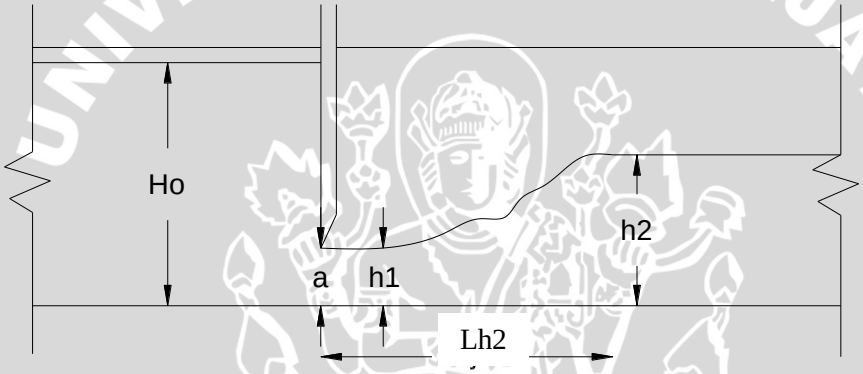
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Sebelum Pemasangan Bangunan Ukur Debit

Seperti yang dijelaskan sebelumnya pada bab 3.4 dimana setelah dilakukan tahapan penelitian pada saluran, selanjutnya dilaksanakan perlakuan kondisi sebelum pemasangan bangunan ukur debit pada saluran. Pada saluran yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu dilakukan perlakuan awal, yaitu dimana dialirkan debit tertentu dengan tinggi bukaan dan tinggi muka air hulu tertentu. Kemudian diamati dan dicatat variabel-variabel yang terjadi. Dari data-data yang didapat dapat diperoleh debit yang mengalir di bawah pintu. Hasil data tercantum pada tabel 4.1



Gambar 4.1 Kondisi awal penelitian

4.1.1 Koefisien konstraksi dan koefisien debit pada pintu

Untuk memudahkan kontrol aliran dan ketelitian dalam pengukuran data, maka perlu dilakukan percobaan untuk mencari nilai Cc dan Cd dari pintu sorong yang akan digunakan sebagai pembentuk nilai bilangan Froude. Dalam hal ini nilai Cd., diperoleh dari nilai Ho dan Cc yang dihitung dengan menggunakan persamaan (2.10). Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 4.2 dan Gambar 4.2

Tabel 4.1 Data pada kondisi awal penelitian

No	H_0	a	H_1	H_2	Lh_2	V_1	Q takar
	m	m	m	m	m	m/dt	m^3/dt
1	0,1	0,01	0,01	0,025	1,51	0,9523	0,00067
2	0,11	0,01	0,01	0,0296	1,69	1,0153	0,00071
3	0,12	0,01	0,01	0,03	1,84	1,0275	0,00072
4	0,13	0,01	0,01	0,0321	2,34	1,0778	0,00073
5	0,14	0,01	0,01	0,0326	2,39	1,1132	0.00076
6	0,15	0,01	0,01	0,0332	3,32	1,1430	0,00079
7	0,1	0,015	0,015	0,032	1,76	0,9656	0,00091
8	0,11	0,015	0,015	0,0317	1,94	1,0029	0,00097
9	0,12	0,015	0,015	0,0326	2,12	1,0165	0,00098
10	0,13	0,015	0,015	0,039	2,54	1,0371	0,00104
11	0,14	0,015	0,015	0,0402	2,73	1,0664	0,00108
12	0,15	0,015	0,015	0,0415	2,93	1,1325	0,00112
13	0,1	0,02	0,02	0,0391	1,83	0,9345	0,00115
14	0,11	0,02	0,02	0,0439	2,00	0,9838	0,00121
15	0,12	0,02	0,02	0,0443	2,08	1,0029	0,00126
16	0,13	0,02	0,02	0,0443	2,08	1,0466	0,00136
17	0,14	0,02	0,02	0,047	2,84	1,0664	0,00139
18	0,15	0,02	0,02	0,0464	3,20	1,1165	0,00145
19	0,1	0,025	0,025	0,0482	1,48	0,8707	0,00133
20	0,11	0,025	0,025	0,0492	2,12	0,9442	0,00137
21	0,12	0,025	0,025	0,0492	2,12	0,9735	0,00161

Sumber: Hasil Perhitungan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 4.2 Perhitungan koefisien kontraksi (Cc) dan Koefisien debit (Cd)

No	H_0 (m)	a (m)	a/Ho	Cc	Cc regresi	Cd
1	0,1	0,01	0,100	0,901	0,671	0,629
2	0,11	0,01	0,091	0,895	0,669	0,630
3	0,12	0,01	0,083	0,895	0,669	0,633
4	0,13	0,01	0,077	0,873	0,670	0,638
5	0,14	0,01	0,071	0,870	0,671	0,640
6	0,15	0,01	0,067	0,883	0,669	0,641
7	0,1	0,015	0,150	0,807	0,676	0,614
8	0,11	0,015	0,136	0,826	0,675	0,618
9	0,12	0,015	0,125	0,821	0,675	0,623
10	0,13	0,015	0,115	0,854	0.672	0,624
11	0,14	0,015	0,107	0,866	0,671	0,626
12	0,15	0,015	0,100	0,843	0,673	0,631
13	0,1	0,02	0,200	0,788	0,678	0,597
14	0,11	0,02	0,182	0,791	0,678	0,604
15	0,12	0,025	0,208	0,808	0,676	0,593
16	0,13	0,02	0,154	0,835	0,674	0,611
17	0,14	0,02	0,143	0,838	0,674	0,614
18	0,15	0,02	0,133	0,830	0,674	0,619
19	0,1	0,025	0,250	0,783	0,679	0,580
20	0,11	0,025	0,227	0,744	0,683	0,591
21	0,12	0,02	0,167	0,846	0,673	0,605

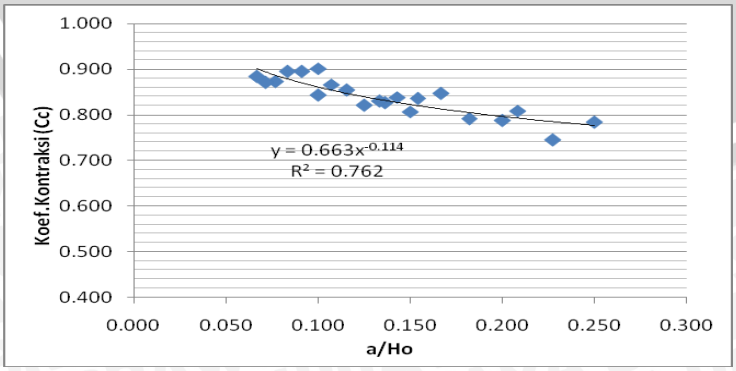
Keterangan: C_c rata-rata =0,838 dan C_d rata-rata= 0,617
Sumber: Hasil Perhitungan

$$Cc = \frac{Q}{a.b.v}$$

$$= \frac{0{,}000669}{0{,}01\,.\,0{,}078\,.\,0{,}9523}$$

$$= 0{,}901$$

Dari grafik didapat persamaan:



Gambar 4.2 Grafik hubungan koefisien kontraksi (Cc) dengan a/Ho

$$Cc\ regresi = 0{,}663\ .(a/Ho)^{-0{,}114}$$

$$= 0{,}663\ .(0{,}01/0.1)^{-0{,}114}$$

$$= 0{,}671$$

$$Cd = \frac{Cc\ regresi}{\sqrt{1 + (a/Ho)\ .Cc\ regresi}}$$

$$= \frac{0{,}671}{\sqrt{1 + (0{,}01/0{,}1)\ .0{,}671}}$$

$$= 0{,}629$$

4.1.2. Perhitungan Debit pada pintu sebelum pemasangan Bangunan Ukur

Dengan mengetahui tinggi muka air di hulu (Ho), tinggi bukaan pintu (a), koefisien kontraksi (Cc), dan koefisien debit (Cd) dapat dihitung debit yang mengalir di bawah pintu. Hasil perhitungan tersaji dalam Tabel 4.3 dan Gambar 4.3

