

Pengaruh Variasi Kemiringan Peluncur Mercu Ogee Terhadap Panjang Loncatan Hidrolik

Effect of Variation of Inclination of Ogee Lighthouse Launcher on Hydraulic Jump Length

Andi Nurannisa^{1,2}, Yunita Afliani Rahayu¹, Nurnawaty¹, Fauzan Hamdi¹

¹Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

²Email Korespondensi: nurannisaandi08@gmail.com

Abstract

Hydraulic jump occurs when there is a sudden change in speed and flow depth due to the slope of the crest which causes heavy flow downstream, so that scour can occur which can damage the channel bottom. This study aims to determine the length of the hydraulic jump, the type of hydraulic jump and the loss of energy with variations in the slope of the crest launcher. The method used was a laboratory test using the ogee lighthouse type with two variations of the slope of the lighthouse launcher, namely 1:1 and 1:2. For a 1:1 slope of the crest launcher, the hydraulic jump length is 0.078 m and the crest slope of 1:2 is 0.060 m long. The slope of the crest launcher is directly proportional to the length of the hydraulic jump where the greater the value of the slope of the launcher, the greater the resulting hydraulic jump length. This type of hydraulic jump on a slope of 1:1 at point y2 produces a wavy type of jump because the number value is 1.166 ($Fr > 1.7$) and the type of hydraulic jump on a slope of 1:2 at point y4 produces a type of jump that is not formed because the value of the Fr number is 0.808 ($Fr < 1$). Loss of energy at a launcher slope of 1:1 results in the greatest energy loss of 0.017 m and a launcher slope of 1:2 results in the largest energy loss of 0.010 m. The tilt of the launcher is directly proportional to the loss of energy where the greater the slope of the launcher, the greater the loss of energy generated.

Keywords : *Hydraulic Jump, Lighthouse Launcher Tilt Variation.*

Abstrak

Loncatan hidrolik terjadi apabila adanya perubahan kecepatan serta perbedaan tinggi muka air yang diakibatkan antara lain kemiringan bentuk permukaan hilir mercu yang menyebabkan aliran deras di bagian hilir, sehingga dapat terjadi gerusan yang bisa merusak dasar saluran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui panjang loncatan hidrolik, jenis loncatan hidrolik dan kehilangan energi dengan variasi kemiringan hilir mercu. Metode yang dilakukan adalah uji laboratorium menggunakan type mercu ogee dengan dua variasi kemiringan peluncur mercu yaitu 1:1 dan 1:2. Untuk kemiringan hilir mercu 1:1 panjang loncatan hidrolik sebesar 0,078 m dan kemiringan hilir mercu 1:2 panjang loncatan hidrolik sebesar 0,060 m . Kemiringan hilir mercu berbanding lurus dengan panjang loncatan hidrolik dimana semakin curam (1:1) nilai kemiringan hilir mercu maka semakin besar pula nilai panjang loncatan hidrolik yang dihasilkan. Jenis loncatan hidrolik pada kemiringan 1:1 pada titik y2 menghasilkan jenis loncatan berombak karena nilai bilangan sebesar 1,166 ($Fr > 1,7$) dan jenis loncatan hidrolik pada kemiringan 1:2 pada titik y4 menghasilkan jenis loncatan tidak terbentuk karena nilai bilangan Fr sebesar 0.808 ($Fr < 1$). Kehilangan energi pada kemiringan hilir 1:1 menghasilkan kehilangan energi terbesar 0,017 m dan kemiringan hilir 1:2 menghasilkan kehilangan energi terbesar 0,010 m. Kemiringan hilir mercu berbanding lurus dengan kehilangan energi dimana semakin curam kemiringan peluncur maka semakin besar pula kehilangan energi yang dihasilkan.

Kata Kunci : Loncatan Hidrolik, Variasi Kemiringan Hilir Mercu.

1. PENDAHULUAN

Bendungan pada umumnya dilengkapi dengan bangunan pelengkap berupa bangunan spillway. Salah satu bagian pada bangunan spillway yaitu mercu. Mercu atau pelimpah pada suatu bendungan berfungsi untuk melimpahkan air berlebih dari bendungan agar air yang terkumpul menjadi

lebih banyak dan elevasi muka air menjadi lebih tinggi. Pelimpah atau mercu biasanya digunakan untuk keperluan irigasi, penyediaan air baku, pengendalian banjir, pengendalian sedimen dan lain-lain.

