

PENGARUH BENTUK BAGIAN HILIR AMBANG TERHADAP PROFIL MUKA AIR

Febri Dwi Cahya Gumilar¹, Bambang Sulistiono²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: febridwicaHYA@gmail.com

² Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: bambangSulis@uii.ac.id

Abstract: *The overflow is one type of water structure that has the function of raising the water level, measuring the discharge, and for giving the puddle pool boundary. Each overflow is known to have an effect on the water level profile flowing through the flow profile. The study aimed to determine the value of the difference between the measured water level profile and the theoretical water level profile resulting from several overflows with different angle variations. The research was conducted at Hydraulics Laboratory Faculty of Civil Engineering and Planning of Islamic University of Indonesia using broad-crested weirs with angle variation at the part of downstream at 0°, 15°, 30°, 45°, and 60° and height 10 cm and width 10 cm. Using a 10 cm wide flume channel, the test was carried out by placing the overflow on a water flume with a variation of the upstream water level (14 cm, 15 cm, and 16 cm). As the flow passes through each overflow variation, data is taken for analysis purposes. The result of the analysis shows that the value between the measured water level profiles is not much different from the theoretical water level profile. The variation form of downstream overflow greatly affect the flow path as proven by a considerable difference at the overflow of 0° (downstream water level profile difference > 1,5 cm at each h_0). Based on the results of the research, the greater the angle at the downstream of the overflow, then the difference in the profile of the water level produced is close to 0, which means that the water level profile measured is the same as the calculated water level profile.*

Keywords: *overflow, downstream, discharge, measured, calculated, profiles, water level.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hidrolika berasal dari bahasa Yunani (*hydraulikos*), yang merupakan gabungan dari kata 'hydro' yang berarti air dan juga 'aulos' yang berarti pipa. Karena itu, hidrolika merupakan satu topik ilmu dasar dan keteknikan yang memiliki keterkaitan dengan sifat-sifat mekanis fluida, yaitu paham ilmu yang mempelajari tentang perilaku air dalam keadaan bergerak (hidrodinamika) ataupun dalam keadaan diam (hidrostatika). Ilmu hidrolika memiliki banyak ruang lingkup yang terbagi atas berbagai macam bidang seperti hidrologi terapan, rekayasa irigasi, teknik sumber daya

air, pengendalian banjir serta sedimen, teknik bendungan, dan teknik jaringan pipa. Mengacu pada bidang-bidang yang telah dijabarkan, maka sudah jelas bahwa ilmu hidrolika memiliki arti yang sangat luas.

Dalam ilmu hidrolika dipelajari tentang kecepatan aliran (V) dan debit aliran (Q). Kecepatan aliran adalah suatu koefisien yang menyatakan besaran kecepatan air yang mengalir dari suatu tempat per satuan waktu. Biasanya, kecepatan aliran dinyatakan dalam satuan m/detik. Sementara itu, debit aliran merupakan laju air yang mengalir dari suatu sumber aliran per satuan waktu. Debit aliran biasa dinyatakan dalam satuan $m^3/detik$. Ditinjau dari lintasan aliran, diperoleh banyak bangunan pelimpah seperti bangunan

waduk, bendung, dan sadap. Fungsi pelimpah beragam, tergantung dari bagaimana bentuk bangunan pelimpah yang tersedia. Sebagai contoh adalah bangunan bendung yang pelimpahnya memiliki fungsi untuk meninggikan aliran air sungai, kemudian mengarahkannya menuju pintu intake bendung. Contoh lain adalah bangunan pelimpah yang pada bagian pelimpahnya memiliki fungsi untuk menguras air jika suatu saat nanti ada pekerjaan perbaikan bangunan air atau saluran. Pada intinya, setiap bangunan pelimpah memiliki fungsi yang berbeda-beda. Terlepas dari semua hal tersebut, aliran air yang melaju melalui saluran pelimpah dengan bentuk yang berbeda-beda dengan kecepatan tertentu akan berpengaruh pada karakteristik serta lintasan alirannya.

Permasalahannya, karakteristik pada setiap peluap umumnya dan pada bangunan ukur pada khususnya sangat sulit untuk diselesaikan secara analisis, begitu pula dengan pengamatan langsung di lapangan. Oleh karena itu, pemecahan masalahnya dapat melalui alternatif lain yaitu dengan cara melakukan percobaan atau pengamatan di laboratorium.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana nilai koefisien debit pada masing-masing model ambang yang diujikan?
2. Bagaimana pengaruh bentuk bagian hilir ambang terhadap perbedaan tinggi profil muka air terukur dengan tinggi profil muka air teoritis.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui koefisien debit pada masing-masing model ambang yang diujikan.
2. Mengetahui bagaimana pengaruh bentuk bagian hilir ambang terhadap perbedaan profil muka air terukur dengan profil muka air teoritis.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan ilmu pengetahuan secara umum, terutama pada bidang hidraulika yang berkaitan dengan bentuk bagian hilir ambang terhadap lintasan aliran, sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk perencanaan bangunan air.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Percobaan dilakukan dengan 5 model variasi ambang yang berbeda pada bagian hilir, yaitu variasi 1 dengan sudut 0° , variasi 2 dengan sudut 15° , variasi 3 dengan sudut 30° , variasi 4 dengan sudut 45° , variasi 5 dengan sudut 60° .
2. Jenis ambang yang digunakan adalah ambang lebar.
3. Aliran pada saluran diasumsikan aliran mantap (*steady flow*).
4. Material yang digunakan untuk model ambang adalah akrilik.
5. Menggunakan flume dengan panjang 5 m dan lebar 0.1 m.
6. Pengujian dilakukan di Laboratorium Hidraulika Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Percobaan dilakukan hanya untuk mengetahui pengaruh bentuk bagian hilir ambang terhadap profil muka air.
8. Perhitungan profil muka air menggunakan metode *standart step*

2. LANDASAN TEORI

2.1. Debit

Menurut Triatmodjo (1996), debit adalah besaran satuan air yang keluar dari daerah-daerah aliran sungai. Sementara untuk debit aliran adalah jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran per-satuan waktu. Debit aliran diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu, sehingga satuannya adalah m^3/detik atau dapat dengan satuan lain seperti liter/detik dan liter/menit. Pada zat cair ideal, ketika tidak terjadi gesekan, kecepatan aliran (V) adalah sama di setiap

titik pada tampang lintang, sementara pada zat cair riil, kecepatan pada dinding batas adalah nol dan bertambah dengan jarak dari dinding batas. Dalam praktek yang dilakukan, variasi kecepatan pada tampang limping sering diabaikan dan kecepatan dianggap seragam di setiap titik pada tampang lintang yang besarnya sama dengan kecepatan rerata di V , sehingga debit aliran diperoleh dengan persamaan 1.

