

PERUBAHAN DESAIN DENGAN UJI MODEL FISIK BENDUNG GERAK KARANGNONGKO TAHAP I, SUNGAI BENGAWAN SOLO HILIR KABUPATEN BOJONEGORO DAN BLORA

Dian Chandrasasi¹, Dwi Priyantoro¹

¹Dosen Jurusan Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
E-mail: belle_dian@yahoo.com

ABSTRAK ; Maksud dari penyelidikan model fisik hidrolik bendung gerak Karangnongko Tahap I ini adalah untuk mempelajari kondisi hidrolika aliran di sungai akibat adanya bendung gerak dan mengetahui kapasitas pintu dalam mengendalikan dan mengatur debit aliran pada saat musim kemarau dan hujan. Sedangkan tujuan penyelidikan model fisik hidrolika ini adalah memberikan saran penyempurnaan dan rekomendasi desain ditinjau dari aspek hidrolika bendung gerak Karangnongko. Tiga hal penting yang diperoleh dari hasil pengujian dan analisa adalah sebagai berikut: Pada setiap operasi bukaan pintu tidak menimbulkan gejala *vortex* dan distribusi arah kecepatan merata baik di hulu maupun di hilir pintu; Tidak terjadi *overtopping* pada hulu *barrage* saat pengaliran debit Q_{PMF} dan $Q_{PMF\ REGIONAL}$, karena pada saat pengaliran elevasi muka air tertinggi di hulu *barrage* adalah +41,00 dan +37,30 di sungai bagian hilir saat pintu dibuka penuh; Untuk menghindari pusaran aliran di peredam energi disarankan agar mengoperasikan 9 buah pintu *barrage* dengan bukaan secara merata. Dengan rincian elevasi muka air di hulu +38,00 pada saat awal musim penghujan, elevasi muka air di hulu +40,00 pada saat musim kemarau, elevasi muka air di hulu +41,00 pada saat debit banjir.

Kata Kunci: bendung gerak Karangnongko, model fisik, perbaikan desain

ABSTRACT : *The purpose of the investigation of the physical model of Karangnongko barrage Phase I is to study the hydraulics flow conditions in the river due to the influence of the barrage and to determine the capacity of the gate to control and regulate the flow rate during the dry and rainy seasons. While the objectives of this investigation hydraulics physical model is to provide suggestions for improvements of design and recommendations of design in terms of hydraulics aspects of Karangnongko barrage. Three important points that obtained from the results of testing and analysis are as follows: On each gate opening operation does not cause symptoms of vortex and directions distribution of equitable velocity both upstream and downstream of the gates; Does not occur overtopping on the upstream of barrage when the flowing of discharge Q_{PMF} and $Q_{PMF\ REGIONAL}$, because the highest water level in the barrage upstream on +41.00 and +37.30 in the river downstream when the gate is fully opened; To avoid the vortex flow in the stilling basin it is recommended that operate 9 units barrage gate with openings evenly. With details of water level in the upstream +38.00 at the beginning of the rainy season, +40.00 during the dry season, and +41.00 during the flood discharge.*

Key words: Karangnongko barrage dam, the physical model test, design change.

1. PENDAHULUAN

Bendung Gerak Karangnongko direncanakan di Sungai Bengawan Solo (*Lower Solo River Basin*) sekitar 15 km di hilir pertemuan

Sungai Bengawan Solo dengan Sungai Madiun, di Desa Ngelo Kecamatan Margomulyo Kabupaten Bojonegoro dan Desa Ngrawoh di Kecamatan

Kradenan Kabupaten Blora, seperti terlihat pada **Gambar 1**.

Bendung Gerak Karangnongko merupakan tindak lanjut sebagai pengganti dari rencana pembangunan Bendungan Jipang, yang diharapkan mampu mengairi irigasi ± 44.000 Ha (hasil studi *Basic Design on Karangnongko Dam*, 2009). Untuk memperoleh hasil desain terutama pada aspek hidrolika diperlukan pengujian dengan menggunakan model fisik.