Pada mercu pelimpah dapat terjadi fenomena yang sangat menarik yaitu fenomena loncatan hidrolik saat air

melewati mercu. Loncatan hidrolis terjadi apabila adanya perubahan kecepatan serta perbedaan tinggi muka air yang diakibatkan antara lain kemiringan bentuk permukaan hilir mercu sehingga karakteristik aliran mengalami perubahan dari superkritis ke subkritis. Peninggian muka air karena adanya pembendungan ini akan mengakibatkan adanya aliran yang deras di bagian hilir yang akan menyebabkan timbulnya gerusan yang dapat merusak dasar saluran. Oleh karena itu kami tertarik untuk meneliti tentang pengaruh variasi kemiringan peluncur mercu ogee terhadap panjang loncatan hidrolis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian sebelumnya terkait dengan kemiringan hulu pelimpah menunjukkan bahwa semakin miring hulu pelimpah maka panjang loncatan hidrolis semakin panjang (Fernando Marcal Noronha Belo, 2017). Pada penelitian ini bertujuan untuk memvariasikan kemiringan sudut peluncur mercu untuk mengetahui panjang loncatan hidrolis yang terjadi dan mengetahui jenis loncatan hidrolis yang terjadi akibat variasi sudut tersebut.

Bendungan dilengkapi dengan beberapa bagian yang memiliki fungsi masing-masing, salah satunya adalah bangunan pelimpah atau *Spillway*. Bangunan pelimpah (*spillway*) adalah bangunan pelengkap dari suatu bendungan yang berguna untuk mengalirkan kelebihan air ke arah hilir. Konstruksi tersebut hendaknya dirancang sedemikian rupa sehingga kapasitas konstruksinya cukup untuk mengalirkan debit banjir, dan memenuhi kondisi hidraulika yang baik. (Masrevaniah: 2012).

Pelimpah memiliki fungsi utama membuang kelebihan air waduk sehingga air tidak melimpas puncak bendungan yang dapat membahayakan bendungan. Kapasitas pelimpah harus didesain menggunakan banjir dengan kala ulang tertentu (Modul Desain Bangunan Pelengkap Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR pada tahun 2017).

Pada pelimpah terjadi loncatan hidrolis bilamana ada perubahan aliran dari super kritis menjadi sub kritis. Sebagai contoh adalah aliran yang melalui penghalang berupa sluice gate yang melintang selebar saluran. Akibat adanya penghalang ini maka di bagian hilirnya muncul loncatan hidrolis (Robert J Kodoatie, 2009).

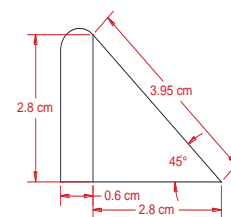
Loncatan hidrolis yang terjadi akan mengakibatkan perubahan energi aliran dari sebelum terjadi loncatan hingga terjadinya loncatan. Energi adalah tenaga atau gaya yang di hasilkan dari suatu pergerakan baik zat padat maupun cair, ataupun berasal dari perubahan dari pergerakan (Jonas, 2007). Kehilangan energi (ΔE) adalah selisih antara energi pra-konstriksi dan pasca-konstriksi, atau besarnya kehilangan energi atau berkurangnya aliran air di dalam saluran (L.T. Akhi dan Amanda., 2017).

Mercu yang digunakan pada penelitian ini adalah mercu ogee berbentuk tirai luapan bawah dari mercu pelimpah bendungan. Oleh karena itu, mercu ini tidak akan memberikan tekanan subatmosfir pada permukaan mercu sewaktu bendungan mengalirkan air pada debit rencana (Kumala, 2019).

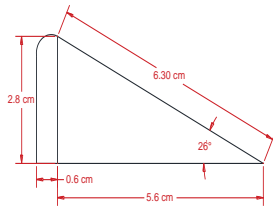
3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen laboratorium. Metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2009:107). Penelitian ini menggunakan dua variasi kemiringan hilir mercu ogee yaitu 1:1 dan 1:2.