Tabel 4.3 Perhitungan debit yang mengalir dibawah pintu

H_0	a	Cc	Cd	Q	Q pintu		Q takar		KR
m	m			m^3/dt/m	m^3/dt	l/dt	m^3/dt	l/dt	%
0,1	0,01	0,671	0,629	0,0085	0,00066	0,6635	0,0007	0,6694	0,8913
0,11	0,01	0,669	0,630	0,0090	0,00070	0,6999	0,0007	0,7084	1,2035
0,12	0,01	0,669	0,633	0.0094	0,00074	0,7365	0,0007	0,7170	2,7198
0,13	0,01	0,670	0,638	0,0099	0,00077	0,7734	0,0007	0.7337	5,4098
0,14	0,01	0,671	0,640	0,0103	0,00081	0,8073	0,0008	0,7557	6,8218
0,15	0,01	0,669	0,641	0,0107	0,00084	0,8382	0,0008	0,7876	6,4200
0,1	0,02	0,676	0,614	0,0122	0,00095	0,9541	0,0009	0,9119	4,6187
0,11	0,02	0,675	0,618	0,0130	0,00101	1,0119	0,0010	0,9694	4,3799
0,12	0,02	0,675	0,623	0,0137	0,00107	1,0695	0,0010	0,9764	9,5359
0,13	0,02	0,672	0,624	0,0144	0,00112	1,1194	0,0010	1,0359	8,0611
0,14	0,02	0,671	0,626	0,0150	0,00117	1,1694	0,0011	1,0809	8,1839
0,15	0,02	0,673	0,631	0,0157	0,00122	1,2225	0,0011	1,1165	9,4897
0,1	0,02	0,678	0,597	0,0156	0,00121	1,2134	0,0011	1,1484	5,6605
0,11	0,02	0,678	0,604	0,0166	0,00130	1,2952	0,0012	1,2147	6,6267
0,12	0,02	0,676	0,593	0,0171	0,00134	1,3366	0,0013	1,2647	5,6837
0,13	0,02	0,674	0.611	0,0185	0,00144	1,4401	0,0014	1,3635	5,6166
0.14	0,02	0,674	0,614	0,0194	0,00151	1,5102	0,0014	1,3943	8,3165
0,15	0,02	0,674	0,619	0,0203	0,00158	1,5795	0,0014	1,4453	9,2900
0,1	0,03	0,679	0,580	0,0185	0,00144	1,4443	0,0013	1,3301	8,5854
0,11	0,03	0,683	0,591	0,0200	0,00156	1,5563	0,0014	1,3707	13,5436
0,12	0,03	0,673	0,605	0,0215	0,00168	1,6784	0,0016	1,6069	4,4505

$$q = Cd\,.\,a\,.\sqrt{2g\,.(Ho - Cc\,.\,a)}$$

$$= 0{,}629\,.0{,}01\,.\sqrt{2\,.9.81\,.(0.1 - 0.671\,.0{,}01)}$$

$$= 0.0085\ m^2/dt$$

$$Q = q\,.\,b$$

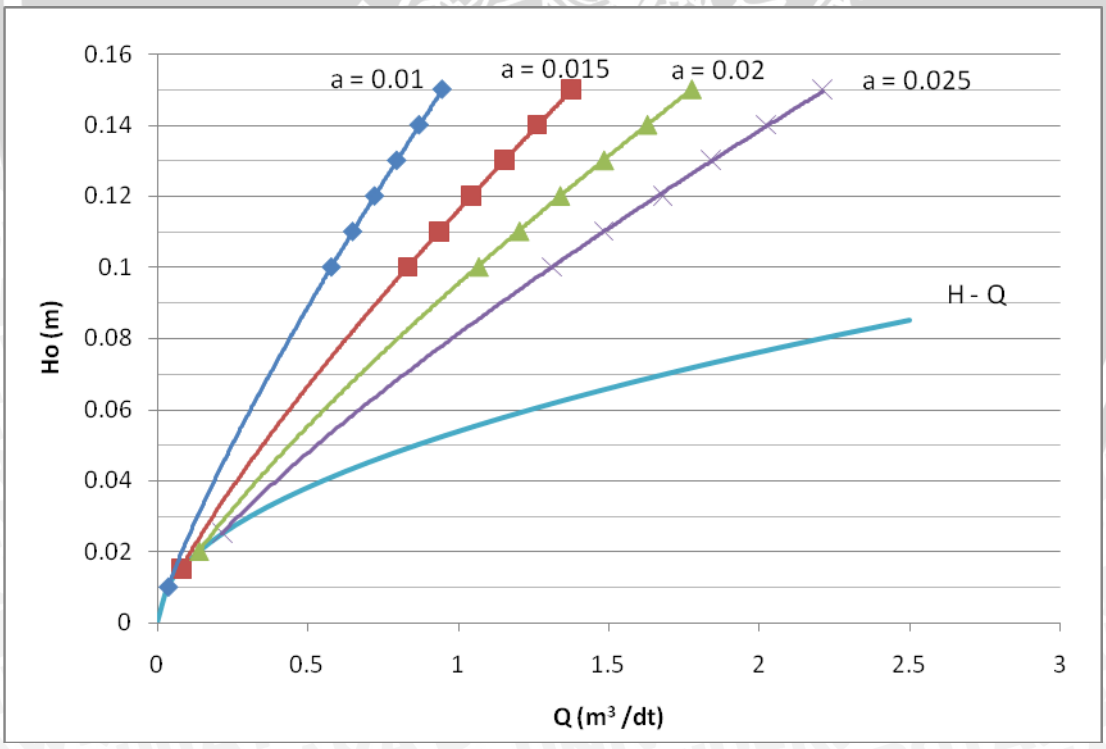
$$= 0{,}0085\,.0{,}078$$

$$= 0{,}00066\ m^3/dt$$

$$KR(\%) = \frac{Q_{takar} - Q_{pintu}}{Q_{takar}} \times 100\%$$

$$= \frac{0{,}6694 - 0{,}6635}{0{,}7136} \times 100\%$$

$$= 0{,}8913\ \%$$



Gambar 4.3 Grafik hubungan Ho, tinggi bukaan pintu (a) dan debit (Q)

4.1.3 Perhitungan Bilangan Froude

Dalam penelitian ini, bilangan Froude sangat penting untuk membentuk kondisi aliran seperti yang telah diuraikan pada langkah penelitian. Untuk itu perlu menetapkan hubungan antara nilai (a/ Ho) dan nilai bilangan Froude dengan menggunakan persamaan $F_1 = \frac{U_1}{\sqrt{g.h_1}}$ berdasarkan nilai Cc dari 4.1 dengan h1= Cc.a sehingga diperoleh hasil perhitungan yang tersaji pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Perhitungan nilai Froude

No	Ho (m)	a (cm)	V_1 (m/dt)	Froude
1	0,1	0,01	0,952	3,040
2	0,11	0,01	1,015	3,242
3	0,12	0,01	1,028	3,281
4	0,13	0,01	1,078	3,441
5	0,14	0,01	1,113	3,554
6	0,15	0,01	1,143	3,649
7	0,1	0,015	0,966	2,517
8	0,11	0,015	1,003	2,614
9	0,12	0,015	1,017	2,650
10	0,13	0,015	1,037	2,704
11	0,14	0,015	1,066	2,780
12	0,15	0,015	1,132	2,952
13	0,1	0,02	0,935	2,110
14	0,11	0,02	0,984	2,221
15	0,12	0,02	1,003	2,264
16	0,13	0,02	1,047	2,363
17	0,14	0,02	1.066	2,408
18	0,15	0,02	1,116	2,521
19	0,1	0,025	0,871	1,758
20	0,11	0,025	0,944	1,907
21	0,12	0,025	0,973	1,966

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada kondisi awal penelitian kondisi aliran di pintu adalah bebas sehingga tinggi muka air di hilir pintu pada awal loncatan (h_1) adalah sama dengan tinggi bukaan pintu (a).

Sehingga bilangan Froude bisa didapatkan dengan persamaan:

$$Fr = \frac{v_1}{\sqrt{g \,.\, a}}$$

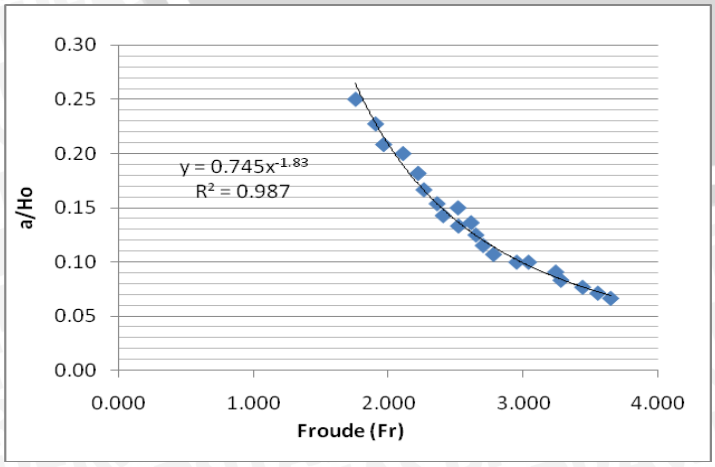
$$= \frac{0{,}952}{\sqrt{9{,}81 \,.\, 0{,}01}} = 3{,}040$$