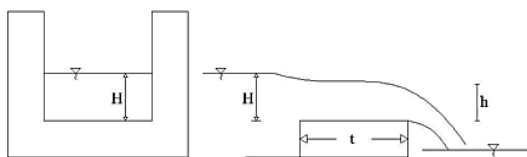
$$Q = A \times V \quad (1)$$

dengan:

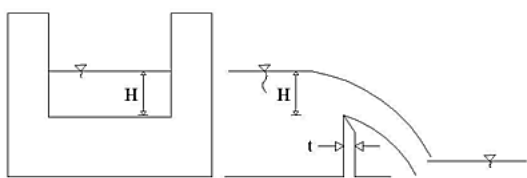
Q = debit aliran ($m^3/detik$)
 A = luas penampang (m^2)
 V = kecepatan aliran ($m/detik$)

2.2. Ambang

Menurut Triatmodjo (1996), ambang merupakan salah satu jenis bangunan air yang dapat digunakan untuk menaikkan tinggi muka air dan untuk menentukan debit aliran. Ada dua macam jenis ambang yang sering digunakan dalam pengukuran karakteristik aliran, yaitu ambang lebar ($t > 0.66 H$) dan ambang tajam ($t < 0.5H$). Sket macam ambang dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2A Aliran Melalui Ambang Lebar



Gambar 2B Aliran Melalui Ambang Tajam

Perhitungan debit melalui ambang lebar adalah dengan persamaan berikut.

$$Q = 1.705 \times Cd \times b \times H^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

dengan :

Q = Debit Aliran (m^3/s)
 H = Tinggi Peluapan (m)
 Cd = Koefisien Debit (m^3/s)
 b = Lebar Ambang (m)

Sementara untuk perhitungan debit melalui ambang tajam adalah dengan persamaan berikut.

$$Q = \frac{2}{3} \times Cd \times b \times \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

dengan :

Q = Debit Aliran (m^3/s)
 Cd = Koefisien Debit (m^3/s)
 H = Tinggi Peluapan (m)
 b = Lebar Ambang (m)

2.3. Persamaan Bernoulli

Menurut Triatmodjo (1996), Pada aliran zat cair ideal, garis tenaga mempunyai tinggi tetap yang menunjukkan jumlah dari tinggi elevasi, tinggi tekanan, dan tinggi kecepatan. Garis tekanan menunjukkan jumlah dari tinggi elevasi dan juga tinggi tekanan $z + p/\gamma$ yang dapat naik atau turun pada arah aliran dan tergantung pada luas tampang aliran. Di titik A di mana tampang aliran lebih kecil dari titik B akan menyebabkan tinggi kecepatan di A lebih besar daripada di B, mengingat V_A lebih besar dari V_B . Akibatnya tinggi tekanan di titik A lebih kecil dari B. Tinggi tekanan di titik A dan B yaitu $h_A = p_A/\gamma$ dan $h_B = p_B/\gamma$ adalah tinggi kolom zat cair yang beratnya tiap satuan luas memberikan tekanan sebesar $p_A = \gamma h_A$ dan $p_B = \gamma h_B$. Oleh karena itu tekanan p yang ada pada persamaan Bernoulli biasa disebut dengan tekanan statis. Aplikasi persamaan Bernoulli untuk kedua titik di dalam medan aliran akan menghasilkan persamaan (4) sebagai berikut.

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} \quad (4)$$

yang menunjukkan bahwa jumlah tinggi elevasi, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan di kedua titik adalah sama. Dengan demikian, garis tenaga pada aliran zat cair ideal adalah konstan.

Sementara pada Zat Cair Riil, dalam aliran zat cair akan terjadi kehilangan tenaga yang harus diperhitungkan dalam aplikasi persamaan Bernoulli. Kehilangan tenaga dapat terjadi karena adanya gesekan antara zat cair dan dinding batas (h_f) atau karena adanya perbuahan tampang lintang aliran (h_e). Kehilangan tenaga yang disebabkan oleh gesekan disebut dengan kehilangan tenaga primer, sedangkan kehilangan tenaga yang disebabkan karena perubahan tampang aliran disebut dengan kehilangan tenaga sekunder (Triatmodjo, 1996).

Kehilangan tenaga biasanya dinyatakan dalam tinggi zat cair. Dengan memperhitungkan kedua kehilangan tenaga tersebut, maka persamaan Bernoulli antara dua tampang aliran menjadi :

$$z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = z_B + \frac{p_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + \Sigma h_e + \Sigma h_f \quad (5)$$

2.4. Mengontrol Kavitasasi

Menurut Kriteria Perancangan 04 (2013) Kavitasasi merupakan fenomena terjadinya tekanan lebih kecil dari 1 atm yang mengakibatkan gelembung-gelembung udara pada permukaan badan bendung, sehingga menimbulkan lubang-lubang karena terlepasnya butiran-butiran agregat dari permukaan konstruksi.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah kavitasasi adalah dengan menghilangkan sumber dari penurunan tekanan yang terjadi pada lintasan aliran. Desain formasi dasar pun juga dapat digunakan untuk mengurangi penurunan tekanan yang akan terjadi. Mengurangi kecepatan aliran dengan nilai yang lebih rendah pun merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat kerusakan permukaan konstruksi akibat dari kavitasasi itu sendiri.