Gambar 1. Model Kemiringan Hilir Mercu 1:1



**Gambar 2. Model Kemiringan Hilir
Mercu 1:2**

3.2 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan data primer yaitu data yang diperoleh langsung dari laboratorium Universitas Muhammadiyah Makassar. Dengan dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas yang akan kami gunakan adalah debit aliran (Q), kemiringan peluncur mercu dan dimensi penampang saluran. Sedangkan variabel terikat yang akan kami gunakan adalah kecepatan aliran (v), kedalaman (y) dan panjang loncatan hidrolik (L).

3.3 Menghitung Debit Aliran

Apabila tampang aliran tegak lurus pada arah aliran, maka debit aliran dapat ditulis dengan rumus berikut (Bambang Triatmodjo, 1993).

$$Q = A \times V$$

dimana:

V = Kecepatan rata-rata aliran (m/det)

A = Luas Penampang (m^2)

3.4 Menghitung Bilangan Froude

Apabila suatu aliran mempunyai bilangan Froude $F = 1$, maka aliran bersifat kritis. Bila $F > 1$ maka aliran bersifat super kritis dan bila $F < 1$ maka aliran bersifat sub kritis (Bambang Triatmodjo, 1993). Untuk menghitung bilangan Froude menggunakan persamaan yang dapat dituliskan dalam rumus berikut ini:

$$Fr = v / (gy)^{\frac{1}{2}}$$

dimana:

v = Kecepatan rata-rata aliran (m/det)

g = Gravitasi bumi (m^2 / det)

y = Kedalaman aliran (m)

3.5 Menghitung Panjang Loncatan Hidrolik

Panjang loncatan hidrolik (L_r), tidak ada rumus teoritis yang dapat digunakan untuk menghitungnya. Tetapi untuk saluran segiempat panjang loncatan hidrolik diambil antara 5 dan 7 kali tinggi loncatan. (Bambang Triatmodjo, 2008)

$$L_r = 5-7 (y_2 - y_1)$$

Dimana:

L_r = Panjang loncatan hidrolik (m)

y_1 = Kedalaman air sebelum loncatan terjadi (m)

y_2 = Kedalaman air air setelah loncatan terjadi (m)

Menghitung panjang loncatan hidrolik menurut Silvester (1964) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$L_r = \sigma (Fr - 1)^{\Pi} \cdot y_2$$

dimana :

L_r = panjang loncat air

y_2 = kedalaman air sebelum loncat

Fr = angka *Froude* pada loncatan.

Saluran persegi empat mempunyai nilai σ sebesar 9,75 dan Π sebesar 1,01.

3.6 Mengklasifikasikan Jenis Loncatan Hidrolik Berdasarkan Bilangan Froude

Klasifikasi loncatan hidrolik berdasarkan bilangan Froude berdasarkan Biro Reklamasi Amerika Serikat. (V.T.Chow, 1989)

- $Fr < 1$ = tidak terbentuk
- $Fr 1-1,7$ = Loncatan berombak
- $Fr 1,7-2,5$ = Loncatan lemah
- $Fr 2,5-4,5$ = Loncatan berosilasi
- $Fr 4,5-9$ = Loncatan tunak
- $Fr > 9$ = Loncatan kuat

3.7 Menghitung Kehilangan Energi

Energi Spesifik adalah tinggi tenaga pada sembarang tampang di ukur dari dasar saluran, atau tenaga pada setiap berat satuan air pada sembarang tampang di ukur dari dasar saluran (Robert, J.K, 2002).

$$E = (V^2/ 2g) +y$$

Dimana :

E = Energi spesifik (m)

V= kecepatan aliran air (m/dtk)

g= percepatan gravitasi (9.81 m/dtk²)

y= kedalaman aliran (m).

