

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 23 - 34	SURABAYA 2016	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	---------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii

- Vol 3 Nomer 3/rekat/16 (2016)

PENGARUH PENAMBAHAN *SILICA FUME* PADA *POROUS CONCRETE BLOCK* TERHADAP NILAI KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS

Eko Febrianto, Arie Wardhono, 01 – 08

PEMANFAATAN ABU TERBANG LIMBAH BATU BARA TERHADAP KUAT TEKAN DAN TINGKAT POROSITAS *PAVING STONE* BERPORI

Firman Ganda Saputra, Arie Wardhono, 09 – 12

PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN *ADMIXTURE* SIKACIM TERHADAP PENGUATAN KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS *PERMEACONCRETE PAVING STONE*

Kukuh Ainnuridin, Arie Wardhono, 13 – 22

PENGARUH POLA ALIRAN PADA SALURAN PELIMPAH SAMPING AKIBAT DARI PENEMPATAN *SPLLWAY* DENGAN TIPE MERCU OGEE WADUK WONOREJO

Binti Hidayatul Ma'rifah, Kusnan, 23 – 34

PENGARUH POLA ALIRAN PADA SALURAN PELIMPAH SAMPING AKIBAT DARI
PENEMPATAN SPILLWAY DENGAN TIPE MERCU OGEE WADUK WONOREJO

¹⁾Binti Hidayatul Ma'rifah

S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, binti.marifah@yahoo.com

²⁾Kusnan

Dosen Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,

Abstrak

Waduk Wonorejo merupakan waduk dengan saluran pelimpah samping yang dibuat tanpa pintu dengan tujuan untuk melimpaskan volume air yang berlebihan pada waduk secara langsung. Tipe mercu yang digunakan pada pelimpah samping adalah jenis mercu Ogee. Air yang melimpas pada mercu menuju spillway mempunyai volume yang berbeda yang menghasilkan perbedaan pada pola alirannya. Hal tersebut terjadi dipengaruhi oleh volume curah hujan dan model mercu yang digunakan. Untuk menghindari naiknya muka air dan bahaya *overtopping* serta untuk mengetahui jenis pola aliran yang terjadi pada waduk maka dilakukan penelitian dengan membuat suatu alat peraga.

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan memodifikasi jenis mercu yang digunakan sebagai alat peraga menjadi tiga model yaitu mercu Ogee, Mercu deret trapesium 1 dan mercu deret trapesium 2. Mercu tersebut dialiri air dengan volume tertentu hingga terjadi limpasan dan kemudian dilakukan pengambilan data yang berupa data limpasan dan data tinggi air di saluran. Pengujian hipotesis dilakukan dengan analisis perhitungan debit terukur (Q_{terukur}), perhitungan koefisien debit (C_d), Kemiringan dasar saluran (Sc) dan perhitungan jenis aliran yaitu aliran kritis, sub kritis dan super kritis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (1) Q terukur maksimal terjadi pada mercu modifikasi deret trapezium 1 dan 2 sebesar 0.445918 liter/detik (2). Koefisien debit terbesar terjadi pada mercu trapesium 1 sebesar 0.00268. Hal ini dipengaruhi oleh lebar mercu yang berbeda – beda (3) Kemiringan saluran pada spillway pada ketiga model percobaan adalah steep slope (4) Jenis aliran yang terjadi pada spillway dengan ketiga model mercu adalah sub kritis.

Kata Kunci : Mercu, Pola aliran, spillway, Debit

Abstract

Wonorejo reservoir is a reservoir with a side of spillway made without doors with the aim to runoff excessive water volume at the reservoir directly. Beacon mode is used on the side spillway is a kind of beacon Ogee. The runoff water at the lighthouse to the spillway have different volumes that make a difference in the flow pattern. This happens because effect by volume of rainfall and mercu models used. To avoid the rising water level and danger of *overtopping* as well as to determine the type of flow patterns that occur in reservoirs and then do research to make a props.

The research method is to modify the type of beacon is used as props in three models namely the lighthouse Ogee, Mercu trapezoidal series 1 and series mercu trapezoid 2. The Mercu irrigated with a certain volume of runoff to occur and then performed retrieval of data is data runoff and the water level in the data channel. Hypothesis testing is done by the analysis of the measured flow calculation (Q_{hb}), calculation of discharge coefficient (C_d), Tilt channel basis (Sc) and the calculation of the type of flow that critical flow, sub-critical and super critical.

The results showed that: (1) Q measured maximum occurs at the lighthouse modification trapezium series 1 and 2 amounted to 0.445918 liters / sec (2). The discharge coefficient occurs at the lighthouse trapezoid 1 at 0.00268. This is influenced by a wide mercu different - different (3) The slope of the spillway channel on all three experimental models is steep slope (4) The type of flow that occurs in the third spillway with a model lighthouse is sub-critical.

Keywords: Mercu, flow patterns, spillway, Debit

PENDAHULUAN

Pola aliran yang terjadi pada saluran pelimpah samping tentu sangat berpengaruh terhadap kekuatan konstruksi dari sebuah waduk. Jenis aliran yang terjadi pada saluran pelimpah samping tidak lepas dari adanya penempatan *spillway* dan model Mercu yang digunakan pada pelimpah. Air yang melimpah melalui *spillway* biasanya mempunyai kecepatan jatuh yang besar sehingga kecepatan aliran yang terjadi perlu untuk dikurangi. Untuk itu dibuat saluran pelimpah dengan menggunakan tipe Mercu tertentu yang diharapkan dapat mengurangi bahaya terjadinya *over topping* dan naiknya muka air serta dapat mengurangi besarnya energi yang terjadi pada aliran tersebut.

Waduk Wonorejo merupakan waduk dengan tipe urugan batu dengan inti tanah yang memiliki jenis pelimpah samping tanpa pintu dengan model Mercu yang digunakan adalah tipe Mercu Ogee. Pelimpah pada waduk Wonorejo sengaja dibuat menyamping karena pada sepanjang As bendung yang lurus tidak terdapat pondasi dengan daya dukung yang baik sehingga As dibelokkan. Selain itu, saluran pelimpah samping juga dibuat tanpa pintu agar saat air yang ditampung pada waduk mengalami volume yang berlebih, air dapat melimpas secara langsung.

Air yang melimpas pada saluran pelimpah samping waduk Wonorejo mempunyai volume yang berbeda – beda tergantung dengan curah hujan yang turun. Pola aliran yang terjadi pada saluran pelimpah samping dipengaruhi oleh model Mercu yang digunakan pada saluran tersebut. Dengan adanya volume limpasan yang berbeda – beda dikhawatirkan pola aliran yang terjadi dari air yang melimpas menuju saluran pelimpah samping tidak sesuai dengan syarat yang ditentukan sehingga hal itu akan berpengaruh terhadap kekuatan dari saluran pelimpah samping itu sendiri.