Setelah itu dapat dibuat kurva atau grafik hubungan dari pengamatan variable-variabel tersebut. Pada tabel pertama dapat dilihat hubungan antara tinggi bukaan pintu (a) dan tinggi muka air hulu pintu (Ho) dengan bilangan Froude yang dihasilkan. Dari tabel tersebut dapat digambarkan grafik atau kurva hubungannya. Dari kurva ini diharapkan dapat ditentukan berapa besarnya tinggi bukaan pintu untuk dapat menghasilkan bilangan Froude dengan tinggi muka air hulu yang sudah ditentukan. Hasil data tersaji dalam Tabel 4.5 dan Gambar 4.4

Tabel 4.5 Hubungan antara a/H_o dengan bilangan Froude

a/ H_0	Froude
0,100	3,040
0,150	3,242
0,200	3,281
0,250	3,441
0,091	3,554
0,136	3,649
0,182	2,517
0,227	2,614
0,083	2,650
0,125	2,704
0,167	2,780
0,208	2,952
0,075	2,110
0,115	2,221
0,154	2,264
0,068	2,363
0,107	2,408
0.143	2,521
0,067	1,758
0,100	1,907
0,133	1,966

Sumber: Hasil Perhitungan

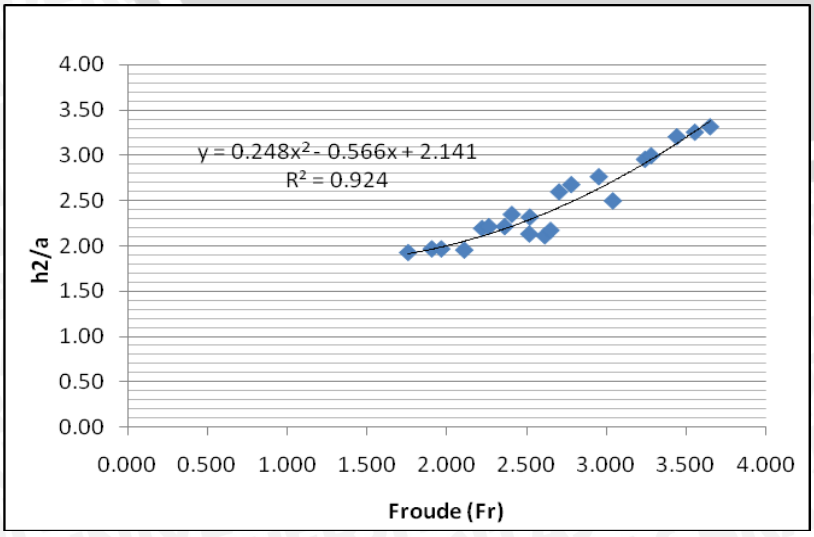


Gambar 4.4 Hubungan a/h_o dengan bilangan Froude

Kemudian dari hasil pengamatan di laboratorium dapat dibuat tabel berikutnya yang merupakan hubungan antara tinggi muka air di hilir loncatan yang terbentuk (h_2) dan bukaan pintu (a) dengan bilangan Froude yang terjadi. Setelah itu dibuat tabel dan kurva hubungan antara h_2/a dengan bilangan Froude. Dari tabel dan kurva diharapkan untuk kemudian dapat diketahui besarnya h_2 yang terjadi pada kondisi bilangan Froude dan bukaan pintu yang sama pada kondisi sebelumnya. Hasil perhitungan tersaji pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.5

Tabel 4.6 Hubungan antara h_2/a dengan bilangan Froude

h_2/a	Froude
2,500	3,040
2,960	3,242
3,000	3,281
3,210	3,441
3,260	3,554
3,320	3,649
2,133	2,517
2,113	2,614
2,173	2,650
2,600	2,704
2,680	2,780
2,767	2,952
1,955	2,110
2,195	2,221
2,215	2,264
2,215	2,363
2,350	2,408
2,320	2,521
1,928	1,758
1,968	1,907
1,968	1,966



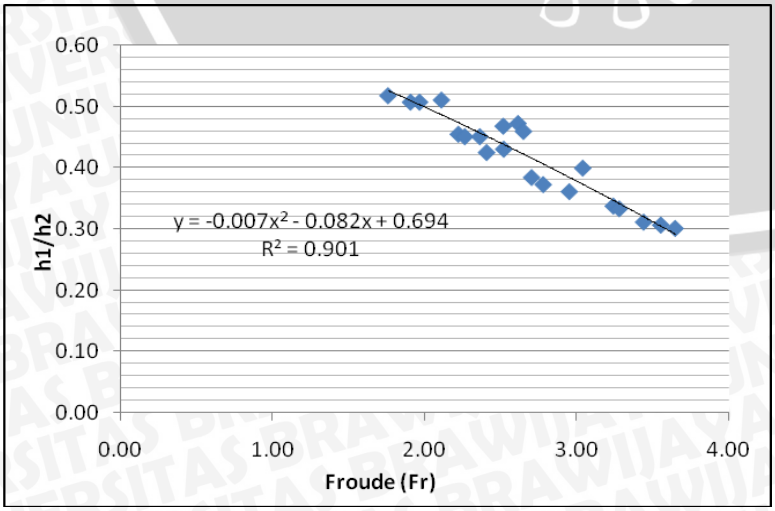
Gambar 4.5 Hubungan h_2/a dengan bilangan Froude

Tabel yang disajikan berikutnya adalah tabel hubungan antara tinggi muka air di awal loncatan (h_1) dan tinggi muka air di akhir loncatan (h_2) dengan bilangan Froude dari hasil pengamatan. Setelah itu dari tabel hubungan tersebut dapat dibuat kurva hubungan antara kedua variabel tersebut. Dari tabel dan kurva dapat ditentukan berapa besar nilai h_1 dengan kondisi Froude dan h_2 tertentu. Hasil data tersaji pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.6

Tabel 4.7 Hubungan antara h_1/h_2dengan bilangan Froude

h_1/h_2	Froude
0,400	3,040
0,338	3,242
0,333	3,281
0,312	3,441
0,307	3,554
0,301	3,649
0,469	2,517
0,473	2,614
0,460	2,650
0,385	2,704
0,373	2,780
0,361	2,952
0,512	2,110
0,456	2,221
0,451	2,264
0,451	2,363
0,426	2,408
0,431	2,521
0,519	1,758
0,508	1,907
0,508	1,966

Sumber: Hasil Perhitungan



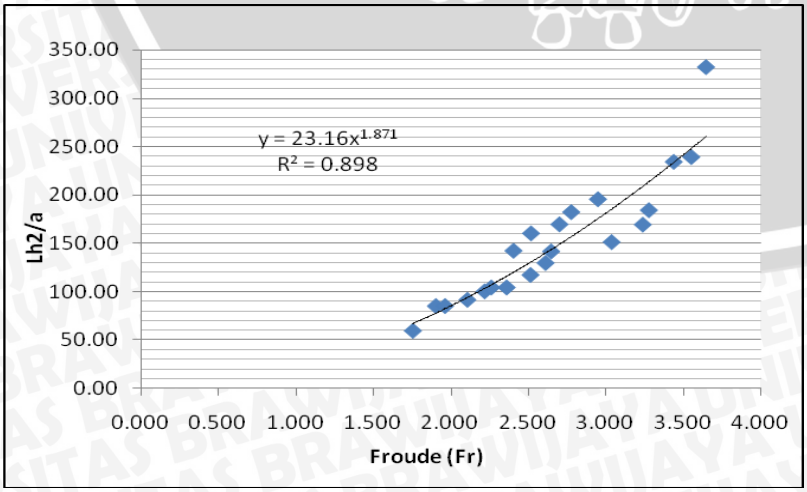
Gambar 4.6 Hubungan h_1/h_2 dengan bilangan Froude

Tahapan selanjutnya adalah tabulasi hasil pengamatan terhadap jarak tercapainya kondisi muka air tenang dari pintu (Lh_2) dan tinggi bukaan pintu (a) dengan bilangan Froude yang terbentuk. Dari hasil pengamatan yang ditabelkan ini kemudian dibuat kurva/grafik hubungan antara variable-variabel tersebut. Dengan adanya grafik dan tabel ini dapat ditentukan letak tercapainya aliran tenang (sub kritis) dari pintu dengan perlakuan seperti di atas. Hasil data tersaji pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.7

Tabel 4.8 Hubungan antara Lh_2/a dengan bilangan Froude

Lh_2/a	Froude
151,00	3,040
169,00	3,242
184,00	3,281
234,00	3,441
239,00	3,554
332,00	3,649
117,00	2,517
129,33	2,614
141,33	2,650
169,33	2,704
182,00	2,780
195,33	2,952
91,25	2,110
100,00	2,221
104,00	2,264
104,00	2,363
142,00	2,408
160,00	2,521
59,20	1,758
84,80	1,907
84,80	1,966

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.7 Hubungan Lh2/a dengan bilangan

4.1.4 Verifikasi hasil pengamatan pada kondisi sebelum pemasangan Cipoletti

Dari tabel dan kurva hubungan antar variabel pada perlakuan percobaan di atas perlu dilakukan verifikasi terhadap nilai-nilai variabel hasil hubungan tersebut dengan menggunakan persamaan matematis.