Suatu bentuk persamaan untuk memperkirakan kavitasasi dapat berupa parameter tak berdimensi. Hubungan antara gaya pelindung terhadap kavitasasi (*ambient pressure*) dan penyebab kavitasasi (*dynamic pressure*) disebut indeks kavitasasi. Adapun

perhitungan kavitasasi dijabarkan dengan persamaan (6) dan (7) berikut (Chaudry dkk., 1998) :

$$\sigma = \frac{P_o - P_v}{\frac{\rho V_o^2}{2}} \quad (6)$$

$$C_p = \frac{P_g - P_o}{\frac{\rho V_o^2}{2}} \quad (7)$$

Jika $P \approx P_v$, Maka $\sigma_1 = -C_p$

dengan :

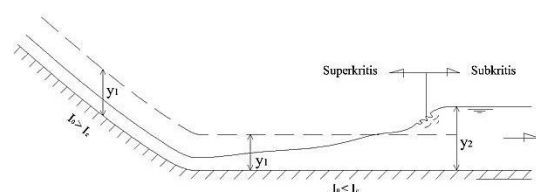
- σ = Indeks Kavitasasi
- P_o = Ambient Pressure (kPa)
- P_a = Tekanan Atmosfir
- P_g = Tekanan Setempat (kPa)
- h = Tinggi Muka Air (m)
- P_v = Tekanan Uap (kPa)
- ρ = Massa Jenis Cairan (Kg/m³)
- V_o = Kecepatan Aliran (m/dt)
- C_p = Koefisien Kavitasasi
- σ_1 = Angka Batas Kavitasasi

Kriteria Kavitasasi :

- $\sigma > \sigma_1$ = Tidak Terjadi Kavitasasi
- $\sigma \leq \sigma_1$ = Terjadi Kavitasasi

2.5. Loncat Air

Menurut Triatmodjo (2003), apabila tipe aliran di saluran berubah dari aliran superkritis menjadi subkritis maka akan terjadi loncat air. Loncat air merupakan salah satu contoh bentuk aliran berubah dengan cepat (*rapidly varied flow*).



Gambar 3 Loncat Air

Untuk mendapatkan panjang loncat air L_j , tidak ada rumus teoritis yang dapat digunakan untuk menghitungnya. Panjang loncat air dapat ditentukan dengan percobaan di laboratorium. Untuk saluran segiempat, panjang loncat air diambil antara 5 hingga 7

kali tinggi loncat air, seperti pada persamaan 4.

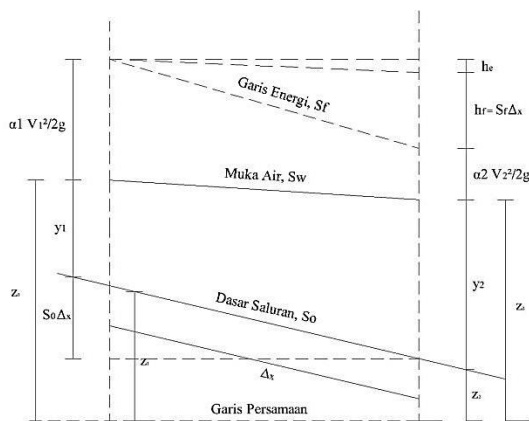
$$L_j = 5 \text{ sampai } 7 (y_2 - y_1) \quad (8)$$

dengan :

- L_j : Panjang Loncat Air.
- y_1 : Tinggi Loncat Air Hulu.
- y_2 : Tinggi Loncat Air Hilir.

2.6. Profil Muka Air

Menurut Chow (1985), perhitungan profil aliran berubah lambat laun (*gradually varied flow*) pada dasarnya meliputi penyelesaian persamaan dinamis dari aliran berubah lambat laun. Sasaran utama dari perhitungan ini adalah menentukan bentuk profil aliran. Salah satu metode perhitungan profil muka air adalah dengan cara tahapan standar (*standart step*), yaitu perhitungan yang dilakukan tahap demi tahap dari suatu pos pengamatan ke pos berikutnya yang sifat-sifat hidrolisnya telah ditetapkan. Dalam hal ini, jarak setiap pos diketahui dan dilakukan penentuan kedalaman aliran di tiap pos. Cara semacam ini biasanya dibuat berdasarkan perhitungan coba-coba.



Gambar 4. Saluran Sepanjang Δ_x

Untuk menjelaskan metode standar step, dianggap bahwa permukaan air terletak pada suatu ketinggian dari bidang datar. Melalui gambar 4, tinggi muka air di atas bidang datar pada kedua ujung penampang adalah.

$$Z_1 = S_0 \Delta_x + y_1 + z_2 \quad (9)$$

dan

$$Z_2 = y_2 + z_2 \quad (10)$$

Kehilangan tenaga akibat gesekan adalah.

$$h_f = S_f \Delta_x = \frac{1}{2} (S_1 + S_2) \Delta_x \quad (11)$$

dengan kemiringan gesekan S_f diambil sebagai kemiringan rata-rata pada kedua ujung penampang, atau S_f rerata, maka dapat ditulis sebagai berikut.

$$Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_e \quad (12)$$

Dengan h_e ditambahkan untuk kehilangan tekanan akibat pusaran yang cukup besar di saluran tidak prismatis. Sampai pada saat ini, belum ada metoda rasional untuk menghitung kehilangan tekanan akibat pusaran. Kehilangan tekanan ini tergantung pada perubahan tinggi kecepatan dan dapat dinyatakan sebagai bagian dari padanya, atau $k (\Delta \alpha V^2 / 2g)$ dengan k suatu koefisien. Untuk bagian saluran yang lambat laun melebar atau menyempit, berturut-turut $k = 0$ sampai 0.1 atau 0.2. Untuk pelebaran atau penyempitan secara tiba-tiba, nilai k sekitar 0.5. Untuk saluran prismatis yang umum kehilangan tekanan akibat pusaran praktis tidak ada, atau $k = 0$. Untuk mempermudah perhitungan, nilai h_e dianggap sebagai bagian dari kehilangan tekanan akibat gesekan dan nilai n dari koefisien Manning akan meningkat pula dalam menghitung h_f . Berdasarkan hal tersebut, lalu dalam perhitungan h_e diambil angka nol.

Tinggi tekanan total pada kedua ujung penampang adalah.

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \quad (13)$$

dan

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} \quad (14)$$

Sehingga, persamaan 15 menjadi.

$$H_1 = H_2 + h_f + h_e \quad (15)$$

Metode tahapan standar akan memberi hasil yang terbaik bila dipakai untuk menghitung saluran alam. Namun pemilihan saluran prismatis dalam contoh semata-mata agar mempermudah penguraian dan membuat

perbandingan dengan hasil yang diperoleh dengan metode lain yang telah diuraikan.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