Gambar 1. Peta Lokasi Studi

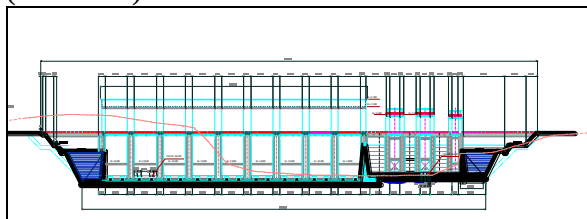
2. BAHAN DAN METODE

A. Model Sungai

Model sungai dibuat dengan kondisi dasar bergerak menggunakan material campuran 50% batu bara : 50% pasir kasar (hasil analisa prototipe dan model), dan disediakan lapisan dasar setebal 25 cm (25 m pada *prototipe*) untuk memberikan ruang perubahan dasar sungai akibat pengaliran. Panjang keseluruhan sungai yang dimodelkan adalah 3200 m dengan posisi bendung berada 500 m dari hulu.

B. Model Bangunan Bendung Gerak

Untuk menirukan kesamaan prototipe model bangunan dibuat dari bahan fiber *glass* dengan ukuran sesuai dengan gambar desain yang dalam hal ini terdiri dari 9 buah pintu dengan lebar tiap pintu 11 m, 2 buah pintu *flushing* (pengontrol debit) dengan lebar tiap pintu 5 m, dan sebuah pintu intake dengan lebar 3 m (Gambar 2).



Gambar 2. Potongan Melintang Bendung Gerak Karangnongko

C. Evaluasi Kemiringan Dasar Sungai

Kemiringan dasar sungai eksisting diperoleh berdasarkan data pengukuran yang kemudian dilakukan analisa profil aliran dengan menggunakan paket program HEC-RAS untuk pengaliran Q_2 dan Q_{20} . Debit ini dipilih dengan pertimbangan bahwa Q_2 merupakan debit yang berpengaruh terhadap regime dasar sungai atau yang sering disebut *bed-building discharge*, sedangkan Q_{20} merupakan banjir historik yang pernah terjadi di sungai tersebut (banjir tahun 2007). Untuk kemiringan dasar statik digunakan pendekatan *tractive force*, sedangkan untuk kemiringan dasar dinamis digunakan pendekatan persamaan Brown (Sosrodarsono, 1994).

Kalibrasi ini dilakukan pada saat kondisi sungai belum ada bangunan bendung gerak sesuai dengan data profil penampang sungai eksisting. Berdasarkan hasil pengujian model dapat disimpulkan bahwa penggunaan skala dan pemilihan material campuran di model sudah representatif. Hal ini dibuktikan oleh kejadian kemiringan dasar eksisting dan pengujian model berada di antara kemiringan dasar statik dan kemiringan dasar dinamik dengan kecenderungan mendekati *slope* dinamik. Hal ini mencerminkan bahwa dasar sungai tersebut relatif menuju landai (Tabel 1).

Untuk mendukung dinamika dasar sungai pada saat proses kalibrasi sekaligus dilakukan pengukuran pola dasar sungai. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kejadian-kejadian khusus terutama tentang fenomena dasar sungai pada tikungan sungai (Chow, 1997). Hasil pengujian dinamika dasar sungai gerusan dan endapan yang ditimbulkan akibat beberapa seri debit pengaliran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Evaluasi Kemiringan Dasar Sungai

ANALISA	NILAI KEMIRINGAN DASAR SUNGAI
HEC RAS	0,00017
SLOPE STATIK	0,00436
SLOPE DINAMIK	0,00025
MODEL FISIK :	
Q2	0,00026
Q20	0,00029

Tabel 2. Dinamika Gerusan dan Endapan

Debit	Gerusan			
(m ³ /det)	Sblm Diairi	Stlh Diairi	Tinggi Gerusan (m)	Lokasi
Q2	16,60	16,60	0,00	Section 14
Q20	17,20	15,50	1,70	Section 14
Q100	18,17	9,45	8,72	Section 16
Debit	Timbunan			
(m ³ /det)	Sblm Diairi	Stlh Diairi	Tinggi Gerusan (m)	Lokasi
Q2	21,30	27,70	6,40	Section 17
Q20	21,75	27,15	5,40	Section 18
Q100	21,75	30,80	9,05	Section 19

Sumber : Perhitungan

Sesuai dengan investigasi lapangan dan berdasarkan desain konstruksi perencanaan, pengujian perilaku hidrolika aliran di bangunan pelimpah diuji dengan beberapa tahapan dan kondisi model :