Untuk mengetahui perilaku pola aliran pada saluran pelimpah samping, maka perlu diadakan pengamatan dengan membuat suatu bentuk saluran atau alat peraga yang sama dengan yang ada di lapangan dan disesuaikan dengan permasalahan yang akan diteliti. Akan tetapi untuk ukuran dan dimensinya dibuat lebih kecil dari yang ada di lapangan serta digunakan model Mercu yang berbeda dari yang terdapat pada waduk Wonorejo. Dengan permodelan ini diharapkan dapat diketahui jenis pola aliran yang terjadi pada saluran pelimpah samping dengan debit yang berbeda akibat dari penempatan *spillway* dengan model mercu Ogee

pada waduk Wonorejo, Dapat mengetahui dampak yang terjadi dengan adanya aliran yang berbeda dan model mercu yang berbeda, dan dapat mengetahui pola aliran yang sesuai dengan dengan perencanaan yang terdapat di waduk Wonorejo, serta pengaruh dan dampak yang terjadi dengan penggunaan model Mercu yang berbeda.

Waduk merupakan tampungan air sediaan untuk berbagai kebutuhan. Waduk dibangun dengan cara membuat bendungan kemudian dialiri air sampai waduk tersebut penuh. Bendungan adalah Bangunan yang dibangun melintang sungai untuk meninggikan muka air dan membuat tampungan air. (Nurviana:2011)

Mercu *spillway* adalah bagian teratas dari *spillway* dimana aliran dari hulu dapat melimpah ke hilir. Fungsi dari mercu *spillway* sebagai pelimpah aliran air waduk. Letak mercu *spillway* bersama tubuh *spillway* diusahakan tegak lurus arah aliran masuk *spillway* agar aliran yang menuju *spillway* terbagi rata. (nurviana.2011)

Mercu ogee adalah sebuah mercu bendung yang memiliki tirai. Mercu ini tidak akan memberikan tekanan sub atmosfer pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit rendah, air akan memberikan tekanan ke bawah pada mercu.

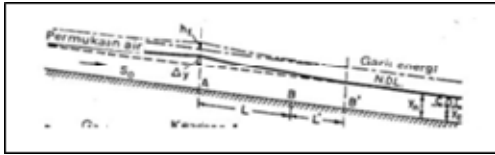
Spillway deret trapesium merupakan hasil modifikasi dari *spillway* ogee. *Spillway* deret trapesium II memiliki deretan trapesium sama kaki yang saling terbalik. *Spillway* deret trapesium II mempunyai lebar bukaan atau lintasan air lebih besar dibandingkan dengan bentuk ogee. Pada mercu tipe trapesium *kapasitas* debit yang dihasilkan dapat mencapai 200% dibandingkan dengan mercu ogee sehingga dapat meminimalisir terjadinya bahaya *overtopping*.

Pelimpah samping adalah suatu bangunan dimana pelimpah sampingnya berposisi menyamping terhadap saluran pengatur aliran di udiknya. Alternatif pelimpah dibuat bila sepanjang As bendungan yang lurus tidak didapatkan pondasi dengan daya dukung yang baik, sedang tebingnya mempunyai pondasi yang memenuhi syarat sehingga As dibelokkan. Persyaratan yang perlu diperhatikan pada bangunan tipe ini adalah agar debit banjir yang melintasinya tidak menyebabkan aliran tenggelam.

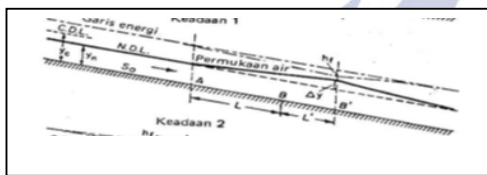
Aliran kritis adalah aliran dengan bilangan Froude $F = \frac{V}{\sqrt{gD}}$ pada kondisi kritis yaitu nilai $F = 1$. Kriteria aliran kritis adalah

Aliran sejajar atau berubah lambat laun, kemiringan saluran adalah kecil, koefisien energi dianggap sama dengan 1.

aliran sub kritis (mengalir) yaitu aliran yang lebih lambat dari aliran kritis dan memiliki nilai bilangan Froude (Fr) < 1 .



Gambar 1 Garis energi aliran sub kritis aliran super kritis (meluncur) dimana aliran ini disebut aliran cepat, jika $Fr > 1$.



Gambar 2 Garis energi aliran super kritis Kedalaman air di saluran menurut Prastumi dan Aniek Masrevaniah (2008) untuk mencari kedalaman saluran dan pola alirannya pada penampang persegi, digunakan rumus : Kedalaman air di saluran

$$h = \frac{Q^2}{g A^3} \left(\frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_0'} \right) \quad (2.8)$$

$$h = \frac{Q^2}{g A^3} \left(\frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_0'} \right) \quad (2.9)$$

$$S_0 = \frac{Q^2}{g A^3} \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{h'} \right) \quad (2.10)$$

$$Q = \frac{A^3 S_0}{h} \quad (2.11)$$

Untuk menghitung debit menggunakan cara coba – coba sedemikian rupa. (Bangunan Air : 23) mencari debit air di saluran menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_0^{1/2} \quad (2.12)$$

Dimana :

Q = debit air di saluran

A = Luas penampang Basah (m^2)

n = Koefisien kekasaran maning

R = jari – Jari Hidrolis

S_0 = Kemiringan dasar saluran

Model fisik hidrolis adalah suatu bentuk pengecilan (miniatur) dari suatu bangunan, skala diuji coba pada *miniature* model fisik (*eksperimen*) seperti kondisi sebenarnya (*prototipe*) yang memperhatikan faktor yang ada di *prototipe* dalam keadaan sama dengan faktor yang di alat rancang. Diererich J.Schuring (1997).

uji kalibrasi alat rancang perlu dilakukan uji coba simulasi berulang – ulang pada proses pengamatan garis aliran. Selama proses simulasi kondisi debit inflow dan outflow menunjukkan nilai besaran yang volume yang sama, dan posisi keadaan uji coba konstan.

METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium keairan Kampus Unesa Ketintang Surabaya dengan permasalahan yang diambil terletak pada pelimpah samping waduk Wonorejo kota Tulungagung, Jawa Timur.



Gambar 4 Pola aliran limpasan pada waduk Wonorejo



Gambar 5 Pola aliran limpasan pada waduk Wonorejo

A. Kalibrasi Alat

Kalibrasi alat diperlukan untuk mendapatkan kevalidan data pada saat percobaan. Skala yang digunakan untuk benda uji adalah 1 : 20 sehingga mercu pada benda uji dibuat dengan panjang 50 cm, sedangkan untuk perbandingan volume air adalah 1 liter : 1.000.000 liter.