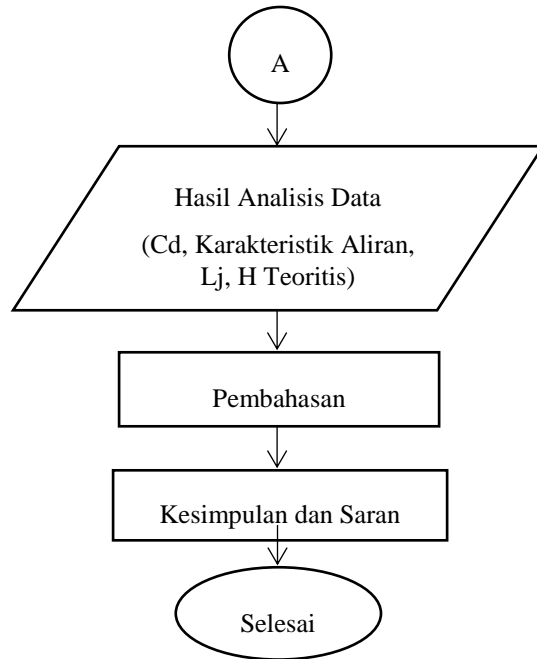
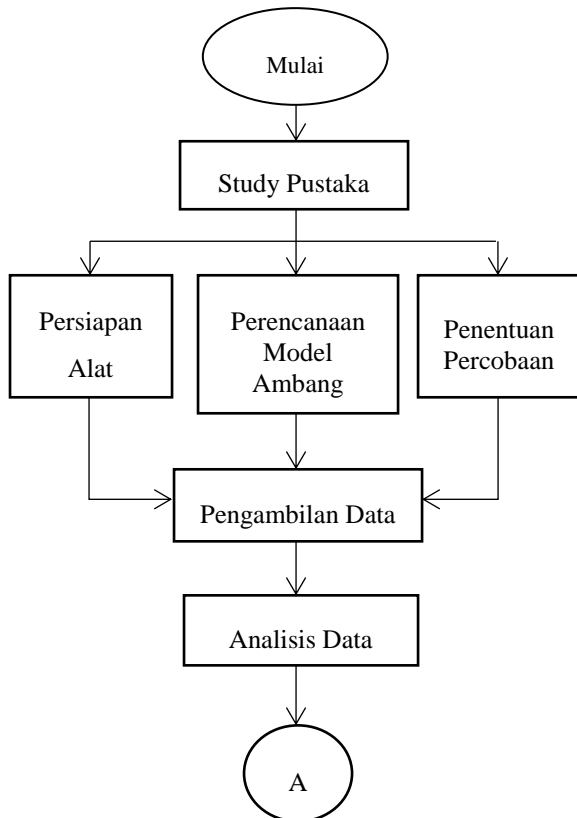
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika, Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.2. Data

Pengumpulan data pada penelitian ini berupa data primer, yaitu data yang hanya diperoleh secara langsung melalui percobaan. Adapun data-data primer yang dimaksud mencakup dimensi model bentuk bagian hilir ambang, kedalaman air hulu, kedalaman air hilir, tinggi peluapan, volume air tertampung, waktu penampungan, debit aliran nyata, dan tinggi profil muka air per-pias,

3.3. Tahapan Penelitian

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 5. Bagan Alir

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data Penelitian

Dari hasil analisa data didapatkan rekapitulasi hasil perhitungan koefisien debit, karakteristik aliran berdasarkan angka froude dan angka reynolds, serta perbedaan profil muka air terukur dengan teoritis sebagai berikut.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Koefisien Debit

Model	Q _{th}	Q _{nyata}	C _d	C _d rerata
0°	0.00113	0.00100	0.88896	0.84163
	0.00163	0.00134	0.82118	
	0.00226	0.00184	0.81477	
15°	0.00121	0.00106	0.87594	0.84839
	0.00179	0.00153	0.85172	
	0.00220	0.00180	0.81751	
30°	0.00124	0.00113	0.91488	0.8852
	0.00178	0.00155	0.86905	
	0.00235	0.00205	0.87167	
45°	0.00126	0.00118	0.93215	0.8896
	0.00179	0.00154	0.85961	
	0.00238	0.00208	0.87703	
60°	0.00119	0.00111	0.93329	0.89697
	0.00177	0.00150	0.85144	
	0.00232	0.00210	0.90619	

Tabel 2 Hasil Perhitungan Karakteristik Aliran Berdasarkan Angka Reynolds

Ambang	Angka Reynolds														
	0°			15°			30°			45°			60°		
H0	14	15	16	14	15	16	14	15	16	14	15	16	14	15	16
Sta 1	10252	14477	20813	11864	16650	20042	11893	15762	19531	10877	15457	18701	9009	14157	18460
Sta 2	7116	14032	18678	12229	16402	19218	12884	16337	20032	10877	16160	19469	9152	14157	18333
Sta 3	6236	13413	19169	11690	16160	20042	12468	16956	21404	11240	16409	20598	7898	14810	19257
Sta 4	5873	13218	19425	11520	16160	18958	9911	15987	20833	10705	15919	19740	6134	14697	19396
Sta 5	5816	8942	19957	9577	16160	18706	7969	15543	21404	7842	15685	20304	5653	14586	19119
Sta 6	5873	8144	21114	9352	12210	18459	7225	16218	20559	8125	16038	19206	5598	13752	17610
Sta 7	5816	8292	19688	8547	9990	17986	7158	15762	20292	7099	15685	20304	5544	14586	18850
Sta 8	5873	8217	18678	7949	9725	18706	7092	15123	20032	6548	15236	18458	5598	13558	17610
Sta 9	5816	8292	16746	7643	9639	16505	7158	15987	20559	6485	15022	19206	5544	11460	18588
Sta 10	5873	8217	13244	7429	9725	12990	7092	11419	20292	6423	10995	19206	5491	8997	18588
Sta 11	5873	8292	12452	7360	9556	11691	7158	9992	20032	6362	9968	19206	5544	8595	18333
Sta 12	5873	8217	12141	7360	9556	11499	7092	9647	20032	6423	9523	18701	5491	8444	18333
Sta 13	5873	8217	11942	7360	9556	11314	7158	9484	20032	6362	9274	19206	5544	8371	16321
Sta 14	5873	8292	12141	7360	9556	11314	7092	9326	19778	6423	9356	14961	5544	8444	12508
Sta 15	5873	8292	11942	7360	9556	11223	7158	9404	14468	6362	9116	13160	5544	8299	11844
Sta 16	5873	8292	11845	7293	9556	11223	7092	9326	13470	6362	9194	12148	5544	8371	11153
Sta 17	5873	8292	11942	7293	9556	11223	7092	9404	12500	6362	9116	11555	5544	8299	10970
Sta 18	5873	8292	11845	7293	9556	11223	7092	9326	12207	6362	9194	11280	5544	8371	10881
Sta 19	5873	8292	11845	7293	9556	11223	7092	9326	12019	6362	9116	11370	5544	8299	10793
Sta 20	5873	8292	11845	7293	9556	11223	7092	9326	12112	6362	9116	11280	5544	8299	10707
Sta 21	5873	8292	11845	7293	9556	11223	7092	9326	12019	6362	9116	11370	5544	8299	10793
Sta 22	5873	8292	11845	7293	9556	11223	7092	9326	12112	6362	9116	11280	5544	8299	10707
Sta 23	5873	8292	11845	7293	9556	11223	7092	9326	12019	6362	9116	11280	5544	8299	10707
Sta 24	5873	8292	11845	7293	9556	11223	7092	9326	12112	6362	9116	11280	5544	8299	10707