1. **Kalibrasi** merupakan tahapan mencocokkan parameter model dan *prototype* agar diperoleh suatu fenomena yang menyerupai.
2. **Verifikasi** merupakan tahapan pembuktian kebenaran parameter model dan *prototype* sehingga diperoleh validasi sesuai dengan ketelitian yang diharapkan.
3. **Pengembangan Alternatif** merupakan tahapan pengujian model yang bertujuan untuk mengetahui perkembangan perilaku hidrolika aliran sehubungan dengan upaya meminimalkan kondisi aliran yang kurang memuaskan, dan juga untuk mengetahui gejala-gejala lain yang berpotensi negatif seperti kavitasi.
4. **Model Seri 0** merupakan model yang dibuat berdasarkan original desain konsultan.
5. **Model Seri 1, 2 dst**, merupakan alternatif desain (modifikasi), bila hasil Model Seri 0 kurang baik.
6. **Final Design** merupakan usulan penyempurnaan yang terbaik di antara model seri termasuk mencari pola aliran dan gerusan.

Berdasarkan pertimbangan di atas maka skala model ditentukan menggunakan skala tanpa distorsi (*undistorted*) dengan ratio 1:100.

Tabel 3. Debit banjir rencana Bendung Gerak Karangnongko

Kala Ulang	Debit (m ³ /det)
1	1104,70
2	1584,41
5	1888,49
10	2091,54

Kala Ulang	Debit (m ³ /det)
20	2261,35
25	2351,36
50	4003
100	4342
200	4699
1000	5581
PMF	7315

Sumber : Perhitungan

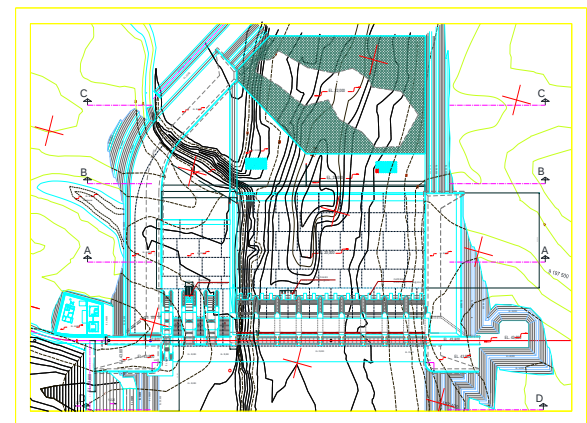
Untuk persiapan pengujian awal pada model sungai Karangnongko ini menggunakan pedoman Cross 12 sebagai TWL (*Tail Water Level*) hilir dengan anggapan bahwa kondisi cross section 12 pada kondisi saluran stabil dan tidak terganggu pengoperasian barrage di bagian hulunya. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk persiapan pengujian awal pada model sungai Karangnongko ini menggunakan pedoman Cross 12 sebagai TWL (*Tail Water Level*) hilir dengan anggapan bahwa kondisi cross section 12 pada kondisi saluran stabil (aliran yang baik) dan tidak terganggu pengoperasian barrage di bagian hulunya dengan kemiringan sungai 0,00017 dan n = 0,013. Hasil perhitungannya seperti pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. Perhitungan Lengkung Debit TWL Sungai Karangnongko

h _{sungai} (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	R ^{2/3} (m)	V (m/dt)	Q (m ³ /dt)
5,000	130,958	46,691	2,805	1,989	1,997	261,504
10,000	493,775	115,514	4,275	2,634	2,644	1305,778
15,000	1134,258	145,499	7,796	3,932	3,947	4477,390
20,000	2118,027	257,673	8,220	4,073	4,089	8661,338

Sumber : Perhitungan



Gambar 3. Skema Bendung Gerak Karangnongko

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fokus pengujian pada *original design* ini adalah pengujian kapasitas pintu barrage dan

pintu penguras (*discharge control*) serta kapasitas intake untuk menjaga elevasi yang direncanakan.

A. Pengujian terhadap kapasitas pintu utama (*barrage*) dan pintu penguras (*discharge control*)

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa aliran merata dan tidak menimbulkan gejala *vortex*. Peredam energi juga cukup efektif untuk meredam aliran dari pintu. Kapasitas pintu mampu menjaga elevasi muka air di hulu +38,00 pada saat awal musim penghujan, +40,00 pada saat musim kemarau, dan +41,00 pada saat debit banjir. Hal yang perlu diperhatikan bahwa ketika membuka pintu *barrage* sejumlah 7 buah pintu dan 3 buah pintu dengan kondisi pintu flushing dan intake tertutup terjadi aliran tidak merata dan menimbulkan pusaran pada peredam energi.