Gambar 6 Model Benda uji

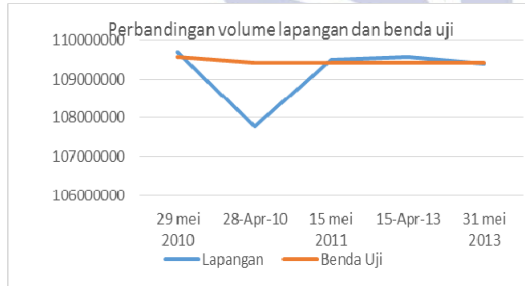
Cara kerja yaitu mengisi profil tank dengan air yang volumenya telah di tentukan sesuai dengan hasil perhitungan. Pada bagian bawah profil tank terdapat kran dengan diameter $\frac{3}{4}$ yang berfungsi

sebagai pengatur debit dan disambung dengan pipa yang dialirkan menuju tampungan benda uji. Selain profil tank, Bagian lain dari benda uji adalah pompa air yang telah dipasang selang pada bagian ujungnya. Pompa air yang dipasang selang tersebut dihubungkan dengan profil tank. Fungsi dari pompa air dan selang yaitu untuk memindahkan air dari bak tampungan yang digunakan untuk menampung air yang telah melimpas menuju profil tank agar tidak terjadi luberan.

Tabel 1 perbandingan volume lapangan dan benda uji

tgl	Tinggi Limpasan Lapangan (mm)	Tinggi Limpasan Benda Uji (mm)	Volume Lapangan (m3)	Volume Benda Uji (m3)
29 Mei 2010	28	0.28	109.785.109	109.567388
28 April 2010	3	0.03	107.786.646	109.417934
15 Mei 2011	3	0.03	109.486.646	109.417934
15 April 2013	4	0.04	109.574.385	109.411956
31 Mei 2013	2	0.02	109.406.133	109.423913

Sumber: Data lapangan dan hasil percobaan



Gambar 7 Grafik Perbandingan volume lapangan dan hasil percobaan

Tabel 2 Presentase selisih volume lapangan dan benda uji

tgl	Volume Lapangan (m3)	Volume Benda Uji (m3)	Presentase selisih volume lapangan dan benda uji (%)
29 Mei 2010	109.785.109	109.567388	0.10%
28 April 2010	107.786.646	109.417934	0.75%
15 Mei 2011	109.486.646	109.417934	0.03%
15 April 2013	109.574.385	109.411956	0.07%
31 Mei 2013	109.406.133	109.423913	0.01%

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 1 dan 2 serta gambar grafik 7 disimpulkan bahwa volume air di lapangan dengan volume air benda uji memiliki nilai yang hampir. Dari ke – 5 hasil

perhitungan data kalibrasi, pada tanggal 28 April 2010 terjadi perbedaan volume yang sangat mencolok karena pada tanggal 28 April 2010 sesuai dengan arahan dari senior II bahwa dari bendung Segawe menuju terowongan dibuat kecepatan 0 m3/detik dan arahan dari senior I bahwa elevasi muka air waduk Wonorejo harus diturunkan sehingga volume air berkurang.

B. Perhitungan Debit Terukur $Q_{(m^3)}$

1. Percobaan pada mercu Ogee

Debit terukur dicari dengan rumus $Q_{(m^3)} = \frac{V}{t}$

dimana :

$Q_{(m^3)}$ = Debit terukur

V = Volume

t = waktu

Mencari volume air dengan cara :

Tinggi limpasan = 10 mm = 20 cm

Tinggi air sejajar mercu = 915 cm

Tinggi air total = 915 cm + 20 cm = 935 cm

Volume air keseluruhan pada limpasan 4 mm :

Volume air total = total air x kenaikan air per 1 cm

= 935 cm x 0.120 liter/cm

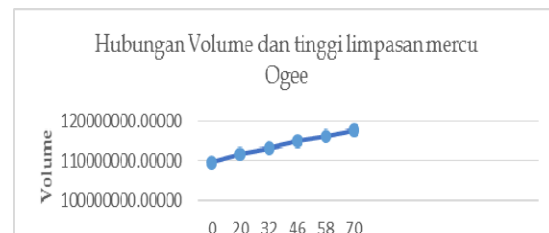
= 111.79 liter

Cara yang sama dilakukan untuk mencari volume air pada percobaan – percobaan yang telah dilakukan dengan hasil yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 3 Volume air total mercu Ogee

No	Tinggi limpasan skala 1 cm : 20 cm (cm)	Elevasi air sejajar mercu (cm)	Tinggi air total (cm)	Volume limpasan liter/cm	Total volume (liter)	Total volume (m3)
1	0	915	915	0.120	109.40	109400000
2	20	915	935	0.120	111.79	111791257
3	32	915	947	0.120	113.23	113226011
4	46	915	961	0.120	114.90	114899891
5	58	915	973	0.120	116.33	116334645
6	70	915	985	0.120	117.77	117769399

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 8 Grafik volume benda uji mercu Ogee
Selanjutnya hasil dari perhitungan volume total digunakan untuk mencari Q terukur dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V = 117.79 \text{ liter/detik}$$

$$t = 245 \text{ detik}$$

$$Q_{\text{terukur}} = \frac{V}{t}$$

$$Q_{\text{terukur}} = \frac{117.79}{245}$$

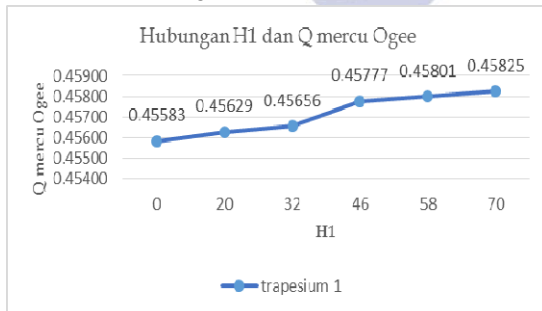
$$Q_{\text{terukur}} = 0.45629 \text{ liter}$$

dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk data – data hasil percobaan dan didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 5 Q_{terukur} mercu Ogee

N o	Waktu melimpas (detik)	Tinggi Limpasan skala 1 :20 (cm)	Total tinggi air mercu dan limpasan (cm)	Volume limpasan (liter)	Q_{terukur} (liter)
1	240	0	915	109.40	0.45583
2	245	20	935	111.79	0.45629
3	248	32	947	113.23	0.45656
4	251	46	961	114.90	0.45777
5	254	58	973	116.33	0.45801
6	257	70	985	117.77	0.45825