Dari data diatas diperoleh persamaan besarnya kehilangan energi sebagai berikut:

$$\Delta E = E1 - E2$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Debit Aliran

Tabel 1. Analisis Debit Aliran

Q	A	V	Debit	Rata-rata Debit
Q1	0,0037	0,2	0,000731	0,000548
	0,0037	0,1	0,000365	
Q2	0,0039	0,3	0,001180	0,000984
	0,0039	0,2	0,000787	
Q3	0,0042	0,4	0,001686	0,001475
	0,0042	0,3	0,001265	

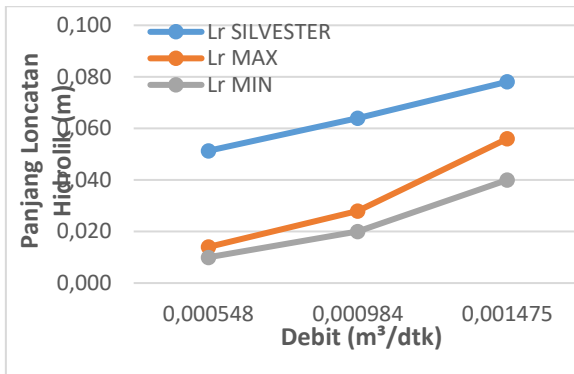
Berdasarkan Tabel 1, menghasilkan nilai rata-rata debit (Q1) sebesar 0,000548 m³/dtk, rata-rata debit (Q2) sebesar 0,000984 m³/dtk, rata –rata debit (Q3) sebesar 0,001475 m³/dtk.

4.2 Analisis Panjang Loncatan Hidrolik (Lr)

Tabel 2. Rekapitulasi Panjang Loncatan Hidrolik

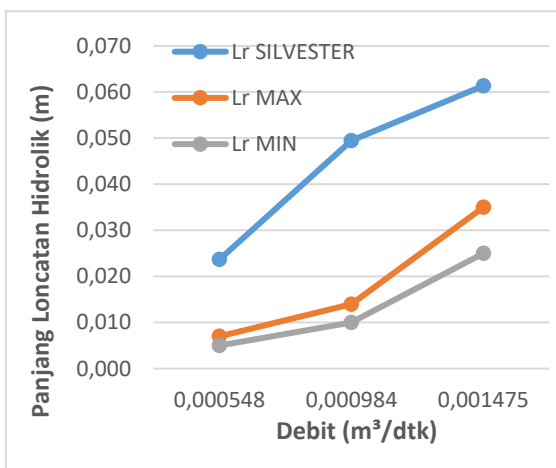
Mercu	Q	Panjang Loncatan		
		Lr Silvester	Lr _{max}	Lr _{min}
1:1	Q1	0,051	0,014	0,010
		0,051	0,014	0,010
	Q2	0,064	0,028	0,020
		0,064	0,028	0,020
	Q1	0,024	0,007	0,005
		0,024	0,007	0,005
1:2	Q2	0,053	0,014	0,010
		0,048	0,014	0,010
	Q1	0,048	0,014	0,010
		0,048	0,014	0,010

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa nilai tertinggi panjang loncatan hidrolik dengan metode Lr_{min} sebesar 0,040 m pada kemiringan 1:1 , dan nilai tertinggi panjang loncatan hidrolik dengan metode Lr_{max} sebesar 0,056 m pada kemiringan 1:1. Nilai tertinggi panjang loncatan hidrolik dengan metode Lr Silvester sebesar 0,078 m pada kemiringan 1:1.



Gambar 3. Hubungan Pengaruh Debit pada Variasi Kemiringan Peluncur 1:1 dengan Panjang Loncatan Hidrolik

Pada Gambar 3, dapat diketahui bahwa debit aliran berbanding lurus dengan panjang loncatan air (Lr), dimana semakin besar debit aliran maka semakin besar panjang loncatan yang terjadi dan sebaliknya semakin kecil debit maka panjang loncatan yang dihasilkan kecil. Hal ini disebabkan karena jika nilai debit besar maka kecepatan air yang terjun pada mercu semakin besar sehingga aliran yang besar akan mengakibatkan loncatan hidrolis yang besar pula.



Gambar 4. Hubungan Pengaruh Debit pada Variasi Kemiringan Peluncur 1:2 dengan Panjang Loncatan Hidrolik

Pada Gambar 4, dapat diketahui bahwa debit aliran berbanding lurus dengan panjang loncatan air (Lr), dimana semakin besar debit aliran maka semakin besar panjang loncatan yang terjadi dan sebaliknya semakin kecil debit maka

panjang loncatan yang dihasilkan kecil. Hal ini disebabkan karena jika nilai debit besar maka kecepatan air yang terjun pada mercu semakin besar sehingga aliran yang besar akan mengakibatkan loncatan hidrolis yang besar pula.

