

## Penggunaan Hidrolik Model Fisik Redesain Bendung Simongan

### *Implementation of Physical Hydraulic Model for Redesign Weir Simongan*

**Niko Suhendra, Didik Kuswadi, dan Kelik Istanto**

*Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung*

*Jl. Soekarno-Hatta No.10, Rajabasa, Bandar Lampung, 35144 (Tel. 0721-703995)*

*e-mail: didik\_kuswadi@yahoo.com*

#### **ABSTRACT**

*Test model can provide a lot of possibilities of handling hydraulic problem as input for changes or improvements to the waterworks construction will be implemented. Therefore, physical modeling weir is the right step to knowing how to learn and cope with floods, good damage posed and a solution be handled. The purpose of this study was (1) Determine scale models and standard on many discharge meter prototype and (2) Perform the calibration test physical models contain. Implementation stages of this research started from the collection of data, software installation support, determination of scale models, model physical weir, the determination of the standard meter, test calibration model. Based on the results and discussion that have been described, it can be concluded with respect to the following: (1) Calculation of scale models produce mass-scale as follows: speed scale as large as 6,324; a 2.5 scale flow profile; and large scale Thomson 10119.289; (2) the completion of the process Curb Simongan done through physical modeling in the form of three-dimensional dam of five stages, namely Series 0, Series 1, Series 2, Series 3 and Series 4;(3) Calculation based on the Thomson High Level Discharge Meter (m<sup>3</sup>/sec) prototype 200,500 m<sup>3</sup>/sec, m<sup>3</sup>/sec 700, and 850 consecutive m<sup>3</sup>/sec size of 37,445 cm, 45.522 cm, 49.314 cm and 51.746 cm; (4) The results of calibration test physical models of flow rate on debit Series 4 83 993 lt/sec indicates that the downstream flow velocity decreased after making 3 buildings that have elevation +3 m to the left and right downstream weir, elevation +4 m the middle of the downstream weir.*

*Keywords: physical hidraulic model; redesign, weir simongan*

Naskah ini diterima pada tanggal 1 Juli 2013, direvisi pada tanggal 12 Juli 2013 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 15 Agustus 2013

#### **PENDAHULUAN**

##### **Latar Belakang**

Banjir adalah peristiwa yang terjadi ketika aliran air yang berlebihan merendam daratan. Menurut ahli hidrologi banjir-banjir di Indonesia dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Banjir akibat sungai meluap

Banjir jenis ini biasanya terjadi akibat dari sungai tidak mampu lagi menampung aliran air sebagai akibat debit air sudah melebihi kapasitas saluran.

## 2. Banjir lokal

Banjir ini merupakan banjir yang terjadi akibat air yang berlebihan dan meluap juga di tempat tersebut. Pada saat curah hujan tinggi, kondisi tanah di lokasi itu sulit dalam melakukan penyerapan air.

## 3. Banjir akibat pasang surut air laut

Saat air laut pasang, ketinggian muka air laut akan meningkat, sehingga aliran air di bagian muara sungai akan lebih lambat dibandingkan bila saat laut surut. Selain melambat, bila aliran air sungai sudah melebihi kapasitas saluran terutama di tempat yang datar atau cekungan, maka air tersebut akan menyebar ke segala arah.

Bencana banjir dan kekeringan merupakan salah satu akibat negatif dari tidak adanya keseimbangan antara pembangunan sosial, ekonomi, dan lingkungan. Banjir dan kekeringan cenderung meningkat dari tahun ke tahun baik berupa air saja tetapi juga membawa lumpur, sedimen, limbah, dan lain-lain. Banjir tidak hanya disebabkan oleh faktor alam seperti curah hujan yang tinggi, kondisi topografi, penutup lahan dan akibat ulah dan aktivitas manusia dalam mengelola, mengolah, menjaga, memelihara, melestarikan dan memanfaatkan alam.

Akibat ulah manusia dalam memanfaatkan sumber daya alam semakin lama menimbulkan masalah yang sebelumnya jarang terjadi. Maraknya kejadian bencana akhir-akhir ini seperti tanah longsor, banjir, kekeringan dan sebagainya merupakan indikator tidak optimalnya pengelolaan sumber daya dalam daerah aliran sungai (Kodoatie dan Rustam, 2008).

Fenomena banjir musim hujan dan kekeringan yang sering terjadi akhir-akhir ini merupakan indikator hidrologis buruknya kondisi suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Fenomena ini terjadi akibat terganggunya daur hidrologi yang ditandai dengan ekstrimnya salah satu komponen daur hidrologi yakni aliran permukaan (*run-off*) akibat menurunnya kapasitas infiltrasi tanah. Air hujan yang jatuh di permukaan tanah lebih banyak yang menjadi aliran permukaan dibandingkan dengan air yang masuk dan tersimpan dalam tanah (Maryono, 2003).