Perlunya verifikasi adalah untuk mengetahui apakah hubungan antar variabel tersebut tidak berlawanan atau berbeda dengan persamaan yang sudah ada. Proses verifikasi ini didasarkan pada persamaan pada bab sebelumnya dan data yang didapatkan dari pengamatan di laboratorium pada saat kalibrasi.

Dalam kurva antara a/Ho dengan bilangan Froude dilakukan verifikasi dengan menggunakan Persamaan 2.4.

$$F = \sqrt{\frac{q^2}{g.h^3}} \quad \text{.....(4.1)}$$

Dengan:

F : bilangan Froude

q : debit per satuan lebar (m^3/dt/m)

g : percepatan gravitasi (m/dt^2)

h : tinggi muka air (m)

Dari Persamaan ini variabel Cc dapat dicari atau ditentukan dari hasil kalibrasi nilai Cd dan Cc pada awal bab IV, dimana didapatkan Persamaan sebagai berikut:

$$Cc = 0{,}663 \,.\, (a/Ho)^{-0{,}114} \quad \text{.....(4.2)}$$

Sehingga dari nilai a/Ho dengan menggunakan Persamaan 4.2 didapatkan Cc yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai Cd dengan menggunakan Persamaan 2.10. Dengan Persamaan 2.4 dapat ditentukan kemudian besarnya nilai q, dengan demikian maka besar nilai bilangan Froude dapat ditentukan menggunakan Persamaan 4.1.

Pada verifikasi kedua yaitu kurva hubungan antara h_1/a dengan bilangan Froude, persamaan yang digunakan adalah Persamaan 2.9.

Selanjutnya pada verifikasi ketiga, yaitu kurva hubungan antara h_1/h_2 dengan bilangan Froude persamaan yang digunakan adalah Persamaan 2.3.

Pada hubungan variabel yang terakhir dimana terdapat hubungan antara Lh_2/a dengan bilangan Froude, tidak dilakukan verifikasi variabel. Hal ini disebabkan tidak adanya persamaan yang menunjukkan panjang loncatan hidrolis secara pasti.

Beberapa pustaka menggunakan metode pendekatan dari serangkaian percobaan yang dilakukan oleh beberapa peneliti (Chow: 1992:361). Dalam percobaan ini kurva hubungan antara Lh_2/a dengan bilangan Froude verivikasinya didasarkan pada nilai koefisien determinasi.

4.1.5 Analisa kurva regresi dan pengujian hipotesa kondisi sebelum pemasangan bangunan ukur Cipoletti

Setelah dilakukan perhitungan data-data percobaan, dan dibuat kurva hubungan antar variabel yang berpengaruh, maka setelah itu dilakukan analisa regresi dari kurva hubungan antar variabel yang berpengaruh, maka setelah itu dilakukan analisa regresi dari kurva yang telah dibentuk dari perhitungan sebelumnya. Hasil tersaji pada Tabel 4.9 sampai dengan Tabel 4.16

Tabel 4.9 Hubungan a/Ho aktual dengan a/Ho regresi dan bilangan Froude

a/Ho aktual	a/Ho regresi	Froude
0,100	0,097	3,040
0,091	0,087	3,242
0,083	0,085	3,281
0,077	0,078	3,441
0,071	0,073	3,554
0,067	0,070	3,649
0,150	0,138	2,517
0,136	0,128	2,614
0,125	0,125	2,650
0,115	0,121	2,704
0,107	0,115	2,780
0,100	0,103	2,952
0,200	0,190	2,110
0,182	0,173	2,221
0,167	0,167	2,264
0,154	0,154	2,363
0,143	0,149	2,408
0.133	0,137	2,521
0,250	0,265	1,758
0,227	0,229	1,907
0,208	0,216	1,966

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.10 Uji Hipotesa terhadap hubungan a/Ho aktual dan a/Ho regresi

Uji	Nilai Hitung	Nilai tabel 5 %	Nilai tabel 1 %	Keterangan
F	0,00000159	251,1	6287	Diterima
T	0,203	1,725	2,528	Diterima

Untuk uji F, nilai kritis Fc dengan derajat kepercayaan 5% Fc = 251,1 ; 1% Fc = 6287 dan F = 0,00000159 (F < Fc). Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa 95% - 99% benar, nilai a/Ho tidak berbeda nyata dengan kata lain sama jenis.

Untuk uji T, nilai tc untuk derajat kepercayaan 5% tc = 1,725 ; 1% tc = 2,528 dan t = 0,203 (t < tc). Dengan demikian antara a/H_0 pengukuran dengan dari lengkung a/H_0 (Gambar 4.5) mempunyai perbedaan yang tidak nyata atau dapat dikatakan 95% - 99% benar. Oleh karena itu kurva lengkung a/H_0 (Gambar4.4) dapat mewakili hubungan antara Froude dengan a/H_0 di lapangan.

Tabel 4.11 Hubungan h_2/a aktual dengan h_2/a regresi dan bilangan Froude

h_2/a aktual	h_2/a regresi	Froude
2,500	2,7126	3,0404
2,960	2,9122	3,2416
3,000	2,9532	3,2806
3,210	3,1301	3,4412
3,260	3,2622	3,5543
3,320	3,3781	3,6492
2,133	2,2877	2,5172
2,113	2,3563	2,6144
2,173	2,3826	2,6500
2,600	2,4235	2,7036
2,680	2,4842	2,7800
2,767	2,6315	2,9522
1,955	2,0508	2,1099
2,195	2,1073	2,2212
2,215	2,1308	2,2641
2,215	2,1882	2,3629
2,350	2,2158	2,4075
2,320	2,2900	2,5206
1,928	1,9125	1,7582
1,968	1,9633	1,9065
1,968	1,9867	1,9657

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.12 Uji Hipotesa terhadap hubungan h_2/a aktual dan h_2/a regresi

Uji	Nilai Hitung	Nilai tabel 5 %	Nilai tabel 1 %	Keterangan
F	0,00000353	251,1	6287	Diterima
T	-0,115	1,725	2,528	Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk uji F, nilai kritis Fc dengan derajat kepercayaan 5% Fc = 251,1 ; 1% Fc = 6287 dan F = 0,00000353 (F < Fc). Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa 95% - 99% benar, nilai h2/a tidak berbeda nyata dengan kata lain sama jenis.

Untuk uji T, nilai tc untuk derajat kepercayaan 5% tc = 1,725 ; 1% tc = 2,528 dan t = - 0,115 (t < tc). Dengan demikian antara a/H_0 pengukuran dengan dari lengkung a/Ho (Gambar 4.6) mempunyai perbedaan yang tidak nyata atau dapat dikatakan 95% - 99% benar. Oleh karena itu kurva lengkung h_2/a (Gambar 4.5) dapat mewakili hubungan antara Froude dengan h_2/a di lapangan

Tabel 4.13 Hubungan h_1/h_2 aktual dengan h_1/h_2 regresi dan bilangan Froude

h_1/h_2 aktual	h_1/h_2 regresi	Froude
0,400	0,3800	3,0404
0,338	0,3546	3,2416
0,333	0,3497	3,2806
0,312	0,3289	3,4412
0,307	0,3141	3,5543
0,301	0,3015	3,6492
0,469	0,4432	2,5172
0,473	0,4318	2,6144
0,460	0,4275	2,6500
0,385	0,4211	2,7036
0,373	0,4119	2,7800
0,361	0,3909	2,9522
0,512	0,4898	2,1099
0,456	0,4773	2,2212
0,451	0,4725	2,2641
0,451	0,4612	2,3629
0,426	0,4560	2,4075
0,431	0,4428	2,5206
0,519	0,5282	1,7582
0,508	0,5122	1,9065
0,508	0,5058	1,9657

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Uji Hipotesa terhadap hubungan h_1/h_2 aktual dan h1/h2 regresi

Uji	Nilai Hitung	Nilai tabel 5 %	Nilai tabel 1 %	Keterangan
F	0,006583219	251,1	6287	Diterima
T	1,359	1,725	2,528	Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk uji F, nilai kritis Fc dengan derajat kepercayaan 5% Fc = 251,1 ; 1% Fc = 6287 dan F = 0,00658 (F < Fc). Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa 95% - 99% benar, nilai h1/h2 tidak berbeda nyata dengan kata lain sama jenis.