4.3 Analisis Karakteristik Aliran

Tabel 3 Karakteristik Aliran Sebelum Loncat

Mercu	Q	Fr	Karakteristik aliran
1:1	Q1	1,303	Superkritis
	Q2	1,514	Superkritis
	Q3	1,614	Superkritis
1:2	Q1	1,120	Superkritis
	Q2	1,349	Superkritis
	Q3	1,564	Superkritis

Berdasarkan tabel 3, dapat diketahui karakteristik aliran sebelum loncatan untuk kemiringan peluncur mercu 1:1 dan 1:2 menghasilkan aliran superkritis.

Tabel 4 Karakteristik Aliran Saat Loncat

Mercu	Q	Fr	Karakteristik aliran
1:1	Q1	1,355	Superkritis
	Q2	1,413	Superkritis
	Q3	1,475	Superkritis
1:2	Q1	1,190	Superkritis
	Q2	1,355	Superkritis
	Q3	1,413	Superkritis

Berdasarkan tabel 4, dapat diketahui karakteristik aliran saat loncatan untuk kemiringan peluncur mercu 1:1 dan 1:2 menghasilkan aliran superkritis

Tabel 5 Karakteristik Aliran Setelah Loncat

Mercu	Q	Fr	Karakteristik aliran
1:1	Q1	0,490	Subkritis
	Q2	0,677	Subkritis
	Q3	0,808	Subkritis
1:2	Q1	0,270	Subkritis
	Q2	0,505	Subkritis
	Q3	0,677	Subkritis

Berdasarkan tabel 5, dapat diketahui karakteristik aliran setelah loncatan untuk kemiringan peluncur mercu 1:1 dan 1:2 menghasilkan aliran subkritik.

4.4 Analisis Jenis Loncatan Hidrolik Berdasarkan Bilangan Froude Sebelum Loncat

Tabel 6 Rekapitulasi Jenis Loncatan

Mercu	Q	Fr	Jenis Loncatan
1:1	Q1	1,303	Berombak
	Q2	1,514	Berombak
	Q3	1,614	Berombak
1:2	Q1	1,120	Berombak
	Q2	1,349	Berombak
	Q3	1,564	Berombak

Berdasarkan tabel 6, untuk jenis loncatan hidrolik kemiringan peluncur mercu 1:1 dan 1:2 menghasilkan jenis loncatan berombak karena nilai bilangan bilangan froude berada diantara ($Fr > 1,7$).

4.5 Analisis Jenis Loncatan Hidrolik Berdasarkan Bilangan Froude Pada Saat Loncat

Tabel 7 Rekapitulasi Jenis Loncatan

Mercu	Q	Fr	Jenis Loncatan
1:1	Q1	1,355	Berombak
	Q2	1,413	Berombak
	Q3	1,475	Berombak
1:2	Q1	1,190	Berombak
	Q2	1,355	Berombak
	Q3	1,413	Berombak

Berdasarkan tabel 7, untuk jenis loncatan hidrolik kemiringan peluncur mercu 1:1 dan 1:2 menghasilkan jenis loncatan berombak karena nilai bilangan bilangan froude berada diantara ($Fr > 1,7$).

4.6 Analisis Jenis Loncatan Hidrolik Berdasarkan Bilangan Froude Setelah Loncat

Tabel 8 Rekapitulasi Jenis Loncatan

Mercu	Q	Fr	Jenis Loncatan
1:1	Q1	0,490	Tidak Terbentuk

	Q2	0,677	Tidak Terbentuk
	Q3	0,808	Tidak Terbentuk
	Q1	0,270	Tidak Terbentuk
1:2	Q2	0,505	Tidak Terbentuk
	Q3	0,677	Tidak Terbentuk

Berdasarkan tabel 8, untuk jenis loncatan hidrolik kemiringan peluncur mercu 1:1 dan 1:2 menghasilkan jenis tidak terbentuk karena nilai bilangan bilangan froude kurang dari 1 ($Fr < 1$).

