi lebar 5 m dan tinggi 5,3 m. Dimensi pintu yang paling efektif adalah dengan menambahkan 2 pintu. Untuk Q2th mampu mengurangi banjir 35.37%, Q10th 22.24%, Q20th 13.43%, Q25th 1,64%, pada Q50th dan Q100th masih terjadi banjir dengan kenaikan muka air masing-masing 5.67% dan 15.07%.
- Dari hasil analisis simulasi bukaan pintu dengan beberapa alternatif, pada titik kontrol AWLR MT.Haryono elevasi eksisting +16.03 untuk Q2th elevasi muka air menjadi +12.77, untuk Q5th elevasi muka air menjadi +14.51, untuk Q10th elevasi muka air menjadi +15.50, untuk Q20th elevasi muka air menjadi +15.56, Q25th elevasi muka air menjadi +16.47, Q50th elevasi muka air menjadi +17.19 dan 100th elevasi muka air +16.95

2. Saran

- Memfungsikan kembali Sungai Ciliwung Lama sesuai dengan kapasitasnya
- Revitalisasi pintu air inlet Sungai Ciliwung Lama sebagai bangunan pengontrol debit.
- Untuk mencegah meluapnya banjir maka perlu dilakukan peninggian Tanggul di sepanjang Sungai Ciliwung

- d. Menurunkan muka air banjir dengan cara melebarkan sungai dan melakukan pengerukan sedimen di dasar sungai
- e. Memperkecil debit banjir dengan pembangunan waduk, waduk retensi banjir.
- f. Mengurangi genangan dengan pembangunan polder, pompa dan sistem drainase yang baik.
- g. Pada bagian hulu DAS Ciliwung perlu dilaksanakan upaya konservasi untuk menahan aliran air permukaan dengan melakukan revitalisasi situ, pembangunan sumur resapan, dam parit, dan penghijauan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim1. 2010. *“Mengapa Jakarta Banjir? Pengendalian Banjir Pemerintah Provinsi DKI Jakarta”*, PT. Mirah Sakethi. Jakarta.
- Anonim2. 2010. *“HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual”*, U.S. Army Corps of Engineers.
- Harto,Sri. 1993. *Hidrologi: Teori, Masalah, Penyelesaian*, Nafiri Offset. Yogyakarta
- Istianto. 2010. *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS Jenjang Lanjut: Gates, Pump Station, and Storage Area*. Yogyakarta
- Montarcih, Lily. 2010. *Hidrologi Praktis*, Lubuk Agung. Bandung.