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 9 Grafik hubungan tinggi limpasan dan Q mercu Ogee

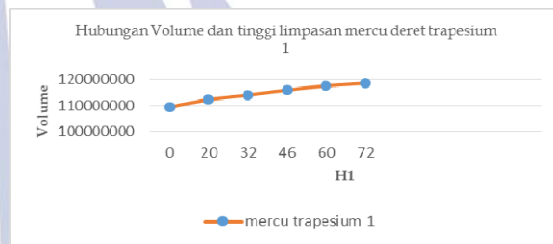
2. Percobaan pada mercu deret trapesium 1

Dengan cara perhitungan yang sama dilakukan untuk mencari Q terukur dan volume air pada mercu modifikasi deret trapesium 1 dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 6 Volume air total mercu modifikasi deret trapesium 1

N o	Tinggi limpasan skala 1 cm : 20 cm (cm)	Elevasi air sejajar mercu (cm)	Tinggi air total (cm)	Volume limpasan liter/cm	Total volume (liter)	Total volume (m3)
1	0	915	915	0.120	109.40	10940000
2	20	915	935	0.120	111.79	111791257
3	32	915	947	0.120	113.23	113943388
4	46	915	961	0.120	114.90	116095519
5	60	915	975	0.120	116.57	117530273
6	72	915	987	0.120	118.01	118725902

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 10 Grafik volume benda uji mercu

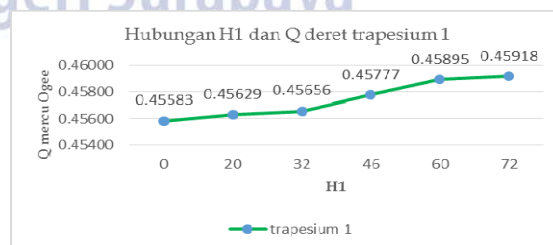
Modifikasi deret trapesium 1

perhitungan Q terukur untuk data – data hasil percobaan adalah sebagai berikut :

Tabel 7 Q_{terukur} mercu modifikasi deret trapesium 1

N o	Waktu melimpas (detik)	Tinggi Limpasan skala 1 :20 (cm)	Total tinggi air mercu dan limpasan (cm)	Volume limpasan (liter)	Q (liter)
1	240	0	915	109.40	0.45583
2	245	20	935	111.79	0.45629
3	248	32	947	113.23	0.45656
4	251	46	961	114.90	0.45777
5	254	60	975	116.57	0.45895
6	257	72	987	118.01	0.45918

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 11 Grafik hubungan tinggi limpasan dan Q mercu modifikasi 1

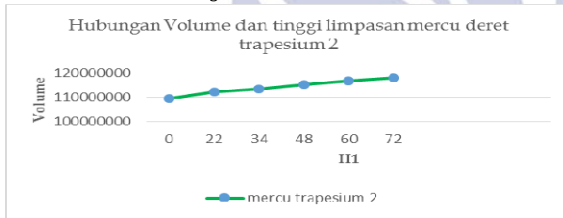
3. Percobaan pada mercu deret trapesium 2

Dengan cara perhitungan yang sama dilakukan untuk mencari Q terukur dan volume air pada mercu modifikasi deret trapesium 1 dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 8 Volume air total mercu modifikasi deret trapesium 2

N o	Tinggi limpahan skala 1 cm : 20 cm (cm)	Elevasi air sejajar mercu (cm)	Tinggi air total (cm)	Volume limpasan liter/cm	Total volume (liter)	Total volume (m3)
1	0	915	915	0.120	109.4000	10940000
2	22	915	937	0.120	112.0304	11203038
3	34	915	949	0.120	113.4651	11346513
4	48	915	963	0.120	115.1390	11513901
5	60	915	975	0.120	116.5738	11657370
6	72	915	987	0.120	118.0085	11800852

Sumber: Hasil Perhitungan

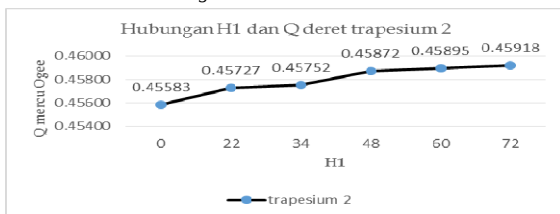


Gambar 12 Grafik volume benda uji modifikasi 1 Perhitungan Q terukur untuk data – data hasil percobaan didapat hasil sebagai berikut

Tabel 9 Q terukur mercu modifikasi deret trapesium 2

N o	Waktu melimpas (detik)	Tinggi Limpasan skala 1 :20 (cm)	Total tinggi air mercu dan limpahan (cm)	Volume limpahan (liter)	Q (liter)
1	240	0	915	915	0.45583
2	245	22	935	937	0.45727
3	248	34	947	949	0.45752
4	251	48	961	963	0.45872
5	254	60	975	975	0.45895
6	257	72	987	987	0.45918

Sumber: Hasil Perhitungan

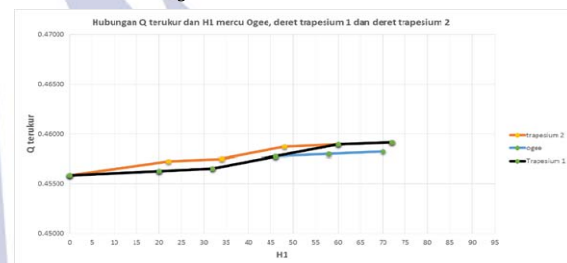


Gambar 13 Grafik hubungan tinggi limpahan dan Q mercu modifikasi 2

Tabel 10 Presentase selisih Q terukur ketiga mercu

Q mercu Ogee (liter/detik)	Q mercu deret trapesium 1 (liter/detik)	Q mercu deret trapesium 2 (liter/detik)	Presentase Mercu Ogee & deret trapesium 1 (%)	Selisih Mercu Ogee & deret trapesium 2 (%)	Q terukur Mercu deret 1 & deret trapesium 2 (%)
0.45583	0.45583	0.45583	0.00%	0.00%	0.00%
0.45629	0.45629	0.45727	0.00%	0.00%	0.00%
0.45656	0.45656	0.45752	0.00%	0.11%	0.00%
0.45777	0.45777	0.45872	0.00%	0.10%	0.10%
0.45801	0.45895	0.45895	0.10%	0.10%	0.00%
0.45825	0.45918	0.45918	0.10%	0.10%	0.00%

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 13 Grafik selisih ketiga mercu

C. Perhitungan koefisien debit (Cd)

1. Mercu Ogee

Pada perhitungan koefisien debit (Cd), untuk Q terukur yang satuannya adalah liter di ubah menjadi cm3 dengan acuan 1 liter = 1000 cm3.