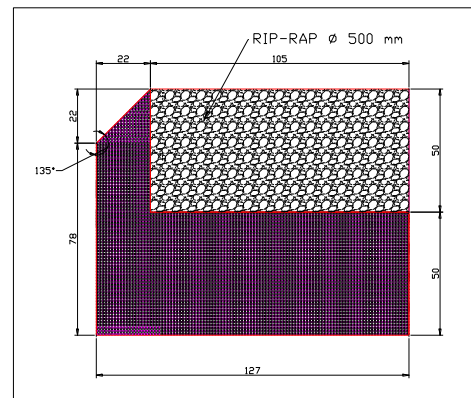
B. Pengujian Kapasitas Bukaannya Pintu Flushing Dan Intake

Untuk mengetahui besarnya kapasitas bukaan pintu *flushing* dan intake untuk mengalirkan debit dengan mempertahankan elevasi di hulu *barrage* +38,00 dan +40,00. Tetapi pada saat pengaturan pola operasi pintu, tidak disarankan hanya membuka pintu *flushing* dan pintu intake saja karena aliran tidak merata dan mengakibatkan penggerusan yang dalam pada hilir peredam energi (Tabel 5).

Hasil pengujian mengenai gerusan dan endapan setelah dipasangnya bangunan *barrage*, kondisi kedalaman gerusan yang terbesar terjadi pada pengaliran Q_{20} model seri 0 yaitu 12,30 m.

MODEL SERI I

Melihat kondisi kedalaman gerusan yang terjadi pada model seri 0 (*original design*) yang besar, sehingga untuk keamanan konstruksi *barrage* dari bahaya *local scouring* dipasang pengamanan pada sungai berupa pemasangan blok beton. Selain itu, karena kurang terarahnya aliran pada hilir *flushing* dan *intake*, maka dipasang dinding pengarah pada hilirnya.



Gambar 4. Dimensi Blok Beton

Dari hasil pengujian seri I, aliran pada hilir pintu *flushing* dan *intake* lebih terarah dan penggerusan pada hilir peredam energi dapat dicegah dengan blok beton.



Gambar 5. Kondisi aliran Q_{20}

Tabel 5. Tinggi Bukaannya Pintu Pada *Flushing* dan *Intake*

El. Muka Air Hulu (m)	Tinggi Bukaannya Pintu (m)			Debit Model (m ³ /dt)	Debit Hasil Perhitungan (m ³ /dt)
	Flushing	Intake			
38	5,5	5,5	-	568,90	544,60
40	5,5	5,5	-	638,91	585,00
38	-	-	3,25	155,72	124,57
40	-	-	3,25	180,35	131,56
38	5,5	5,5	3,25	678,92	544,60
40	5,5	5,5	3,25	723,52	585,00

Sumber : Perhitungan

Tabel 6. Kapasitas Bukaannya Pintu *Barrage*, *Flushing*, *Intake* dan Pelimpah

Bukaan Pintu (m)			Elevasi	Debit (m ³ /det)		KR (%)
<i>Barrage</i>	<i>Flushing</i>	<i>Intake</i>		Model	Hitungan	
-	5,5	3,25	41,00	783,331	779,252	0,52
-	5,5	3,25	42,35	913,478	905,908	0,83
2	5,5	3,25	41,00	2497,688	2408,147	3,58
2	5,5	3,25	42,35	2802,235	2747,146	1,97

Sumber : Perhitungan

MODEL SERI II

Memperhatikan pintu *flushing* yang sebenarnya sebagai kontrol debit dan untuk lebih mudahnya mengetahui posisi muka air banjir yaitu di atas elevasi +40,00 maka pintu *flushing* di tempatkan berdampingan dan bangunan graviti diubah menjadi bangunan pelimpah tipe ambang lebar dengan lebar 23,5 m dan di atasnya pada bagian as ditempatkan *pile* setebal 2,5 m untuk menumpu jembatan. Pelimpah ini sekaligus berfungsi sebagai bangunan *emergency* yang diharapkan dapat mengalirkan debit banjir bila banjir datang tiba-tiba disaat pintu *barrage*, pintu *flushing* dan pintu intake belum sempat dibuka.

