

UJI MODEL FISIK OPTIMALISASI KAPASITAS DEBIT INLET RAWA JABUNG

PHYSICAL MODEL TEST OPTIMIZATION OF RAWA JABUNG INLET DISCHARGE CAPACITY

Sarwono¹⁾, Kirno²⁾

¹⁾²⁾ Peneliti Madya Bidang Hidraulika dan Bangunan Air
Balai Sungai, Pusat Litbang Sumber Daya Air, Pabelan Jl. Solo-Kartasura KM 7 Solo 57162
E-Mail: sarwono_bs@yahoo.co.id

Diterima: 18 Maret 2013 ;Disetujui: 28 Agustus 2013

ABSTRAK

Masalah pokok yang ada di Wilayah Sungai (WS) Bengawan Solo adalah bencana banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau. Guna menurunkan debit puncak pada saat terjadi banjir, maka sebagian debit Bengawan Solo direncanakan dialirkan ke waduk tampungan sebagai retensi dengan memanfaatkan Rawa Jabung. Retensi Rawa Jabung dilengkapi bangunan inlet di hulu bendung gerak Babad yang telah didesain oleh Nippon Koei CO. LTD, yang terdiri dari pelimpah samping (pelimpah bebas) dan bangunan pintu inlet. Untuk mengoptimalkan kapasitas debit yang masuk ke pintu inlet maka perlu modifikasi ambang pintu inlet arah vertikal. Dengan melakukan modifikasi pintu inlet diharapkan ada peningkatan kapasitas debit yang masuk ke Rawa Jabung sebagai pengendali banjir. Guna memastikan besarnya pembagian debit yang masuk ke pintu inlet Rawa Jabung dilakukan uji model hidraulik (UMH) fisik. Hasil uji model fisik menunjukkan bahwa elevasi puncak tanggul saat ini tidak mampu mengalirkan debit desain kalau ulang 20 tahun, meskipun telah dilakukan modifikasi ambang pintu inlet. Hasil analisis akan disampaikan kepada pengelola Bengawan Solo berupa rekomendasi sebelum pekerjaan pintu dilaksanakan.

Kata kunci: Rawa Jabung, pengendali banjir, modifikasi inlet, UMH fisik, peningkatan kapasitas debit

ABSTRACT

Fundamental problems that exist in the basin (WS) Bengawan Solo is the floods in the rainy season and drought in the dry season. In order to reduce the peak discharge in the event of flooding, the Bengawan Solo partly planned discharge flowed into a retention dam reservoir by utilizing Jabung Swamp. Swamp retention Jabung equipped building in the upstream inlet weir motion Chronicle has been designed by Nippon Koei CO. LTD, which is composed of spillway and inlet. To optimize the discharge capacity coming into the inlet it is necessary to modify the inlet vertical direction. By modifying existing door inlet is expected to increase the discharge capacity coming into the Rawa Jabung. Hydraulic model was conducted to ensure distribution of discharge into the inlet entrance. Physical model test results show that the dike crest elevation is not currently able to stream discharge that re-design 20 years, although they were modified inlet doorway. Results of the analysis will be submitted to the manager of the Solo River before work the door in the form of recommendations implemented

Keywords: Jabung inlet, flood control, inlet modification, physical hydraulic model test, increase the discharge capacity

PENDAHULUAN

Masalah pokok yang ada di Wilayah Sungai (WS) Bengawan Solo adalah bencana banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau. Pada musim kemarau debit aliran terlalu kecil. Rasio debit (Q_{max}/Q_{min}) Bengawan Solo berkisar antara 106 -164, sehingga termasuk dalam kategori fluktuasi debit yang tinggi. Semakin besar fluktuasinya maka aliran pada saat banjir juga

menjadi semakin besar, tercatat debit lebih dari 3000 m³/s (banjir Desember 2007). Guna menurunkan debit puncak pada saat terjadi banjir, maka Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBWS) merencanakan membuat waduk tampungan sebagai retensi dengan memanfaatkan Rawa Jabung.

Inlet Rawa Jabung terletak di Rawa Jabung, Kecamatan Widang Kabupaten Tuban dan

Kecamatan Laren Kabupaten Lamongan. (Gambar 1). Inlet ini merupakan bagian dari sarana pengendali banjir yang berada di Bengawan Solo hilir, lokasinya di hulu bendung gerak Babat. Tujuan dari bangunan inlet ini adalah untuk mengalirkan debit banjir kala ulang 20 tahun (Q_{20}) yang terjadi di Bengawan Solo, selanjutnya ditampung di Rawa Jabung yang berfungsi sebagai waduk retensi. Dalam tulisan ini akan dikaji kapabilitas bangunan inlet untuk meningkatkan kapasitas debit yang masuk ke Rawa Jabung. Diharapkan hasil kajian ini dapat digunakan sebagai advis teknik ke instansi yang mengelola Bengawan Solo.

Kajian kapabilitas inlet Rawa Jabung dilakukan dengan uji model hidraulik fisik di kantor Balai Sungai. Penelitian dikhususkan pada masalah pembagian debit antara variasi debit *inflow* Bengawan Solo dan debit yang masuk ke inlet Rawa Jabung dengan berbagai variasi bukaan pintu.

Berdasarkan data perencanaan yang dibuat oleh pihak Konsultan *Nippon Koei Co.,LTD*, fungsi inlet Rawa Jabung adalah untuk mengalirkan debit banjir pada saat Bengawan Solo mencapai Q_{20} thn.

Filosofi waduk retensi ini adalah untuk menurunkan debit puncak banjir yang akan menyusur menuju hilir masuk kota-kota penting. Volume air bah pada puncak banjir akan disimpan

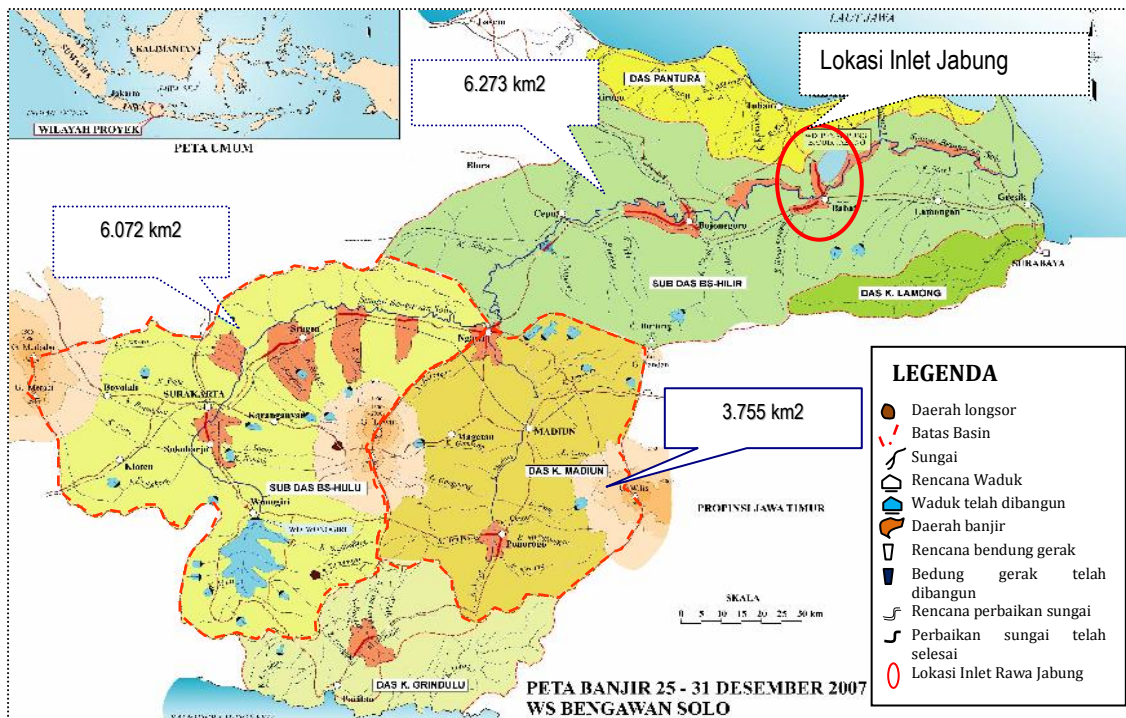
di waduk retensi selama banjir berlangsung dan akan dikeluarkan setelah banjir reda. Fungsi waduk retensi selain untuk menurunkan puncak banjir, juga sebagai penyimpan air untuk dilepaskan pada saat musim kemarau dan meningkatkan konservasi air tanah.