$$Q_{\text{terukur}} = 0.45629 \text{ liter}$$

$$= 0.45629 \times 1000 = 456.29 \text{ cm}^3 = 0.00045629 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi Limpahan (H)} = 20 \text{ cm} = 0.20 \text{ m}$$

$$\text{Gravitasi (g)} = 981 \text{ cm/dt}^2 = 9.81 \text{ m/dt}^2$$

$$\text{Lebar Mercu (b)} = 55 \text{ cm} = 0.55 \text{ m}$$

$$Q_{\text{terukur}} = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} b x H^{3/2}$$

$$0.00045629 = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2 \times 9.81} \times 0.55 \times 0.20^{3/2}$$

$$0.00045629 = \frac{2}{3} C_d \times \sqrt{19.62} \times 0.55 \times 0.0894$$

$$0.00045629 = \frac{2}{3} C_d \times 4.23 \times 0.55 \times 0.0894$$

$$0.00045629 = \frac{2}{3} C_d \times 0.21$$

$$0.00045629 = C_d \times 0.14$$

$$C_d = \frac{0.00045629}{0.14}$$

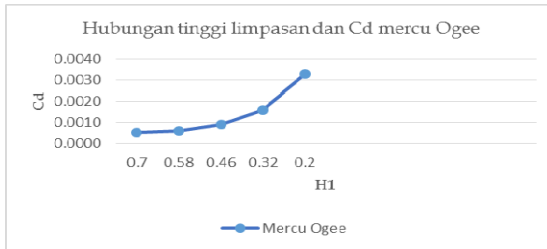
$$C_d = 0.0033$$

Untuk hasil perhitungan Cd dapat dilihat pada tabel :

Tabel 11 Perhitungan Cd Mercu Ogee

No	Tinggi limpasan (cm)	Tinggi limpasan (m)	Q (m3)	Cd
1	20	0.20	0.00045629	0.0033
2	32	0.32	0.00045656	0.0016
3	46	0.46	0.00045777	0.0009
4	58	0.58	0.00045801	0.0006
5	70	0.70	0.00045825	0.0005

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 14 Grafik Cd mercu Ogee

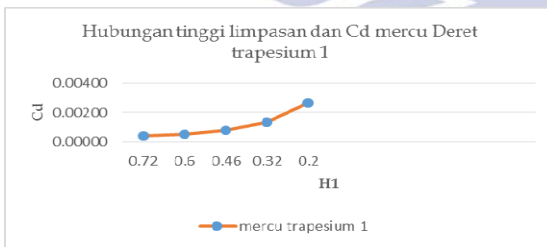
2. Mercu deret trapesium 1

Dengan cara perhitungan yang sama dilakukan untuk mencari Cd pada mercu modifikasi deret trapesium 1 dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 12 Perhitungan Cd mercu MODifikasi deret trapesium 1

No	Tinggi limpasan (cm)	Tinggi limpasan (m)	Q (m3)	Cd
1	20	0.20	0.000045629	0.00268
2	32	0.32	0.00045656	0.00132
3	46	0.46	0.00045777	0.00077
4	60	0.60	0.00045895	0.00052
5	72	0.72	0.00045918	0.00039

Sumber: Hasil Perhitungan



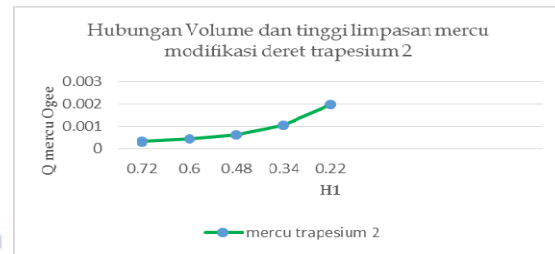
Gambar 15 grafik Cd mercu modifikasi 1

3. Mercu deret trapesium 2

Dengan cara perhitungan yang sama dilakukan untuk mencari Cd pada mercu modifikasi deret trapesium 1 dengan hasil sebagai berikut

	limpasan (cm)	limpasan (m)		
1	22	0.22	457.50	0.00196
2	34	0.34	457.99	0.00102
3	48	0.48	458.47	0.00061
4	60	0.6	458.94	0.00044
5	72	0.72	460.56	0.00033

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 16 grafik Cd mercu modifikasi 2

Tabel 14 Perbandingan Cd ketiga mercu

Cd mercu Ogee	Cd deret trapesium m 1	Cd deret trapesium m 2	Presentase Mercu Ogee & deret trapesium m 1 (%)	Selisih Mercu Ogee & deret trapesium 2 (%)	Cd Mercu deret 1 & deret trapesium m 2 (%)
0.0033	0.00268	0.00196	10.37%	25.48%	15.52%
0.0016	0.00132	0.00102	9.59%	24.79%	12.82%
0.0009	0.00077	0.00061	7.78%	21.01%	11.59%
0.0006	0.00052	0.00044	7.14%	16.67%	8.33%
0.0005	0.00039	0.00033	12.36%	23.61%	8.33%

Sumber: Hasil Perhitungan

D. Perhitungan kemiringan saluran dan pola aliran yang terjadi

Tabel 15 Konversi tinggi limpasan lapangan dan benda uji

No	Tinggi limpasan benda uji (cm)	Tinggi limpasan Skala 1 cm : 20 cm	Konversi satuan (m)
1	1.40	28	0.28
2	0.15	3	0.03
3	0.15	3	0.03
4	0.20	4	0.04
5	0.10	2	0.02

Sumber: Hasil Perhitungan

Mencari y_c

$$x_c = \frac{1}{3} x E, x_c = \frac{1}{3} x 0.28, y_c = 0.19 \text{ m}$$

Tabel 13 Perhitungan Cd mercu MODifikasi deret trapesium 2

No	Tinggi	Tinggi	Q (cm)	Cd
----	--------	--------	--------	----

Tabel 16 nilai y_c lapangan

No	E (m)	y_c (m)
1	0.28	0.19

2	0.03	0.02
3	0.03	0.02
4	0.04	0.03
5	0.02	0.01

Sumber: Hasil Perhitungan

$$V_c = \sqrt{\frac{V_c^3}{g}} \times 2 \times g, \quad V_c = \sqrt{\frac{V_c^3}{g}} \times 2 \times g$$

$$V_c = \sqrt{\frac{V_c^3}{g}} \times 2 \times 9.81, \quad V_c = \sqrt{\frac{V_c^3}{g}} \times 2 \times 9.81$$

$$V_c = 0.80 \times 2 \times 9.81, \quad V_c = 5.9 \text{ m}$$

Tabel 17 V_c lapangan

No	E (cm)	V_c (m)
1	0.28	5.9
2	0.03	2.0
3	0.03	2.0
4	0.04	2.2
5	0.02	1.6

Sumber: Hasil Perhitungan

$$R = \frac{\text{lebar saluran} \times y_c}{2 \times y_c + \text{lebar saluran}}, \quad R = \frac{4.5 \times 0.19}{2 \times 0.19 + 4.5}$$

$$R = \frac{0.855}{4.57}, \quad R = 0.17 \text{ m}$$

Tabel 18 R lapangan

No	y_c (m)	Lebar saluran (m)	R (m)
1	0.19	4.5	0.17
2	0.02	4.5	0.02
3	0.02	4.5	0.02
4	0.03	4.5	0.03
5	0.01	4.5	0.01