4.7 Analisis Kehilangan Energi (ΔE)

Tabel 9 Rekapitulasi Perhitungan Kehilangan Energi

Mercu	Q	Energi Spesifik E1	Energi Spesifik E2	ΔE E1-E2
1:1	Q1	0,018	0,028	0,010
	Q2	0,020	0,034	0,014
	Q3	0,025	0,042	0,017
1:2	Q1	0,017	0,021	0,005
	Q2	0,020	0,027	0,007
	Q3	0,024	0,033	0,010

Berdasarkan tabel 15, dapat diketahui bahwa pada kemiringan peluncur 1:1 dengan debit Q1 menghasilkan kehilangan energi sebesar 0,010 m, debit Q2 menghasilkan kehilangan energi sebesar 0,014 m, dan debit Q3 menghasilkan kehilangan energi sebesar 0,017 m. Kemiringan peluncur 1:2 untuk dengan debit Q1 menghasilkan kehilangan energi sebesar 0,005 m, debit Q2 menghasilkan kehilangan energi sebesar 0,007 m, dan debit Q3 menghasilkan kehilangan energi sebesar 0,010 m. Jadi dapat diketahui bahwa semakin besar kemiringan peluncur maka akan semakin besar pula kehilangan energi. Hal ini disebabkan karena kemiringan yang curam akan menyebabkan massa zat cair yang jatuh akan mengalami peningkatan kecepatan sehingga kehilangan energi menjadi lebih besar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada kemiringan hilir mercu 1:1 menghasilkan nilai panjang loncatan tertinggi sebesar 0,078 m dan terendah sebesar 0,051 m. Sedangkan kemiringan hilir mercu 1:2 menghasilkan nilai panjang loncatan tertinggi sebesar 0,060 m dan terendah sebesar 0,024 m. Sehingga dapat

termasuk type loncatan tidak terbentuk karena nilai bilangan nilai Froude kurang dari 1.

Berdasarkan hasil perhitungan pada titik y1-y2 untuk kemiringan hilir mercu 1:1 menghasilkan kehilangan energi terbesar 0,017 m dan untuk kemiringan hilir mercu 1:2 menghasilkan kehilangan energi terbesar 0,010 m. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin curam kemiringan hilir mercu maka semakin besar pula kehilangan energi yang dihasilkan begitupun sebaliknya.

Saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai panjang loncatan hidrolis adalah antara lain pada penelitian selanjutnya dapat dibuat mercu dengan tipe selain tipe mercu Ogee, pada saat pengambilan data, diperlukan ketelitian pada saat membaca nilai tinggi muka air dan kecepatan., disarankan untuk mengambil banyak data untuk nantinya di rata-ratakan agar nantinya tingkat kesalahan lebih kecil, dan dapat mencoba faktor lain yang dapat mempengaruhi panjang loncatan hidrolis seperti kecepatan dan debit.

disimpulkan bahwa semakin curam (1:1) kemiringan hilir mercu maka semakin panjang loncatan hidrolis yang dihasilkan begitupun sebaliknya.

Berdasarkan hasil perhitungan pada titik y2 menghasilkan nilai Froude terbesar yaitu 1,614 dan y3 menghasilkan nilai Froude terbesar yaitu 1,475. Sehingga titik y2 dan y3 termasuk type loncatan berombak karena nilai Froude 1-1,7. Sedangkan pada titik y4

DAFTAR PUSTAKA

- Akhi, L. T., Amanda, F. (2017). *Perubahan Kedalaman Muka Air Pada Saluran*.
- Belo, F. M. (2017). *Pengaruh Kemiringan Hulu Pelimpah Terhadap Panjang Loncatan Hidrolis dan Perubahan Koefisien (CD)*. 1-8
- Chow, V. T. (1989). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Kodoatie, R. J. (2009). *Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka Dan Pipa*. Yogyakarta: Andi.
- Kodoati, R.J. (2002) *Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa*. Yogyakarta: Andi.
- Marsevaniah, A. (2012). *Konstruksi Bendungan Urugan Pelimpah*. Vol 2. Malang.
- PUPR, K. (2017). *Modul Desain Bangunan Pelengkap Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar*
- Sugiyono, 2009, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Bandung : Alfabeta.
- Triatmdjo, Bambang, (2008) *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang, (1993) *Hidrolika Jilid 1*. Yogyakarta: Beta Offset,.
- Y.E., Kumala. (2019). *Bangunan Air*. Bandung: Itenas.