Maksud uji model hidraulik fisik inlet Rawa Jabung adalah mengkaji hasil perencanaan yang telah dilakukan oleh pihak Konsultan *Nippon Koei Co.,LTD*, dengan melakukan modifikasi khususnya untuk pintu inlet, guna meningkatkan kapasitas debit yang masuk ke Rawa Jabung. Tujuannya adalah mengoptimumkan bangunan inlet Rawa Jabung guna memberikan saran teknis kepada pengelola Bengawan Solo demi kesempurnaan pengelolaan banjir di Bengawan Solo dipandang dari segi hidraulik.

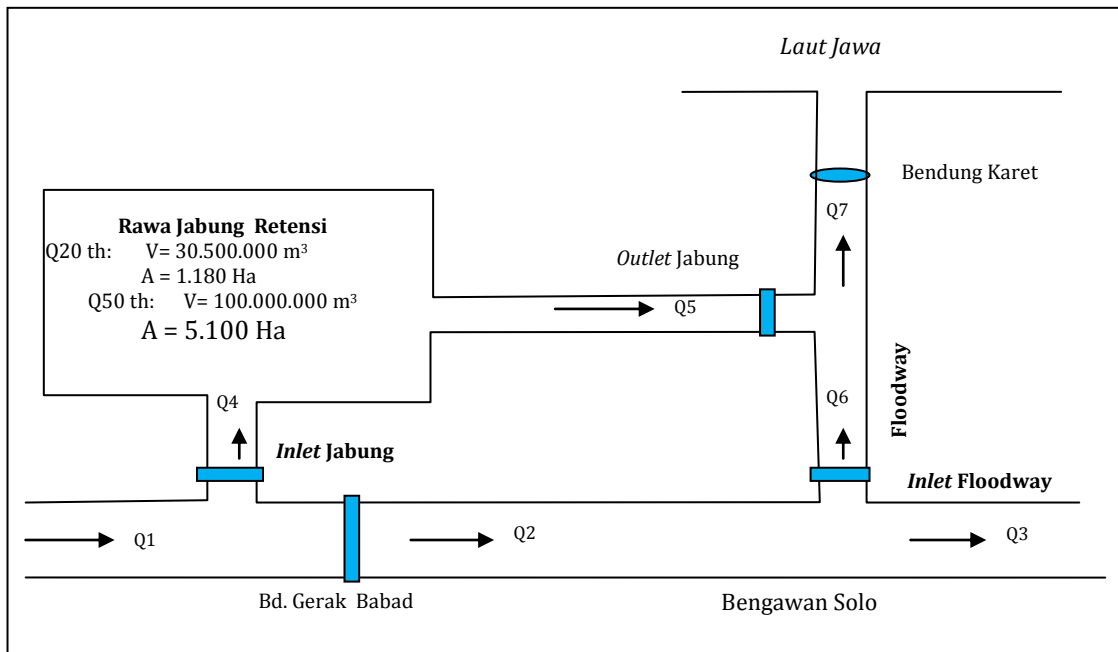
KAJIAN PUSTAKA

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Nippon Koei Co., LTD (Nippon, Koei, 2009), distribusi debit banjir Bengawan Solo hilir diilustrasikan pada Gambar 2 dan Tabel 1.

Dalam satu-kesatuan sistem pengendali banjir, kapasitas minimal Rawa Jabung diharapkan dapat menampung air sebanyak 30.500.000 m³ yang disebabkan oleh banjir dengan debit desain kala ulang 20 tahun (Q_{20} tahun).



Gambar 1 Lokasi Inlet Rawa Jabung



Sumber: "NIPPON KOEI CO LTD" LSRIP Phase-1

Gambar 2 Distribusi debit banjir rencana di Bengawan Solo hilir

Tabel 1 Distribusi Debit Banjir untuk Q_{10} , Q_{20} , dan Q_{50}

Kala Ulang	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
	(m ³ /s)						
10 th	2,530	2,530	2,530	0	0	0	0
20 th	3,480	3,170	2,530	310	0	0	640
50 th	3,810	3,170	2,530	640	140	640	640

Sumber: "NIPPON KOEI CO, LTD" LSRIP Phase -I

Berdasarkan Tabel 1 tersebut diatas, Balai Sungai mengkaji ulang pembagian debit khususnya di inlet Rawa Jabung dan akan dilakukan modifikasi dimensi pintu inlet supaya kapasitas debit yang masuk lebih besar.

METODOLOGI

Metodologi dalam analisa optimalisasi kapasitas debit pintu *inlet* Rawa Jabung ini adalah uji model hidraulik fisik (UMH-Fisik), dipilih dengan skala horizontal sama dengan vertikal yaitu 2 m = 3 cm (1/66,667). Alasan pemilihan skala ini adalah keterbatasan fasilitas laboratorium dan tingkat ketelitian.

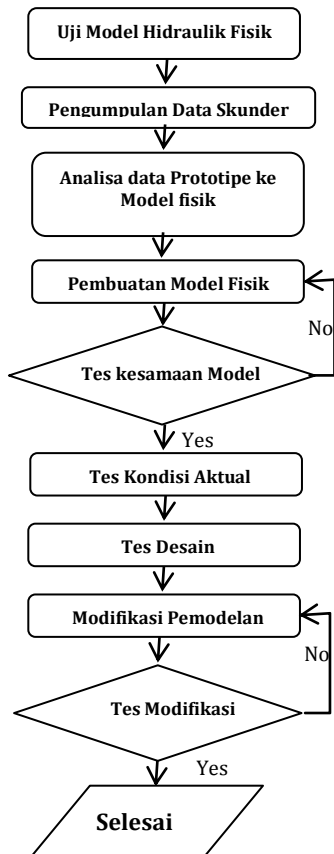
Jenis kegiatan uji model hidraulik ini meliputi:

- 1 Pembuatan model fisik skala 1/66,667, dengan menirukan bentuk alur Bengawan Solo di sekitar bangunan inlet Rawa Jabung, bangunan pintu inlet, pelimpah samping, dan saluran inlet.
- 2 Pengaliran kondisi asli (*existing*) sebelum ada bangunan inlet Rawa Jabung dengan mengacu

rating curve (garis lengkung hubungan elevasi muka air dan debit aliran) yang berada di hulu bendung gerak Babad. Maksud dari pengaliran ini adalah untuk menyamakan kondisi lapangan dengan model fisik, terutama masalah angka kekasaran dasar sungai (koefisien Manning)

- 3 Pengukuran pembagian debit kondisi desain (Seri I). Parameter yang digunakan adalah debit masukan dari Bengawan Solo, *rating curve* yang berada di hulu bendung gerak Babad dan operasi bukaan pintu.
- 4 Modifikasi dimensi pintu inlet arah vertikal dengan merubah elevasi ambang.
- 5 Pengukuran pembagian debit kondisi desain (Seri modifikasi) Parameter yang digunakan adalah debit masukan dari Bengawan Solo, *rating curve* yang berada di hulu bendung gerak Babad dan operasi bukaan pintu.

Urutan pekerjaan uji model hidraulik fisik diperlihatkan pada bagan alir Gambar 3.