Tabel 3 Hasil Perhitungan Karakteristik Aliran Berdasarkan Angka Froude

Ambang	Angka Froude														
	0°			15°			30°			45°			60°		
H0	14	15	16	14	15	16	14	15	16	14	15	16	14	15	16
Sta 1	4.524	3.929	10.302	2.290	3.467	9.920	2.687	2.348	6.014	3.276	2.600	6.780	2.223	2.545	7.931
Sta 2	0.590	3.170	6.219	2.763	3.166	8.044	4.936	2.840	6.670	3.276	3.365	8.149	2.484	2.545	7.674
Sta 3	0.379	2.412	6.950	2.102	2.906	9.920	3.755	3.531	8.959	4.306	3.707	10.854	1.055	3.346	9.830
Sta 4	0.317	2.224	7.371	1.938	2.906	7.546	1.054	2.526	7.906	2.905	3.073	8.711	0.399	3.185	10.220
Sta 5	0.308	0.491	8.353	0.847	2.906	7.098	0.484	2.190	8.959	0.630	2.820	10.050	0.310	3.037	9.463
Sta 6	0.317	0.377	11.126	0.775	0.877	6.693	0.363	2.728	7.454	0.718	3.213	7.645	0.302	2.173	6.385
Sta 7	0.308	0.396	7.837	0.569	0.477	5.989	0.353	2.348	7.044	0.451	2.820	10.050	0.293	3.037	8.796
Sta 8	0.317	0.387	6.219	0.454	0.444	7.098	0.344	1.922	6.670	0.353	2.408	6.407	0.302	2.020	6.385
Sta 9	0.308	0.396	4.094	0.405	0.433	4.285	0.353	2.526	7.454	0.343	2.238	7.645	0.293	0.980	8.203
Sta 10	0.317	0.387	1.983	0.373	0.444	2.009	0.344	0.680	7.044	0.334	0.668	7.645	0.285	0.452	8.203
Sta 11	0.317	0.396	1.680	0.363	0.423	1.515	0.353	0.463	6.670	0.325	0.500	7.645	0.293	0.398	7.674
Sta 12	0.317	0.387	1.573	0.363	0.423	1.452	0.344	0.421	6.670	0.334	0.441	6.780	0.285	0.380	7.674
Sta 13	0.317	0.387	1.508	0.363	0.423	1.394	0.353	0.403	6.670	0.325	0.411	7.645	0.293	0.371	4.676
Sta 14	0.317	0.396	1.573	0.363	0.423	1.394	0.344	0.386	6.328	0.334	0.421	2.978	0.293	0.380	1.967
Sta 15	0.317	0.396	1.508	0.363	0.423	1.366	0.353	0.394	2.237	0.325	0.393	2.035	0.293	0.363	1.693
Sta 16	0.317	0.396	1.477	0.354	0.423	1.366	0.344	0.386	1.843	0.325	0.402	1.639	0.293	0.371	1.445
Sta 17	0.317	0.396	1.508	0.354	0.423	1.366	0.344	0.394	1.521	0.325	0.393	1.441	0.293	0.363	1.385
Sta 18	0.317	0.396	1.477	0.354	0.423	1.366	0.344	0.386	1.435	0.325	0.402	1.357	0.293	0.371	1.357
Sta 19	0.317	0.396	1.477	0.354	0.423	1.366	0.344	0.386	1.381	0.325	0.393	1.384	0.293	0.363	1.330
Sta 20	0.317	0.396	1.477	0.354	0.423	1.366	0.344	0.386	1.407	0.325	0.393	1.357	0.293	0.363	1.303
Sta 21	0.317	0.396	1.477	0.354	0.423	1.366	0.344	0.386	1.381	0.325	0.393	1.384	0.293	0.363	1.330
Sta 22	0.317	0.396	1.477	0.354	0.423	1.366	0.344	0.386	1.407	0.325	0.393	1.357	0.293	0.363	1.303
Sta 23	0.317	0.396	1.477	0.354	0.423	1.366	0.344	0.386	1.381	0.325	0.393	1.357	0.293	0.363	1.303
Sta 24	0.317	0.396	1.477	0.354	0.423	1.366	0.344	0.386	1.407	0.325	0.393	1.357	0.293	0.363	1.303

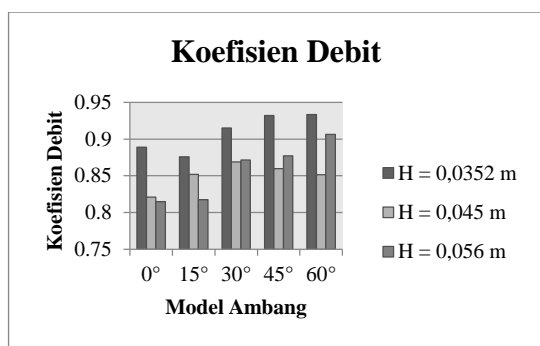
Tabel 4. Hasil Perhitungan Profil Muka Air untuk Ambang 0°