Seperti halnya kota-kota pantai di Indonesia, Semarang menghadapi permasalahan laten berupa banjir, baik banjir musiman yang datang setiap musim hujan, maupun banjir harian akibat rob. Berbagai usaha dan kegiatan yang berkaitan dengan penanggulangan banjir, baik yang berupa studi, seminar, diskusi, disamping kegiatan fisik sarana penanggulangan banjir, sudah tidak terhitung jumlahnya. Usaha tersebut sudah dimulai sejak Zaman Belanda, yaitu sejak dibangunnya Banjir Kanal Timur dan Banjir Kanal Barat sejak awal abad 19. Namun keadaan tidak teratasi, banjir masih saja terus terjadi, khususnya pada musim hujan.

Bendung Simongan di Sungai Kali Garang dibangun 1870-an sebagai pengendali banjir di Semarang. Bendung ini pernah mengalami kerusakan akibat banjir besar, sehingga harus direnovasi pada 1976. Kali Garang merupakan Salah satu sungai besar yang mengalir di tengah kota Semarang. Kali Garang dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) 203 km<sup>2</sup> dicirikan oleh debit aliran banjir yang besar dan datangnya cepat. Kali Garang mempunyai pola meranting,

dengan demikian banyak anak-anak sungainya. Anak sungai yang utama yaitu Sungai Kreo dan Sungai Kripik, dengan panjang aliran Kali Garang dari hulu sampai ke hilir kurang lebih 35 km.

Model fisik membantu suatu tujuan yang tidak dapat dipenuhi oleh benda nyata. Model fisik biasanya dipakai untuk mensimulasi perilaku hidraulik pada prototip bangunan air (bendung, pelimpah bendungan/embung), pelindung sungai tak langsung, penangkap sedimen yang direncanakan dengan skala lebih kecil. Uji model hidraulik fisik dapat memberikan banyak kemungkinan penanggulangan masalah hidraulik sebagai masukan untuk perubahan atau perbaikan terhadap konstruksi bangunan air yang akan dilaksanakan. Oleh karena itu permodelan fisik bendung merupakan langkah tepat untuk mengetahui cara menanggulangi dan mengetahui banjir, baik kerusakan yang disebabkan dan solusi penanggulangannya.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- (1) Menentukan skala model dan meter taraf pada berbagai debit prototype,
- (2) Melakukan uji kalibrasi model fisik bendung.

## **METODE PELAKSANAAN**

### **Tempat dan Waktu**

Pengambilan data penelitian ini dilakukan di Laboratorium Balai Bangunan Hidrolik dan Geoteknik Keairan (BHGK), Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (PUSLITBANG SDA) Kementerian Pekerjaan Umum Bandung. Pengolahan dan analisis data, serta penyusunan laporan dilakukan di Politeknik Negeri Lampung. Pelaksanaan penelitian mulai bulan Februari sampai dengan bulan Agustus 2011.

### **Bahan dan Alat**

Alat dan bahan yang digunakan selama penyusunan laporan tugas akhir adalah:

- a. Seperangkat Komputer dengan aplikasi program AutoCAD,
- b. Scanner,
- c. Printer,
- d. Water Pass (WP),
- e. Theodolit,
- f. Meteran Taraf (MT),
- g. Alat Ukur Thomson,
- h. Seperangkat Alat Pertukangan.
- i. Peta Situasi Bendung Simongan,
- j. Bahan bangunan.

## Tahapan Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dimulai dari proses pengumpulan data, instalasi software pendukung, penentuan skala model, pembuatan model bendung, penentuan meteran taraf, uji kalibrasi model. Tahapan pelaksanaan Studi Hidrolik Model Fisik Redesain Bendung Simongan seperti terlihat pada Gambar 1.

### Penentuan skala model

Skala merupakan komponen yang sangat penting dalam pembuatan model fisik. Skala merupakan perbandingan antar jarak gambar di peta dengan jarak sebenarnya di permukaan bumi. Penentuan tempat model fisik bendung tergantung dari skala model yang digunakan. Studi hidrolik model fisik Bendung Simongan menggunakan beberapa jenis-jenis penskalaan model yaitu:

- a) Skala kecepatan merupakan skala yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran.
- b) Skala profil aliran adalah skala yang digunakan untuk mengukur muka air sungai, sekaligus merupakan skala untuk menentukan elevasi muka air sungai.
- c) Skala Thomson merupakan skala yang digunakan untuk menghitung debit (Q) yang akan dialirkan di dalam uji kalibrasi model.

Ketentuan jenis-jenis skala permodelan berdasarkan lab. BHGK dapat dilihat dalam Tabel 1.

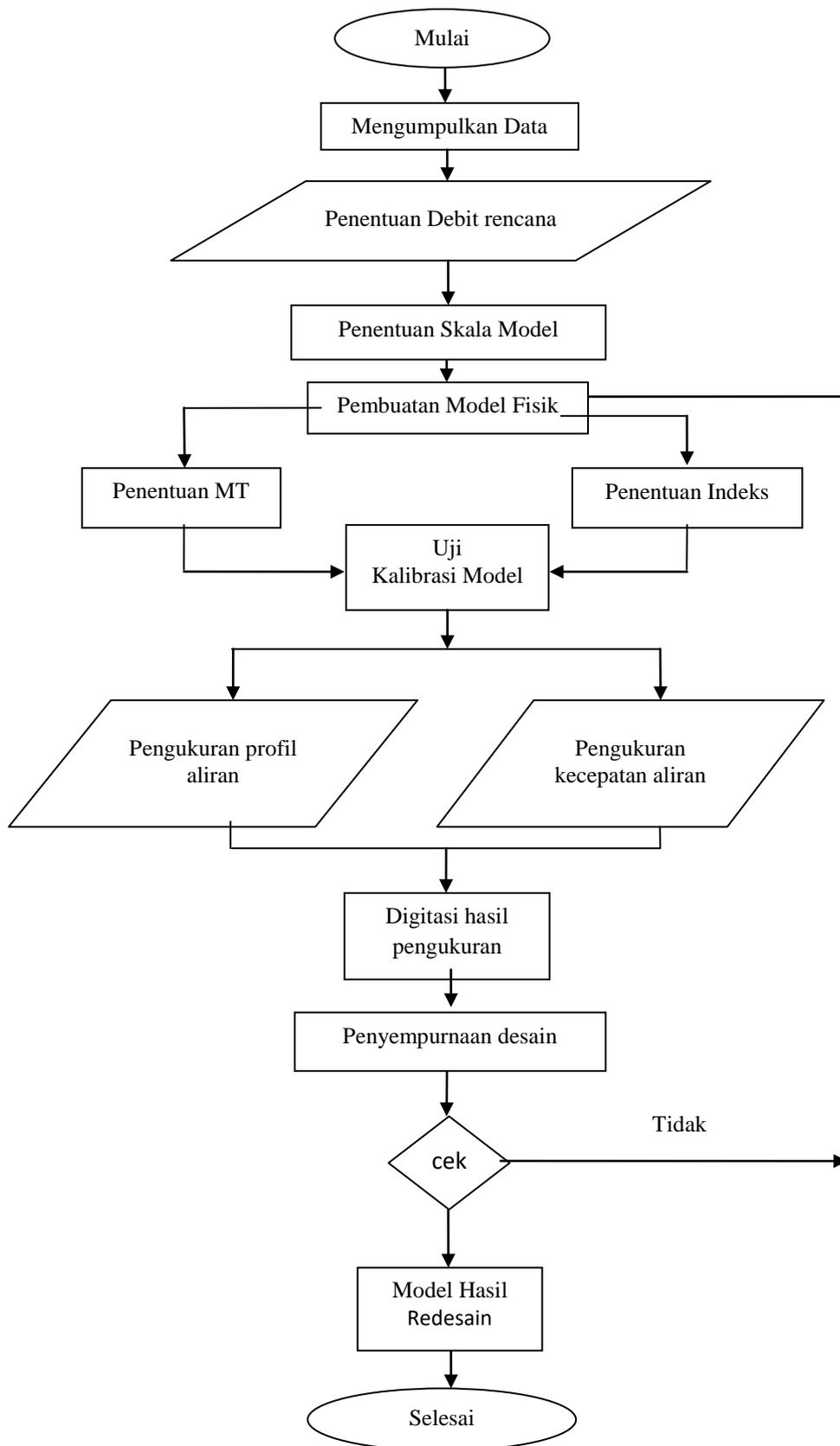
Tabel 1. Jenis-jenis Skala Model Dalam Uji Kalibrasi Bendung Simongan

No	Jenis-jenis skala model	Rumus
1	Skala kecepatan	$S_m^{0,5}$
2	Skala profil aliran	$S_p/S_m$
3	Skala Thomson	$(S_m)^{2,5}$

Sumber: Laboratorium BHGK (2011)

### Pembuatan model fisik bendung

Proses pembuatan model fisik Bendung Simongan dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu: Seri 0, Seri 1, Seri 2, Seri 3, dan Seri 4. Masing-masing tahapan memiliki karakteristik tertentu dalam usaha penyempurnaan model fisik bendungan. Seri 0 merupakan proses pembuatan model fisik bendungan sesuai dengan kondisi desain rencana. Seri 2 dan Seri 3 merupakan tahapan perbaikan berdasarkan hasil uji coba bendungan. Seri 4 merupakan tahap akhir dari rangkaian proses pembuatan model fisik bendungan. Seri 4 menghasilkan model fisik bendungan dengan beberapa perubahan dalam rangka penyempurnaan desain rencana. Hasil Seri 4 ini yang digunakan sebagai dasar untuk membuat, merekonstruksi atau memperbaiki bendung yang sudah ada.



Gambar 1. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

### Penentuan Meteran Taraf (MT)

Meteran taraf berfungsi sebagai pengatur tinggi muka air alat ukur Thomson dan muka air hilir. Penentuan meteran taraf dimulai dengan menghitung Debit Rencana ( $Q_m$ ) yang digunakan dalam uji kalibrasi model. Persamaan Debit Rencana ( $Q_m$ ) adalah sebagai berikut:

$$Q_m = \frac{Q_p}{S_m}$$

Keterangan:

$Q_m$  : Debit Rencana (m<sup>3</sup>/dt)  
 $Q_p$  : Debit Prototip (m<sup>3</sup>/dt)  
 $S_m$  : Skala Model Thomson

Langkah berikutnya adalah menghitung tinggi muka air di alat ukur Thomson, dengan persamaan sebagai berikut:

$$h = \left( \frac{Q_m \times 100}{1.39} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Keterangan:

$h$  : Tinggi muka air alat ukur Thomson (cm)

Persamaan untuk menentukan tinggi Meteran Taraf (MT) adalah:

$$MT = h + i$$

**Keterangan:**

$h$  : tinggi muka air Thomson (cm)  
 $i$  : Indeks (cm)  
 $MT$  : Meteran Taraf (cm)

Persamaan untuk menentukan elevasi muka air hilir adalah:

$$El_h = \left( \frac{Man - I}{S_m} \right) + 10$$

**Keterangan:**

$Man$  : muka air rata-rata (cm)  
 $S_m$  : skala model (cm)  
 $I$  : indeks (cm)  
 $El.h$  : elevasi muka air hilir (cm)

### Uji kalibrasi model

Uji kalibrasi model merupakan salah satu langkah untuk mengetahui hasil analisis hidrolis dari pembuatan model fisik Bendung Simongan. Uji kalibrasi model dalam penelitian ini meliputi profil aliran, kecepatan aliran, dan arah aliran.

### Uji kalibrasi profil aliran

Pengujian profil aliran dilakukan untuk menguji tinggi muka air dan bentuk profil aliran Bendung Simongan. Adapun rumus penentuan profil aliran adalah sebagai berikut:

$$pa = \left( \frac{Elh - BWP}{Sm} \right) El.hm$$

**Keterangan:**

pa	: profil aliran	(cm)
BWP	: bacaan meteran taraf	(cm)
El.h	: elevasi tertinggi	(cm)
Sm	: skala model	(cm)
El.hm	: elevasi tertinggi model	(cm)

Hasil dari uji kalibrasi profil aliran diinput ke dalam aplikasi program Autocad. Tujuan penginputan hasil perhitungan uji kalibrasi profil aliran adalah mengetahui bentuk profil aliran Bendung Simongan.

**Uji kalibrasi kecepatan aliran**

Pengujian kecepatan aliran dilakukan untuk mengetahui kecepatan aliran model dari udik sampai ke hilir sungai yang direncanakan dari setiap seri yang dibuat dan setiap debit (Q) yang diuji. Adapun rumus kecepatan aliran model yang ditetapkan Laboratorium Balai Bangunan dan Geoteknik Keairan (BHGK) adalah.

$$Vm = \left( \frac{Vn}{1000} \right) * 6.324$$

**Keterangan:**

Vm	: kecepatan model	(cm/dt)
Vn	: kecepatan rata-rata	(cm/dt)

Hasil dari uji kalibrasi kecepatan aliran diinput ke dalam aplikasi program Autocad. Tujuan input data hasil perhitungan uji kalibrasi kecepatan aliran adalah mengetahui nilai kecepatan aliran disetiap potongan model fisik Bendung Simongan.

**Uji kalibrasi arah aliran**

Pengujian arah aliran dilakukan untuk mengetahui bentuk aliran dari atas mercu sampai ke hilir model. Langkah pelaksanaan pembuatan arah aliran yaitu:

- 1) Menggambar arah aliran menggunakan kertas dan pensil.
- 2) Scan gambar ke dalam komputer.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Penentuan Skala Model**

Skala model yang digunakan dalam pembuatan model fisik Bendung Simongan di Laboratorium Balai Bangunan Hidrolik dan Geoteknik Keairan (BHGK) adalah 1:40. Berdasarkan besaran skala model tersebut, hasil penentuan skala kecepatan, skala profil aliran dan skala Thomson dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan jenis skala model dalam Uji Kalibrasi Bendung Simongan

No	Jenis-jenis skala model	Rumus	Nilai skala
1	Skala kecepatan	$S_m^{0,5}$	6,324
2	Skala profil aliran	$S_p/S_m$	2,5
3	Skala thomson	$(S_m)^{2,5}$	10119,289

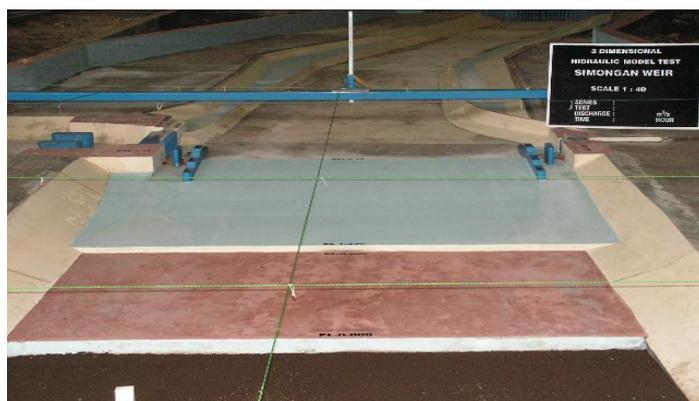
**Pembuatan model fisik bendung**

Proses pembuatan model fisik Bendung Simongan dilakukan dalam 5 (lima) tahapan, yaitu Seri 0, Seri 1, Seri 2, Seri 3, dan Seri 4.