Hasil pengujian pada seri II adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan aliran pada hilir pintu *flushing* masih menimbulkan efek loncatan pada ruang peredam energi. Hal tersebut dikarenakan peredam energi tidak efektif meredam aliran yang keluar dari pintu *flushing* pada saat pintu *barrage* ditutup, pintu *flushing* dan intake dibuka maksimal.
2. Kapasitas bukaan pintu *barrage*, pintu *flushing*, pintu intake, dan pelimpah. Diperlakukan posisi muka air hulu *barrage* dari El. +41,00 dan El. +42,35. Elevasi 42,35 merupakan muka air tertinggi yang masih diperbolehkan melewati *barrage* (1 m di bawah balok jembatan). Dari hasil pengujian kapasitas bukaan pintu dan debit yang dialirkan dapat dilihat pada Tabel 6 di atas.



Gambar 6. Kondisi Aliran Pada Saat Elevasi Hulu Barrage +41,00



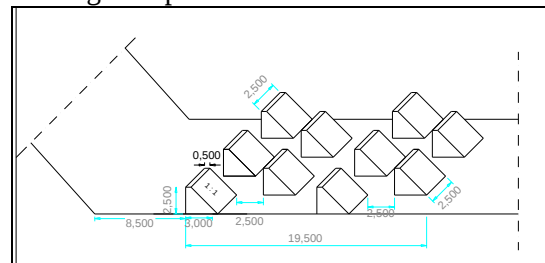
Gambar 7. Kondisi Aliran Pada Saat Elevasi Hulu Barrage +42,35

MODEL SERI III

Pada model seri III menambahkan baffle apron pada hilir pintu *flushing* dengan dimensi sebagai berikut:

- Tinggi *baffle apron* : 2,50 m
- Jarak antar *baffle apron* : 2,50 m

Pengaturan pemasangan mengikuti pedoman USBR yaitu *baffle apron* yang dipasang pada bangunan peluncur.



Gambar 8. Dimensi Baffle Blok Standar USBR
Sumber : Chow, 1994 : 100

Pada seri ini dicoba kondisi pengaliran pintu *barrage* dibuka rata 1 m, pintu *flushing* dibuka rata 5,5 m dan pintu intake 3,25 m. Kondisi aliran di peredam energi masih menimbulkan loncatan yang berlebihan.

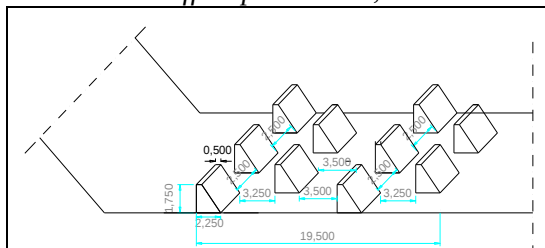


Gambar 9. Kondisi Aliran Pada Hilir Barrage Tampak Samping

MODEL SERI IV (FINAL DESIGN)

Untuk mengurangi tinggi loncatan aliran akibat *baffle apron* maka pada model seri ini dimensi *baffle apron* diubah sedangkan untuk formasi pemasangannya tetap seperti berikut:

- Tinggi *baffle apron* : 1,75 m
- Jarak antar *baffle apron* : 2,50 m.



Gambar 10. Dimensi Baffle Apron Modifikasi

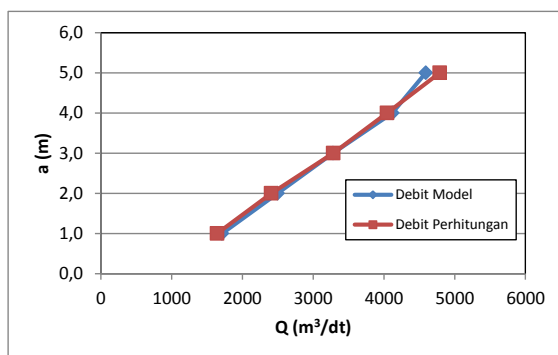
Dengan perubahan tersebut aliran di peredam energi dapat menimbulkan pengempangan yang merata.

Tabel 7. Kapasitas Buka-an Pintu Barrage, Flushing, Intake di Hulu Barrage +41,00 m

Tinggi Buka-an Pintu (m)			Elevasi	Debit (m ³ /det)		KR (%)
Barrage	Flushing	Intake		Model	Hitungan	
1,0	5,5	3,25	41,00	1712,209	1641,451	4,13
2,0	5,5	3,25	41,00	2497,000	2408,147	3,56
3,0	5,5	3,25	41,00	2497,688	3283,89	0,12
4,0	5,5	3,25	41,00	4118,700	4043,49	2,04
5,0	5,5	3,25	41,00	4592,000	4788,397	4,28

Sumber : Perhitungan

Pada pengaliran ini menguji beberapa bukaan pintu untuk mengetahui kapasitas bukaan pintu. Aliran merata di bagian hilir peredam energi, tetapi tidak pada saat *barrage* dibuka rata 1 m. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7

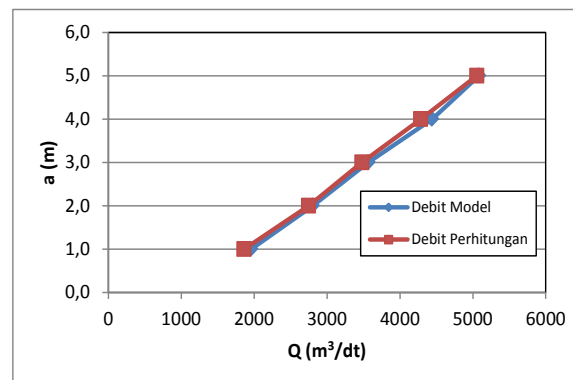


Gambar 11. Kapasitas Buka-an Pintu Kontrol Elevasi Hulu +41,00 m

Tabel 8. Kapasitas Buka-an Pintu Barrage, Flushing, Intake dan Pelimpah di Hulu Barrage +42,35

Tinggi Buka-an Pintu (m)			Elevasi	Debit (m ³ /det)		KR (%)
Barrage	Flushing	Intake		Model	Hitungan	
1,0	5,5	3,25	42,35	1957,425	1860,728	4,94
2,0	5,5	3,25	42,35	2802,235	2747,146	1,97
3,0	5,5	3,25	42,35	3565,402	3477,29	2,47
4,0	5,5	3,25	42,35	4440,959	4284,5	3,52
5,0	5,5	3,25	42,35	5082,920	5054,26	0,56

Sumber : Perhitungan



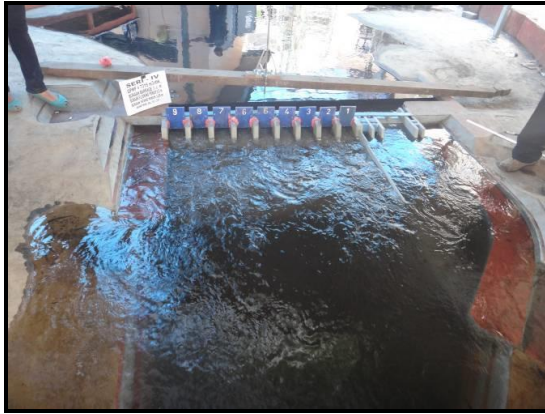
Gambar 12. Kapasitas Buka-an Pintu Kontrol Elevasi Hulu +42,35 m

Kondisi muka air hilir akibat dari pengoperasian pintu tersebut diambil pada titik kontrol P12 (berjarak 1300 m di hilir bendung gerak) yang sepanjang daerah tersebut banyak permukiman penduduk terutama di sebelah kiri bantaran sungai kondisinya adalah sebagai berikut:

Kala Ulang	Debit (m ³ /dt)	Elevasi Muka Air (m)
Q2	1584,41	24,40
Q20	2261,35	31,00
Q100	4342,00	34,00
Q1000	5581,00	35,25
QPMF	7315,00	37,30

Pada pengaliran Q_{PMF} dicoba dua kali pengaliran yaitu pintu *barrage* dibuka rata 8,6 m dan dibuka penuh 12 m. Pada saat pengaliran Q_{PMF} aliran merata di bagian hilir peredam energi dan aman terhadap bahaya *overtopping*.

1. Untuk pengaliran Q_{PMF} pintu *barrage* dibuka rata 8,6 m, pintu *flushing* dibuka penuh 5,5 m, pintu *intake* dibuka penuh 3,25 m dengan mempertahankan elevasi muka air di hulu *barrage* +41,00 dan diketahui elevasi muka air di hilir sungai +37,30 m.



Gambar 13. Kondisi Aliran Pada Hilir Pintu Barrage Dibuka 8,6 m

2. Untuk pengaliran Q_{PMF} pintu *barrage* dibuka penuh, pintu *flushing* dibuka penuh 5,5 m, pintu *intake* dibuka penuh 3,25 m sehingga diketahui elevasi muka air di hulu *barrage* +40,60 dan elevasi muka air di hilir sungai +37,30 m.