Untuk uji T, nilai tc untuk derajat kepercayaan 5% tc = 1,725 ; 1% tc = 2,528 dan t = 1,359 (t < tc). Dengan demikian antara h_1/h_2 pengukuran dengan dari lengkung a/H_0 (Gambar 4.7) mempunyai perbedaan yang tidak nyata atau dapat dikatakan 95% - 99% benar. Oleh karena itu kurva lengkung h_1/h_2 (Gambar 4.6) dapat mewakili hubungan antara Froude dengan h_1/h_2 di lapangan.

Tabel 4.15 Hubungan Lh_2/a aktual dengan Lh_2/a regresi dan bilangan Froude

Lh2/a aktual	Lh2/a regresi	Froude
151,000	185,481	3,0404
169,000	209,107	3,2416
184,000	213,834	3,2806
234,000	233,842	3,4412
239,000	248,421	3,5543
332,000	260,983	3,6492
117,000	130,275	2,5172
129,333	139,842	2,6144
141,333	143,423	2,6500
169,333	148,907	2,7036
182,000	156,871	2,7800
195,333	175,542	2,9522
91,250	93,630	2,1099
100,000	103,083	2,2212
104,000	106,846	2,2641
104,000	115,729	2,3629
142,000	119,857	2,4075
160,000	130,598	2,5206
59,200	66,570	1,7582
84,800	77,458	1,9065
84,800	82,021	1,9657

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.16 Uji Hipotesa terhadap hubungan Lh_2/a aktual dan Lh_2/a regresi

Uji	Nilai Hitung	Nilai tabel 5 %	Nilai tabel 1 %	Keterangan
F	0,000002493	251,1	6287	Diterima
T	-0,296	1,725	2,528	Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk uji F, nilai kritis Fc dengan derajat kepercayaan 5% Fc = 251,1 ; 1% Fc = 6287 dan F = 0,00000249 (F < Fc). Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa 95% - 99% benar, nilai Lh_2/a tidak berbeda nyata dengan kata lain sama jenis.

Untuk uji T, nilai tc untuk derajat kepercayaan 5% tc = 1,725 ; 1% tc = 2,528 dan t = 1,359 (t < tc). Dengan demikian antara Lh_2/a pengukuran dengan dari lengkung a/H_0 (Gambar 4.8) mempunyai perbedaan yang tidak nyata atau dapat dikatakan 95% - 99% benar. Oleh karena itu kurva lengkung Lh_2/a Gambar 4.8 dapat mewakili hubungan antara Froude dengan Lh_2/a di lapangan.

Contoh perhitungan:

- a/H_0 aktual (Tabel 4.4) = $\frac{a}{H_0} = \frac{0,01}{0,1}$ = 0,100
- Froude = 3,040
- a/H_0 regresi = 0,745 . $(\text{Froude})^{-1,83}$ = 0,097
- h_2/a aktual (Tabel 4.1) = $\frac{h_2}{a} = \frac{0,025}{0,01}$ = 2,500
- Froude = 3,040
- H_2/a regresi = $(((0,248 . (\text{Froude})^2)-(0,566 . \text{Froude})) + 2,141$

  =2,713
- h_1/h_2 aktual (Tabel 4.1) = $\frac{h_1}{h_2}$

  $= \frac{0,01}{0,025}$ = 0,400
- Froude = 3,040
- h_1/h_2 regresi = $(-0,007 . (\text{Froude})^2) – (0,082 . \text{Froude}) + 0,694$

  = 0,380

- Lh_2 /a aktual (Tabel 4.1) = $\frac{L_{h_2}}{a}$

  $= \frac{1,51}{0,01} = 1,51$

- Froude = 3,040

- Lh_2 /a regresi = 23,16 . $(\text{Froude})^{1,871}$

  = 185,48

- -Jumlah kuadrat antar sampel (antar kelas) =

(21 . (rata-rata $(\frac{\text{H1/H2 aktual}}{X_1})$) - (rata-rata total($\frac{\text{H1/H2 aktual}}{X_1}$ + $\frac{\text{H1/H2 regresil}}{X_2}$)^2) + (21 . (rata-rata $(\frac{\text{H1/H2 regresi}}{X_1})$) - (rata-rata total($\frac{\text{H1/H2 aktual}}{X_1} + \frac{\text{H1/H2 regresil}}{X_2}$)^2)

= (21 . (0,4178) – ($\frac{1}{42}$(8,773+8,901)) + (21 . (0,4230) – ($\frac{1}{42}$(8,773+8,901))

= 0,0003881

- Rata-rata kuadrat antar sampel(antar kelas)/s_1 = jumlah kuadrat antar sampel(anrarkelas)/21

  = 0,000831

- -Rata-rata kuadrat dalam sampel (antar kelas)/ S_2^2

= V_1/ (42-2) =((Jumlah(X_1-Xrata-rata)^2+ (Jumlah X_2 – Xrata-rata) / (42-2)

= (0,10398 + 0,0867683) / (42=2) = 0,0028

- Nilai Hitung F = (Rata kuadrat antarsampel/S_1) - (Rata rata kuadrat antar sampel/ S_2^2)

  = $(0,0003881)^2 – (0,0047920)^2$ =0,006

4.1.6 Kalibrasi Cipoletti

Kalibrasi Cipoletti perlu dilakukan pada awal penelitian untuk mengetahui apakah bangunan ukur debit tersebut dapat berfungsi dengan baik. Kalibrasi dilakukan dengan menghitung debit yang dialirkan pada alat ukur Thomson pada hulu pintu sorong, debit takar, dan debit pada Cipoletti pada hilir pintu sorong. Lalu debit hasil hitungan ambang Cipoletti dengan debit pada alat ukur Thomson dan debit takar dibandingkan dengan menghitung kesalahan relatifnya dengan menggunakan persamaan:

$$KR(\%) = \frac{Q_{thomson/takar} - Q_{ambang}}{Q_{thomson/takar}} \times 100\%$$

Rumus yang digunakan dalam perhitungan debit ambang Cipoletti diambil dari persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$Q_{ambang} = C_d \cdot C_v \cdot 2/3 . \sqrt{2\,g} \cdot b_c \cdot h_1^{1.50}$$

Dengan Cd adalah koefisien debit. Memiliki ketetapan sebagai berikut :

Cd $\approx$ 0,63

sedangkan Cv adalah koefisien kecepatan, di tentukan dengan persamaan:

$Cv = \left[\frac{H_1}{h_1}\right]^u$, untuk saluran berpenampang segiempat u = 1.50.

Hasil perhitungan kalibrasi Cipoletti tersaji pada Tabel 4.17 dan 4.18 beserta lengkung debit Cipoletti pada Gambar4.6

Tabel 4.17 Perhitungan kalibrasi Cipoletti

H thomson		Q thomson		H flume		h1	Pembacaan pitot			dh	V	Cd	Cv	Q flume		Q takar	
cm	m	m^3/dt	l/dt	cm	m	m	bawah	tengah	bawah		m/dt			m^3/dt	l/dt	m^3/dt	l/dt
3.0	0.03	0.0002	0.2239	1.940	0.019	0.019	0.10	0.20	0.20	0.0002	0.0666	0.630	1.018	0.0002	0.2312	0.0002	0.2160
3.5	0.035	0.0003	0.3291	2.380	0.024	0.024	0.20	0.30	0.20	0.0002	0.0766	0.630	1.019	0.0003	0.3142	0.0003	0.3232
4.0	0.04	0.0005	0.4595	3.130	0.031	0.031	0.30	0.10	0.20	0.0002	0.0718	0.630	1.013	0.0005	0.4739	0.0004	0.4438
4.5	0.045	0.0006	0.6169	3.600	0.036	0.036	0.30	0.20	0.30	0.0003	0.0810	0.630	1.014	0.0006	0.5845	0.0006	0.6398
5.0	0.05	0.0008	0.8027	4.580	0.046	0.045	0.30	0.30	0.20	0.0003	0.0810	0.630	1.011	0.0008	0.8388	0.0008	0.8135
5.5	0.055	0.0010	1.0187	5.110	0.051	0.051	0.30	0.20	0.30	0.0003	0.0810	0.630	1.010	0.0010	0.9885	0.0010	1.0235
6.0	0.06	0.0013	1.2663	5.770	0.058	0.057	0.30	0.20	0.30	0.0003	0.0810	0.630	1.009	0.0012	1.1861	0.0012	1.2293
6.2	0.062	0.0014	1.3745	6.140	0.061	0.061	0.30	0.20	0.30	0.0003	0.0810	0.630	1.008	0.0013	1.3020	0.0013	1.2960