Pelimpah 0°																	
HO = 14 cm					HO = 15 cm					HO = 16 cm							
H terukur		H teoritis		Selisih	H terukur		H teoritis		Selisih	H terukur		H teoritis		Selisih			
Hulu	Hilir	Hulu	Hilir		Hulu	Hilir	Hulu	Hilir		Hulu	Hilir	Hulu	Hilir	Hulu	Hilir		
14	0.9	13.9998	1.8748	0.0002	-0.9748	15.00	1.30	15.000	2.673	0.0002	-1.373	16	2	16.000	3.000	0.0002	-0.9997
14	3.5	13.9996	1.8748	0.0004	1.6252	15.00	1.50	15.000	2.673	0.0004	-1.173	16	2.8	16.000	3.000	0.0004	-0.1997
14	4.7	13.9994	1.8748	0.0006	2.8252	15.00	1.80	14.999	2.673	0.0006	-0.873	16	2.6	15.999	3.000	0.0006	-0.3997
14	5.3	13.9992	6.9092	0.0008	-1.6092	15.00	1.90	14.999	2.673	0.0008	-0.773	16	2.5	15.999	3.000	0.0008	-0.4997
14	5.4	13.9990	6.9092	0.001	-1.5092	15.00	5.20	14.999	7.878	0.0010	-2.678	16	2.3	15.999	3.000	0.0010	-0.6997
14	5.3	13.9988	6.9092	0.0012	-1.6092	15.00	6.20	14.999	7.878	0.0012	-1.678	16	1.9	15.999	3.000	0.0012	-1.0997
14	5.4	13.9986	6.9092	0.0014	-1.5092	15.00	6.00	14.999	7.878	0.0014	-1.878	16	2.4	15.999	3.000	0.0014	-0.5997
14	5.3	13.9984	6.9092	0.0016	-1.6092	15.00	6.10	14.998	7.878	0.0016	-1.778	16	2.8	15.998	3.000	0.0016	-0.1997
14	5.4	13.9982	6.9092	0.0018	-1.5092	15.00	6.00	14.998	7.878	0.0018	-1.878	16	3.7	15.998	3.000	0.0018	0.7003
14	5.3	13.9980	6.9092	0.002	-1.6092	15.00	6.10	14.998	7.878	0.0020	-1.778	16	6	15.998	9.913	0.0020	-3.9133
14	5.3	13.9978	6.9092	0.0022	-1.6092	15.00	6.00	14.998	7.878	0.0022	-1.878	16	6.7	15.998	9.913	0.0022	-3.2133
14	5.3	13.9976	6.9092	0.0024	-1.6092	15.00	6.10	14.998	7.878	0.0024	-1.778	16	7	15.998	9.913	0.0024	-2.9133
14	5.3	13.9974	6.9092	0.0026	-1.6092	15.00	6.10	14.997	7.878	0.0026	-1.778	16	7.2	15.997	9.913	0.0026	-2.7133
14	5.3	13.9972	6.9092	0.0028	-1.6092	15.00	6.00	14.997	7.878	0.0028	-1.878	16	7	15.997	9.913	0.0028	-2.9133
14	5.3	13.9970	6.9092	0.003	-1.6092	15.00	6.00	14.997	7.878	0.0030	-1.878	16	7.2	15.997	9.913	0.0030	-2.7133
14	5.3	13.9968	6.9092	0.0032	-1.6092	14.90	6.00	14.997	7.878	-0.0968	-1.878	16	7.3	15.997	9.913	0.0032	-2.6133
14	5.3	13.9966	6.9092	0.0034	-1.6092	14.85	6.00	14.997	7.878	-0.1466	-1.878	16	7.2	15.997	9.913	0.0034	-2.7133
14	5.3	13.9964	6.9092	0.0036	-1.6092	14.85	6.00	14.996	7.878	-0.1464	-1.878	15.9	7.3	15.996	9.913	-0.0964	-2.6133
13.8	5.3	13.9962	6.9092	-0.1962	-1.6092	14.70	6.00	14.996	7.878	-0.2962	-1.878	15.75	7.3	15.996	9.913	-0.2462	-2.6133
13.75	5.3	13.9960	6.9092	-0.246	-1.6092	14.60	6.00	14.996	7.878	-0.3960	-1.878	15.7	7.3	15.996	9.913	-0.2960	-2.6133
13.6	5.3	13.9958	6.9092	-0.3958	-1.6092	14.50	6.00	14.996	7.878	-0.4958	-1.878	15.65	7.3	15.996	9.913	-0.3458	-2.6133
13.6	5.3	13.9956	6.9092	-0.3956	-1.6092	14.50	6.00	14.996	7.878	-0.4956	-1.878	15.6	7.3	15.996	9.913	-0.3956	-2.6133
13.5	5.3	13.9954	6.9092	-0.4954	-1.6092	14.50	6.00	14.995	7.878	-0.4954	-1.878	15.6	7.3	15.995	9.913	-0.3954	-2.6133
13.5	5.3	13.9952	6.9092	-0.4952	-1.6092	14.50	6.00	14.995	7.878	-0.4952	-1.878	15.6	7.3	15.995	9.913	-0.3952	-2.6133

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hasil Analisis Koefisien Debit Masing-Masing Model Ambang.

Berdasarkan hasil uji laboratorium tiap model ambang yang dilakukan, didapatkan hasil koefisien yang berbeda di setiap model ambang. Perbedaan koefisien debit tersebut dipengaruhi oleh bentuk dari model ambang masing-masing sudut (0°, 15°, 30°, 45° dan 60°) serta pengaruh tinggi aliran bagian hulu ambang.



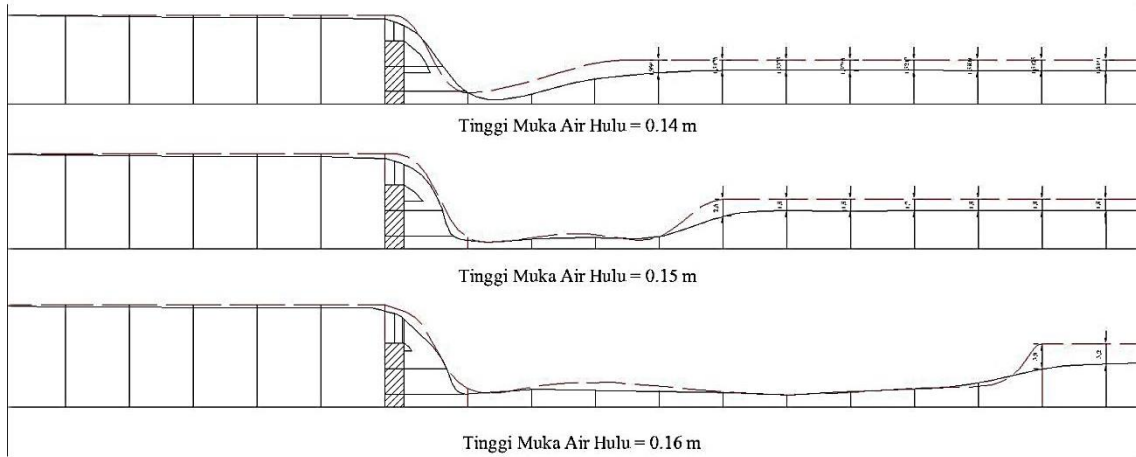
Dari grafik 1, dapat terlihat perbedaan koefisien debit di setiap model ambang. Secara teori, hasil koefisien debit di setiap ambang dengan tinggi air hulu yang sama dapat menghasilkan koefisien debit yang mendekati angka 1. Namun pada

penerapannya, hasil koefisien debit terbesar justru terjadi pada saat air melimpah dengan tinggi hulu terkecil. Hal itu dikarenakan pada saat pengukuran debit nyata untuk tinggi hulu terkecil, pengukuran volume air yang terisi tiap waktu lebih stabil.