Gambar 14. Kondisi Aliran Pada Hilir Pintu Barrage Dibuka Penuh

4. KESIMPULAN

Final design yang merupakan model seri IV merupakan usulan yang dapat memberikan hasil terbaik ditinjau dari aspek hidrolika. Tiga hal penting yang diperoleh dari hasil pengujian dan analisa adalah sebagai berikut:

1. Pada setiap operasi bukaan pintu tidak menimbulkan gejala *vortex* dan distribusi arah kecepatan merata baik di hulu maupun di hilir pintu.
2. Tidak terjadi *overtopping* pada pada hulu *barrage* saat pengaliran debit Q_{PMF} . Karena pada saat pengaliran, elevasi muka air tertinggi di hulu *barrage* adalah +41,00 dan +37,30 di sungai bagian hilir saat pintu dibuka penuh.

3. Untuk menghindari pusaran aliran di peredam energi disarankan agar mengoperasikan 9 buah pintu *barrage* dengan bukaan secara merata. Dengan rincian sebagai berikut :

- a. Elevasi muka air di hulu +38,00 pada saat awal musim penghujan
- b. Elevasi muka air di hulu +40,00 pada saat musim kemarau
- c. Elevasi muka air di hulu +41,00 pada saat debit banjir

Tabel berikut menyajikan hasil pengujian model dimana pada saat pengaliran Q_2 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{1000} , Q_{PMF} kenaikan muka air di hulu *barrage* mencapai elevasi +38,00; +40,00; + 41.00 dengan pola operasi bukaan pintu seperti dalam Tabel 9.

Tabel 9. Usulan Pola Operasi Bukaan Pintu Utama (*Barrage*)

Kala Ulang	Debit Rencana	Elevasi Muka Air Hulu	Tinggi Bukaan pintu (m) Barrage (1 - 9)
Q2th	1584,41	38	2.0
		40	1.7
Q20th	2261,35	38	3.0
		40	2.3
Q100th	4342,00	38	6.5
		40	5.5
Q1000th	5581,00	41	5.0
QPMF	7315,00	41	8.6

Sumber : Perhitungan

4. Perlindungan hilir peredam energi dengan kombinasi blok beton dan riprap mampu memberikan perlindungan gerusan lokal.
5. Penataan sistem bangunan *flushing*, *intake*, dan bendung ambang lebar lebih mudah untuk menghindari keterlambatan dalam operasi bukaan pintu untuk mencegah *overtopping*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai saran pada saat bendung gerak Karangnongko selesai dibangun dan telah beroperasi adalah :

1. Sesaat setelah kejadian banjir perlu dilakukan monitoring keadaan rip-rap di hilir peredam energi. Bilamana terjadi pergeseran disarankan untuk ditata kembali dengan mengisi batuan yang terbawa ke hilir tanpa harus memindahkan batuan yang terbawa tersebut.
2. Sampah-sampah yang terbawa aliran (*floating debris*) dan menumpuk di depan pintu diharapkan selalu rutin untuk dibersihkan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari kelancaran pengaliran pada pintu dan keamanan konstruksi pintu.

3. Pemeliharaan dan kontrol penggerak pintu harus secara periodik dila-kukan.
4. Mengingat banyak permukiman yang menempati bantaran banjir dimana pada saat terjadi Q_{20} elevasi muka air yang terjadi berjarak 12 m dari permukiman diperlukan sosialisasi yang baik kepada masyarakat.
5. Untuk menghindari konflik sosial dalam hal penataan kawasan bantaran banjir *management flood proofing* merupakan alternatif yang memungkinkan.

DAFTAR PUSTAKA

A.J. Peterka, 1978, Hydraulic Design of Stilling Basin and Energy

Dissipators, United States Government Printing Office, Washington.

De Vries M., 1977, Scale Models in Hydraulic Engineering, International Institute for Hydraulic And Environmental Engineering, Delft.

Suyono Sosrodarsono and Kensaku Takeda, 1977, Bendungan Type Urugan, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Suyono Sosrodarsono and Masateru Tominaga, 1994, Perbaikan dan Pengaturan Sungai, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Ven Te Chow dan E.V. Nensi Rosalina, 1997, Hidrolika Saluran Terbuka, Penerbit Erlangga, Jakarta.