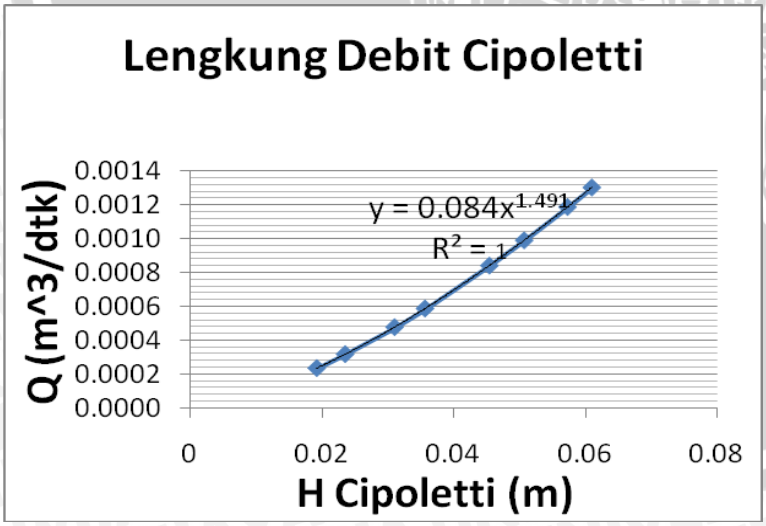
Sumber: hasil perhitungan

Tabel 4.18 Perhitungan kesalahan relatif

Q Thomson	Q Takar	KR
l/dt	l/dt	%
0.2239	0.2160	3.5144
0.3291	0.3232	1.7920
0.4595	0.4438	3.4210
0.6169	0.6398	3.7112
0.8027	0.8135	1.3393
1.0187	1.0235	0.4649
1.2663	1.2293	2.9210
1.3745	1.2960	5.7088

Q Takar	Q Flume	KR
l/dt	l/dt	%
0.2160	0.2312	7.0629
0.3232	0.3142	2.7811
0.4438	0.4739	6.7790
0.6398	0.5845	8.6310
0.8135	0.8388	3.1092
1.0235	0.9885	3.4144
1.2293	1.1861	3.5144
1.2960	1.3020	0.4625

Sumber: hasil perhitungan



Gambar 4.8 Lengkung debit Ciploletti

$Q_{thomson} = 1{,}436 \,.\, h_{thomson}{}^{5/2}$

$= 1{,}436 \,.\, 0.04^{5/2}$

$= 0{,}0005\ m^3/dt$ = 0,4595 liter/dt

$h_1 = H_{Cipoletti} - \frac{v^2}{2g}$

$= 0{,}0313 - \frac{0{,}0718^2}{2\,.\,9{,}81}$

= 0,031 m

Cd = 0,63

$Cv = \left[\frac{H_1}{h_1}\right]^u$

$= \left[\frac{0{,}0313}{0{,}031}\right]^{1{,}5} = 1{,}10127$

$Q_{ambang} = C_d \,.\, C_v \,.\, 2/3.\sqrt{2g} \,.\, b_c \,.\, h_1{}^{1.50}$

$= 0{,}63 \,.\, 1{,}101 \,.\, \sqrt{2.9{,}81}.\ 0{,}046 \,.\, 0{,}031^{1.50}$

$= 0{,}0005\ m^3/dt$ = 0,4739 liter/dt

$KR(\%) = \frac{Q_{thomson} - Q_{ambang}}{Q_{thomson}} \times 100\%$

$= \frac{0{,}4595 - 0{,}4739}{0{,}4595} \times 100\%$

$= 3{,}1261\ \%$

$KR(\%) = \frac{Q_{takar} - Q_{ambang}}{Q_{takar}} \times 100\%$

$= \frac{0{,}4438 - 0{,}4739}{0{,}4438} \times 100\%$

$= 6{,}7790\ \%$

4.2 Kondisi Setelah Pemasangan Bangunan Ukur Cipoletti di Hilir Pintu

Pada kondisi perlakuan yang sama dengan sebelumnya, dilakukan kemudian adalah pemasangan bangunan ukur Cipoletti dengan kondisi variabel yang sama. Bangunan ukur tersebut juga diperlakukan bervariasi terhadap jarak penempatan dari pintu sorong (Ls). Tabel perhitungan dengan jarak 1m, 1,5m, 2m, 3m, 4,5m, 5m tersaji pada Tabel 4.19

$$q = Cd \,.\, a \sqrt{2\, g\, (H_0 - H_1)}$$

$$= 0{,}6332 \,.\, 0{,}6332 . \sqrt{2 \,.\, 9{,}81 \,.\, (0{,}12 - 0{,}0613)}$$

$$= 0{,}0068 \text{ m}^2/\text{ dtk}$$

$$Q_{pintu} = q \,.\, b$$

$$= 0{,}0068 \,.\, 0{,}078$$

$$= 0{,}0005 \text{ m}^3/\text{ dtk} = 0{,}5301 \text{ lt/ dtk}$$

$$h_1 = H_{ambang} - \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0{,}0322 - \frac{0{,}1744^2}{2 \,.\, 9{,}81}$$

$$= 0{,}0307 \text{ m}$$

$$Q_{Cipoletti} = 0{,}084 \,.\, 0{,}0322^{\,1{,}491}$$

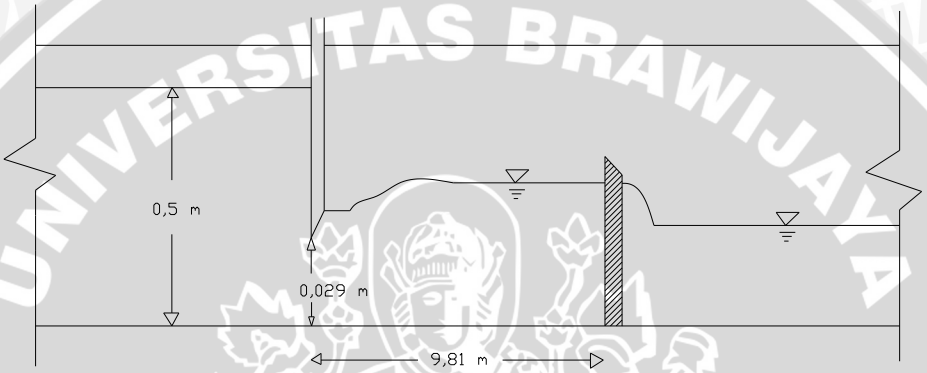
$$= 0{,}0005 \text{ m}^3/\text{ dtk} = 0{,}501 \text{ lt/dtk}$$

$$KR(\%) = \frac{Q_{pintu} - Q_{ambang}}{Q_{takar}} \times 100\%$$

$$= \frac{0{,}5301 - 0{,}501}{0{,}5301} \times 100\%$$

$$= 5{,}581\ \%$$

TABEL 4.19 PERHITUNGAN DEBIT



4.2.1 Kajian Hasil

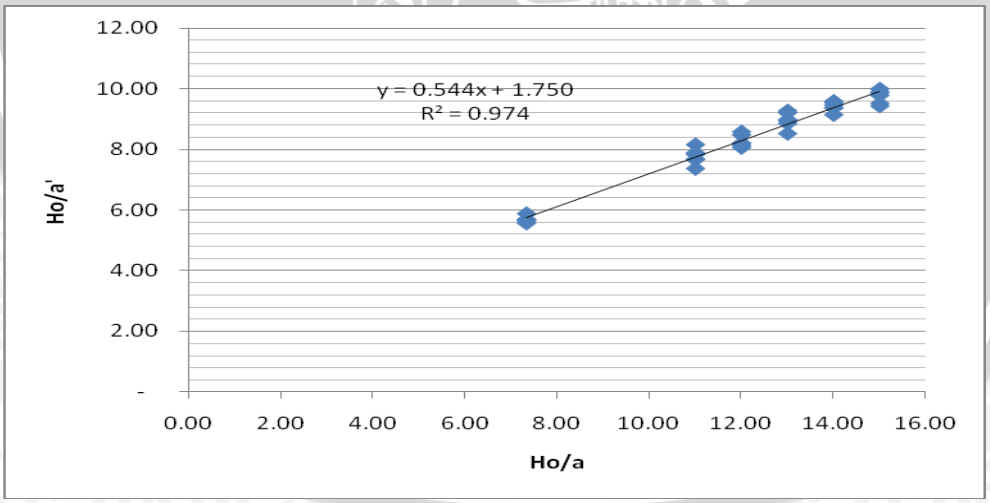
Setelah dilakukan pengamatan pada kondisi aliran di pintu sebelum pemasangan bangunan ukur Cipoletti dengan sesudah pemasangan bangunan ukur didapatkan perbandingan tinggi muka air di hulu (Ho) dan tinggi bukaan pintu (a) dengan debit yang sama sebelum pemasangan ambang dan sesudah pemasangan bangunan ukur. Hasil tersaji pada Tabel 4.20 dan Gambar 4.9

Tabel 4.20 Perbandingan Ho dan a sebelum dan sesudah pemasangan Cipoletti dengan debit yang sama