Gambar 3 Bagan alir metode pengkajian uji model hidraulik fisik

Data Yang Diperlukan

Untuk membuat miniatur bangunan inlet Rawa Jabung diperlukan data sebagai berikut:

- 1 Data untuk pembuatan model hidraulik fisik, antara lain berupa topografi hasil survey, gambar situasi geometri Bengawan Solo disekitar pintu inlet, gambar potongan memanjang dan melintang sungai, gambar detail bangunan inlet Rawa Jabung, data hidrologi, seperti debit rencana (Q_r), *rating curve* (RC), gradasi material dasar sungai, Prosedur Operasi bukaan pintu bendung gerak Babad (*Standard Operating Procedure*).
- 2 Data teknis inlet Rawa Jabung, yang terdiri dari:
 - a. Inlet *structure* sepanjang 205 m, pintu baja selebar 7,50 m dengan tinggi 4,7 m (2 buah), dan elevasi mercu + 4,34 m
 - b. Pelimpah bebas : lebar 4 x 12,5 m, elevasi mercu, + 8,40 m
 - c. Saluran inlet : kapasitas, 310 m^3/s , panjang 2,8 km, lebar dasar 50 m, talut = 1: 2, elevasi dasar -1,65 m, elevasi tanggul +5,97 m

- d. *Bypass*: kapasitas 3,85 m^3/s , panjang 4,85 km, lebar dasar 5,00 m, talut = 1:2, pintu baja 1 x 2,5 m (2 buah)

Program Pengaliran Umh Fisik

Program pengaliran uji model hidraulik fisik dilakukan dengan skenario sbb:

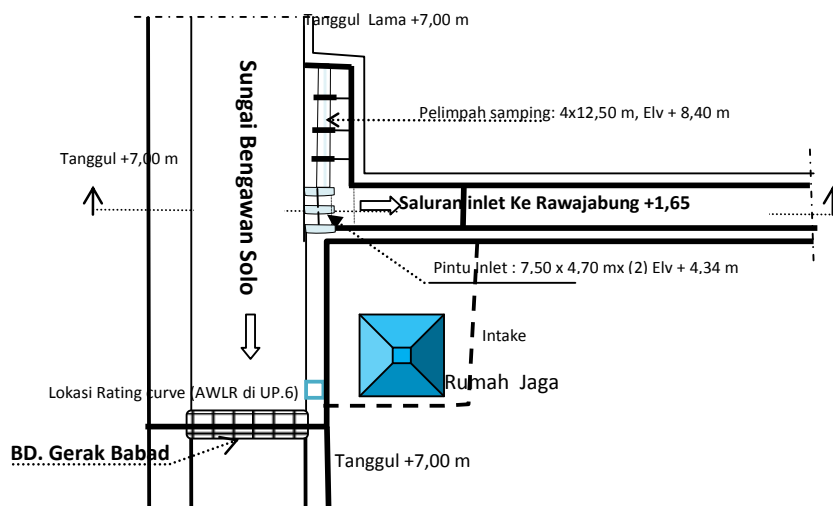
- 1 Tes kesamaan (similaritas) model, untuk menyamakan angka kekasaran dasar sungai (koefisien Manning atau n) antara kondisi di lapangan dengan kondisi di model fisik
- 2 Model seri 0 (tes kondisi aktual), dengan melakukan pengaliran tes kondisi asli, untuk mengetahui parameter hidraulik: elevasi muka air, pola aliran, dan distribusi kecepatan aliran di Bengawan Solo sekitar inlet.
- 3 Model seri I (tes kondisi desain dengan adanya bangunan inlet Rawa Jabung), selain untuk mengetahui parameter seperti point 2, juga untuk mengetahui pembagian debit yang masuk ke Rawa Jabung, dan operasi bukaan pintu inlet yang divariasi dengan debit banjir di Bengawan Solo.
- 4 Model seri II adalah modifikasi dimensi pintu inlet ke arah horisontal, untuk mengetahui pembagian debit yang masuk ke Rawa Jabung, dan operasi bukaan pintu inlet yang divariasi dengan debit banjir di Bengawan Solo.

Untuk semua pengaliran di model fisik sebagai kontrol elevasi muka air mengacu *rating curve* di Bengawan Solo tepatnya di hulu bendung gerak Babad, tetapi di hilir bangunan inlet Rawa Jabung. Denah dan potongan memanjang inlet Rawa Jabung disajikan dalam Gambar 4 dan 5.

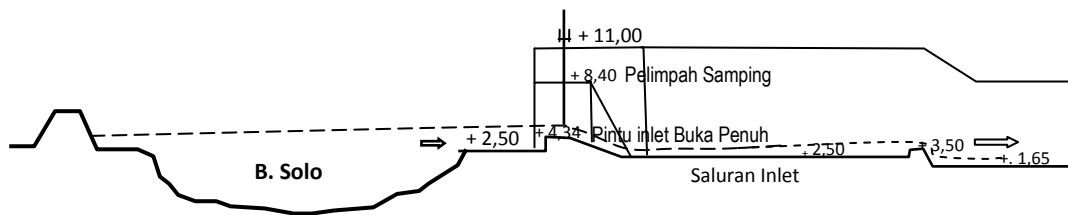
Tahapan Pengukuran Pembagian Debit di inlet Rawa Jabung

Pada tahap pengukuran pembagian debit di inlet Rawa Jabung, berikut ini adalah hal-hal yang harus diperhatikan:

- 1 Kondisi pintu inlet dan pelimpah samping dibuka penuh. Untuk mengetahui pembagian debit yang masuk ke Inlet Rawa Jabung (lihat Gambar 6), dengan anggapan pintu inlet dibuka penuh. Dari data hubungan elevasi muka air dan debit yang dilepas di bendung gerak Babad, dapat dibuat *rating curve* dengan persamaan garis, $y = 0,004x - 1,442$ (Gambar 7). Dari persamaan ini dapat diketahui apabila elevasi muka air di Bengawan Solo (di inlet Rawa Jabung) +4,34 m atau setinggi ambang pintu inlet, debit Bengawan Solo sebesar 1720 m^3/s . Dengan kata lain apabila debit Bengawan Solo lebih kecil dari 1720 m^3/s ,



Gambar 4 Denah dan Lokasi Rating curve atau automatic water level record (AWLR)



Gambar 5 Sketsa Potongan Memanjang bangunan inlet Rawa Jabung

inlet Rawa Jabung belum berfungsi maka debit yang mengalir ke Rawa Jabung 0.

- 2 Kondisi pintu inlet dioperasikan dengan interval 30 cm.

Tahapan pelaksanaan pengamatan operasi bukaan pintu inlet pada uji model

Pada pelaksanaan pengamatan operasi bukaan pintu inlet, dilakukan tahapan sebagai berikut:

- 1 Alirkan debit total dari hulu Bengawan Solo = Q_{Total} . Total, inlet Rawa Jabung dapat mengalirkan debit dari Bengawan Solo apabila, debit total Bengawan Solo ($Q_{\text{total. 1}}$) > 1720 m³/s atau elevasi muka di AWLR > 4,34 m, karena ambang dasar pintu inlet + 4,34m.
- 2 Setelah elevasi muka air stabil, buka pintu inlet Rawa Jabung setinggi 30 cm, sebagian debit akan masuk ke inlet, debit yang lewat di AWLR berkurang, karena sebagian debit masuk ke inlet Rawa Jabung elevasi muka air di AWLR turun
- 3 Setelah kondisi aliran tenang/stabil, ukur debit yang masuk ke Rawa Jabung dengan alat ukur debit Thomson, sebesar $Q_{\text{RJ 1}}$, jadi debit out

flow Bengawan Solo ($Q_{\text{out indek}}$) sama dengan $Q_{\text{total 1}} - Q_{\text{RJ1}}$.

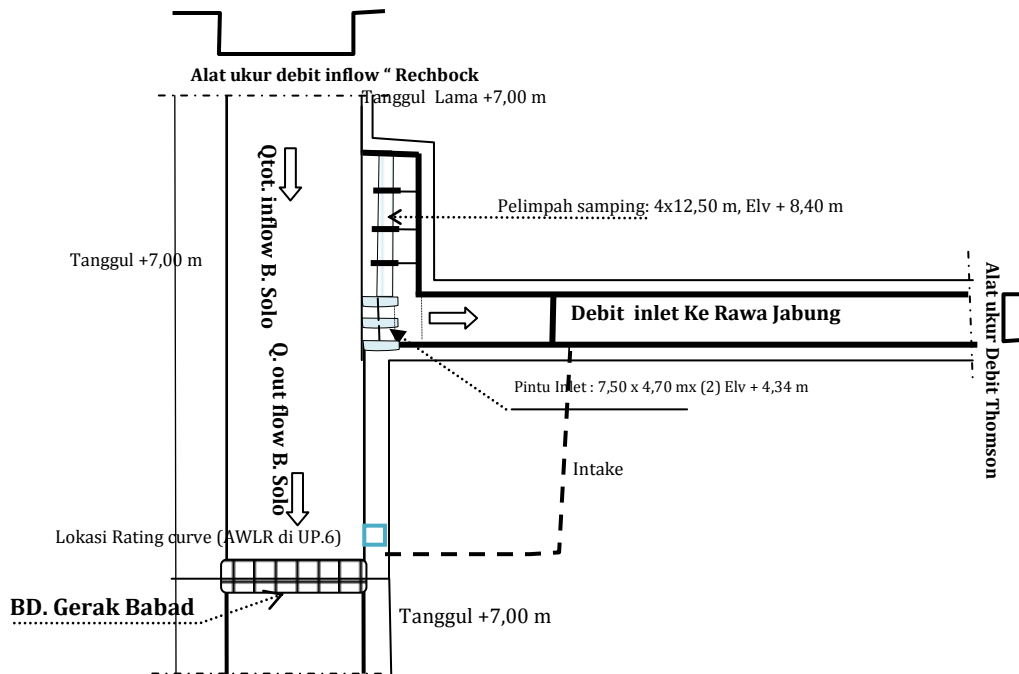
- 4 Kontrol bahwa Q_{out1} bila dimasukkan kepersamaan garis *rating curve* Gambar 7 mestinya harus sama dengan elevasi muka air $Y_{.1}$
- 5 Alirkan debit total dari hulu Bengawan Solo = $Q_{\text{tot.2}}$
- 6 Setelah elevasi muka air stabil, buka pintu inlet Rawa Jabung setinggi 30 cm, sebagian debit akan masuk ke inlet, debit yang lewat di AWLR berkurang, karena sebagian debit masuk ke inlet Rawa Jabung elevasi muka air di AWLR turun
- 7 Setelah kondisi aliran tenang/stabil, ukur debit yang masuk ke Rawa Jabung dengan alat ukur debit Thomson, sebesar $Q_{\text{RJ 2}}$, jadi debit out flow Bengawan Solo ($Q_{\text{out 2}}$) sama dengan $Q_{\text{tot 2}} - Q_{\text{RJ2}}$.
- 8 Kontrol bahwa Q_{out2} bila dimasukkan kepersamaan garis *rating curve* Gambar 7 mestinya harus sama dengan elevasi muka air $Y_{.2}$
- 9 Lakukan pengukuran pembagian debit ini dengan cara yang sama untuk bukaan pintu yang berbeda dan debit inflow yang berbeda, sehingga debit inflow dari Bengawan Solo hulu

bisa mencapai aliran maksimum 3500 m³/s dan tinggi bukaan pintu mencapai maksimum (4,50m). Interval operasi bukaan pintu dalam uji model ini diambil 30 cm dan interval debit *inflow* ditentukan tiap 200 m³/s (interval lebih kecil data lebih akurat).

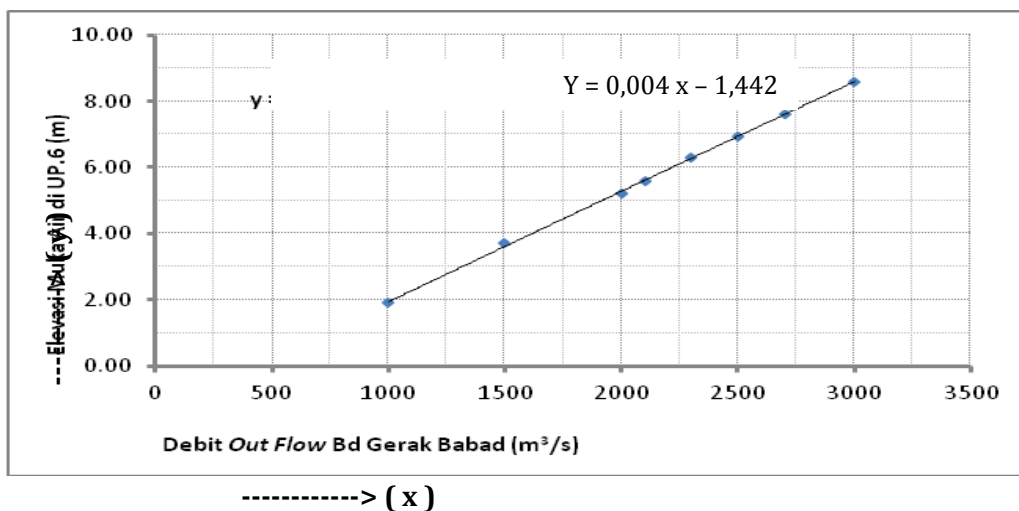
Dari pengukuran pembagian debit ini akan didapat data: debit *inflow* Bengawan Solo, elevasi muka di hulu pintu inlet, debit yang masuk ke Rawa Jabung, debit *outflow* Bengawan Solo dan elevasi muka air di AWLR. Sehingga dari data ini dapat digunakan sebagai dasar operasi bukaan pintu di lapangan.

Modifikasi bangunan pintu inlet yang dilakukan di Laboratorium

Tujuan dari modifikasi bangunan inlet ini adalah untuk mengoptimumkan debit masukan ke Rawa Jabung, dengan cara memodifikasi dimensi ambang pintu inlet ke arah vertikal, mengingat arah horisontal tidak memungkinkan karena dinding pintu sudah dibangun. Modifikasi ambang pintu inlet dipresentasikan Gambar 8 - 10.

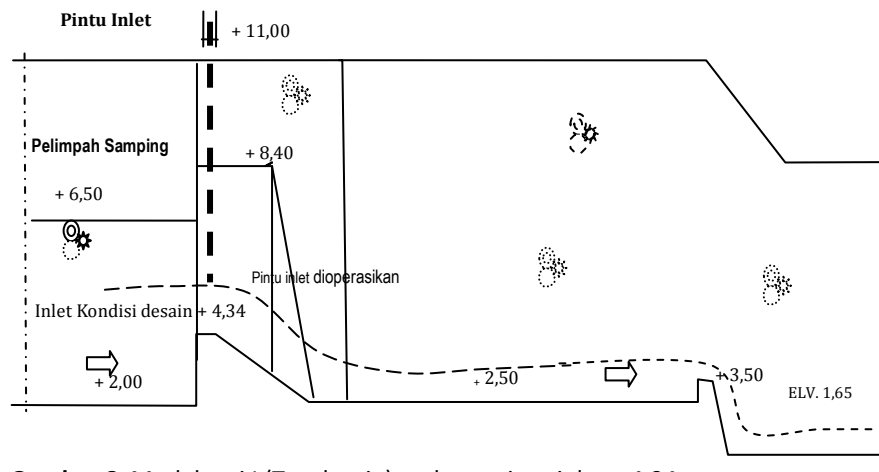


Gambar 6 Ilustrasi pengukuran pembagian debit

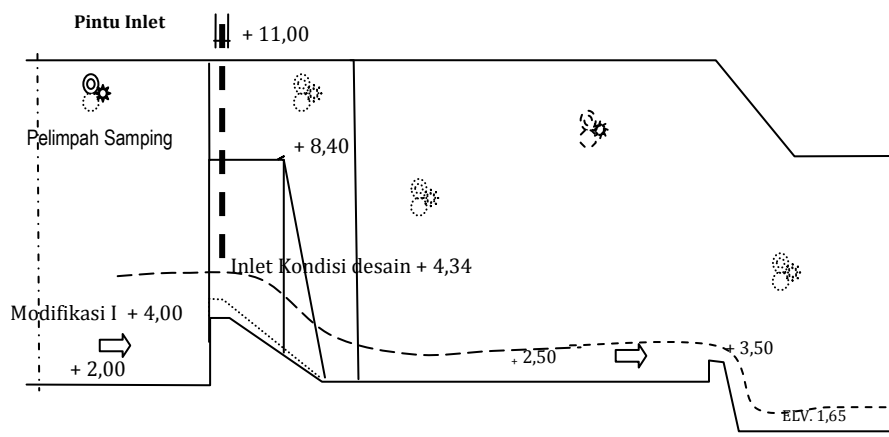


Sumber data "Perum Jasa Tirta I Bengawan Solo, Monitoring tinggi muka air SWS. Bengawan Solo" Tahun 2010 -2011.

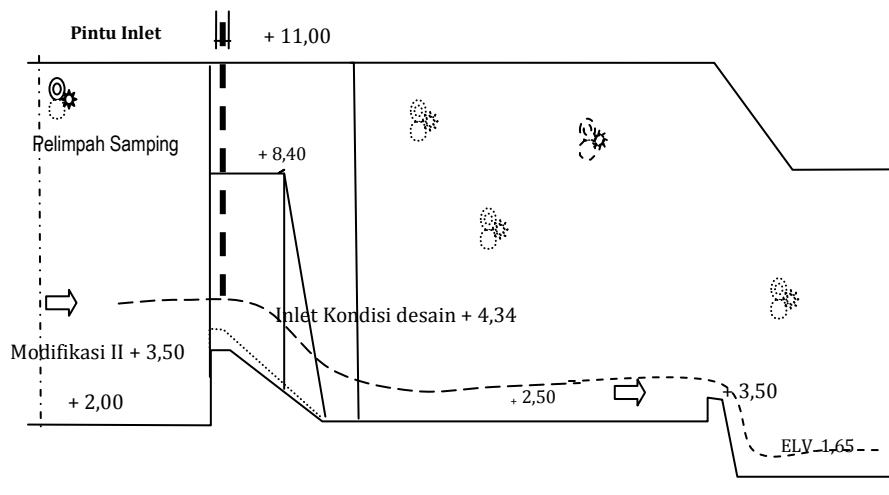
Gambar 7 Rating curve di AWLR Bendung Gerak Babad (di UP.6)



Gambar 8 Model seri I (Tes desain) ambang pintu inlet +4,34 m



Gambar 9 Model seri II (tes modifikasi I) ambang pintu inlet +4,00 m



Gambar 10 Model seri III (tes modifikasi II) ambang pintu inlet +3,50 m

HASIL DAN PEMBAHASAN

1 Tes similaritas model (kesamaan model dengan prototype)

Setelah model fisik dibuat sesuai skala dan dimensi geometri Bengawan Solo, inlet Rawa Jabung maupun bangunan yang ada, maka sebagai

acuan adalah nilai koefisien kekasaran *Manning* (*n*) di prototipe. Untuk alur Bengawan Solo *n* diambil sama dengan 0,022. Mengingat kekasaran untuk plesteran di model sama dengan 0,014, maka untuk mengetahui kondisi model kurang kasar/halus, model fisik dialiri dengan debit alur penuh sebesar 2500 m³/s (untuk *n* alur) dan elevasi muka

air untuk setiap tampang melintang yang telah dihitung dengan bantuan program *HEC-RAS* dengan acuan *rating curve* di hulu bendung gerak Babad. Dari hasil aliran ini dapat diamati bahwa elevasi muka air di model kurang tinggi (berarti kurang kasar) atau kurang rendah (berarti kurang licin). Sehingga diharapkan hasil elevasi muka air dari perhitungan *HEC-RAS* dengan hasil pengamatan di model fisik sama. Setelah dilakukan pengaliran dengan pengamatan elevasi muka air dengan menambah kekasaran secara *trial and error*, maka hasil akhir dari tes kesamaan model khususnya penyesuaian kekasaran dipresentasikan pada Tabel 2

Tabel 2 Elevasi muka air (EMA) untuk kesamaan model fisik, Debit Bengawan Solo 2500 m³/s

No. Sta	EMA. Pengamatan	EMA. Perhitungan HEC-RAS	Beda EMA (m)
Up.17	6,97	6,99	-0,02
Up.15	6,98	6,98	0,00
Up.14	6,96	6,97	-0,01
Up.12	7,02	6,97	0,05
Up.10	7,01	7,00	0,01
Up.8	6,94	6,97	0,01
Up.6	6,94	6,93	0,01

2 Tes pengukuran pembagian debit Model Seri I (tes desain)

Untuk mengetahui pembagian debit yang masuk ke Inlet Rawa Jabung, dengan anggapan pintu inlet dibuka penuh, elevasi muka air di Bengawan Solo mengacu data *rating curve* di AWLR hulu Bendung Gerak Babad (sampai sekarang masih dipantau oleh Jasa Tirta I). Dari data hubungan elevasi muka air dan debit yang dilepas di bendung gerak Babad, dapat dibuat *rating curve*.

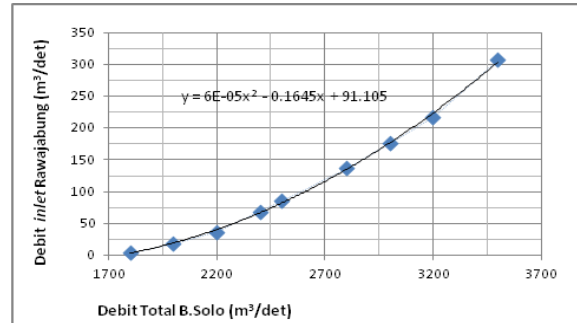
Tabel 3 Pembagian Debit di inlet Rawa Jabung dengan kondisi pintu inlet dibuka penuh

No	Elv.AWLR di BG Babad	Q. total Bengawan Solo (m ³ /s)	Q. inlet Ke Rawa Jabung	Q. Out Flwo B.Solo (m ³ /s)	Elv. MA Di hulu Pintu inlet
1	4,61	1800	4,50	1795,50	4,60
2	5,26	2000	18,00	1982,00	5,19
3	5,93	2200	37,00	2163,00	5,80
4	6,60	2400	69,00	2331,00	6,38
5	6,93	2500	86,00	2414,00	6,73
6	7,93	2800	137,00	2663,00	7,50
7	8,61	3000	176,00	2824,00	8,05
8	9,25	3200	217,00	2983,00	8,55
9	9,47	3500	307,00	3193,00	9,22
10	10,59	3810	397,00	3413,00	9,85

Sumber data : Hasil pengukuran dari Laboratorium Sungai Balai Sungai

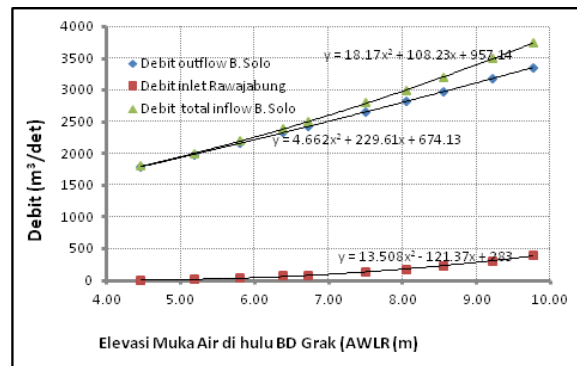
a Hasil operasi bukaan pintu inlet Rawa Jabung kondisi pintu inlet dibuka penuh dipresentasikan pada Tabel 3.

Pembagian debit antara *in flow* dari Bengawan Solo dan debit yang masuk ke Rawa Jabung kondisi pintu inlet dibuka penuh, ditampilkan dalam bentuk grafik Gambar 11 dan 12.



Sumber: Hasil pengamatan di Laboratorium Balai Sungai 2012

Gambar 11 Lengkung pembagian debit di inlet Rawa Jabung



Sumber: Hasil pengamatan di Laboratorium Balai Sungai 2012

Gambar 12 Pembagian debit di inlet Rawa Jabung Model Seri I (desain), pintu inlet dibuka penuh

b Hasil pengamatan operasi bukaan pintu dengan interval 30 cm dipresentasikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Operasi bukaan pintu dengan interval 30 cm

No	Tinggi bukaan pintu inlet (m)	Debit (Q) Total dari Bengawan Solo Hulu (m ³ /s)				
		2000	2200	2400	2500	2800
1	0,30	13,09	15,00	21,00	23,00	25,00
2	0,60	18,50	21,00	33,00	35,00	41,00
3	0,90	...	32,00	41,00	41,00	56,00
44	1,20	...	...	43,00	54,00	71,00
5	1,50	...	...	58,00	65,00	85,00
6	1,80	...	...	...	83,00	102,00
7	2,10	...	...	...	...	117,00

Sumber data : Hasil pengukuran dari Laboratorium Sungai Balai Sungai 2012.

3 Hasil Pengamatan Model Seri II (modifikasi I)

a. Hasil operasi bukaan pintu inlet Rawa Jabung, pintu inlet buka penuh dipresentasikan pada Tabel 5. Pembagian debit antara *inflow* dari Bengawan Solo dan debit yang masuk ke Rawa Jabung bila ditampilkan dalam bentuk Gambar 13.

4 Hasil Pengamatan Model Seri III (modifikasi II)

c. Hasil operasi bukaan pintu inlet Rawa Jabung, pintu inlet dibuka penuh dipresentasikan pada Tabel 7. Pembagian debit antara *inflow* dari Bengawan Solo dan debit yang masuk ke Rawa Jabung bila ditampilkan dalam bentuk grafik Gambar 14.

Hasil pengamatan operasi bukaan pintu inlet dengan interval 30 cm dipresentasikan pada Tabel 8.

Tabel 5 Pembagian Debit di inlet Rawa Jabung dengan kondisi pintu inlet dibuka penuh

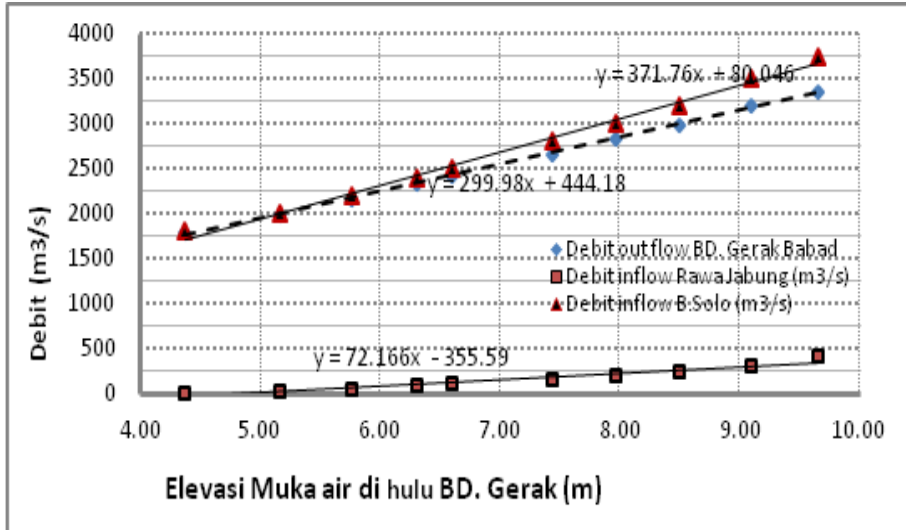
No	Elv. MA AWLR	Q. Total B.S (m ³ /s)	Q. Inlet Rawa Jabung	Q. Out Flwo Bengawan Solo (m ³ /s)	Elv. EMA u/s Pintu inlet (m)
1	4,49	1800	9,70	1790,30	4,48
2	5,26	2000	26,34	1994,83	5,17
3	5,93	2200	47,93	2194,23	5,77
4	6,60	2400	86,66	2393,69	6,31
5	6,93	2500	98,94	2493,40	6,60
6	7,93	2800	151,55	2792,57	7,43
7	8,61	3000	189,40	2992,03	7,97
8	9,25	3200	231,42	3191,45	8,55
9	9,47	3500	312,08	3490,91	9,09
10	9,65	3750	405,05	3740,38	9,62

Sumber data : Hasil pengukuran dari Laboratorium Sungai Balai Sungai 2012.

Tabel 6 Operasi bukaan pintu dengan interval 30 cm.

Tinggi bukaan (m)	Debit (m ³ /s)					
	1800	2000	2200	2400	2500	2800
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	8,42	13,30	15,41	19,17	22,00	25,70
0,60	..	25,04	29,10	33,57	38,12	42,74
0,90	..	..	40,12	50,46	58,27	66,40
1,20	..	..	51,08	62,24	71,58	81,28
1,50	..	..	..	81,83	91,55	101,04
1,80	..	..	..	..	102,26	116,71
2,10	..	..	..	..	..	129,60
2,40	..	..	..	..	..	146,62

Sumber data : Hasil pengukuran dari Laboratorium Sungai Balai Sungai 2012

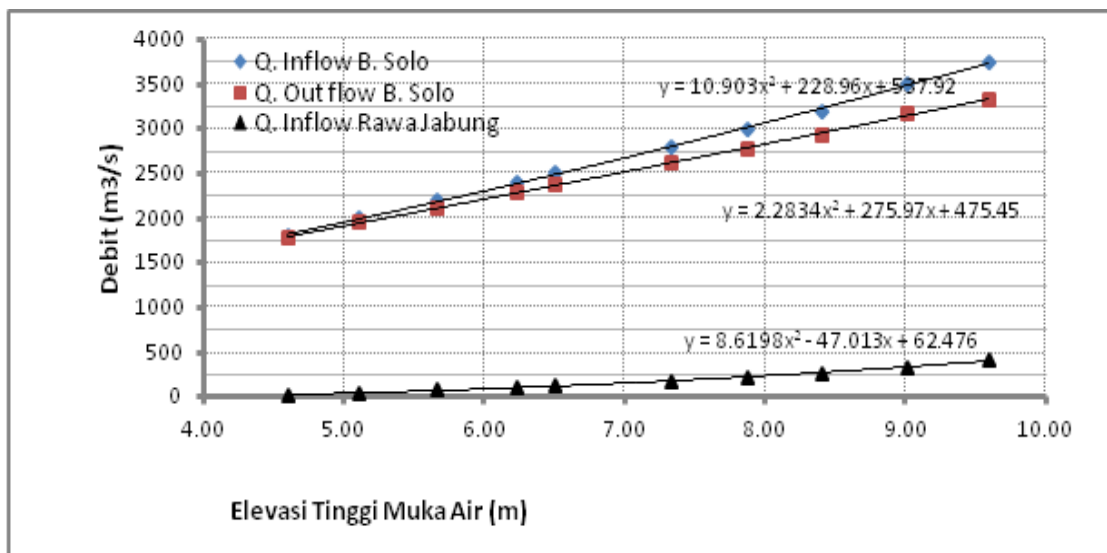


Gambar 13 Pembagian debit di inlet Rawa Jabung Model Seri II (*modifikasi I*), pintu inlet dibuka penuh

Tabel 7 Pembagian Debit di inlet Rawa Jabung dengan kondisi pintu dibuka penuh

No	Elv. AWLR di BG. BABAD	Q. Total Bengawan Solo (m³/s)	Q. out flow Bengawan Solo (m³/s)	Q. Inlet Rawa Jabung (m³/s)	Elv. TMA u/s inlet (m)
1	4,62	1800	1776,74	23,26	4,60
2	5,26	2000	1956,35	43,65	5,11
3	5,66	2200	2120,00	80,00	5,77
4	6,23	2400	2289,73	110,27	6,31
5	6,51	2500	2373,18	126,82	6,60
6	7,33	2800	2617,20	182,80	7,43
7	7,87	3000	2778,37	221,63	7,97
8	8,40	3200	2938,71	261,29	8,55
9	9,02	3500	3162,32	337,68	9,09
10	9,59	3750	3335,82	414,18	9,62

Sumber data : Hasil pengukuran dari Laboratorium Sungai Balai Sungai 2012.



Gambar 14 Pembagian debit di inlet Rawa Jabung, Model Seri III

Tabel 8 Operasi bukaan pintu dengan interval 30 cm

Tinggi bukaan (m)	Debit (m ³ /s)						
	1800	2000	2200	2400	2500	2800	3000
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	11,39	16,02	20,96	19,17	24,38	27,72	30,56
0,60	20,16	28,41	33,57	33,57	40,76	44,65	48,34
0,90	-	37,57	42,56	50,46	62,25	71,63	77,58
1,20	-	46,74	55,31	62,24	80,65	92,14	104,98
1,50	-	-	68,41	81,83	92,27	106,91	125,10
1,80	-	-	-	98,68	109,65	126,82	140,15
2,10	-	-	-	-	124,07	141,10	157,00
2,40	-	-	-	-	-	158,17	170,45
2,70	-	-	-	-	-	172,32	189,40
3,00	-	-	-	-	-	187,37	202,82
3,30	-	-	-	-	-	-	216,87

Hasil Uji

1 Kesamaan uji model fisik

Hasil pengamatan elevasi muka air untuk debit alur penuh (debit 2500 m³/s), pada Tabel 2, (penyesuaian angka kekasaran *Manning* pada alur Bengawan Solo) beda elevasi muka air antara perhitungan *HEC-RAS* dengan pengamatan hasil pengaliran di uji model fisik mempunyai beda tinggi kurang lebih 5 Cm (perbedaan ini dengan anggapan adanya pengaruh angin), sehingga model fisik dianggap sudah sama dengan kondisi di prototipe.

2 Model Seri I (Tes Desain)

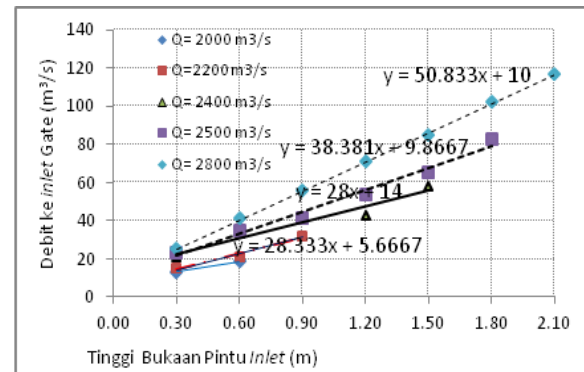
Pembagian debit dari desain *NIPPON KOEI CO, LTD* 1994 dan 2009), dengan hasil uji model hidraulik fisik terjadi perbedaan, terutama untuk debit dengan kala ulang 50 tahunan, berikut adalah perbedaan debit antara keduanya dipresentasikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Perbedaan pembagian debit antara desain dengan uji model fisik Model Seri I (desain)

Debit desain		Debit Yang Masuk Ke Rawa Jabung		Beda Debit (m ³ /s)
Kala ulang	(m ³ /s)	Desain	Uji Model Fisik Seri I	
20 th	2480	310	308	- 2
50 th	3810	640	397	- 243

Berdasarkan hasil model Seri I ini semakin besar debit inflow dari Bengawan Solo penyimpangan (perbedaan) debit yang masuk ke Rawa Jabung semakin besar. Artinya debit yang masuk ke Rawa Jabung hasil uji model fisik lebih kecil dari desain *NIPPON KOEI CO, LTD* 1994 dan 2009). Untuk itu diupayakan pada *UMH* fisik ini,

debit yang masuk ke Rawa Jabung lebih besar atau paling tidak sama dengan desain. Dengan cara memodifikasi ambang pintu inlet diturunkan diharapkan debit masukan akan lebih besar.



Gambar 15 Grafik operasi bukaan pintu di inlet Rawa Jabung

Hasil uji model fisik Seri I ini juga ditampilkan operasi bukaan pintu inlet Rawa Jabung seperti Gambar 15.

3 Model Seri II (Tes Modifikasi I)

Model seri II (Modifikasi I) adalah menurunkan ambang pintu inlet dari + 4,34 m menjadi + 4,00 m.

Tabel 10 memperlihatkan perbandingan debit desain dengan hasil uji model fisik. Bila dibandingkan antara hasil uji model dengan desain (*NIPPON KOEI, 1994, 2009*), masih terjadi perbedaan debit. Untuk debit kala ulang 20 tahun, debit yang masuk ke Rawa Jabung lebih besar dari desain (310 > 312 m³/s), tetapi untuk debit dengan kala ulang 50 tahun masih lebih kecil dari desain (640 < 405 m³/s), dipresentasikan pada Tabel 10.

Tabel 10 Perbedaan pembagian debit antara desain dengan uji model fisik Model Seri I (desain)

Kala ulang	Debit desain (m ³ /s)	Debit yang masuk ke Rawa Jabung		Beda (m ³ /s)
		Desain	Uji Model Fisik Seri II	
20 th	2480	310	312	+2
50 th	3810	640	405	-233

Berdasarkan hasil model Seri II, dapat disimpulkan bahwa semakin besar debit inflow dari Bengawan Solo perbedaan debit yang masuk ke Rawa Jabung semakin besar. Artinya debit yang masuk ke Rawa Jabung lebih kecil dari desain (buku laporan NIPPON KOEI CO, LTD" LSRIP Phase -I tahun 1994 dan Phase -2, tahun 2009). Untuk itu diupayakan pada uji model hidraulik fisik ini debit yang masuk ke Rawa Jabung lebih besar dari desain, paling tidak sama dengan desain, dengan cara memodifikasi ambang pintu inlet diturunkan lagi. Hasil uji model fisik Seri II ini juga ditampilkan operasi bukaan pintu inlet Rawa Jabung seperti Gambar 16.

4 Model Seri III (Tes Modifikasi II)

Model seri III (Modifikasi II) adalah menurunkan ambang pintu inlet dari + 4,34 m menjadi + 3,50 m.

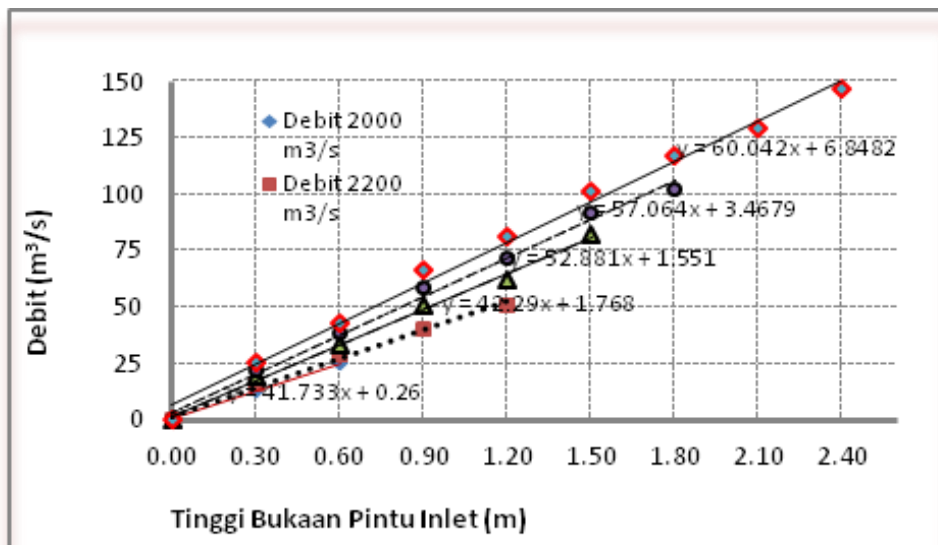
Tabel 11 memperlihatkan perbandingan debit desain dengan hasil uji model fisik. Bila dibandingkan antara hasil uji model dengan desain (NIPPON KOEI, 1994, 2009. Untuk debit kala ulang

20 tahun, debit yang masuk ke Rawa Jabung lebih besar dari desain (310 > 338 m³/s, tetapi untuk debit dengan kala ulang 50 tahun masih lebih kecil dari desain (640 < 415 m³/s). dipresentasikan pada Tabel 11.

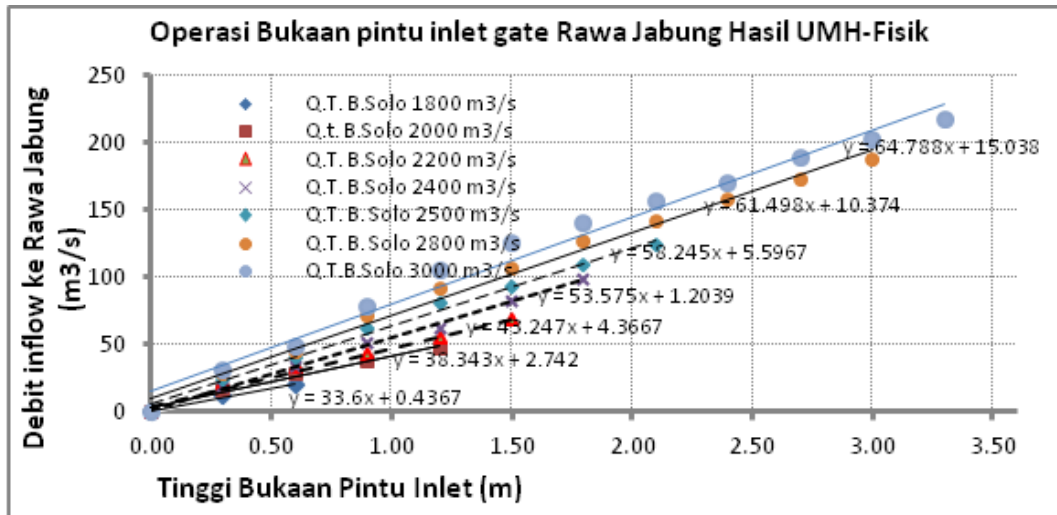
Tabel 11 Perbedaan pembagian debit antara desain dengan uji model fisik Model Seri I (desain)

Kala ulang	Debit desain (m ³ /s)	Debit yang masuk ke Rawa Jabung		Beda (m ³ /s)
		Desain	Uji Model Fisik Seri II	
20 th	2480	310	338	+18
50 th	3810	640	415	-225

Berdasarkan hasil model Seri III, dapat disimpulkan bahwa debit kala ulang 50 tahun Bengawan Solo (dari desain debit yang masuk ke inlet Rawa Jabung sebesar 640 m³/s) sudah tidak mungkin dilampau. Untuk itu upaya pada uji model hidraulik fisik ini sudah tidak mungkin dilakukan, mengingat ambang dasar pintu inlet sudah sama dengan ambang dasar saluran inlet (+3,50). Kecuali melakukan modifikasi pintu inlet arah horisontal (pintu inlet dilebarkan) atau ambang pelimpah samping diturunkan tetapi hal ini sudah tidak mungkin (bangunan pelimpah samping sudah jadi). Hasil uji model fisik Seri III ini juga ditampilkan operasi bukaan pintu inlet Rawa Jabung berupa grafik Gambar 17. Pelaksanaan inlet Rawa Jabung sampai dengan akhir th 2012 seperti Gambar 18.



Gambar 16 Grafik operasi bukaan pintu di inlet Rawa Jabung



Gambar 17 Grafik operasi bukaan pintu di inlet Rawa Jabung



Gambar 18 Pelaksanaan bangunan inlet Rawa Jabung sampai saat sekarang (2013)

KESIMPULAN

Dari hasil uji model fisik ini dapat disimpulkan sbb:

Mengingat kondisi lapangan elevasi puncak tanggul + 7,60 m hanya mampu melewati debit dengan kala ulang 10 thn (2500 m³/s), maka bila debit di desain Q_{.20} th sebesar 3480 m³/s, dan elevasi muka air akan mencapai + 9,00 m, maka elevasi puncak tanggul perlu di naikan menjadi + 10,00 di tambah tinggi jagaan 1,00 m sama dengan + 11,00 m.

Pada saat terjadi debit kala ulang 20 tahun, *inflow* dari Bengawan Solo mencapai 3500 m³/s.

Dengan kondisi tersebut, bila inlet ditutup, maka kapasitas pelimpah samping (*side spillway*) hanya mampu mengalirkan debit ke Rawa Jabung sebesar 168 m³/s. Bila pintu inlet dibuka penuh dan air sebagian melimpah di atas *spillway*, debit yang masuk ke Rawa Jabung sebesar 308 m³/s, lebih kecil daripada data desain (310 m³/s). Untuk skenario modifikasi I (ambang dasar inlet dibuat +4,00 m), maka debit yang masuk ke Rawa Jabung mencapai 312,08 m³/s, sedangkan pada skenario modifikasi II (ambang pintu inlet dibuat + 3,50 m), debit yang masuk ke Rawa Jabung sebesar 338 m³/s.

Saat terjadi debit kala ulang 50 tahun, *inflow* dari Bengawan Solo mencapai 3810 m³/s. Pada kondisi tersebut, debit yang masuk ke Rawa Jabung 405 m³/s untuk skenario modifikasi I dan mencapai 415 m³/s untuk skenario modifikasi II.

Dengan demikian, debit desain menurut buku laporan NIPPON KOEI CO, LTD" LSRIP Phase -I tahun 1994 dan Phase -2, tahun 2009), tidak cocok dengan hasil uji model fisik walaupun sudah dilakukan modifikasi ambang pintu inlet arah vertikal.

Gambar grafik operasi bukaan pintu di inlet Rawa Jabung, dapat digunakan sebagai dasar pembuatan SOP bukaan pintu inlet di lapangan. Sesuai model seri yang akan dilaksanakan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA.

- Balai Sungai " Hasil survai lapangan disekitar Bendung gerak Babat" tahun 2012.
Nippon Koei CO. LTD. "LSRIP Phase - 2" Oktober tahun 2009.

Perum Jasa Tirta I Bengawan Solo "Pedoman Operasi & Pemeliharaan Bendung Gerak Babat" Tahun 2006.

Perum Jasa Tirta I Bengawan Solo, "Monitoring tinggi muka air SWS. Bengawan Solo" Tahun 2010 -2011.

Balai Sungai, Laporan Akhir Penelitian Pengelolaan Bencana Banjir Bengawan Solo, 2011.

SNI 3965:2008, Tata cara pembuatan model fisik sungai dengan dasar tetap. BSN.

SNI 3411:2008, Tata cara pengukuran tinggi muka air pada model fisik. BSN.

SNI 03-3408-1994, Pengukuran kecepatan aliran pada model fisik dengan alat ukur tipe baling-baling. BSN.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada seluruh tim penelitian "Pengelolaan bencana banjir di Bengawan Solo" dan semua pihak yang telah membantu sehingga terwujudnya tulisan ini.