Sumber: Hasil Perhitungan

$$S_c = \frac{V_c^3 \times n^2}{R^4 \times g}, \quad S_c = \frac{5.9^3 \times 0.012^2}{0.17^4 \times 9.81}$$

$$S_c = \frac{84.64 \times 0.000144}{0.00128}, \quad S_c = \frac{0.008}{0.00128}$$

$$S_c = 3.897 \text{ m}$$

Tabel 19 nilai S_c Mercu lapangan

No	$V_c^3 \times n^2$ (m)	$R^{4/3}$ (m)	n^2	S_c (m)	Ket
1	0.005	0.001280	0.000144	3.897	Steep slope
2	0.001	0.000002	0.000144	284.617	Steep slope
3	0.001	0.000002	0.000144	284.617	Steep slope
4	0.001	0.000005	0.000144	146.572	Steep slope
5	0.0004	0.000001	0.000144	655.931	Steep slope

Sumber: Hasil Perhitungan

1. Perhitungan Mercu Ogee

$$V_c = \frac{V_c^3}{g} E, \quad V_c = \frac{V_c^3}{g} 0.20, \quad y_c = 0.13 \text{ m}$$

Tabel 20 nilai y_c Mercu Ogee

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\frac{V_c^3}{g} = \frac{V_c^3}{g} E, \quad \frac{V_c^3}{g} = \frac{V_c^3}{g} \times 0.20,$$

No	E	y_c
1	0.20	0.13
2	0.32	0.21
3	0.46	0.31
4	0.58	0.39
5	0.70	0.47

$$\frac{V_c^3}{2g} = 5.10 \text{ m}$$

Tabel 21 $\frac{V_c^3}{2g}$ mercu Ogee

No	E (m)	$\frac{V_c^3}{2g}$ (m)
1	0.20	0.07
2	0.32	0.11
3	0.46	0.15
4	0.58	0.19
5	0.70	0.23

Sumber: Hasil Perhitungan

$$V_c = \sqrt{\frac{V_c^3}{g}} \times 2 \times g, \quad V_c = \sqrt{\frac{V_c^3}{g}} \times 2 \times 9.81$$

$$V_c = 5.10 \text{ m}$$

Tabel 22 V_c Mercu Ogee

No	$\frac{V_c^3}{2g}$ (m)	V_c (m)
1	0.07	5.10
2	0.11	6.87
3	0.15	8.04
4	0.19	9.03
5	0.23	10.01

Sumber: Hasil Perhitungan

$$R = \frac{\text{lebar saluran} \times y_c}{2 \times y_c + \text{lebar saluran}}, \quad R = \frac{4.5 \times 0.13}{2 \times 0.13 + 4.5}$$

$$R = 0.13 \text{ m}$$

Tabel 23 nilai R Mercu Ogee

No	y_c (m)	Lebar saluran (m)	R (m)
1	0.13	4.5	0.13
2	0.21	4.5	0.19
3	0.31	4.5	0.27
4	0.39	4.5	0.33
5	0.47	4.5	0.39

Sumber: Hasil Perhitungan

$$V_c^3 \times n^2 = 5.10^3 \times 0.012^2 = 26.02 \times 0.000144$$

$$= 0.0037 \text{ m}$$

Tabel 24 nilai $V_c^3 \times n^2$ mercu Ogee

No	V_c^3 (m)	n	n^2	$V_c^3 \times n^2$
----	-------------	---	-------	--------------------

				(m)
1	26.02	0.012	0.000144	0.0037
2	47.16	0.012	0.000144	0.0068
3	64.71	0.012	0.000144	0.0093
4	81.45	0.012	0.000144	0.0117
5	100.12	0.012	0.000144	0.0144

Sumber: Hasil Perhitungan

$$S_c = \frac{V^2}{g n^2}, S_c = \frac{0.00041^2}{9.81 \times 0.000144}, S_c = 7.52 \text{ m}$$

Tabel 25 nilai S_c mercu ogee

No	$\frac{V^2}{g n^2}$ (m)	$R^{4/3}$ (m)	n^2	S_c (m)	Ket
1	0.0037	0.0005	0.000144	7.52	Steep slope
2	0.0068	0.002	0.000144	3.67	Steep slope
3	0.0093	0.005	0.000144	1.90	Steep slope
4	0.0117	0.009	0.000144	1.31	Steep slope
5	0.0144	0.014	0.000144	1.00	Steep slope

Sumber: Hasil Perhitungan

$$Q = A \times \frac{V}{n} \times \frac{1}{S_c^{1/2}},$$

$$Q = 4.54 \times \frac{1}{0.012} \times \frac{0.00041}{\sqrt{7.52}} \times 0.000244$$

$$Q = 0.000037 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 26 Nilai Q mercu Ogee

No	A (m ²)	P (m)	Q (m ³ /detik)
1	0.090	4.54	0.000037
2	0.158	4.57	0.000113
3	0.203	4.59	0.000186
4	0.248	4.61	0.000277
5	0.293	4.63	0.000385

Sumber: Hasil Perhitungan

Diketahui :

$$Q = 0.000037 \text{ m}^3/\text{detik}, A = 0.090 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A}, V = \frac{0.000037 \text{ m}^3/\text{detik}}{0.090 \text{ m}^2}$$

$$V = 0.00041 \text{ m/detik}$$

Tabel 27 nilai V mercu ogee

No	Q m ³ /detik	A (m)	V (m/detik)
1	0.000037	0.090	0.00041
2	0.000113	0.158	0.00072
3	0.000186	0.203	0.00092
4	0.000277	0.248	0.00112
5	0.000385	0.293	0.00132

Sumber: Hasil Perhitungan

$$y = 0.2 \text{ m}$$

$$v = 0.00041 \text{ m/detik}$$

$$g = 9.81 \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$F_1 = \frac{V}{g n^2}$$

$$F_1 = \frac{0.00041}{9.81 \times 0.000144}$$

$$F_1 = 0.00092$$

Tabel 28 nilai F_1 mercu Ogee

No	V (m/detik)	y (m)	g (m ² /detik)	F_1	keterangan
1	0.00041	0.02	9.81	0.00092	sub kritis
2	0.00072	0.035	9.81	0.00124	sub kritis
3	0.00092	0.045	9.81	0.00139	sub kritis
4	0.00112	0.055	9.81	0.00153	sub kritis
5	0.00132	0.065	9.81	0.00165	sub kritis

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Perhitungan data percobaan mercu modifikasi deret trapesium 1

Untuk perhitungan pada mercu modifikasi deret trapesium sama dengan perhitungan mercu Ogee. Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel – tabel berikut ini :

Tabel 29 nilai y_e mercu modifikasi 1

No	E	y_e
1	0.20	0.13
2	0.32	0.21
3	0.46	0.31
4	0.60	0.40
5	0.72	0.48

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 30 nilai $\frac{V^2}{2g}$ mercu modifikasi 1

No	E (m)	$\frac{V^2}{2g}$ (m)
1	0.20	0.07
2	0.32	0.11
3	0.46	0.15
4	0.60	0.20
5	0.72	0.24

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 31 nilai V_e mercu modifikasi 1

No	$\frac{V^2}{2g}$ (m)	V_e (m)
1	0.07	5.10
2	0.11	6.47
3	0.15	7.59
4	0.20	8.77
5	0.24	9.61

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 32 nilai R mercu modifikasi 1

No	y_e (m)	Lebar saluran (m)	R (m)
1	0.13	4.5	0.13
2	0.21	4.5	0.19
3	0.31	4.5	0.27
4	0.40	4.5	0.34
5	0.48	4.5	0.40

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 33 nilai $V_e^2 \times n^2$ mercu modifikasi 1

No	V_e^2 (m)	n	n^2	$V_e^2 \times n^2$ (m)
----	-------------	-----	-------	------------------------

1	26.02	0.012	0.000144	0.004
2	41.92	0.012	0.000144	0.006
3	57.65	0.012	0.000144	0.008
4	76.92	0.012	0.000144	0.011
5	92.43	0.012	0.000144	0.013

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 34 nilai S_c mercu modifikasi 1

No	$Vc^2 n^2$ (m)	$R^{4/3}$ (m)	n^2	S_c (m)	Ket
1	0.004	0.0005	0.000144	7.5	Steep slope
2	0.006	0.002	0.000144	3.3	Steep slope
3	0.008	0.005	0.000144	1.7	Steep slope
4	0.011	0.010	0.000144	1.1	Steep slope
5	0.013	0.0155	0.000144	1	Steep slope

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 35 nilai A dan P mercu modifikasi 1

No	Lebar saluran/ B (m)	Kedalaman air saluran/ y (m)	A (m ²)	P (m)
1	4.5	0.025	0.1125	4.55
2	4.5	0.040	0.1800	4.58
3	4.5	0.055	0.2475	4.61
4	4.5	0.065	0.2925	4.63
5	4.5	0.070	0.3150	4.64

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 36 nilai Q mercu modifikasi 1

No	A (m ²)	F (m)	Q (m ³ /detik)
1	0.1125	4.55	0.000058
2	0.1800	4.58	0.000147
3	0.2475	4.61	0.000277
4	0.2925	4.63	0.000385
5	0.3150	4.64	0.000446

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 37 nilai V mercu modifikasi 1

No	Q m ³ /detik	A (m)	V (m/detik)
1	0.000058	0.1125	0.00052
2	0.000147	0.1800	0.00082
3	0.000277	0.2475	0.00112
4	0.000385	0.2925	0.00132
5	0.000446	0.3150	0.00141

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 38 nilai Fr mercu modifikasi 1

No	V (m/detik)	y (m)	S (m ² /detik)	Fr	keterangan
1	0.00052	0.025	9.81	0.0010	sub kritis
2	0.00082	0.040	9.81	0.0013	sub kritis
3	0.00112	0.055	9.81	0.0015	sub kritis
4	0.00132	0.065	9.81	0.0016	sub kritis
5	0.00141	0.070	9.81	0.0017	sub kritis

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Perhitungan data percobaan mercu modifikasi deret trapesium 2

Untuk perhitungan pada mercu modifikasi deret trapesium sama dengan perhitungan mercu Ogee. Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel – tabel berikut ini :

Tabel 39 nilai yc mercu modifikasi 2

Sumber: Hasil Perhitungan

N	E	yc
1	0.22	0.15
2	0.34	0.23
3	0.48	0.32
4	0.6	0.40
5	0.72	0.48

Tabel 40 nilai $\frac{Vc^2}{zg}$ mercu modifikasi 2

No	E (m)	$\frac{Vc^2}{zg}$ (m)
1	0.20	0.07
2	0.32	0.11
3	0.46	0.16
4	0.60	0.20
5	0.72	0.24

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 41 nilai vz mercu modifikasi 2

No	$\frac{Vc^2}{zg}$ (m)	Vz (m)
1	0.07	5.10
2	0.11	6.47
3	0.16	7.85
4	0.20	8.83
5	0.24	9.61

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 42 nilai $Vc^2 n^2$ mercu modifikasi 2

No	Vc^2 (m)	n	n^2	$Vc^2 n^2$ (m)
1	26.02	0.012	0.000144	0.004
2	41.92	0.012	0.000144	0.006
3	61.59	0.012	0.000144	0.009
4	77.95	0.012	0.000144	0.011
5	92.43	0.012	0.000144	0.013

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 43 nilai R mercu modifikasi 2

No	yc (m)	Lebar saluran (m)	R (m)
1	0.15	4.5	0.14
2	0.23	4.5	0.21
3	0.32	4.5	0.28
4	0.40	4.5	0.34
5	0.48	4.5	0.40

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 44 nilai S_c mercu modifikasi 2

No	F_r	n^2	S_c	Ket
1	0.004	0.0007	0.000144	5.7 Steep slope
2	0.006	0.0022	0.000144	2.8 Steep slope
3	0.009	0.0055	0.000144	1.6 Steep slope
4	0.011	0.0098	0.000144	1.1 Steep slope
5	0.013	0.0155	0.000144	1 Steep slope

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 45 nilai A dan P mercumodifikasi 2

No	Lebar saluran/ B (m)	Kedalaman air saluran/ y (m)	A (m^2)	P (m)
1	4.5	0.025	0.1125	4.55
2	4.5	0.040	0.1800	4.58
3	4.5	0.055	0.2475	4.61
4	4.5	0.060	0.2700	4.62
5	4.5	0.075	0.3375	4.65

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 46 nilai Q mercu modifikasi 2

No	A (m^2)	P (m)	Q ($m^3/detik$)
1	0.1125	4.55	0.00006
2	0.1800	4.58	0.00015
3	0.2475	4.61	0.00028
4	0.2700	4.62	0.00033
5	0.3375	4.65	0.00051

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 47 nilai V mercu modifikasi 2

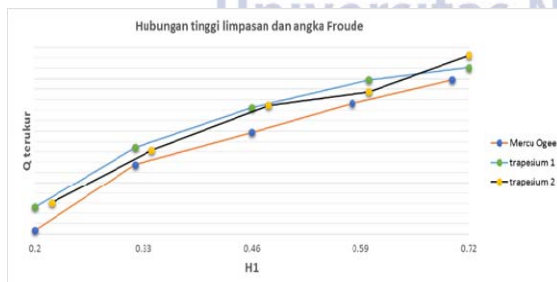
No	Q ($m^3/detik$)	A (m)	V ($m/detik$)
1	0.000058	0.1125	0.0005
2	0.000147	0.1800	0.0008
3	0.000277	0.2475	0.0011
4	0.000385	0.2925	0.0012
5	0.000446	0.3150	0.0015

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 47 nilai F_r mercu modifikasi 2

No	V ($m/detik$)	y (m)	g ($m^2/detik$)	F_r	keterangan
1	0.0005	0.025	9.81	0.0011	sub kritis
2	0.0008	0.040	9.81	0.0013	sub kritis
3	0.0011	0.055	9.81	0.0015	sub kritis
4	0.0012	0.060	9.81	0.0016	sub kritis
5	0.0015	0.075	9.81	0.0018	sub kritis

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 17 grafik F_r ketiga mercu

Tabel 48 presentase selisih nilai F_r ketiga mercu

No	Angka Froude mercu Deret trapesium 1	Angka froude mercu deret trapesium 1	Angka Froude Mercu Ogee & deret trapesium 2	Presentase Mercu Ogee & deret trapesium 1 (%)	Selisih Mercu Ogee & deret trapesium 2 (%)	Angka froude Mercu deret 1 & deret trapesium 2 (%)
1	0.0010	0.0010	0.0011	5.77%	6.78%	1.01%
2	0.0013	0.0013	0.0013	3.23%	2.76%	0.47%
3	0.0015	0.0015	0.0015	4.09%	4.43%	0.34%
4	0.0016	0.0016	0.0016	3.56%	1.77%	1.79%
5	0.0017	0.0017	0.0018	1.76%	3.44%	1.68%

Sumber: hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 25, tabel 34 dan tabel 44 dapat dilihat bahwa kemiringan saluran yang terjadi pada percobaan mercu Ogee, mercu deret trapesium 1 dan deret trapesium 2 adalah steep slope dengan aliran yang dihasilkan secara keseluruhan pada hasil percobaan berupa aliran sub kritis sesuai dengan perhitungan yang tetera pada tabel 28, 38 dan 47. hal ini membuktikan bahwa penggunaan jenis mercu modifikasi baik trapesium 1 maupun mercu modifikasi trapesium 2 dapat digunakan sebagai alternatif untuk mercu spillway selain mercu Ogee.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Pola aliran yang terjadi pada saluran pelimpah samping dengan menggunakan mercu Ogee, Mercu modifikasi deret trapesium 1 dan Mercu modifikasi deret trapesium 2 secara keseluruhan adalah sub kritis dengan nilai angka Froude pada Mercu ogee, Mercu modifikasi deret trapesium 1 dan Mercu modifikasi deret trapesium 2 secara berurutan adalah 0.00092, 0.00124, 0.00139, 0.00153, 0.00165 untuk mercu Ogee, 0.0010, 0.0013, 0.0013, 0.0015, 0.0016, 0.0017 untuk Mercu modifikasi deret trapesium 1 dan 0.0011, 0.0013, 0.0015, 0.0016, 0.0018 untuk mercu modifikasi deret trapesium 2.
2. Karena pola aliran yang dihasilkan berupa aliran sub kritis maka keadaan konstruksi spillway tidak akan mengalami kerusakan karena sifat dari aliran sub kritis yang berubah beraturan.
3. Aliran sub kritis terjadi disebabkan karena sudut kemiringan saluran pengarah pada spillway, kecepatan air di saluran, kedalaman air di saluran, luas penampang basah, kemiringan saluran, keliling penampang basah di saluran dan angka kekasaran manning.
4. Pola aliran yang dihasilkan dari ketiga model mercu yaitu aliran sub kritis yang telah sesuai dengan perencanaan yang terdapat pada waduk wonorejo khususnya pada bagian tubuh spillway. Berdasarkan perhitungan, maka

penggunaan modifikasi mercu dengan Pola aliran yang dihasilkan tidak akan merusak konstruksi tubuh spillway.

Saran

1. Luas dan daya tampung benda uji perlu di tambah agar menghasilkan ketebalan air yang lebih besar sehingga energi yang terjadi pada saat air melimpas dapat di ukur.
2. Kapasitas pompa perlu di tingkatkan agar mendapatkan variasi ketebalan air yang lebih banyak sehingga besar energi limpasan dapat dicari pada tiap-tiap mercu.
3. Judul penelitian pada skripsi ini akan digunakan oleh penulis untuk melanjutkan studi di kemudian hari .

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., Waduk Wonorejo. 2015. Tulungagung
- Chow. Ven Te.1997. Hidrolika Saluran Terbuka. Terjemahan E.V. Nensi Rosalina. Jakarta : Erlangga
- Kusnan,dkk. 2014. *Model Alat Rancang Bangun Untuk Menentukan garis Aliran Rembesan Air (Seepage Line Formation) Di Timbunan Bendungan Tipe Urugan Homogen*. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- Mawardi, Eman dan Memed, Moch. 2010. *Design Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi*. Bandung : Alfabeta
- Nuruviana, endah P. 2011. *Peningkatan Kapasitas Spillway Dengan Perubahan Bentuk Puncak Tipe Deret Trapesium*. Surakarta : Jurusan Teknik Sipil , Universitas Sebelas Maret
- Prastumi dan Masrevaniah, Aniek. 2008. *Bangunan Air*. Surabaya : Srikandi
- Primadi , Herdin. 2009. *Kajian Hidrolika Saluran Transisi dan Saluran peluncur Pada Uji Model Waduk Jhem Kabupaten Bangli Bali*. Malang : Jurusan Teknik Sipil, Unbraw
- Schuring, J Dieterich. 1977. *Scale model In Engineering*. Buffalo New York. A Wheaton and Co.
- Soedibyo, 1993, *Teknik Bendungan*, Jakarta :Prada Paramita.
- Sosrodarsono,Suyono dan Takeda,Kesaku. 2002. Bendung Tipe Urugan. Jakarta : Erlangga
- Waduk Wonorejo. 2015. Tulungagung. Waduk Wonorejo