Sebelum ada Cipoletti			1m		1,5m		2m		3m		4,5m		5m	
H_0 (m)	a (m)	Q (l/dt)	H_0 (m)	a' (m)	H_0 (m)	a' (m)	H_0 (m)	a' (m)	H_0 (m)	a' (m)	H_0 (m)	a' (m)	H_0 (m)	a' (m)
0,11	0,010	0,6999	0,1224	0,015	0,1152	0,015	0,1150	0,015	0,1175	0,015	0,1106	0,015	0,1184	0,015
0,12	0,010	0,7365	0,1273	0,015	0,1288	0,015	0,1219	0,015	0,1231	0,015	0,1210	0,015	0,1231	0,015
0,13	0,010	0,7734	0,1330	0,015	0,1348	0,015	0,1382	0,015	0,1279	0,015	0,1342	0,015	0,1392	0,015
0,14	0,010	0,8073	0,1406	0,015	0,1406	0,015	0,1439	0,015	0,1420	0,015	0,1372	0,015	0,1433	0,015
0,15	0,010	0,8382	0,1415	0,015	0,1483	0,015	0,1500	0,015	0,1484	0,015	0,1428	0,015	0,1468	0,015
0,11	0,015	1,0119	0,1138	0,020	0,1137	0,020	0,1133	0,02	0,1177	0,020	0,1122	0,020	0,1114	0,020

Sumber: hasil perhitungan

Dari tabel 4.12 dapat dibuat grafik hubungan tinggi muka air hulu dan tinggi bukaan pintu sebelum pemasangan bangunan ukur (Ho/a) dengan tinggi muka air hulu dan tinggi bukaan pintu sesudah pemasangan bangunan ukur (Ho/a') yang selanjutnya grafik tersebut dapat digunakan untuk mengetahui berapa tinggi pintu harus dibuka.



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Ho/a dan Ho/a'

Selanjutnya dari penelitian ini didapat hubungan antara tinggi muka air (Ho) dan tinggi bukaan pintu setelah pemasangan ambang (a') dengan jarak penempatan ambang (Ls). Dari tabel dapat dibuat grafik hubungan Ho/a' dan Ls/a' yang

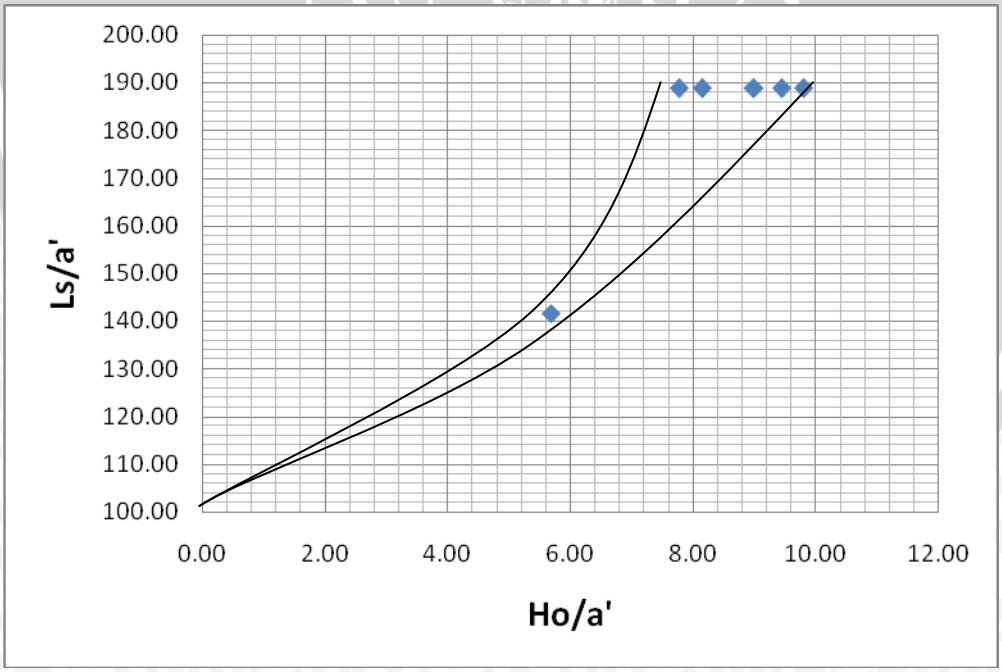
selanjutnya grafik tersebut dapat digunakan untuk menentukan jarak penempatan bangunan ukur debit Cipoletti. Hasil tersaji pada Tabel 4.21 dan Gambar 4.10

Tabel 4.21 Hubungan antara Ho/a' dengan Ls/a'

Ho/a'						Ho/a'
1m	1,5m	2m	3m	4,5m	5m	Rata2
8.16	7.68	7.67	7.84	7.37	7.89	7.77
8.48	8.58	8.12	8.21	8.06	8.21	8.15
8.86	8.98	9.21	8.53	8.95	9.28	8.99
9.37	9.38	9.59	9.47	9.15	9.55	9.44
9.44	9.89	10.00	9.90	9.52	9.79	9.80
5.69	5.69	5.66	5.89	5.61	5.57	5.68

Ls/a'						Ls/a'
1m	1,5m	2m	3m	4,5m	5m	Rata2
66.67	100.00	133.33	200.00	300.00	333.33	188.89
66.67	100.00	133.33	200.00	300.00	333.33	188.89
66.67	100.00	133.33	200.00	300.00	333.33	188.89
66.67	100.00	133.33	200.00	300.00	333.33	188.89
66.67	100.00	133.33	200.00	300.00	333.33	188.89
50.00	75.00	100.00	150.00	225.00	250.00	141.67

Sumber: hasil perhitungan



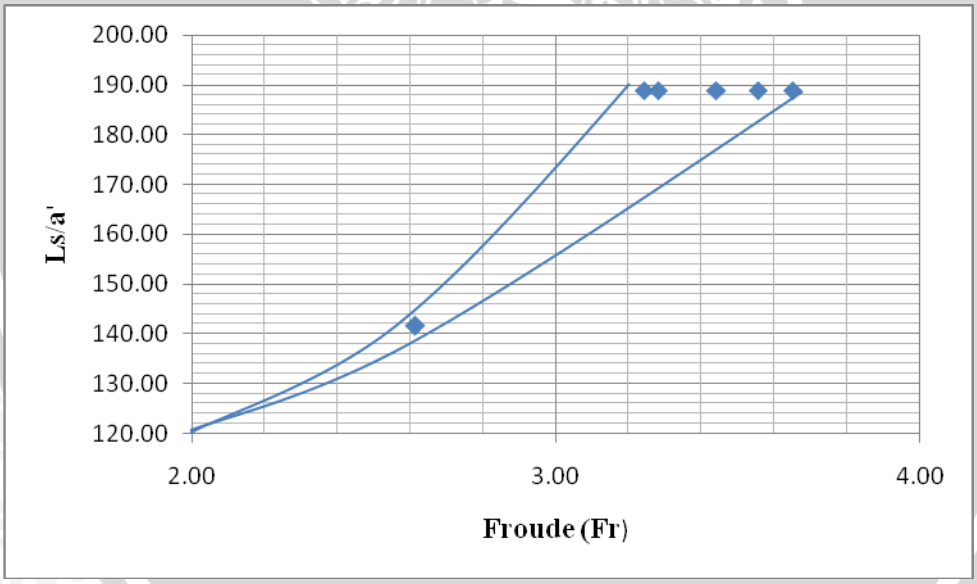
Gambar 4.10 Grafik hubungan Ho/a' dan Ls/a'

Selain dengan grafik hubungan Ho/a' dengan Ls/a', jarak perletakan ambang dapat dicari dari grafik hubungan bilangan Froude (Fr) sebelum pemasangan ambang dengan Ls/a'. Hasil tersaji pada Tabel 4.22 dan Gambar 4.11

Tabel 4.22 Hubungan antara bilangan Froude dengan Ls/a'

Fr	Ls/a'
3.2416	188.89
3.2806	188.89
3.4412	188.89
3.5543	188.89
3.6492	188.89
2.6144	141.67

Sumber: hasil perhitungan



Gambar 4.11 Grafik Hubungan bilangan Froude dengan Ls/a'

Untuk mengetahui bagaimana menempatkan alat ukur debit Cipoletti yang tepat pada kajian ini maka dicoba suatu contoh penerapan di lapangan

4.3 Contoh Penerapan di Lapangan

Agar pemahaman aplikasi hasil penelitian yang sudah teruraikan di halaman sebelumnya, berikut ini disajikan contoh perhitungan sederhana dan aplikasi pemakaian hasil penelitian.

Permasalahan:

Sebuah saluran pembawa tersier dengan lebar dasar saluran b = 1,00 m berpenampang segi empat direncanakan untuk bangunan pintu pengambilan. Tinggi muka air maksimal yang diijinkan di hulu pintu adalah 0,50 m

1. Tentukan besar debit maksimal dan minimal yang dapat dialirkan dengan mempertahankan tinggi muka air hulu pada 0,50 m.
2. Tentukan kondisi aliran pada hilir pintu. Jika direncanakan dipasang bangunan ukur Cipoletti, tentukan letak pemasangannya (Ls).
   Hasil perhitungan tersaji pada tabe 4.23 dan 4.24 serta gambar tersaji pada gambar 4.12 dan 4.13

Perencanaan:

1. Ditentukan muka air di hulu (Ho)
2. Diasumsikan tinggi bukaan pintu (a)
3. Dihitung besarnya angka Froude menggunakan gambar 4.4
4. Dari angka Froude yang diketahui dapat dicari tinggi muka air di hilir (h_2) dengan menggunakan gambar 4.5
5. Dari tinggi muka air hilir (h_2) yang didapatkan kemudian dicari tinggi muka air di hulu loncatan (h_1) dengan menggunakan gambar 4.6.
6. Dihitung besarnya debit yang melewati pintu dengan persamaan 2.8, sedangkan Cd di dapat dari Cd rajaratman:

a/Ho	0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Cd	0.610	0.600	0.600	0.605	0.605	0.607	0.620	0.640	0.660

7. Dengan menggunakan gambar 4.7 didapat nilai Lh_2.
8. Kemudian dicari perbandingan Ho dan a sebelum pemasangan Cipoletti (Ho/a), kemudian dapat dicari perbandingan Ho dan a setelah pemasangan Cipoletti (Ho/a') dengan menggunakan gambar 4.9. sehingga bisa diketahui tinggi bukaan pintu (a') setelah pemasangan Cipoletti.

9. Setelah didapat Ho/a' kemudian dicari Ls/a' dengan menggunakan gambar 4.10. Ls/a' dapat pula dicari dengan menggunakan Gambar 4.11

Dari kondisi aliran yang didapat sebelum pemasangan dapat diketahui dimensi bangunan ukur Cipoletti yang sesuai dengan kondisi tersebut dan syarat-syarat hidrolis yang perlu diperhatikan, antaralain:

- Rasio $h_1/b = 0,5$
- $P \geq 0,30$ m

Selanjutnya dilakukan perhitungan, setelah itu dapat dilihat bahwa sebelum pemasangan bangunan ukur, dengan mempertahankan tinggi muka air di hulu (Ho) 0.50 m debit minimum (Q min) yang dapat dicapai sebesar 0,0520 m^3/dt dan debit maksimum (Q maks.) sebesar 0,2597 m^3/dt.

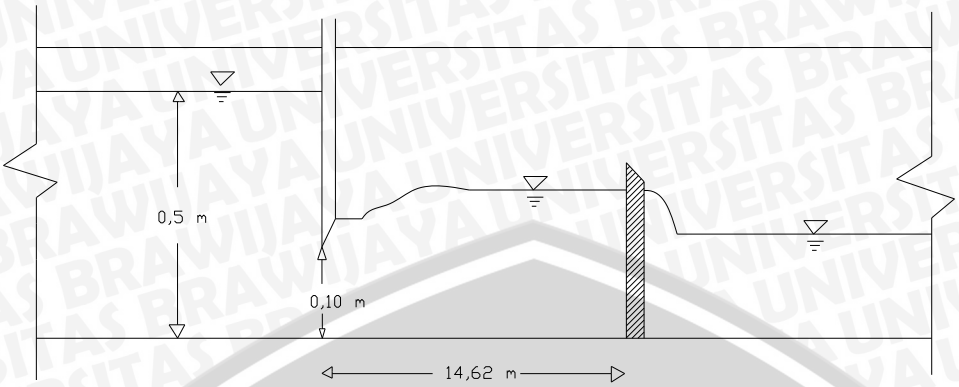
Setelah pemasangan Cipoletti dengan dimensi bangunan ,p=0,3 m b = 1m dan L =1m debit maksimum (Q maks.) yang dapat dicapai menjadi 0,1706 m^3/dt dan debit minimum (Q min) 0,0520 m^3/dt. Dengan jarak efektif penempatan Cipoletti 10 m dari pintu .

Tabel 4.23 Contoh penerapan di lapangan dengan menggunakan grafik hubungan Ho/a' dengan Ls/a'

Ho (m)	a (m)	a/Ho	F	h2/a	h2 (m)	h1/h2	h1 (m)	Cd	q (m^3/dt/m)	Q (m^3/dt)	Lh2/a	Lh2	Ho/a	Ho/a'	a' (m)	Ls/a'	Ls (m)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]
0,5	0,10	0,20	2,05	2,02	0,20	0,50	0,100	0,6061	0,16	0,16	88,85	8,89	5,00	4,47	0,11	130,69	14,62
0,5	0,20	0,40	1,40	1,84	0,37	0,56	0,207	0,6050	1,97	1,97	43,74	8,75	2,50	3,11	0,16	107,83	17,34
0,5	0,30	0,60	1,13	1,82	0,55	0,59	0,323	0,6035	1,22	1,22	28,90	8,67	1,67	2,66	0,19	99,19	18,67
0,5	0,40	0,80	0,96	1,83	0,73	0,61	0,445	0,6034	0,59	0,59	21,53	8,61	1,25	2,43	0,21	94,61	19,47
0,5	0,37	0,75	1,00	1,82	0,68	0,61	0,411	0,6034	0,77	0,77	23,16	8,63	1,34	2,48	0,20	95,65	19,28

sumber: hasil perhitungan

[1] : Tinggi muka air hulu (ditentukan)
[2] : Diasumsikan Tinggi bukaan pintu
[3] : Ditentukan
[4] : Bilangan Froude Dihitung (gambar 4.4)
[5] : Dihitung (gambar 4.5)
[6] : [4]*[5]
[7] : Dihitung (gambar 4.6)
[8] : [6]*[7]
[9] : Interpolasi (Cd Rajaratnam)
[10] : [9]*[4]*(2g*([1] – [8]))^{0,5}
[11] : [10]* lebar saluran
[12] : Dihitung (gambar 4.7)
[13] : [12]*[4]
[14] : [1]/[4]
[15] : Dihitung (gambar 4.9)
[16] : [1]/[15]
[17] : Dihitung (gambar 4.10)
[18] : [17]*[16]

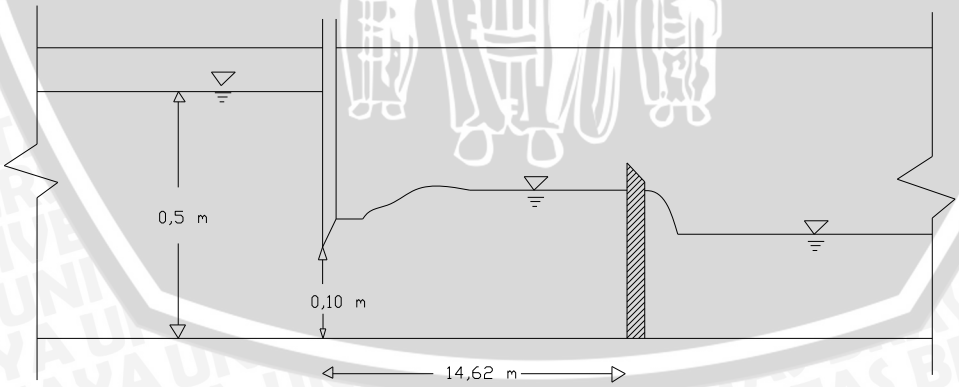


Gambar 4.12 Jarak penempatan Cipoletti di hilir pintu jika menggunakan grafik hubungan Ho/a' dengan Ls/a'

Tabel 4.24 Contoh penerapan di lapangan dengan menggunakan grafik hubungan bilangan Froude sebelum pemasangan Cipoletti dengan Ls/a'

Ho (m)	a (m)	a/Ho	F	Q (m^3/dt)	Ho/a	Ho/a'	a' (m)	Ls/a'	Ls (m)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
0,5	0,10	0,20	2,05	0,16	5,00	4,47	0,11	117,61	13,16
0,5	0,20	0,40	1,40	1,97	2,50	3,11	0,16	83,42	13,41
0,5	0,30	0,60	1,13	1,22	1,67	2,66	0,19	68,23	12,84
0,5	0,40	0,80	0,96	0,59	1,25	2,43	0,21	59,16	12,17
0,5	0,37	0,75	1,00	0,77	1,34	2,48	0,20	61,29	12,36

sumber: hasil perhitungan



Gambar 4.13 Jarak penempatan Cipoletti di hilir pintu jika menggunakan grafik hubungan bilangan Froude dengan Ls/a'