Model fisik Seri 0 dibuat sesuai dengan *existing design* atau desain rencana, bagian sebelah kiri bendung dilengkungkan dengan  $r=5m$ . Bagian mercu bendung diratakan dengan membuat elevasi +1. Bentuk lengkungan dan bentuk perataan bawah mercu tersaji pada Gambar 2 dan 3.

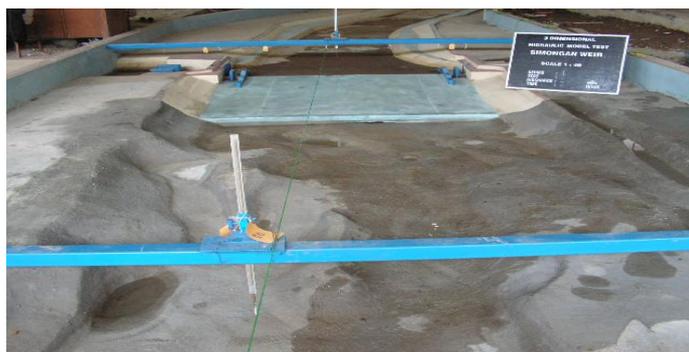


Gambar 2. Lengkung Hulu Bendung



Gambar 3. Perataan Bawah Mercu

Perubahan model fisik bendung pada Seri 1 meliputi bagian sebelah kiri hulu bendung dilengkungkan menjadi  $r=7,5m$ , membuat situasi model menjadi situasi asli lapangan yang letaknya di bawah mercu bendung. Situasi bawah mercu bendung tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. Situasi Asli di Bawah Mercu

Seri 2 merupakan seri penyempurnaan dari seri 1 yaitu menyempurnakan situasi bawah mercu Bendung Simongan dengan membuat lengkungan  $r=0.5$  m pada bagian kanan hilir. Hasil penyempurnaan situasi bawah mercu bendung akan tersaji pada Gambar 5.



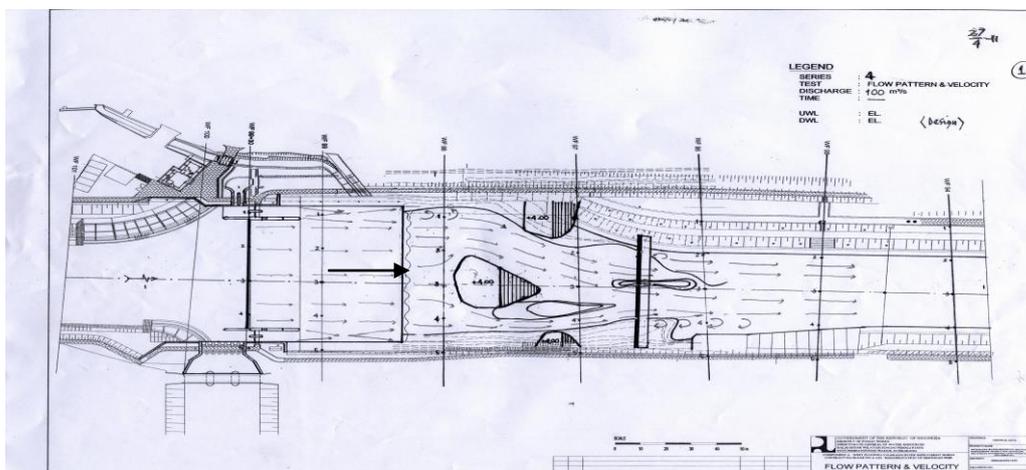
Gambar 5. Penyempurnaan Situasi Hilir Bendung

Seri 3 merupakan seri penyempurnaan kolam olakan di bangunan terjunan, sekaligus melakukan penstabilan arus aliran di bagian hilir, yaitu dengan melakukan penambahan elevasi pada dua gundukan yang berbentuk pulau di bagian kiri dan tengah hilir bendung, ditambahkan elevasi +6,0 m untuk gundukan sebelah kiri hilir, elevasi +6,6 m untuk gundukan di bagian tengah hilir. Fungsi dari dua gundukan pulau yang terbuat dari beton tersebut adalah untuk memecah kuatnya arus yang dihasilkan olakan, sehingga arus aliran hilir semakin stabil. Bentuk gundukan beton dalam perencanaan penambahan elevasi tersaji dalam Gambar 6.

Seri 4 merupakan seri terakhir dari rangkaian pembuatan model fisik Bendung Simongan. Model fisik Seri 4 Bendung Simongan meliputi pembuatan pulau-pulau dari beton dengan elevasi masing-masing bagian kiri = +3 m, bagian kanan = +3 m, bagian tengah = +3 m dan +4 m. Hasil perubahan pada Seri 4 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Penambahan Elevasi Pulau



Gambar 7 Pembuatan Pulau Baru

### Penentuan Meteran Taraf (MT)

Proses penentuan meteran taraf adalah menghitung debit model ( $Q_m$ ) yang digunakan dalam pengujian kalibrasi model. Debit prototype ( $Q_p$ ) yang digunakan dalam studi penyempurnaan desain hidrolis model fisik Bendung Simongan adalah 200, 500, 700, dan 850 m<sup>3</sup>/dt. Persamaan debit model dalam pengujian kalibrasi model, yaitu:

$$Q_m = \left( \frac{Q_p}{S_m} \right)$$

$$Q_p = 200 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 200000 \text{ l/s}$$

$$S_{Th} = (40)^{5/2}$$

$$= 10119,289$$

$$Q_m = Q_p / (S_{Th})$$

$$Q_m = 200000 / 10119,289$$

$$= 19,764 \text{ l/s}$$

Perhitungan tinggi muka air pada alat ukur Thomson adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 h &= \left( \frac{Q_m \times 100}{1.39} \right)^{\frac{2}{5}} \\
 &= (19,764 \times 100 / 1,39)^{0,4} \\
 &= 18,245 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Meteran Taraf (MT) berfungsi sebagai pengatur tinggi muka air alat ukur Thomson, muka air hilir dan debit model ( $Q_m$ ) yang digunakan dalam uji kalibrasi model. Perhitungan untuk menentukan Meteran Taraf dengan nilai indeks sebesar 19,20 cm adalah:

$$\begin{aligned}
 MT &= h + i \\
 &= 18.245 + 19.20 \\
 &= 37.445 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan debit model ( $Q_m$ ), tinggi muka air Thomson, dan Meteran Taraf Thomson pada berbagai Debit Prototipe ( $Q_p$ ) tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan Debit Model ( $Q_m$ ), tinggi muka air ( $h$ ) dan Meteran Taraf Thomson pada berbagai ( $Q_p$ ) Debit Prototipe

No	$Q_p$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_m$ (l/dt)	$h$ (cm)	Indeks Thomson (cm)	MT Thomson (cm)
1	200	19.764	18.245	19.20	37.445
2	500	49.410	26.322	19.20	45.522
3	700	69.174	30.114	19.20	49.314
4	850	83.998	32.546	19.20	51.746

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan untuk menentukan elevasi muka air hilir adalah:

$$MA_n = 25.73 \text{ cm (data hasil pengukuran)}$$

$$\text{Indeks} = 44.10$$

$$S_m = 2.5$$

$$El_h = \left( \frac{MA_n - I}{S_m} \right) + 10$$

$$\begin{aligned}
 El_h &= ((25,73 - 44,1) / 2,5) + 10 \\
 &= + 2,36 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan elevasi muka air hilir pada berbagai Debit Prototipe dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan tinggi elevasi muka air hilir pada berbagai Debit Prototipe (Qp)

No	Qp (m <sup>3</sup> /dt)	Qm (l/dt)	Indeks hilir (cm)	M.A rata-rata (cm)	El. M.A hilir (cm)
1	200	19.764	44,10 +10	25,73	+ 2,360
2	500	49.410	44,10 +10	30,11	+ 4,404
3	700	69.174	44,10 +10	32,46	+ 5,344
4	850	83.998	44,10 +10	34,46	+ 6,144

Sumber: Hasil Perhitungan (2011)

### Uji kalibrasi model

Uji kalibrasi model dalam penelitian ini meliputi profil aliran, kecepatan aliran, dan arah aliran.

### Uji kalibrasi profil aliran

Contoh perhitungan profil aliran Bendung Simongan adalah sebagai berikut:

$$pa = \left( \frac{Elh - BWP}{Sm} \right) + El.hm$$

$$BWP = 99.3 \text{ cm}$$

$$El.h = 129.3 \text{ cm}$$

$$Sm = 2.5 \text{ cm}$$

$$El.hm = 20 \text{ cm}$$

$$pa = \left( \frac{Elh - BWP}{Sm} \right) + El.hm$$

$$= \left( \frac{129.3 - 99.2}{2.5} \right) + 20$$

$$= \left( \frac{30.1}{2.5} \right) + 20$$

$$= + 7.96 \text{ cm}$$

Hasil dari uji kalibrasi profil aliran diinput ke dalam aplikasi program Autocad. Tujuan penginputan hasil perhitungan uji kalibrasi profil aliran adalah mengetahui bentuk profil aliran Bendung Simongan.

Dari hasil perhitungan profil aliran dan analisis data dari program Autocad pada debit model (Q) sebesar 83.998 lt/dt, menunjukkan bahwa bentuk olakan terletak di bawah bangunan mercu dan mengalami loncatan air yang membuat bentuk profil aliran hilir rendah sehingga mengakibatkan arus yang terlalu deras. Penyempurnakan bentuk profil aliran model Seri 1 dengan menaikkan elevasi muka air hilir.

Hasil perhitungan dan analisis profil aliran berdasarkan model fisik Seri 2 menunjukkan bentuk olakan profil aliran masuk kategori bentuk yang diinginkan yaitu terletak di tengah

bangunan terjunan, tetapi elevasi muka air olakan terlalu tinggi sehingga perlu diturunkan. Elevasi muka air hilir yang terlalu tinggi dikhawatirkan terjadi banjir di bagian hilir sungai.

Hasil perhitungan dan analisis profil aliran berdasarkan model fisik Seri 3 menunjukkan elevasi muka air di udik mengalami penurunan tetapi elevasi di hilir sungai mengalami kenaikan. Hal ini menyebabkan bencana banjir sering melanda daerah hilir sungai akan sering terjadi jika hasil model Seri 3 diterapkan di lapangan. Oleh karena itu perlu penyempurnaan model agar elevasi muka air hilir berkurang dan tidak menyebabkan banjir.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis profil aliran model fisik Seri 4 menunjukkan elevasi muka air hilir menurun. Bentuk profil aliran hasil input data ke dalam program Autocad menunjukkan bentuk profil olakan berada di posisi yang direncanakan yaitu letak olakan berada di tengah bangunan terjunan. Pembuatan bangunan pada model fisik Seri 4 merupakan hasil penyempurnaan dari keseluruhan seri, sehingga model fisik Seri 4 merupakan tahap akhir pembuatan model fisik Bendung Simongan.

### Uji kalibrasi kecepatan aliran

Hasil perhitungan untuk mengetahui kecepatan aliran adalah sebagai berikut:

$$Vm = 36,35$$

$$\begin{aligned} Vm &= \left( \frac{Vn}{1000} \right) * 6.324 \\ &= \left( \frac{36.35}{1000} \right) * 6.324 \\ &= 0,03635 * 6,324 \\ &= 0,2298 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

Hasil dari uji kalibrasi kecepatan aliran diinput ke dalam aplikasi program Autocad. Tujuan input data hasil perhitungan uji kalibrasi kecepatan aliran adalah mengetahui nilai kecepatan aliran di setiap potongan model fisik Bendung Simongan.

Hasil uji kalibrasi kecepatan aliran model fisik Seri 1 menunjukkan bahwa aliran air bagian hilir sungai terlalu deras dikhawatirkan terjadinya gerusan pada tiap sisi tepi sungai. Untuk mengurangi kecepatan aliran hilir dilakukan penyempurnaan model dengan tindakan pembuatan model fisik Seri 2.

Hasil uji kalibrasi kecepatan aliran model fisik Seri 2 menunjukkan bahwa aliran air di bagian hilir yang terletak di sebelah kanan hilir bendung masih terlalu deras. Hal ini dikhawatirkan bangunan penahan jembatan yang terletak di sebelah kanan terkikis oleh arus yang dihasilkan olakan. Langkah yang dilakukan untuk mengurangi kecepatan arus hilir yaitu dengan membuat model fisik Seri 3.

Hasil uji kalibrasi kecepatan aliran model fisik Seri 3 menunjukkan bahwa arus aliran di hilir sungai bertambah deras, sehingga kondisi tersebut sangat mengkhawatirkan. Untuk mengurangi kecepatan arus model modifikasi seri 3 yaitu dengan membuat model modifikasi seri 4.

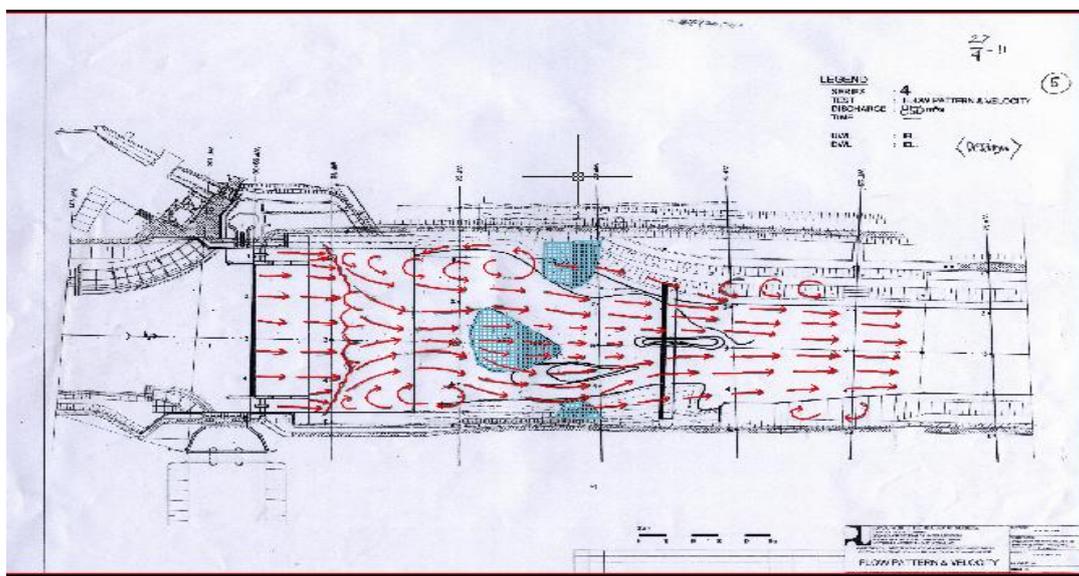
Hasil uji kalibrasi kecepatan aliran model fisik Seri 4 menunjukkan bahwa kecepatan arus hilir mengalami penurunan setelah dibuat 3 bangunan yang memiliki elevasi +3 m bagian kiri dan kanan hilir bendung, elevasi +4 m bagian tengah hilir bendung. Arus hilir yang dihasilkan dari arus olakan mengalami penurunan akibat dibuat bangunan baru pada model fisik Seri 4, sehingga model fisik Seri 4 merupakan model tahap akhir dalam studi pembuatan model bendung.

### Uji kalibrasi arah aliran

Hasil uji kalibrasi arah aliran model fisik Seri 1 menunjukkan arah aliran terlalu condong ke arah kiri hilir sungai. Hal ini dikhawatirkan posisi arah aliran tersebut mengganggu keberadaan jembatan yang letaknya berada di hilir sungai.

Hasil uji kalibrasi arah aliran model fisik Seri 2 menunjukkan bahwa arah aliran yang dihasilkan bangunan terjunan terletak di bagian tengah menuju ke kanan hilir sungai. Oleh karena itu dibutuhkan penyempurnaan agar arah aliran hilir tidak mengarah pada satu titik.

Hasil uji kalibrasi arah aliran model fisik Seri 3 menunjukkan bahwa arah aliran menuju ke sisi bagian kiri sungai. Hal ini dikhawatirkan terjadi gerusan tepi kiri hilir sungai dan mengganggu keberadaan jembatan yang terletak di hilir Bendung Simongan.



Gambar 8 Hasil Penggambaran Arah Aliran Model Fisik Seri 4

Hasil penggambaran arah aliran model fisik Seri 4 menunjukkan bahwa arah aliran yang dihasilkan dari bangunan terjunan langsung mengarah ke bangunan yang terletak di bagian tengah

hilir bendung. Hal ini mengakibatkan arus yang dihasilkan dari bangunan terjunan memecah dan arah aliran yang mengarah ke bagian kiri dan kanan hilir bendung membentuk pusaran. Pusaran ini secara teknis tidak membahayakan bangunan hidrolik yang ada. Sedangkan arah aliran hilir terlihat langsung mengarah lurus ke pantai. Hasil penggambaran arah aliran model fisik Seri 4 dapat dilihat pada Gambar 8.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Perhitungan skala model menghasilkan besaran-besaran sebagai berikut: skala kecepatan sebesar 6,324; skala profil aliran sebesar 2,5; dan skala Thomson sebesar 10119,289.
2. Proses penyempurnaan Bendung Simongan dilakukan melalui pembuatan model fisik bendung dalam bentuk 3 dimensi sebanyak 5 tahapan, yaitu Seri 0, Seri 1, Seri 2, Seri 3, dan Seri 4.
3. Perhitungan tinggi Meteran Taraf Thomson berdasarkan Debit Prototipe 200 m<sup>3</sup>/dt, 500 m<sup>3</sup>/dt, 700 m<sup>3</sup>/dt, dan 850 m<sup>3</sup>/dt berturut-turut sebesar 37,445 cm, 45,522 cm, 49,314 cm, dan 51,746 cm.
4. Pembuatan model fisik Seri 4 dalam upaya penstabilan arus aliran berhasil dilakukan dengan dibuat tiga bangunan yang terletak di hilir bendung dengan masing-masing elevasi bagian tengah + 3m sampai + 4m, bagian kanan dan kiri + 3m.
5. Hasil uji kalibrasi kecepatan aliran model fisik Seri 4 pada debit 83.993 lt/dt menunjukkan bahwa kecepatan arus hilir mengalami penurunan setelah dibuat 3 bangunan yang memiliki elevasi +3 m bagian kiri dan kanan hilir bendung, elevasi +4 m bagian tengah hilir bendung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Budaya Pariwisata Propinsi Jawa Tengah. 2009. Bendung Simongan Cagar Budaya. <http://id.shvoong.com/society-andnews/environment/2148966-bendung-simongan-cagar-budaya>.
- Falvey, H.T. 1990. *Cavitation in Chutes and Spillways*. United States Department of the Interior: Bureau of Reclamation. Washington.
- Kodoatie dan Rustam. 2008. *Pemanfaatan Sumber Daya Air*. Semarang
- Maryono. 2003. *Komponen Daur Hidrologi*. Semarang
- Patty, O. 1995. *Tenaga Air*. Erlangga. Jakarta
- Robertson Cassidy and Chandry. 1997. *Hydraulic Engineering*. Jhon Wiley and Sons Inc. New York
- Simatupang, T.M. 1995. *Pemodelan Sistem*. Nindita. Klaten.