

MODEL FISIK
PENGEMBANGAN BANGUNAN BAGI PROPORSIONAL

OUTPUT KEGIATAN
PENGEMBANGAN TEKNOLOGI UNTUK EFISIENSI IRIGASI



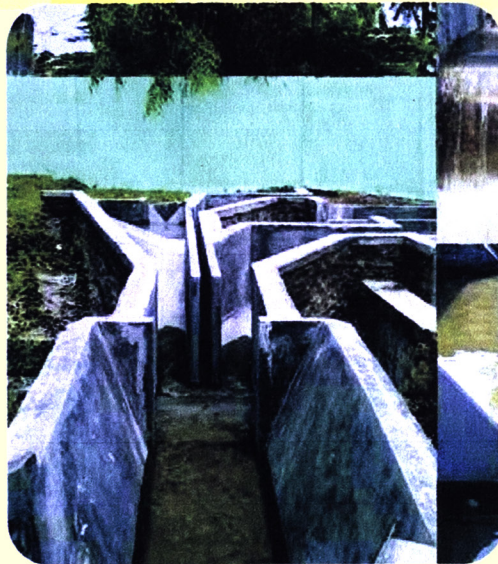
DESEMBER, 2014



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR**
Jalan Ir. H. Juanda 193 Bandung 40135. Telp.: (022) 2501083, 2504035, 250 1554, 250 0507;
Fax.: 022 - 250 0163 . PO Box 841 . E-mail: pusat@pusair-pu.go.id . Http://www.pusair-pu.go.id

MODEL FISIK
PENGEMBANGAN BANGUNAN BAGI PROPORSIONAL

OUTPUT KEGIATAN
PENGEMBANGAN TEKNOLOGI UNTUK EFISIENSI IRIGASI



DESEMBER, 2014



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR**

Jalan Ir. H. Juanda 193 Bandung 40135. Telp.: (022) 2501083, 2504035, 250 1554, 250 0507;
Fax.: 022 - 250 0163 . PO Box 841 . E-mail: pusat@pusair-pu.go.id . [Http://www.pusair-pu.go.id](http://www.pusair-pu.go.id)

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karuniaNya kegiatan Pengembangan Teknologi Untuk Efisiensi Irigasi yang dilaksanakan Balai Irigasi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum DIPA tahun anggaran 2014, dapat diselesaikan.

Buku output ini merupakan hasil dari kegiatan Pengembangan Teknologi Untuk Efisiensi Irigasi yang menyajikan teknologi terapan bagi sarana dan prasarana irigasi dengan mengintegrasikan pola operasi irigasi tepat waktu dan instrumentasi dan dapat digunakan oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air dalam pengelolaan irigasi berbasis modernisasi. Model fisik ini memuat rancangan model fisik bangunan bagi proporsional, pengujian serta evaluasi kinerja proporsional aliran pada bangunan bagi proporsional.

Buku Model Fisik Pengembangan Bangunan Bagi Proporsional ini diharapkan dapat bermanfaat untuk mengetahui pola pembagian proporsional pada bangunan bagi, dan data tersebut dapat digunakan dalam pengambilan kebijakan pengelolaan irigasi.

Kepada semua pihak yang telah membantu terlaksanakannya kegiatan Pengembangan Teknologi Untuk Efisiensi Irigasi terutama pada penyusunan Output ini, diucapkan terima kasih.

Bandung, Desember 2014
Kepala Pusat Litbang Sumber Daya Air



Dr. Ir. Suprpto, M. Eng.
NIP. 19570507 198301 1 001

RINGKASAN

Sistem jaringan irigasi umumnya dioperasikan berdasarkan gerak pasok atau gerak semi-permintaan. Oleh karena itu, sistem irigasi perlu dirubah sedemikian rupa sehingga bersifat irigasi produktif (berorientasi untuk peningkatan produksi). Perubahan ini tentu saja perlu didukung oleh infrastruktur, kelembagaan dan institusi dan sumber daya manusia yang memadai. Dari segi infrastruktur, kondisi jaringan dan teknologinya perlu dirancang agar dapat memberikan air pada waktu, ruang/lokasi, jumlah dan kualitas yang tepat. Salah satu cara yang dapat ditempuh adalah dengan mengintegrasikan teknologi irigasi yang dapat membagi aliran secara proporsional.

Permasalahan yang timbul jika akan merubah irigasi yang berorientasi untuk peningkatan produksi adalah pengoperasian jaringan irigasi teknis selama ini berbasis pada sistem irigasi konvensional yang cenderung melakukan pemberian air secara berlebihan atau boros, selama ini debit pengaliran diasumsikan tetap sesuai dengan bukaan pintu tidak terbaca secara runut waktu dan akumulasi volume air yang dialirkan tidak terhitung, serta operasi pemberian air irigasi sering terkendala ketersediaan tenaga pelaksana sehingga jumlah air irigasi yang diberikan cenderung tidak tepat jumlah dan waktu.

Pembuatan model fisik bangunan bagi proporsional bertujuan untuk mendapatkan rumusan teknologi terapan bagi sarana/prasarana irigasi dengan mengintegrasikan pola operasi irigasi tepat waktu yang dapat digunakan dalam melakukan rehabilitasi dan peningkatan fungsi jaringan irigasi berbasis modernisasi irigasi. Model fisik bangunan bagi proporsional dibuat di laboratorium berdasarkan hasil identifikasi bangunan bagi di lapangan.

Pengujian model fisik bangunan bagi proporsional di laboratorium hidraulika Balai Irigasi dilakukan dengan beberapa tipe aliran yaitu aliran bebas, aliran balik untuk ambang 2,5 cm, 5 cm, 7,5 cm dan 10 cm.

Hasil pengujian menunjukkan pada aliran bebas memiliki perbandingan debit paling baik ditemukan pada perbandingan 3,39 : 1,04 : 4,58. Sedangkan pada hasil pengujian adanya aliran balik adalah aliran balik pada tinggi ambang 5 cm dengan perbandingan 3,22 : 1,30 : 4,48 dengan nilai error terkecil. Hasil secara keseluruhan perbandingan mendekati proporsional apabila debit yang diberikan lebih dari 20 l/s.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
TIM PENYUSUN	iii
RINGKASAN.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SINGKATAN.....	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 LANDASAN TEORI	3
2.1. Ambang Tajam	4
2.2. <i>Bendung Segi Tiga (90^o) (Thompson)</i>	5
BAB 3 RANCANGAN MODEL FISIK.....	6
3.1. Identifikasi Bangunan Bagi	6
3.2. Perencanaan Bangunan Bagi Proporsional	8
BAB 4 PEMBUATAN DAN PENGUJIAN	10
4.1. Pembuatan Model Fisik Bangunan Bagi Proporsional	10
4.2. Pengujian Aliran Bangunan Bagi Proporsional	11
BAB 5 EVALUASI KINERJA DAN PENERAPAN	13
5.1. Evaluasi Kinerja	13
5.2. Kalibrasi Alat Ukur Debit.....	18
5.3. Penerapan Bangunan Bagi Proporsional	21
BAB 6 PENUTUP	22
DAFTAR PUSTAKA.....	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Alat Ukur Ambang Tajam	4
Gambar 2. Alat Ukur Thompson	5
Gambar 3. Skema Bangunan Bagi di beberapa Daerah Irigasi di Jawa Timur	6
Gambar 4. Skema Bangunan Bagi beberapa Daerah Irigasi di Jawa Tengah	7
Gambar 5. Persyaratan Desain Dimensi Bangunan Bagi Proporsional (<i>Small Hydraulic Structures, FAO, 1975</i>).....	9
Gambar 6. Desain Bangunan Bagi Proporsional	9
Gambar 7. Proses Pembuatan Model Fisik Bangunan Bagi Proporsional Saluran Induk Ngrambek di laboratorium Hidraulika	10
Gambar 8. Model Fisik Bangunan Bagi Proporsional di laboratorium Hidraulika	10
Gambar 9. Ambang Tajam dan Thompson (V-Notch).....	12
Gambar 10. Proporsi pembagian air bangunan bagi proporsional untuk aliran bebas.....	14
Gambar 11. Proporsi pembagian air bangunan bagi proporsional untuk aliran balik dengan ketinggian muka air hilir 2,5 cm.....	15
Gambar 12. Proporsi pembagian air bangunan bagi proporsional untuk aliran balik dengan ketinggian muka air hilir 5 cm.....	16
Gambar 13. Proporsi pembagian air bangunan bagi proporsional untuk aliran balik dengan ketinggian muka air hilir 7,5 cm.....	17
Gambar 14. Proporsi pembagian air bangunan bagi proporsional untuk aliran balik dengan ketinggian muka air hilir 10 cm.....	18
Gambar 15. Saluran Kaca.....	19
Gambar 16. Sekat V-Notch	19
Gambar 12. Pembacaan level muka air pada alat ukur Thompson	19
Gambar 18. Grafik kalibrasi untuk alat ukur Thompson 1	20
Gambar 19. Grafik kalibrasi untuk alat ukur Thompson 2	20
Gambar 20. Grafik kalibrasi untuk alat ukur Thompson 3	21

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Dimensi Saluran pada Bangunan Bagi di Saluran Induk Ngrambek	8
Tabel 2. Dimensi Saluran pada Model Bangunan Bagi Proporsional.....	8
Tabel 3. Kriteria Model dan Parameter Uji pada Bangunan Bagi Proporsional	11
Tabel 4. Hasil Pengujian Hidrolis Bangunan Bagi Proporsional Dengan Aliran Bebas	13
Tabel 5. Hasil Pengujian Hidrolis Bangunan Bagi Proporsional Dengan Aliran Ambang Balik Untuk Ambang 2,5 cm	15
Tabel 6. Hasil Pengujian Hidrolis Bangunan Bagi Proporsional Dengan Aliran Balik Untuk Ambang 5 cm.....	16
Tabel 7. Hasil Pengujian Hidrolis Bangunan Bagi Proporsional Dengan Aliran Balik Untuk Ambang 7,5 cm.....	17
Tabel 8. Hasil Pengujian Hidrolis Bangunan Bagi Proporsional Dengan Aliran Balik Untuk Ambang 10 cm.....	18

DAFTAR ISTILAH

Kalibrasi adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu

DAFTAR SINGKATAN

DI	Daerah Irigasi
KEPMEN	Keputusan Menteri
KP	Kriteria Perencanaan

BAB 1 PENDAHULUAN

Pemberian air pada lahan irigasi teknis yang ada di Indonesia, dengan luas areal irigasi nasional sebesar 7,4 juta Ha (KEPMEN PU NO 390/KPTS/M/2007), umumnya menggunakan sistem irigasi permukaan dan pengendalian pemberian air dilakukan menggunakan pintu air irigasi dan saluran pembuang (drainase). Pengaturan dan pengukuran debit di jaringan irigasi sangat diperlukan untuk meningkatkan pemerataan dan keterjaminan air. Dengan dilakukannya pengaturan debit yang tepat dan pengukuran debit yang akurat, alokasi air ke setiap bangunan sadap dapat disesuaikan dengan rencana yang telah ditetapkan sehingga terjadi pemerataan dan konflik antara daerah hulu dan hilir dapat diminimalisir. Untuk dapat menghasilkan pengaturan air secara baik tentunya kondisi bangunan pembagi yang baik sangat diperlukan.

Dalam Kriteria Perencanaan Irigasi 01 atau KP-01 (Direktorat Irigasi, 2010), infrastruktur bangunan dalam suatu daerah irigasi meliputi bangunan utama, jaringan irigasi, bangunan bagi dan sadap, bangunan-bangunan pengukur dan pengatur, bangunan pengatur muka air, bangunan pembawa, bangunan lindung, jalan dan jembatan dan bangunan pelengkap. Bangunan pengukur dan pengatur sangat berperan terhadap pemerataan alokasi air di suatu jaringan irigasi. Beberapa jenis bangunan pengukur dan pengatur yang dianjurkan dalam KP-01 (Direktorat Irigasi, 2010) adalah sebagai berikut:

- Pada saluran primer, bila aliran besar alat ukur ambang lebar dipakai untuk pengukuran dan pintu sorong atau radial untuk pengatur.
- Pada bangunan bagi bangunan sadap sekunder, pintu Romijn dan pintu Crump-de Gruyter dipakai untuk mengukur dan mengatur aliran. Bila debit terlalu besar, maka alat ukur ambang lebar dengan pintu sorong atau radial bisa dipakai seperti untuk saluran primer.
- Pada bangunan sadap tersier, untuk mengatur dan mengukur aliran dipakai alat ukur Romijn atau jika fluktuasi di saluran besar dapat dipakai alat ukur Crump-de Gruyter. Di petak-petak tersier kecil di sepanjang saluran primer dengan tinggi muka air yang bervariasi dapat dipertimbangkan untuk memakai bangunan sadap pipa sederhana, Di lokasi yang petani tidak bisa menerima bentuk ambang sebaiknya dipasang alat ukur parshall atau cut throat flume.

Pada tahun 2012, Balai Irigasi juga telah memvalidasi uji hidrolis model bangunan bagi proporsional dengan perbandingan proporsi 1:2:1. Bangunan bagi proporsional ini juga direkomendasikan dalam Kriteria Perencanaan Irigasi 04 – Bangunan Tahun 2010.

Hasil diskusi dengan narasumber dan *stakeholder* terkait prasarana irigasi Bangunan bagi proporsional agar dilakukan pengujian untuk perbandingan aliran yang lain, misalnya 1:3:2, maupun yang lainnya. Hal ini untuk menguji hasil perencanaan bangunan bagi proporsional yang selama ini jarang diterapkan di lapangan.

Buku ini menyajikan rumusan teknologi terapan bagi sarana/prasarana irigasi tentang alternatif tipe bangunan bagi yang dapat digunakan oleh Direktorat Irigasi dan Rawa dalam melakukan rehabilitasi dan peningkatan fungsi jaringan irigasi.

Manfaat model fisik bangunan bagi proporsional adalah dapat mengetahui alternatif tipe bangunan bagi yang mampu membagi secara proporsional tanpa adanya pintu air untuk pengaturannya. Ruang lingkup pembuatan/perancangan model fisik ini adalah perencanaan bangunan bagi proporsional, uji laboratorium dan pengkajian kinerja bangunan.

BAB 2

LANDASAN TEORI

Dalam Kriteria Perencanaan Irigasi 01 atau KP-01 (Direktorat Irigasi dan Rawa, 2010), infrastruktur bangunan dalam suatu daerah irigasi meliputi bangunan utama, jaringan irigasi, bangunan bagi dan sadap, bangunan-bangunan pengukur dan pengatur, bangunan pengatur muka air, bangunan pembawa, bangunan lindung, jalan dan jembatan dan bangunan pelengkap. Bangunan bagi dan sadap sangat berperan terhadap pemerataan alokasi air di suatu jaringan irigasi.

Daerah irigasi yang letaknya cukup terpencil, masalah pengoperasian pintu sadap bukan masalah yang sederhana, semakin sering jadwal pengoperasian semakin sering juga pintu tidak dioperasikan. Artinya penjaga pintu sering tidak mengoperasikan pintu sesuai jadwal yang seharusnya dilakukan. Menyadari keadaan seperti ini, untuk mengatasi hal tersebut ada pemikiran menerapkan pembagian air secara proporsional. Sistem proporsional ini tidak memerlukan pintu pengatur, pembagi, dan pengukur.

Sistem ini memerlukan persyaratan khusus, yaitu :

- a. Elevasi ambang ke semua arah harus sama
- b. Bentuk ambang harus sama agar koefisien debit sama
- c. Lebar bukaan proporsional dengan luas sawah yang diairi

Syarat aplikasi sistem ini adalah :

- a. melayani tanaman yang sama jenisnya (monokultur)
- b. jadwal tanam serentak
- c. ketersediaan air cukup memadai

Pada umumnya sistem proporsional tidak dapat diaplikasikan pada sistem irigasi di Indonesia, mengingat syarat-syarat tersebut di atas sulit terpenuhi. Menyadari kelemahan-kelemahan dalam sistem proporsional dan sistem diatur (konvensional), maka dibuat alternatif bangunan bagi dan sadap dengan kombinasi kedua sistem tersebut yang kita sebut dengan sistem kombinasi.

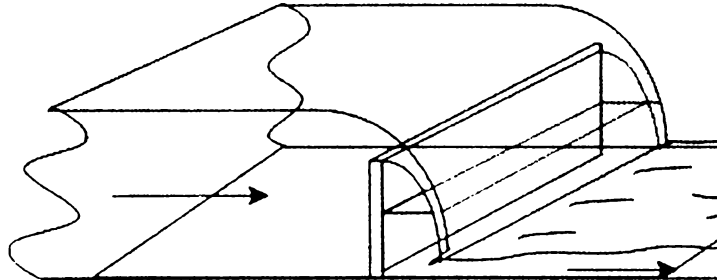
Bangunan ini dapat berfungsi ganda yaitu melayani sistem konvensional maupun sistem proporsional. Implementasi pembagian air diutamakan menerapkan sistem konvensional. Namun dalam kondisi tertentu yang tidak memungkinkan untuk mengoperasikan pintu-pintu tersebut, maka diterapkan sistem proporsional.

Sistem kombinasi ini direncanakan dengan urutan sebagai berikut :

- Berdasarkan elevasi sawah tertinggi dari lokasi bangunan-bangunan sadap tersebut ditentukan elevasi muka air di hulu pintu sadap.
- Elevasi ambang setiap bangunan sadap adalah sama, yaitu sama dengan elevasi ambang dari petak tersier yang mempunyai elevasi sawah tertinggi.

Kebutuhan air (l/s/ha) setiap bangunan sadap harus sama, sehingga perbandingan luas petak tersier, debit dan lebar ambang pada setiap bangunan sadap adalah sama.

2.1. Ambang Tajam



Gambar 1. Skema Alat Ukur Ambang Tajam

Persamaan debit yang digunakan:

$$Q = C_w B H^{3/2} \quad /1/$$

Keterangan:

- Q = debit (m³/s);
- C_w = koefisien debit aliran ambang lebar;
- B = lebar ambang (m);
- H = tinggi muka air dari ambang (m).

Sedangkan untuk menentukan nilai koefisien debit pada aliran ambang lebar digunakan rumus sebagai berikut :

$$C_w = 1,785 \left(\frac{0,00295}{H} + 0,237 \frac{H}{H_d} \right) (1 + \epsilon) \quad /2/$$

Keterangan=

- H = tinggi muka air dari ambang (m);
- H_d = tinggi ambang (m);
- ε = angka koreksi, dimana ε = 0 bila H_d ≤ 1,00 m dan ε = 0,55(H_d-1) bila H_d ≥ 1,00 m.

Persamaan berlaku bila

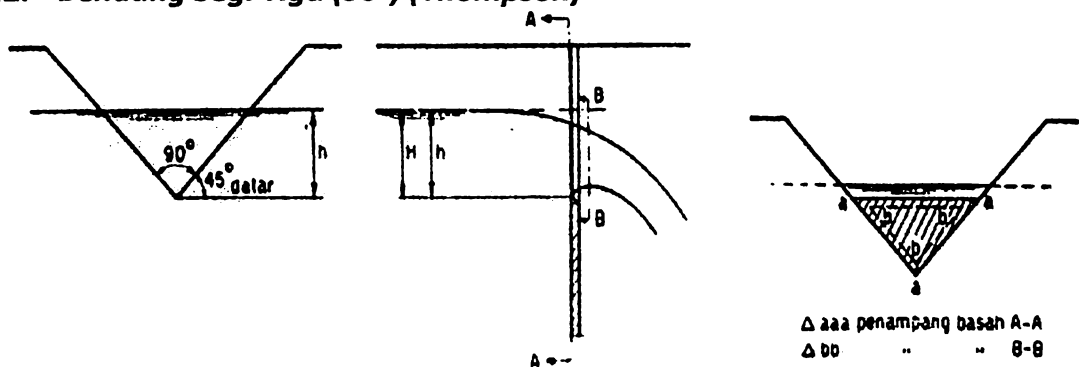
$$B \geq 0,50 \text{ m}$$

$$H_d = (0,3 \approx 2,5) \text{ m}$$

$$H = 0,03 \approx H_d \text{ (asalkan } H \leq 0,8 \text{ m)}$$

$$H \leq \frac{B}{4}$$

2.2. Bendung Segi Tiga (90°) (Thompson)



Gambar 2. Alat Ukur Thompson

Persamaan yang digunakan untuk menentukan besaran debit yang melalui alat ukur Thompson sebagai berikut :

$$Q = c H^{\frac{5}{2}} m^3 / sec \quad /3/$$

Keterangan:

- Q = debit (m³/s);
 c = koefisien pengaliran;
 H = tinggi limpasan (m)

Untuk menentukan nilai koefisien pengaliran digunakan rumus sebagai berikut :

$$c = 1,354 + \frac{0,004}{H} + \left(0,14 + \frac{0,2}{\sqrt{H_d}} \right) \left(\frac{H}{B} - 0,09 \right)^2 \quad /4/$$

Rumus diatas dapat digunakan dengan ketentuan sebagai berikut :

$$B = (0,50 \approx 1,2) \text{ m}$$

$$H_d = (0,1 \approx 0,75) \text{ m}$$

$$H = 0,07 \approx 0,26$$

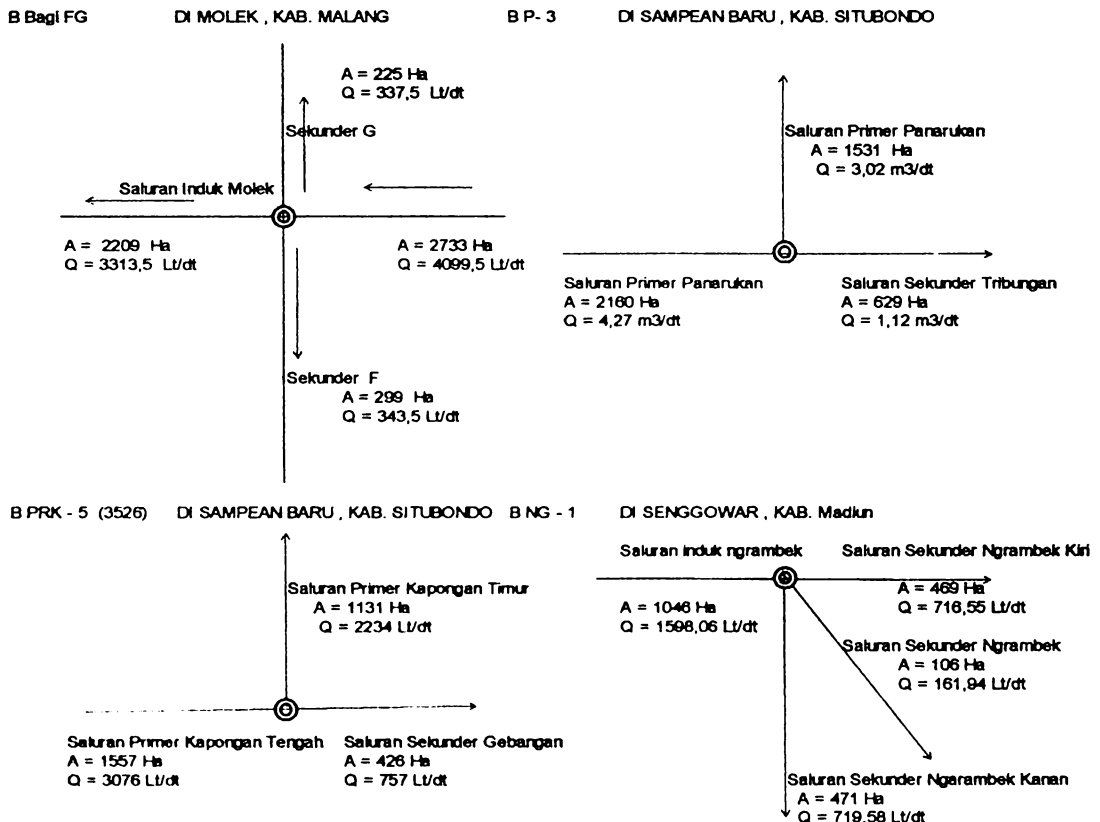
$$H \leq \frac{B}{3}$$

BAB 3 RANCANGAN MODEL FISIK

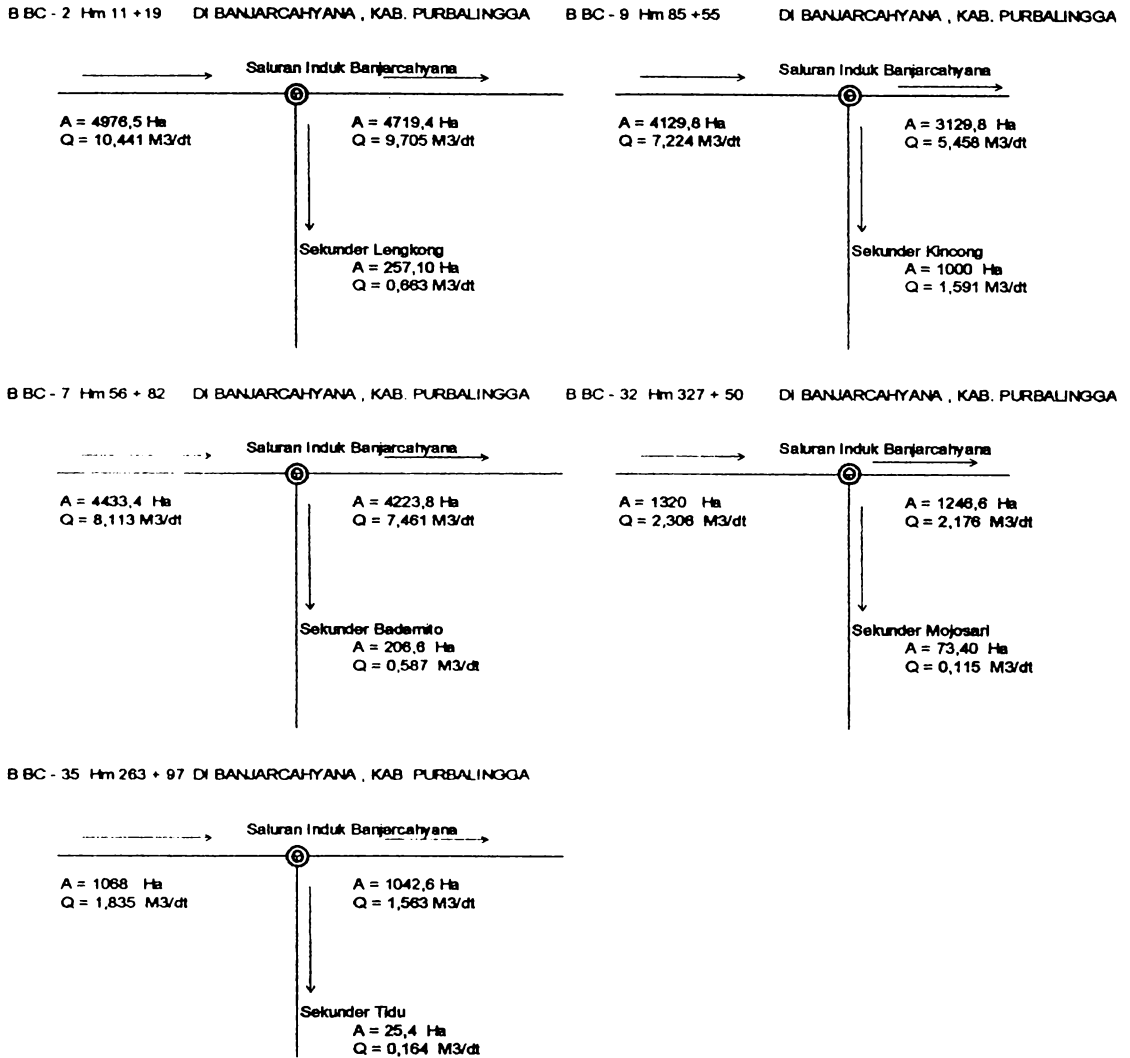
3.1. Identifikasi Bangunan Bagi

Pengembangan bangunan bagi proporsional sudah dilaksanakan pada tahun 2010 dengan menggunakan perbandingan 1:2:1. Perbandingan tersebut merupakan desain perencanaan tidak berdasarkan referensi data bangunan bagi dilapangan dan menghasilkan desain bangunan bagi tersebut mampu membagi aliran secara proporsional.

Kegiatan pembuatan model fisik bangunan bagi proporsional menggunakan data bangunan bagi yang berasal dari hasil identifikasi beberapa bangunan bagi yang ada di Daerah Irigasi Wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur. Hasil identifikasi beberapa bangunan bagi dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4. Gambar 3 menunjukkan skema bangunan bagi di beberapa daerah irigasi di Jawa Timur yang dianggap bagus untuk diterapkan model fisik bangunan bagi proporsionalnya, sedangkan pada gambar 4 merupakan beberapa tipe bangunan bagi di Daerah Irigasi Wilayah Jawa Tengah.



Gambar 3. Skema Bangunan Bagi di beberapa Daerah Irigasi di Jawa Timur



Gambar 4. Skema Bangunan Bagi beberapa Daerah Irigasi di Jawa Tengah

Identifikasi terhadap beberapa bangunan bagi tersebut memberikan gambaran terhadap desain bangunan bagi proporsional yang akan dilaksanakan. Pemilihan bangunan bagi yang akan di modelkan didasarkan pada perbandingan debit pada masing masing saluran sehingga nilai perbandingan proporsi aliran tidak terlalu berbeda jauh.

Bangunan bagi pada DI. Senggowir, Kabupaten Madiun dipilih sebagai model bangunan bagi proporsional karena mempunyai perbandingan aliran pada beberapa salurannya tidak terlalu besar. Saluran sekunder Ngrambek kiri mempunyai debit aliran sebesar 716,55 l/s, saluran sekunder Ngrambek 161,94 l/s, dan saluran sekunder Ngrambek Kanan 719,58 l/s. Besaran debit yang mengalir pada bangunan bagi tersebut dapat dipakai acuan dalam membuat perbandingan proporsi aliran, yaitu 4:1:4. Perbandingan ini cukup unik karena pada posisi tengah debit aliran lebih kecil dibandingkan dengan debit aliran pada saluran disamping, hal ini

akan menunjukkan seberapa besar desain bangunan bagi proporsional mampu mengalirkan debit pada kondisi tersebut secara proporsional.

3.2. Perencanaan Bangunan Bagi Proporsional

Desain bangunan bagi proporsional yang menggunakan bangunan bagi pada DI. Senggowir, Kabupaten Madiun sebagai referensi datanya untuk dilakukan analisis dapat dilihat pada gambar. Desain pada bangunan bagi tersebut didasarkan pada nilai H_c (H kritis) yang didapatkan berdasarkan data debit aliran dan lebar saluran. Perhitungan dimensi lebar saluran pada bangunan bagi proporsional dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Dimensi Saluran pada Bangunan Bagi di Saluran Induk Ngrambek

Nama Saluran	Debit saluran		Debit saluran		Lebar Saluran	
Q saluran induk ngrambek	1598,06	l/s	1,59806	m^3/s	1,65	m
Q saluran induk Ngrambek Kiri	716,55	l/s	0,71655	m^3/s	1,1	m
Q saluran Sekunder Ngrambek	161,94	l/s	0,16194	m^3/s	0,7	m
Q saluran Sekunder Ngrambek Kanan	719,58	l/s	0,71958	m^3/s	1,1	m

Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan dimensi saluran pada bangunan bagi berdasarkan pada debit saluran, sedangkan tabel 2 menunjukkan dimensi saluran pada bangunan bagi proporsional.

Tabel 2. Dimensi Saluran pada Model Bangunan Bagi Proporsional

Nama Saluran	Lebar saluran pada Bangunan Bagi Proporsional
Q saluran induk Ngrambek	1,65m
Q saluran induk Ngrambek Kiri	0,74m
Q saluran Sekunder Ngrambek	0,17m
Q saluran Sekunder Ngrambek Kanan	0,74m

Data debit dan dimensi diatas dipakai sebagai acuan dalam mendesain dimensi bangunan bagi proporsional. Hasil perhitungan menunjukkan nilai H_c sebesar 0,46 m, hal ini akan dipakai sebagai dasar perhitungan dimensi bangunan bagi proporsional sesuai dengan persyaratan dari FAO dalam buku *Small Hydraulic Structures* seperti pada gambar 5 (gambar di bawah) dalam perencanaan menggunakan nilai H_c dalam menentukan dimensi bangunannya. Hasil desain bangunan bagi proporsional yang akan diterapkan model fisik dapat dilihat pada gambar 6 dibawah.

BAB 4 PEMBUATAN DAN PENGUJIAN

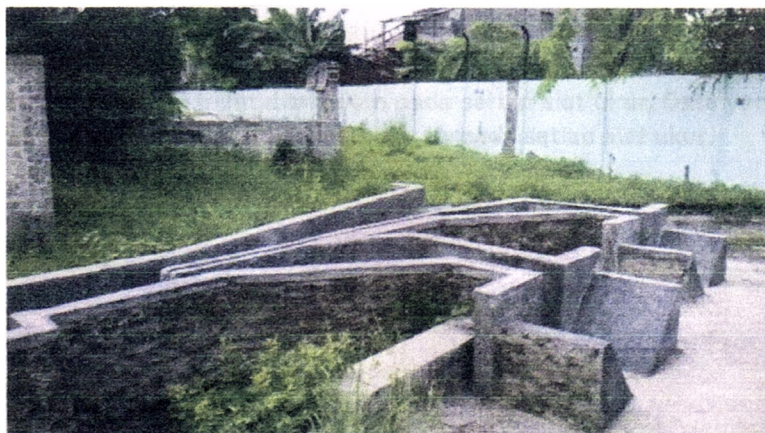
Metode pengujian, pemantauan dan evaluasi kinerja dilakukan dengan membuat model fisik di laboratorium berdasarkan hasil identifikasi bangunan bagi di lapangan. Model fisik yang dihasilkan kemudian diujicoba dan dievaluasi kinerjanya. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara pengamatan dan pengukuran debit aliran pada saat pengujian model. Evaluasi model fisik dilakukan terhadap kinerja bangunan dalam membagi aliran secara proporsional.

4.1. Pembuatan Model Fisik Bangunan Bagi Proporsional

Hasil desain bangunan bagi proporsional seperti pada gambar 6 diatas kemudian diterapkan di Laboratorium Hidraulika Balai Irigasi, proses pembuatan model fisik dan model fisik yang telah diterapkan dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 7. Proses Pembuatan Model Fisik Bangunan Bagi Proporsional Saluran Induk Ngrambek di laboratorium Hidraulika



Gambar 8. Model Fisik Bangunan Bagi Proporsional di laboratorium Hidraulika

4.2. Pengujian Aliran Bangunan Bagi Proporsional

Pengujian model fisik bangunan bagi proporsional di laboratorium hidraulika Balai Irigasi dilakukan dengan beberapa tipe aliran yaitu aliran bebas, aliran balik untuk ambang 2,5 cm, 5 cm, 7,5 cm dan 10 cm. Pengujian aliran pada model fisik bangunan bagi proporsional digunakan sebagai bahan analisis untuk menguji tipe bangunan bagi yang telah di buat model fisiknya. Parameter uji pada bangunan bagi proporsional dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

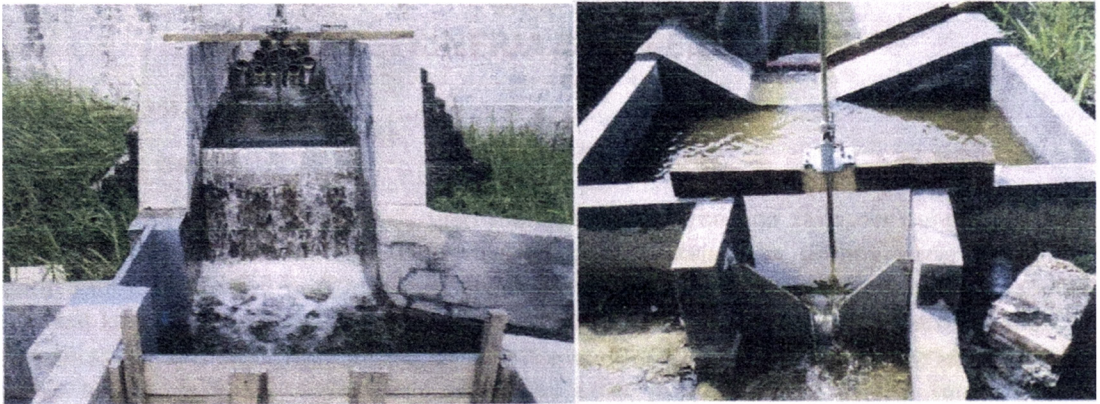
Tabel 3. Kriteria Model dan Parameter Uji pada Bangunan Bagi Proporsional

Kriteria	Parameter uji
Koefisien pengaliran dan proporsionalitas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Debit intake ▪ Debit di masing-masing saluran bagi ▪ Keakuratan jenis dan dimensi ambang ukur yang digunakan ▪ Pola aliran akibat bentuk dan dimensi pilar pembagi ▪ Validitas pembagian air pada kondisi aliran bebas dan aliran tenggelam ▪ Debit minimum dan maksimum operasi pembagian yang optimum operasi

Untuk mengetahui debit setelah aliran terbagi secara proporsional, pada ujung saluran model dipasang alat ukur debit tipe Thompson. Maksud pengukuran aliran debit keluar tersebut untuk kalibrasi analisa debit ($Q_{in} = \text{jumlah } Q_{out}$) dengan cara menjumlahkan debit keluaran 3 (tiga) alat ukur Thompson sama dengan debit masuk dari alat ukur ambang tajam.

Pemasangan alat ukur debit tipe Thompson dibutuhkan sekat V-Notch dan Point Gauge yang digunakan untuk mengukur ketinggian air pada pintu aliran. Ketinggian air yang melalui sekat V-Notch diukur menggunakan Point Gauge. Ketinggian ini kemudian dipakai sebagai data untuk dicari besaran debit yang melalui pintu.

Pengambilan data dilakukan pada 4 alat ukur yaitu pada ambang tajam, alat ukur Thompson 1 (V-Notch) , Thompson 2, dan Thompson 3. Pembacaan data dilakukan dengan menggunakan Point Gauge. Point Gauge tersebut diletakkan pada setiap alat ukur. Data yang didapatkan dari pembacaan Point Gauge adalah data level muka air pada setiap alat ukur.



Gambar 9. Ambang Tajam dan Thompson (V-Notch)

BAB 5 EVALUASI KINERJA DAN PENERAPAN

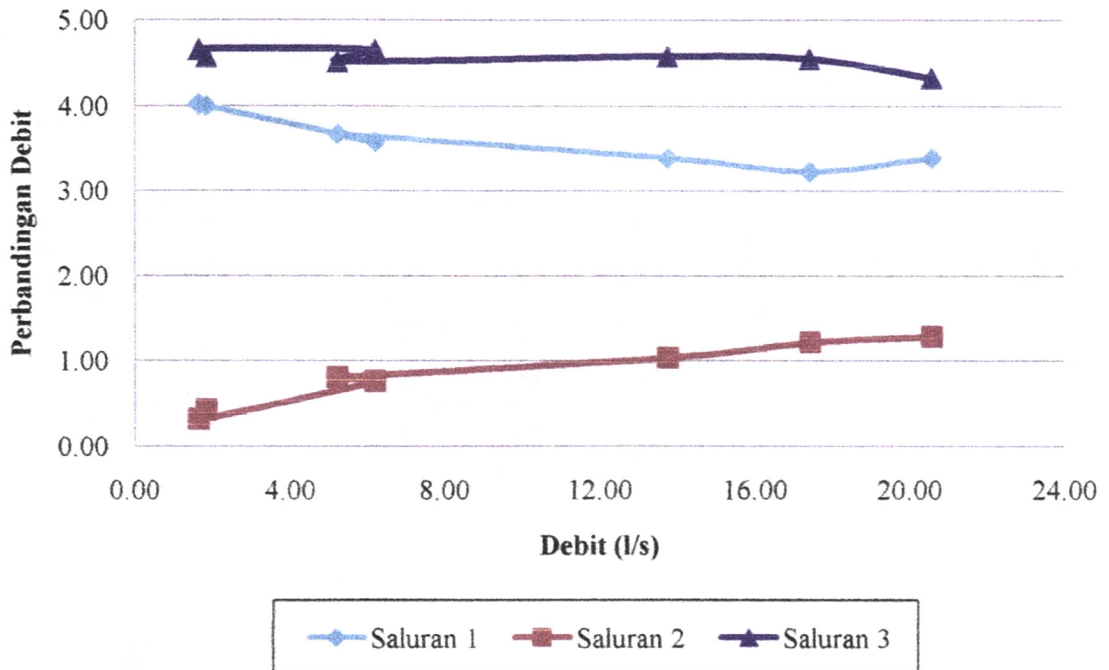
5.1. Evaluasi Kinerja

5.1.1. Aliran bebas

Pengujian aliran bebas dilakukan dengan menggunakan beberapa tahapan pengaliran debit, mulai dari kecil sampai dengan besar sesuai dengan kapasitas pompa yang tersedia di laboratorium. Data hasil penghitungan untuk aliran bebas dengan menggunakan persamaan dari hasil kalibrasi dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 16 dibawah ini. Berdasarkan data tabel tersebut terdapat nilai debit, perbandingan dan data error dalam persen (%). Hasil analisis menunjukkan data yang memiliki nilai error perbandingan terkecil terdapat pada pengukuran ke 5, dengan perbandingan yang didapat yaitu 3,39 : 1,04 : 4,58.

Tabel 4. Hasil Pengujian Hidrolis Bangunan Bagi Proporsional Dengan Aliran Bebas

Pengukuran	Debit (l/s)					Perbandingan				Σ	Data Error*	Data Error Perb*	
	Ambang tajam	Thompson 1	Thompson 2	Thompson 3	Total thompson								
1	2,02	0,82	0,09	0,94	1,85	4,00	:	0,43	:	4,57	9	9,37	23,75
2	2,19	0,74	0,06	0,85	1,65	4,02	:	0,32	:	4,66	9	32,96	28,33
3	6,06	2,46	0,53	3,20	6,20	3,58	:	0,77	:	4,65	9	2,29	16,58
4	6,06	2,13	0,47	2,62	5,23	3,67	:	0,81	:	4,52	9	15,88	13,42
5	12,91	5,17	1,58	6,99	13,75	3,39	:	1,04	:	4,58	9	6,08	11,25
6	16,85	6,25	2,37	8,80	17,42	3,23	:	1,22	:	4,55	9	3,24	18,33
7	19,24	7,74	2,94	9,88	20,56	3,39	:	1,29	:	4,33	9	6,42	17,50



Gambar 10. Proporsi pembagian air bangunan bagi proporsional untuk aliran bebas

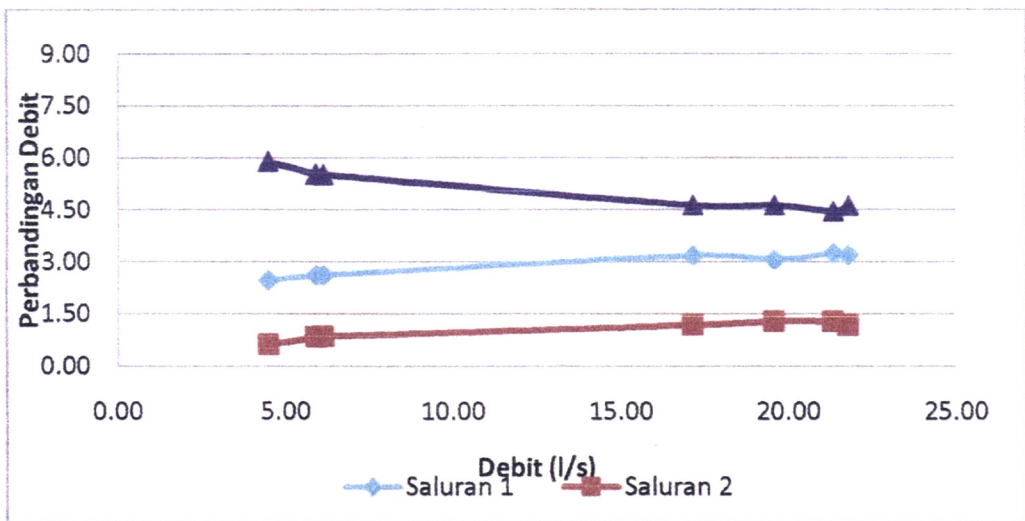
Pada gambar 10 terlihat jelas bahwa perbandingan mendekati proporsional setelah mencapai debit 20 l/s ke atas. Jadi berdasarkan data tersebut terlihat bahwa perbandingan mendekati proporsional apabila debit yang diberikan besar. Apabila debit yang diberikan terlalu kecil data error yang dihasilkan besar dan perbandingan belum terlihat proporsional.

5.1.2. Aliran balik dengan ambang 2,5 cm

Data hasil penghitungan untuk aliran balik dengan ambang 2,5 cm dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 17 dibawah ini. Dapat dilihat data yang memiliki nilai error terkecil terdapat pada pengukuran ke 7. Perbandingan yang didapat yaitu 3,21 : 1,17 : 4,62.

Tabel 5. Hasil Pengujian Hidrolis Bangunan Bagi Proporsional Dengan Aliran Ambang Balik Untuk Ambang 2,5 cm

Pengukuran	Debit (l/s)					Perbandingan				Σ	Data Error*	Data Error Perb*	
	Ambang tajam	Thompson 1	Thompson 2	Thompson 3	Total thompson		:	:	:				
1	4,08	1,23	0,31	2,94	4,48	2,47	:	0,63	:	5,90	9	8,80	40,92
2	4,55	1,72	0,55	3,63	5,91	2,62	:	0,84	:	5,53	9	22,94	29,58
3	4,87	1,79	0,59	3,74	6,12	2,63	:	0,86	:	5,51	9	20,37	28,67
4	12,46	6,07	2,25	8,84	17,15	3,19	:	1,18	:	4,64	9	27,34	18,08
5	16,21	6,68	2,80	10,10	19,59	3,07	:	1,29	:	4,64	9	17,22	22,75
6	17,70	7,72	3,04	10,57	21,33	3,26	:	1,28	:	4,46	9	16,98	19,33
7	18,47	7,77	2,84	11,16	21,77	3,21	:	1,17	:	4,62	9	15,17	17,42



Gambar 11. Proporsi pembagian air bangunan bagi proporsional untuk aliran balik dengan ketinggian muka air hilir 2,5 cm

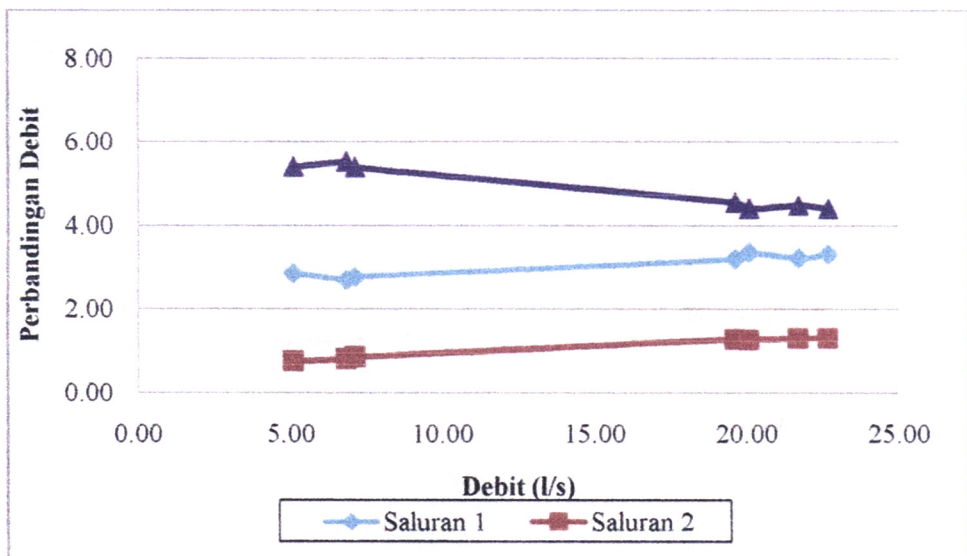
Pada gambar 11 terlihat jelas bahwa perbandingan mendekati proporsional setelah mencapai debit 15 l/s ke atas. Dari tabel terlihat data error kecil terjadi pada debit yang kecil.

5.1.3. Aliran balik untuk ambang 5 cm

Data hasil penghitungan untuk aliran balik dengan ambang 5 cm dapat dilihat pada tabel 6 dan gambar 12 dibawah ini. Dapat dilihat data yang memiliki nilai error terkecil terdapat pada pengukuran ke 6. Perbandingan yang didapat yaitu 3,22 : 1,30 : 4,48.

Tabel 6. Hasil Pengujian Hidrolis Bangunan Bagi Proporsional Dengan Aliran Balik Untuk Ambang 5 cm

Pengukuran	Debit (l/s)					Perbandingan				Σ	Data Error*	Data Error Perb*	
	Ambang tajam	Thompson 1	Thompson 2	Thompson 3	Total thompson		:	:	:				
1	6,88	1,618	0,42	3,05	5,09	2,86	:	0,75	:	5,39	9	35,19	4,33
2	8,63	2,035	0,61	4,17	6,81	2,69	:	0,80	:	5,51	9	26,62	8,58
3	9,27	2,184	0,68	4,26	7,12	2,76	:	0,85	:	5,38	9	30,20	6,42
4	20,29	6,950	2,77	9,88	19,61	3,19	:	1,27	:	4,54	9	3,49	3,58
5	20,82	7,468	2,81	9,77	20,05	3,35	:	1,26	:	4,39	9	3,83	3,17
6	23,00	7,752	3,12	10,80	21,67	3,22	:	1,30	:	4,48	9	6,11	3,17
7	23,55	8,324	3,26	11,07	22,65	3,31	:	1,30	:	4,40	9	3,96	2,00



Gambar 12. Proporsi pembagian air bangunan bagi proporsional untuk aliran balik dengan ketinggian muka air hilir 5 cm

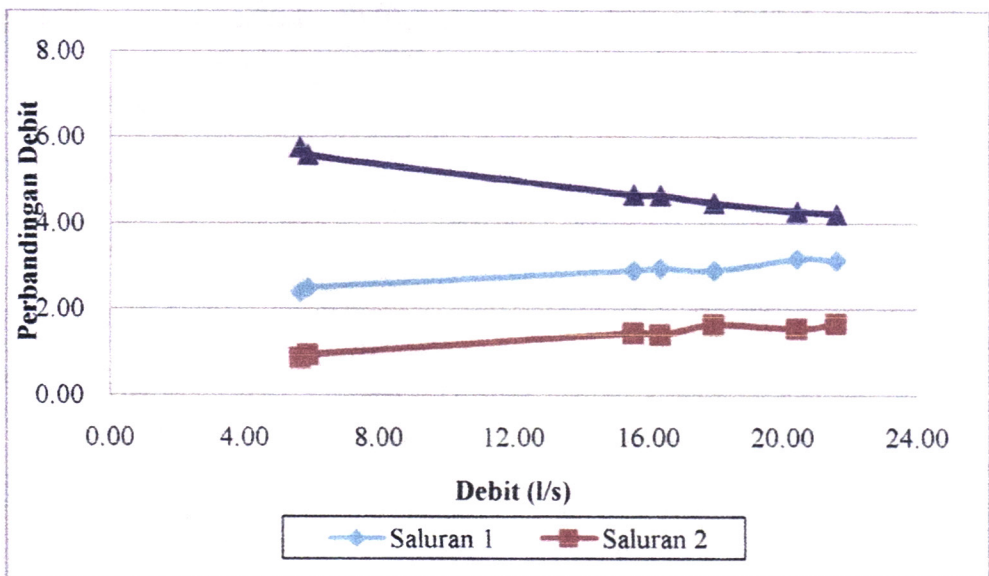
Pada gambar 12 terlihat bahwa perbandingan mendekati proporsional setelah mencapai debit 20 l/s ke atas. Debit yang terlalu kecil menyebabkan aliran belum mendekati proporsional.

5.1.4. Aliran balik untuk ambang 7,5 cm

Data hasil penghitungan untuk aliran balik dengan ambang 7,5 cm dapat dilihat pada tabel 7 dan gambar 13 dibawah ini. Dapat dilihat data yang memiliki nilai error terkecil terdapat pada pengukuran ke 5. Perbandingan yang didapat yaitu 2,90 : 1,4 : 4,46.

Tabel 7. Hasil Pengujian Hidrolis Bangunan Bagi Proporsional Dengan Aliran Balik Untuk Ambang 7,5 cm

Pengukuran	Debit (l/s)					Perbandingan				Σ	Data Error*	Data Error Perb*	
	Ambang tajam	Thompson 1	Thompson 2	Thompson 3	Total thompson								
1	4,30	1,49	0,54	3,60	5,63	2,39	:	0,86	:	5,75	9	23,68	29,42
2	4,81	1,63	0,61	3,63	5,87	2,50	:	0,93	:	5,57	9	18,06	30,17
3	12,46	5,01	2,51	8,04	15,57	2,90	:	1,45	:	4,65	9	19,96	26,83
4	13,51	5,37	2,55	8,43	16,35	2,96	:	1,40	:	4,64	9	17,37	20,25
5	14,34	5,78	3,28	8,89	17,95	2,90	:	1,64	:	4,46	9	20,10	17,33
6	16,75	7,21	3,51	9,68	20,40	3,18	:	1,55	:	4,27	9	17,89	20,50
7	17,40	7,53	3,97	10,07	21,57	3,14	:	1,66	:	4,20	9	19,33	19,08



Gambar 13. Proporsi pembagian air bangunan bagi proporsional untuk aliran balik dengan ketinggian muka air hilir 7,5 cm

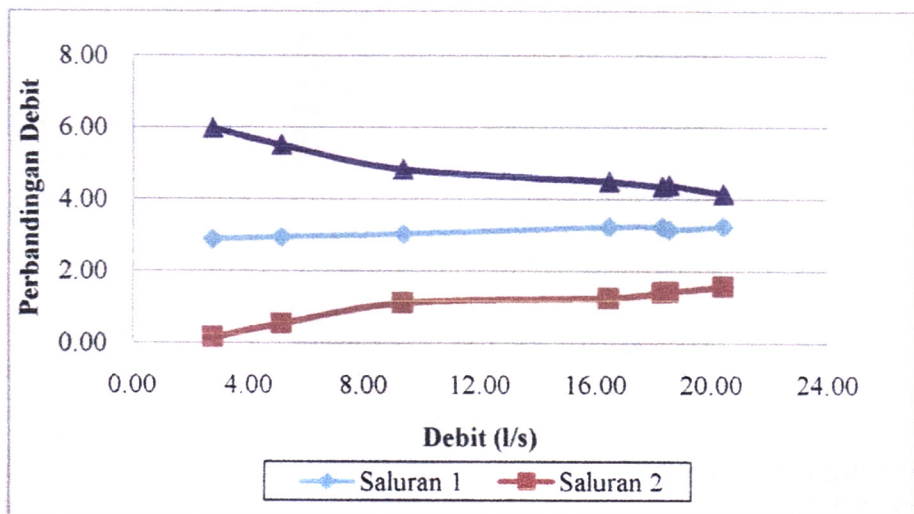
Pada gambar 13 terlihat bahwa perbandingan mendekati proporsional setelah mencapai debit 16 l/s ke atas. Debit yang terlalu kecil menyebabkan aliran belum mendekati proporsional.

5.1.5. Aliran balik untuk ambang 10 cm

Data hasil penghitungan untuk aliran balik dengan ambang 10 cm dapat dilihat pada tabel 8 dan gambar 14 dibawah ini. Dapat dilihat data yang memiliki nilai error terkecil terdapat pada pengukuran ke 3. Perbandingan yang didapat yaitu 3,04 : 1,12 : 4,83.

Tabel 8. Hasil Pengujian Hidrolis Bangunan Bagi Proporsional Dengan Aliran Balik Untuk Ambang 10 cm

Pengukuran	Debit (l/s)					Perbandingan	Σ	Data Error*	Data Error Perb*
	Ambang tajam	Thompson 1	Thompson 2	Thompson 3	Total thompson				
1	3,87	0,88	0,05	1,83	2,76	2,89 : 0,16 : 5,96	9	40,41	53,58
2	6,23	1,69	0,31	3,14	5,14	2,96 : 0,54 : 5,50	9	21,29	36,50
3	10,93	3,16	1,17	5,02	9,35	3,04 : 1,12 : 4,83	9	16,95	18,92
4	15,82	5,93	2,32	8,21	16,46	3,24 : 1,27 : 4,49	9	3,87	19,42
5	17,20	6,58	2,88	8,84	18,29	3,24 : 1,42 : 4,35	9	5,95	23,25
6	18,37	6,52	2,94	9,06	18,52	3,17 : 1,43 : 4,40	9	0,84	24,58
7	20,45	7,39	3,59	9,42	20,39	3,26 : 1,58 : 4,16	9	0,29	26,83

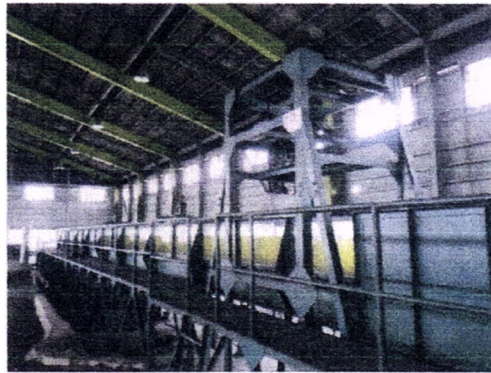


Gambar 14. Proporsi pembagian air bangunan bagi proporsional untuk aliran balik dengan ketinggian muka air hilir 10 cm

Pada gambar 14 terlihat bahwa perbandingan mendekati proporsional setelah mencapai debit 10 l/s ke atas. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa perbandingan mendekati proporsional apabila debit yang diberikan besar. Apabila debit yang diberikan terlalu kecil data error yang dihasilkan besar dan perbandingan belum terlihat proporsional

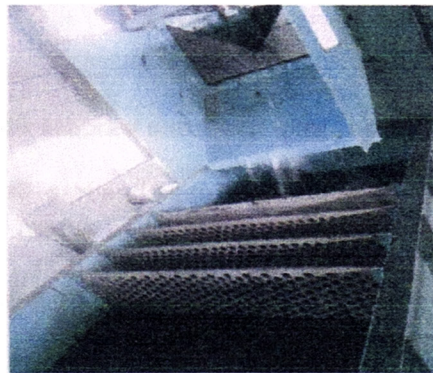
5.2. Kalibrasi Alat Ukur Debit

Pengujian bangunan bagi proporsional menggunakan alat ukur thompson sebagai pengukur alirannya. Kalibrasi pada alat ukur thompson perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Pengujian dilakukan pada saluran kaca yang berada pada laboratorium hidraulika.



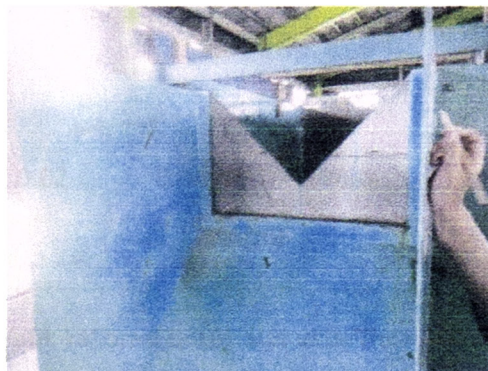
Gambar 15. Saluran Kaca

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan debit yang masuk dan debit yang keluar pada alat ukur Thompson. Data yang didapatkan berupa level muka air dan debit aliran yang masuk. Data debit yang masuk dilakukan pengukuran dengan sekat V-Notch pada saluran kaca yang sudah terkalibrasi di laboratorium hidraulika. Bentuk sekat V-Notch dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini.



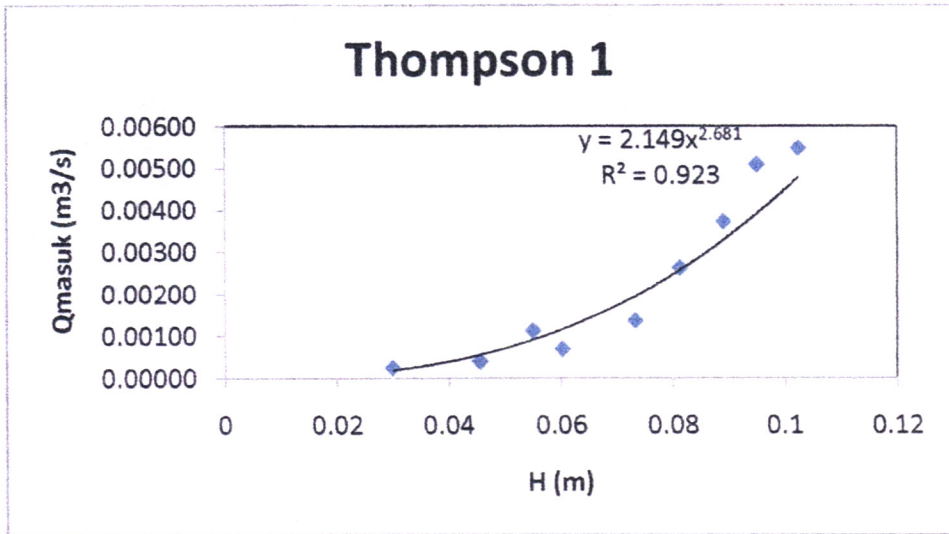
Gambar 16. Sekat V-Notch

Pada debit aliran yang keluar diukur dengan alat ukur Thompson yang akan digunakan pada pengujian aliran debit pembagi. Pembacaan level muka air pada alat ukur tersebut menggunakan Point Gauge. Dilakukan pembacaan sebanyak 10 kali setiap pengkalibrasian alat ukur Thompson. Data debit dan level muka air yang didapatkan dari hasil pengukuran akan dianalisis untuk mendapatkan koefisien yang dipakai dalam perhitungan debit aliran.



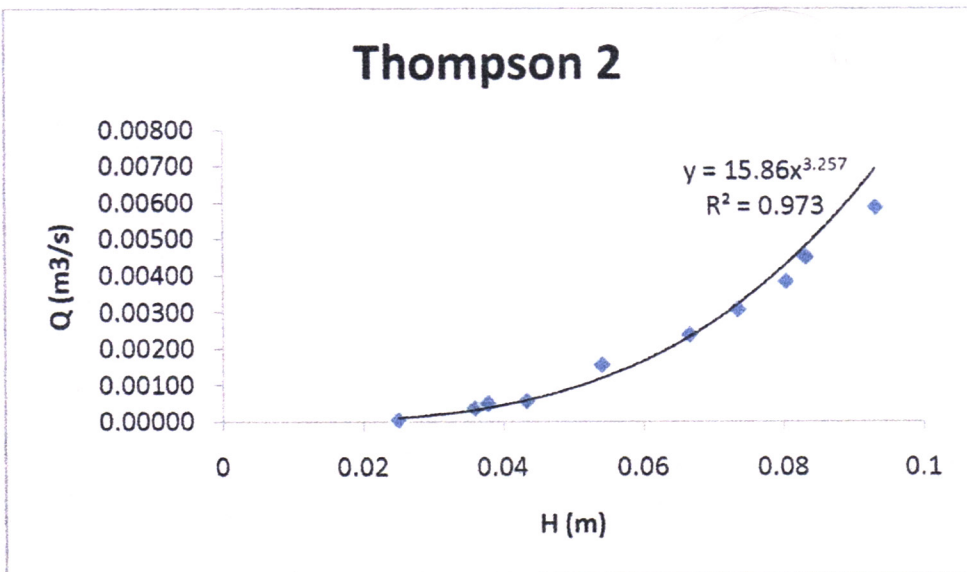
Gambar 17. Pembacaan level muka air pada alat ukur Thompson

Dari hasil pengukuran debit yang keluar, didapat grafik hasil kalibrasi untuk ketiga alat ukur Thompson yang dapat dilihat pada gambar 13 sampai dengan gambar 15.



Gambar 18. Grafik kalibrasi untuk alat ukur Thompson 1

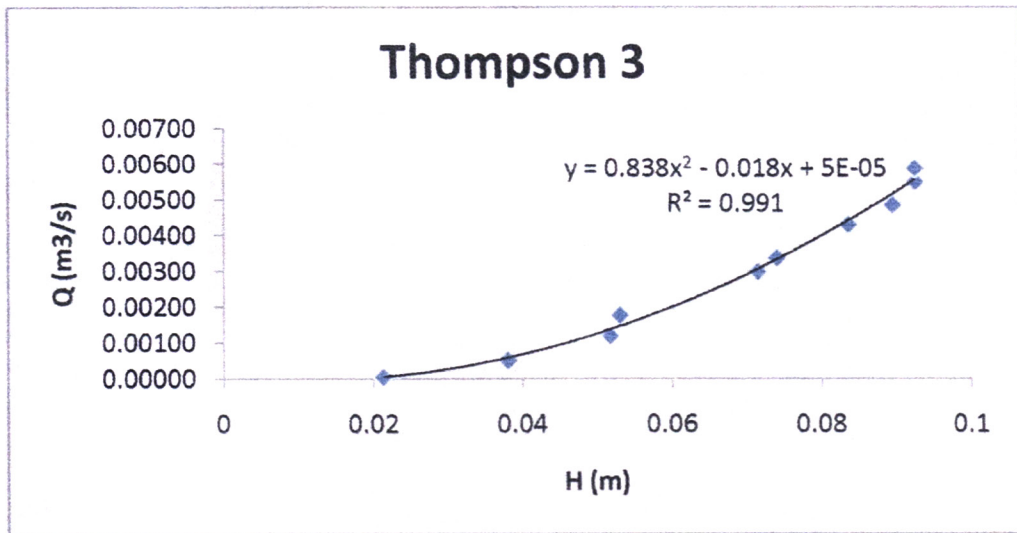
Gambar 18 menunjukkan Dari hasil perbandingan antara tinggi limpasan pada alat ukur Thompson 1 dengan debit air yang masuk pada alat ukur Thompson 1 didapat persamaan y yang berfungsi untuk menentukan nilai Q (debit) jika diketahui tinggi limpasannya (H). Persamaan untuk mengukur debit yang masuk yaitu $y = 2,149x^{2,681}$ dengan nilai R^2 sebesar 0,923.



Gambar 19. Grafik kalibrasi untuk alat ukur Thompson 2

Gambar 19 menunjukkan hasil kalibrasi pada alat ukur Thompson 2. Dengan menggunakan metode yang sama dengan alat ukur Thompson 1, didapat persamaan y yang digunakan untuk

menentukan debit (Q) pada alat ukur Thompson 2. Didapat persamaan $y = 15,86x^{3,257}$ dengan nilai R^2 sebesar 0,973.



Gambar 20. Grafik kalibrasi untuk alat ukur Thompson 3

Sedangkan untuk pengukuran debit yang terdapat pada alat ukur Thompson 3, dapat dilihat pada gambar 20. Hasil kalibrasi diperoleh persamaan $y = 0,838x^2 - 0,018x + 5E-05$, dengan nilai R^2 sebesar 0,991. Selanjutnya persamaan yang didapat dari kalibrasi ketiga pintu Thompson ini dapat digunakan untuk menentukan debit (Q) pengujian hidrolis bangunan bagi proporsional.

Dengan menggunakan persamaan dari hasil kalibrasi digunakan untuk menguji beberapa tipe aliran yaitu aliran bebas, aliran balik untuk ambang 2,5 cm, 5 cm, 7,5 cm dan 10 cm.

Hasil pengujian pada ke 5 (lima) aliran pada bangunan bagi proporsional di atas didapat hasil pada aliran bebas memiliki perbandingan debit paling baik ditemukan pada perbandingan 3,39 : 1,04 : 4,58. Sedangkan pada hasil pengujian adanya aliran balik (*backwater*) tinggi ambang penahan 2,5 cm, 5 cm, 7,5 cm dan 10 cm hasil perbandingan yang paling baik adalah aliran balik pada tinggi ambang 5 cm dengan perbandingan 3,22 : 1,30 : 4,48 dengan nilai error terkecil. Dan hasil secara keseluruhan perbandingan mendekati proporsional apabila debit yang diberikan lebih dari 20 l/s.

5.3. Penerapan Bangunan Bagi Proporsional

Dengan menggunakan data bangunan bagi yang berasal dari hasil identifikasi beberapa bangunan bagi yang ada di Daerah Irigasi Wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur. Identifikasi terhadap beberapa bangunan bagi tersebut memberikan gambaran terhadap desain bangunan bagi proporsional yang akan dibangun. Pemilihan bangunan bagi yang dimodelkan berdasarkan perbandingan debit pada masing-masing saluran sehingga nilai perbandingan proporsi aliran tidak terlalu berbeda jauh. Model fisik bangunan bagi proporsional dibangun di laboratorium Hidraulika Balai Irigasi, Bekasi.

Potensi penerapan bangunan bagi proporsional ini dapat diterapkan pada lokasi yang jauh dari permukiman, hal ini akan menguntungkan karena pengaturan aliran air dapat dilakukan secara proporsional oleh bangunan bagi tersebut.