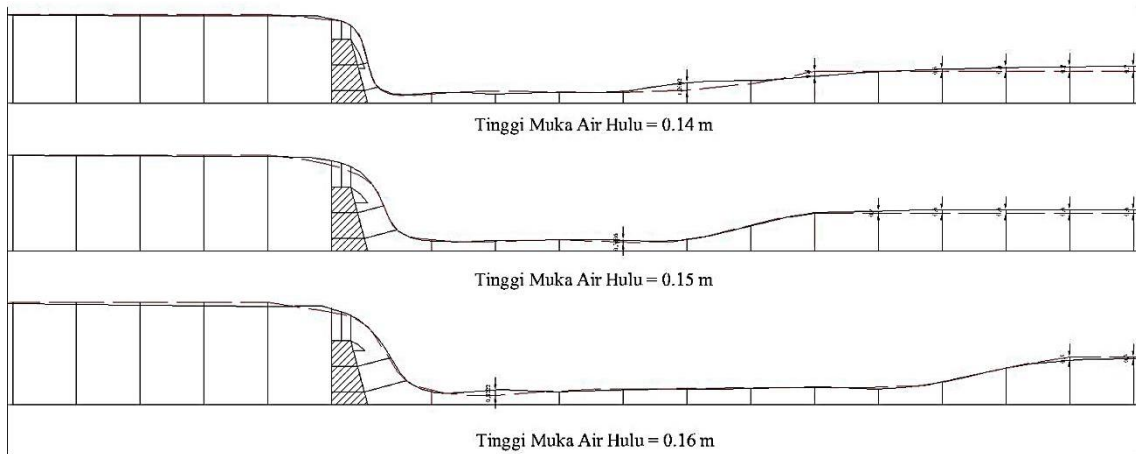
Untuk perbandingan nilai koefisien debit rerata terhadap bentuk model ambang, hasil nilai koefisien debit mengalami kenaikan yang signifikan dari sudut 0°, 15°, 30°, 45° dan 60°.

4.2.2 Pengaruh Bentuk Bagian Hilir Ambang Terhadap Perbedaan Profil Muka Air Terukur dengan Profil Muka Air Teoritis.

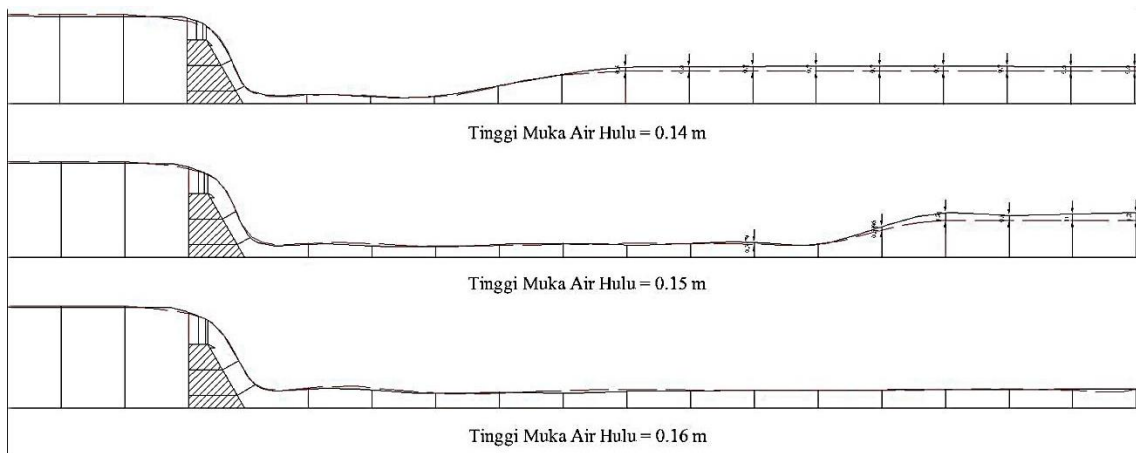
Dari hasil uji laboratorium dan analisis profil muka air teoritis baik di bagian hulu maupun hilir, maka didapatkan perbedaan antara tinggi profil muka air per-pias secara terukur dengan tinggi profil muka air per-pias secara teoritis. Perbedaan profil muka air terbanyak terdapat pada saat air mengalir di atas ambang, hingga air mengalir menuju hilir ambang. Untuk lebih mudah dalam pembahasan, berikut sampel rekapitulasi hasil perbandingan h terukur dan h teoritis di ambang 0° dengan ketinggian muka air di bagian hulu sebesar 14 cm, 15 cm, dan 16 cm.



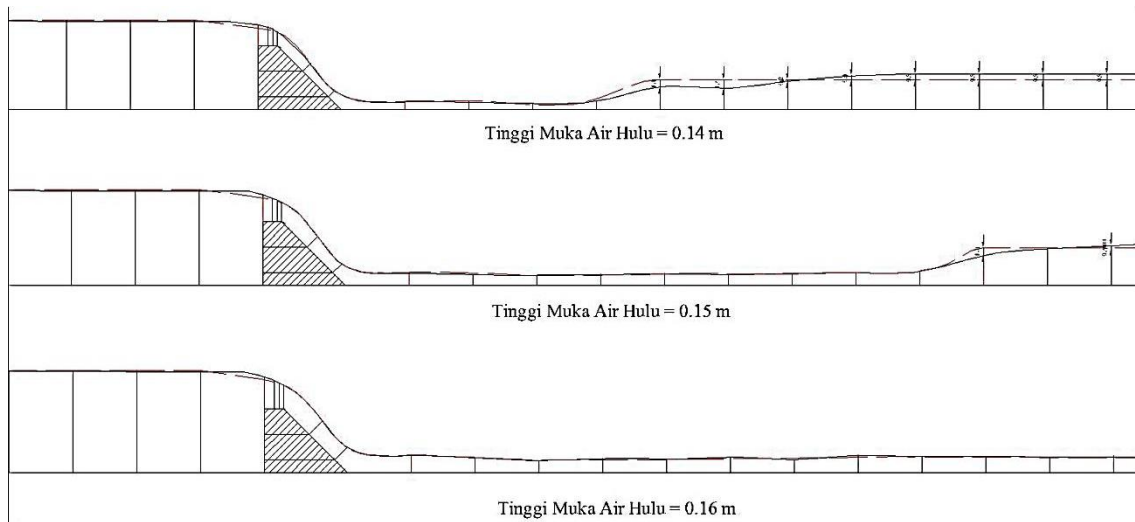
Gambar 5. Perbandingan Profil Muka Air Ambang 0°



