

# Studi Eksperimental Korelasi Fitur Pintu Tonjol Terhadap Nilai Koefisien Debit

Robby Yussac Tallar  
Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Kristen Maranatha  
robbyyussac@yahoo.com

Michael Louis Sunaris  
Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Kristen Maranatha  
michaellouis2410@yahoo.com

Jeff Christopher Gultom  
Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Kristen Maranatha  
gultomjeff@gmail.com

Aditya Arisanta Bangun  
Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Kristen Maranatha  
civilasda882@gmail.com

**Abstrak** - Sistem pengairan yang tergolong baik pada suatu jaringan irigasi teknis, harus memiliki setidaknya alat ukur dan alat pengatur debit aliran. Pintu tonjol adalah salah satu alat modifikasi dari pintu sorong yang dapat mengatur dan mengukur debit dengan fitur tonjolan yang berada di depan/hulu pintu. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi dari fitur tonjol terhadap koefisien debit yang terjadi pada pintu tonjol. Studi eksperimental ini menggunakan model berupa saluran hidraulik (dinding kaca) maupun model fitur tonjolan (bentuk dan ukuran) di Laboratorium Hidraulika Universitas Kristen Maranatha Bandung. Variasi bentuk yang dilakukan adalah setengah lingkaran dan segitiga dengan ukuran tonjolan yang digunakan adalah 11 cm, 13 cm, dan 15 cm dan bukaan pintu tonjol sebesar 2 cm dan 3 cm. Hasil analisa menunjukkan bahwa hasil koefisien debit ( $\mu$ ) dipengaruhi oleh fitur tonjolan namun tidak terlalu signifikan perubahannya. Saran yang diberikan adalah dengan menambah tingkat variasi pengujian akan meningkatkan tingkat validitas terhadap hasil yang didapat.

**Kata kunci** - *Fitur tonjol; Koefisien Debit; Studi Eksperimental*

## 1. PENDAHULUAN

Pada suatu sistem pengaliran yang dilaksanakan secara teknis, pengambilan air untuk keperluan daerah irigasi dimulai dari bendung melewati bangunan pengambilan (*intake*) untuk selanjutnya dialirkan oleh saluran primer dan saluran sekunder agar aliran air irigasi sampai kepada area yang membutuhkan yaitu petak-petak irigasi. Disamping itu, di dalam suatu jaringan irigasi juga terdapat

bangunan-bangunan irigasi seperti bangunan bagi, bangunan bagi sadap dan bangunan sadap yang memiliki pintu atau alat ukur di dalamnya. Fungsi utama dari pintu-pintu ini adalah untuk mengatur dan sekaligus mengukur banyaknya debit aliran yang masuk melalui pintu tersebut. Pengaturan debit aliran ini tentunya disesuaikan dengan perhitungan dan kebutuhan dari masing-masing petak irigasi. Jenis-jenis pintu air antara lain adalah pintu sorong, pintu tonjol, pintu Romijn, dan pintu Crump De Gruyter (CDG). Dari berbagai jenis pintu ini tentu saja mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Di Indonesia, pintu tonjol dibuat agar mempermudah pembuatan dari pintu Crump De Gruyter (CDG). Pintu tonjol sendiri adalah pintu sorong yang dimodifikasi, dimana pintu sorong berguna untuk mengatur tinggi muka air. Sedangkan pintu tonjol adalah pintu sorong yang diberikan tonjolan pada ambang pintunya. Tonjolan yang dimaksud adalah berbentuk setengah silinder dengan diameter tertentu.

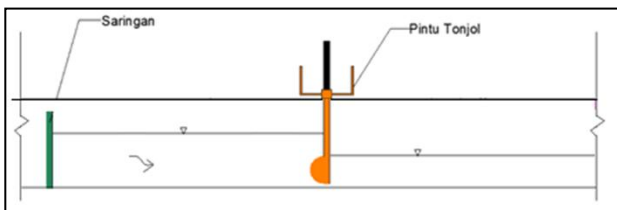
Salah satu jenis pintu air adalah pintu tonjol. Pintu tonjol adalah salah satu alat modifikasi dari pintu sorong yang dapat mengatur dan mengukur debit dengan fitur tonjolan yang berada di depan/hulu pintu. Penelitian terkait pintu jenis ini masih terbilang jarang terutama yang terkait dengan pengaruh dari fitur tonjolan pada pintu tonjol tersebut. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi dari fitur tonjol terhadap koefisien debit yang terjadi pada pintu tonjol.

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan model fisik yang berada di dalam Laboratorium Hidraulika Program Studi S-1 Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha yaitu saluran terbuka

dengan ukuran 8 m panjang x 40 cm lebar dan berbentuk bujursangkar. Saluran ini dilengkapi dengan kolam olak, saringan dari bahan *stainless steel*, dan juga bendung gergaji. Masing-masing fungsi dari bangunan air tersebut adalah untuk meredam aliran yang datang dari alat ukur Thompson. Sumber air saluran ini berasal dari air yang ditampung di bak yang berada di hulu saluran. Air kemudian dipompa untuk mengisi bak. Setelah penuh air akan memenuhi bak kemudian tumpah ke saluran melalui pintu pengatur debit. Sketsa sederhana tampak samping saluran dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Sketsa Tampak Samping Saluran Yang Digunakan



### 2.1 Pengumpulan Data

Data-data yang akan dikumpulkan adalah data primer yang dihasilkan dari hasil percobaan dengan menjalankan beberapa skenario. Disamping itu, akan dilakukan juga beberapa pengujian awal untuk menghasilkan data pendukung yang diperlukan. Data-data awal tersebut antara lain data tinggi muka air pada alat ukur Thompson untuk mencari debit aliran yang lewat model saluran terbuka dan data kecepatan aliran dengan menggunakan *Current-meter*. Prosedur awal dari eksperimen ini adalah menentukan lengkung debit, yang mana bertujuan untuk menetapkan debit maksimum. Setelah debit maksimum ditetapkan, maka baru dapat ditentukan debit rencana yang digunakan dalam penelitian ini. Untuk mendapatkan lengkung debit, hal pertama yang dilakukan adalah pengambilan data lengkung debit dengan melakukan pembacaan dan pencatatan terhadap elevasi pintu Thompson. Pencatatan pertama adalah ketika air pertama kali dialirkan dan menjadi konstan. Konstan adalah ketika air mengalir pada saluran terbuka dan air tidak lagi mengalami perubahan tinggi muka air. Lalu secara bertahap pintu pengatur debit diturunkan dan air kembali dibiarkan konstan kemudian dibaca tinggi muka airnya untuk melakukan pembacaan tinggi muka air digunakan meteran taraf.

Hasil dari percobaan lengkung debit, dari hasil pemeriksaan elevasi Thompson; maka dibuatkan grafik lengkung debit. Data hasil pembacaan dari elevasi Thompson disebut juga sebagai elevasi akhir. Elevasi akhir ini kemudian dikurangi dengan elevasi awal Thompson. Elevasi awal Thompson yang ada di dalam Laboratorium Hidraulika Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha Bandung adalah sebesar +10,73. Setelah mendapatkan selisih dari elevasi akhir dengan

elevasi awal Thompson maka dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = 1,39 \times \tan \left( \frac{1}{2} \alpha \right) (\Delta h)^{5/2} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

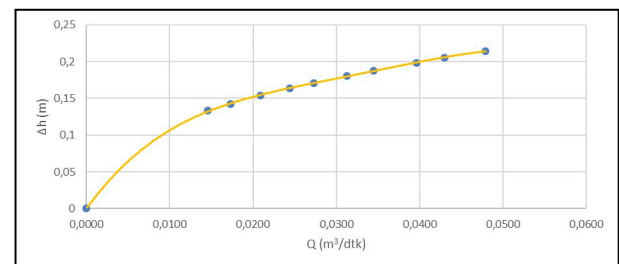
- Q : debit aliran (meter<sup>3</sup>/detik)
- Δh : tinggi muka air Thompson (m)
- α : sudut Thompson (°)

Hasil perhitungan debit aliran Thompson pada pembacaan awal adalah sebesar 0,0479 m<sup>3</sup>/detik. Kemudian dilakukan perhitungan yang sama terhadap data-data selanjutnya. Hasil perhitungan debit yang terjadi dikumpulkan kedalam tabel dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. Debit Aliran Thompson

Elevasi Akhir (cm)	Elevasi Awal (cm)	Δh = El. Akhir – El. Awal Thompson (cm)	Δh (m)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
32,17	10,73	21,44	0,2144	0,0479
31,26	10,73	20,53	0,2053	0,0430
30,60	10,73	19,87	0,1987	0,0396
29,53	10,73	18,80	0,1880	0,0345
28,80	10,73	18,07	0,1807	0,0313
27,85	10,73	17,12	0,1712	0,0273
27,10	10,73	16,37	0,1637	0,0244
26,11	10,73	15,38	0,1538	0,0209
25,00	10,73	14,27	0,1427	0,0173
24,05	10,73	13,32	0,1332	0,0146

Setelah seluruh perhitungan selesai, maka dapat dibuat grafik hubungan debit air dengan tinggi muka air (Δh). Grafik hubungan debit air dengan tinggi muka air ini adalah yang disebut dengan lengkung debit. Grafik ini terbentuk dengan sumbu x adalah debit atau Q (m<sup>3</sup>/detik) sedangkan grafik y adalah perbedaan tinggi muka air atau Δh (m) Grafik lengkung debit dari perhitungan di atas adalah dapat dilihat pada Gambar 2. Dari analisis lengkung debit ini, kemudian dapat ditentukan debit yang digunakan pada eksperimen yang akan dilaksanakan. Dari hasil perhitungan, debit maksimum yang terjadi adalah 0,0479 m<sup>3</sup>/detik dan debit minimum yang terjadi adalah 0,0146 m<sup>3</sup>/detik.



Gambar 2. Lengkung Debit Thompson

## 2.2 Alat dan Bahan

Alat-alat dan bahan dari eksperimen ini adalah sebagai berikut:

### 2.2.1. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur dimensi saluran terbuka yang ada di Laboratorium Hidraulika Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha Bandung.

### 2.2.2. Variasi Tonjolan

Bentuk tonjolan yang digunakan adalah segitiga dan setengah lingkaran dengan tonjolan yang terpasang pada pintu tonjol saluran terbuka adalah sebesar 11cm; 13cm dan 15cm. Bahan tonjolan yang digunakan adalah kayu yang dipotong dengan menggunakan mesin.

### 2.2.3. Meteran Taraf

Meteran taraf ini terletak di atas saluran terbuka. Pada eksperimen ini meteran taraf digunakan untuk mengukur tinggi muka air pada udik pintu dan untuk menetapkan tinggi bukaan pada pintu.

## 3. HASIL DAN DISKUSI

Pembacaan elevasi air yang didapatkan adalah elevasi akhir dari air yang ada di pintu tonjol. Kemudian elevasi akhir ini dikurangi dengan elevasi dasar dari meteran taraf sebesar +1,25. Dari hasil selisih ini kemudian akan didapatkan tinggi muka air ( $h$ ).

Dari perhitungan di atas didapatkan  $Q = 0,03214 \text{ m}^3/\text{detik}$ , seperti pada perhitungan pada debit Thompson; dilakukan perhitungan yang serupa pada data yang lain dengan menggunakan rumus debit pintu. Perhitungan debit aliran pintu yang dihitung dengan persamaan 1 adalah:

1. Debit aliran pintu dengan tonjolan 11 cm; bukaan 2 cm pada Tabel 2.
2. Debit aliran pintu dengan tonjolan 11 cm; bukaan 3 cm pada Tabel 3.
3. Debit aliran pintu dengan tonjolan 13 cm; bukaan 2 cm pada Tabel 4.
4. Debit aliran pintu dengan tonjolan 13 cm; bukaan 3 cm pada Tabel 5.
5. Debit aliran pintu dengan tonjolan 15 cm; bukaan 6 cm pada Tabel 6.
6. Debit aliran pintu dengan tonjolan 15 cm; bukaan 7 cm pada Tabel 7.

Hasil dari perhitungan debit aliran adalah sebagai berikut:

TABEL 2. Debit Aliran Bawah Pintu Dengan Tonjolan 11 cm; Bukaan 2 cm

Elevasi Akhir (cm)	Elevasi Awal (cm)	$h =$ El. Akhir – El. Dasar Saluran (cm)	$h$ (m)	$Q$ ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )
30,12	1,25	28,87	0,2887	0,03214
26,86	1,25	25,61	0,2561	0,03013
22,91	1,25	21,66	0,2166	0,02750
20,45	1,25	19,20	0,1920	0,02572
17,36	1,25	16,11	0,1611	0,02329
13,21	1,25	11,96	0,1196	0,01957
11,54	1,25	10,29	0,1029	0,01785
10,16	1,25	8,91	0,0891	0,01630
8,81	1,25	7,56	0,0756	0,01462
8,14	1,25	6,89	0,0689	0,01371

TABEL 3. Debit Aliran Bawah Pintu Dengan Tonjolan 11 cm; Bukaan 3 cm

Elevasi Akhir (cm)	Elevasi Awal (cm)	$h =$ El. Akhir – El. Dasar Saluran (cm)	$h$ (m)	$Q$ ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )
11,46	1,25	10,21	0,1021	0,02498
10,30	1,25	9,05	0,0905	0,02288
9,74	1,25	8,49	0,0849	0,02179
8,82	1,25	7,57	0,0757	0,01989
8,45	1,25	7,20	0,0720	0,01906
7,96	1,25	6,71	0,0671	0,01792
7,48	1,25	6,23	0,0623	0,01672
7,26	1,25	6,01	0,0601	0,01614
7,10	1,25	5,85	0,0585	0,01570
7,00	1,25	5,72	0,0572	0,01543

TABEL 4. Debit Aliran Bawah Pintu Dengan Tonjolan 13 cm; Bukaannya 2 cm

Elevasi Akhir (cm)	Elevasi Awal (cm)	h = El. Akhir – El. Dasar Saluran (cm)	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
21,02	1,25	19,77	0,1977	0,02614
18,35	1,25	17,10	0,1710	0,02410
16,28	1,25	15,03	0,1503	0,02238
13,90	1,25	12,65	0,1265	0,02024
12,02	1,25	10,77	0,1077	0,01836
10,77	1,25	9,52	0,0952	0,01701
9,66	1,25	8,41	0,0841	0,01570
8,76	1,25	7,51	0,0751	0,01456
8,23	1,25	6,98	0,0698	0,01384
7,45	1,25	6,20	0,0620	0,01271

TABEL 5. Debit Aliran Bawah Pintu Dengan Tonjolan 13 cm; Bukaannya 3 cm

Elevasi Akhir (cm)	Elevasi Awal (cm)	h = El. Akhir – El. Dasar Saluran (cm)	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
14,07	1,25	12,82	0,1282	0,02915
12,60	1,25	11,35	0,1135	0,02688
11,28	1,25	10,03	0,1003	0,02466
10,78	1,25	9,53	0,0953	0,02377
10,00	1,25	8,75	0,0875	0,02231
9,31	1,25	8,06	0,0806	0,02092
8,93	1,25	7,68	0,0768	0,02012
8,02	1,25	6,77	0,0677	0,01806
7,81	1,25	6,56	0,0656	0,01755
7,21	1,25	5,96	0,0596	0,01600

TABEL 6. Debit Aliran Bawah Pintu Dengan Tonjolan 15 cm; Bukaannya 2 cm

Elevasi Akhir (cm)	Elevasi Awal (cm)	h = El. Akhir – El. Dasar Saluran (cm)	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
24,64	1,25	23,39	0,2339	0,02868
20,60	1,25	19,35	0,1935	0,02583
18,64	1,25	17,39	0,1739	0,02433
16,61	1,25	15,36	0,1536	0,02267
15,09	1,25	13,84	0,1384	0,02134
12,70	1,25	11,45	0,1145	0,01906
10,89	1,25	9,64	0,0964	0,01714
9,25	1,25	8,00	0,8000	0,01519
8,46	1,25	7,21	0,0721	0,01415
8,13	1,25	5,88	0,0588	0,01221

TABEL 7. Debit Aliran Bawah Pintu Dengan Tonjolan 15 cm; Bukaannya 3 cm

Elevasi Akhir (cm)	Elevasi Awal (cm)	h = El. Akhir – El. Dasar Saluran (cm)	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
14,91	1,25	13,66	0,1366	0,03037
12,91	1,25	11,66	0,1166	0,02737
12,30	1,25	11,05	0,1105	0,02639
11,46	1,25	10,21	0,1021	0,02498
10,99	1,25	9,74	0,0974	0,02415
10,11	1,25	8,86	0,0886	0,02252
9,64	1,25	8,39	0,0839	0,02160
9,04	1,25	7,79	0,0779	0,02036
8,50	1,25	7,25	0,0725	0,01918
7,96	1,25	6,71	0,0671	0,01792

Dengan menggunakan persamaan (1) maka dapat dilakukan perhitungan koefisien debit untuk berbagai fitur tonjolan, ukuran dan tinggi bukaan pintu (a) seperti pada Tabel 8.

TABEL 8. Koefisien Debit Pada Diameter 11 cm dan Tinggi Bukaan Pintu 1,5 cm

Nomor	Tinggi Muka Air di Udik Pintu Tonjol (meter)	ΔH h-a (meter)	Q Thompson m <sup>3</sup> /detik	μ
1	0,3515	0,3365	0,0290	0,7525
2	0,3070	0,2920	0,0267	0,7430
3	0,2675	0,2525	0,0246	0,7364
4	0,2361	0,2211	0,0229	0,7318
5	0,2020	0,1870	0,0207	0,7189
6	0,1759	0,1609	0,0192	0,7189
7	0,1527	0,1377	0,0169	0,6867
8	0,1318	0,1168	0,0146	0,6436
9	0,1155	0,1005	0,0123	0,5818
10	0,0975	0,0825	0,0098	0,5125
11	0,0802	0,0652	0,0073	0,4321
12	0,0717	0,0567	0,0067	0,4265

Adapun hasil dari berbagai percobaan atau eksperimen dapat di rangkum seperti pada Tabel 9.

TABEL 9. Hasil Hubungan antara Fitur Tonjolan dengan Koefisien Debit ( $\mu$ )

Bentuk	Ukuran	Tinggi Bukaannya	$\mu$
Segitiga	11	2	0,4~0,8
Segitiga	11	3	0,4~0,7
Segitiga	13	2	0,5~0,8
Segitiga	13	3	0,4~0,7
Segitiga	15	2	0,4~0,7
Segitiga	15	3	0,4~0,7
Setengah Lingkaran	11	2	0,4~0,7
Setengah Lingkaran	11	3	0,4~0,7
Setengah Lingkaran	13	2	0,5~0,8
Setengah Lingkaran	13	3	0,4~0,7
Setengah Lingkaran	15	2	0,4~0,7
Setengah Lingkaran	15	3	0,4~0,7

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh dari fitur tonjol terhadap koefisien debit yang terjadi pada pintu sorong tonjol walaupun tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisa yang didapat dengan adanya perubahan bentuk dan ukuran dari fitur tonjolan yang memberikan hasil koefisien debit yang terjadi. Dari semua percobaan batas bawah rentang nilainya didapat lebih rendah dari standar yang diberikan oleh SDA-KP04 pada tahun 2013 yaitu  $\mu = 0,6 \sim 0,8$ . Hasil koefisien debit yang didapat berkisar  $0,4 \sim 0,8$  sehingga perbedaan nilai hanya terjadi pada batas bawah dari rentang nilai yang telah ditetapkan. Hal ini dapat diakibatkan bukaan pintu yang terlalu besar atau tinggi sehingga nilai perbedaan tinggi muka air antara hulu dan hilir tidak berbeda jauh. Namun demikian, penyebab pastinya masih perlu dilakukan penelitian lebih jauh lagi termasuk pada variabel-variabel atau parameter-parameter lainnya yang mempengaruhi.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh dari fitur tonjol terhadap koefisien debit yang terjadi pada pintu sorong tonjol walaupun tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisa yang didapat dengan adanya perubahan bentuk dan ukuran dari fitur tonjolan yang memberikan hasil koefisien debit yang terjadi. Dari semua percobaan batas bawah rentang nilainya didapat lebih rendah dari standar yang diberikan oleh SDA-KP04 pada tahun 2013

yaitu  $\mu = 0,6 \sim 0,8$ . Hasil koefisien debit yang didapat berkisar  $0,4 \sim 0,8$  sehingga perbedaan nilai hanya terjadi pada batas bawah dari rentang nilai yang telah ditetapkan. Hal ini dapat diakibatkan bukaan pintu yang terlalu besar atau tinggi sehingga nilai perbedaan tinggi muka air antara hulu dan hilir tidak berbeda jauh. Namun demikian, penyebab pastinya masih perlu dilakukan penelitian lebih jauh lagi termasuk pada variabel atau jenis fitur tonjolan lainnya yang diperhitungkan.

Beberapa saran yang dapat diberikan terkait dengan penelitian pintu tonjol adalah dengan menambah tingkat variasi pengujian akan meningkatkan tingkat validitas terhadap hasil yang didapat karena pada dasarnya fungsi dari pintu tonjol adalah untuk mengatur tinggi muka air dan juga mengatur debit aliran yang terjadi. Hal ini mengakibatkan fitur tonjolan menjadi hal yang teramat penting dan dapat mempengaruhi hasil seperti koefisien debit maupun tinggi muka air. Oleh dari itu sangat disarankan juga dalam penggunaan pintu tonjol untuk memperhatikan tinggi bukaan pintu. Tinggi bukaan pintu sebaiknya tidak terlalu tinggi karena semakin tinggi bukaan pintu akan menyebabkan tonjolan tidak bekerja optimal dan air hanya akan lolos di bawah pintu.

Untuk penerapannya di jaringan irigasi, diperlukan suatu standar yang dibakukan oleh pemerintah terkait dengan dimensi atau ukuran dari pintu sorong tonjol yang disesuaikan dengan debit aliran, kecepatan aliran dan parameter hidraulik lainnya yang diperlukan dalam perencanaan alat pengatur sekaligus pengukur debit aliran pada saluran irigasi.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk bantuan hibah internal yang diberikan oleh LPPM Maranatha dan juga Crisgantara yang telah membantu memperbaiki permasalahan aturan penulisan pada tulisan ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bos, M.G. 1989. *Discharge measurement structures (Third Revision)*. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, Wageningen, Netherland.
- [2] Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan, Bagian Bangunan Utama KP-02*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [3] Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan, Bagian*

*Bangunan Utama KP-04*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

- [4] Soeherman dan M. Memed., 1990, *Pintu Sorong Tonjol Sebagai Alat Pengukur dan Pengatur Debit*, Makalah dalam Seminar on Theory and Application on Hydraulic Phenomenon of Hydraulic Structure, Bandung, 22-27 Juni 1990.
- [5] Swamee, P.K. 1992. Sluice-gate discharge equations. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 118(1): 56–60
- [6] Triadtmodjo, B., 1993, *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- [7] Hansen, Vaughn E., 1986, *Dasar – Dasar dan Praktek Irigasi*, Erlangga, Jakarta.