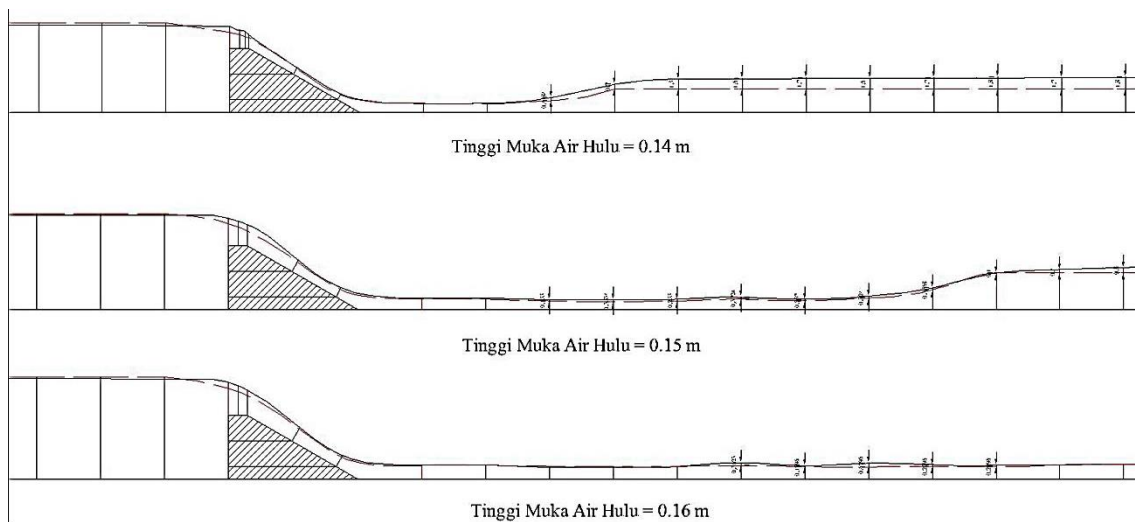
Gambar 6. Perbandingan Profil Muka Air Ambang 15°



Gambar 7. Perbandingan Profil Muka Air Ambang 30°



Gambar 8. Perbandingan Profil Muka Air Ambang 45°



Gambar 9. Perbandingan Profil Muka Air Ambang 60°

Merujuk pada hasil analisis di tabel 4, dapat dilihat bahwa pengaruh perbedaan antara tinggi profil muka air terukur dengan tinggi muka air teoritis pada bagian hilir cukup besar (H terukur pada bagian hilir untuk $H_{\text{hulu}} = 14$ cm sebesar 0.9 cm, sementara H teoritis pada bagian hilir untuk $H_{\text{hulu}} = 14$ cm adalah 1.875 cm). Perbedaan yang signifikan bisa terjadi karena adanya koefisien debit, angka froude, loncat air, kavitasasi, dan *friction* pada masing-masing pias yang memicu kehilangan energi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Nilai dari koefisien debit nyata tiap ambang dengan variasi sudut mengalami perbedaan yang signifikan per-masing-sudut. Untuk C_d pada ambang 0° dengan tinggi pelimpahan berturut-turut sebesar 0.0352 m, 0.045 m, dan 0.56 m adalah masing-masing 0,88896, 0,82118,

- dan, 0,81477. Untuk ambang 15° adalah 0,87594, 0,85172, dan 0,81751. Untuk ambang 30° adalah 0,91588, 0,86905, dan 0,87167. Untuk Ambang 45° adalah 0,93215, 0,85961, dan 0,87703. Terakhir untuk ambang 60° adalah sebesar 0,93329, 0,85144, dan 0,90619. Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut bagian hilir ambang, maka semakin tinggi pula nilai koefisien debit.
2. Sudut ambang bagian hilir sangat mempengaruhi bentuk profil muka air di hilir karena semakin curam terjunan, maka semakin banyak faktor yang membuat profil muka air tidak beraturan. Seperti angka froude, angka reynolds, dan loncat air.
 3. Tinggi profil muka air nyata dengan teoritis di bagian hulu tidak mengalami perbedaan yang signifikan karena pada bagian hulu, air yang mengalir hanya berubah lambat laun mengikuti kemiringan flume. Rata-rata angka penurunan tinggi teoritis adalah sebesar 0.000002 m per masing-masing pias.
 4. Nilai tinggi profil muka air nyata di bagian atas ambang pelimpah dan hilir pelimpah mengalami perbedaan yang cukup signifikan. Hal itu disebabkan karena pada terjunan, air mengalir berubah tiba-tiba sehingga kehilangan energi yang terjadi cukup besar.
 5. Model ambang terbaik adalah ambang dengan kemiringan di bagian hilir sebesar 60° .

5.2. Saran

Saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut ini.

1. Pengujian dapat dilakukan dengan variasi model ambang yang lebih beragam, seperti variasi sudut, jari-jari, atau variasi jenis ambang lebar.
2. Pada persiapan model benda uji, sebaiknya model yang desain harus sesuai dengan model yang dibuat, baik dari segi ukuran maupun bentuk, karena akan

mempengaruhi hasil dari pengambilan data di laboratorium.

3. Lebih teliti dalam mengukur tinggi-tinggi profil aliran nyata per-pias, dan perhatikan kemiringan flume yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T., (1985) *Hidraulika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta
- Direktorat Jendral Departemen Pekerjaan Umum, *Standar Perencanaan Irigasi-Kriteria Perancangan 04*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 2013
- Jurusan Teknik Sipil, 2017, *Buku Panduan Praktikum Hidraulika 1 (+Pr)*, Laboratorium Hidraulika Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Roberson, John A., Cassidy, John J., Chaudry, M. Hanif, (1998) *Hidraulic Engineering 2nd (second) edition*, Wiley, New York
- Triatmodjo, Bambang (1996), *Hidraulika I*, Beta Offset, Yogyakarta
- Triatmodjo, Bambang (2003), *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta