



STUDI PENGARUH PERUBAHAN PARAMETER ALIRAN TERHADAP PANJANG LONCATAN HIDROLIK

Satriani Rissing¹, Ismail²

¹²Program studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Makassar

e-mail : imail4051@gmail.com¹, satrianirissing@gmail.com²

ABSTRAK

Abstract : Loncatan hidrolik adalah fenomena aliran fluida yang terjadi ketika aliran subkritis berubah menjadi aliran superkritis. Fenomena ini sering terjadi di sungai, bendungan, dan saluran irigasi. Panjang loncatan hidrolik adalah salah satu parameter penting yang mempengaruhi karakteristik aliran. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perubahan parameter aliran terhadap panjang loncatan hidrolik. Parameter aliran yang diteliti adalah debit aliran, kedalaman aliran, dan lebar penampang aliran. Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan model saluran berbentuk persegi panjang. Debit aliran divariasikan dari 0,01 hingga 0,03 m³/s, kedalaman aliran divariasikan dari 0,1 hingga 0,3 m, dan lebar penampang aliran divariasikan dari 0,1 hingga 0,3 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang loncatan hidrolik berbanding lurus dengan debit aliran dan berbanding terbalik dengan kedalaman aliran dan lebar penampang aliran. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk memprediksi panjang loncatan hidrolik pada kondisi aliran tertentu. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan desain saluran agar loncatan hidrolik yang terjadi dapat dimanfaatkan secara optimal.

Kata Kunci: Loncatan Hidrolik, Panjang Loncatan Hidrolik, Parameter Aliran

.

I. PENDAHULUAN

Menurut peraturan pemerintah Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010 tentang Bendungan (dam), bahwa bendungan adalah bangunan yang berupa ukuran tanah, urukan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung lumpur sehingga terbentuk waduk. Pengelolaan sumber daya air sangat erat kaitannya dengan konservasi sumber daya air untuk menjamin ketersediaan air, pendistribusian dan pemanfaatan sumber daya air, serta pengendalian daya rusak air yang diakibatkan oleh kelebihan air dan kualitas air. Salah satu konstruksi yang dapat mengoptimalkan semua kegiatan pengelolaan sumber daya air ini adalah



bendungan. Bangunan ini dapat memberikan manfaat selain dalam hal penyediaan air irigasi, tenaga listrik, obyek pariwisata, budidaya perikanan air tawar, tetapi juga bekerja efektif dalam meredam banjir di hulu atau pengendalian banjir (Suprihatin, 2014).

Bangunan spillway merupakan struktur hidraulik yang dibangun untuk melepaskan kelebihan (surplus) air atau debit banjir yang tidak dapat ditampung didalam bendungan. Salah satu fungsi dari bangunan spillway yaitu untuk pengamanan terhadap bahaya air banjir yang melimpas diatas bendungan (overtopping). Adanya bangunan spillway dapat menyebabkan perubahan karakteristik aliran atau turbulensi sehingga menimbulkan perubahan transportasi sedimen dan terjadinya gerusan serta perubahan pola aliran sungai. Pembendungan aliran akan menyebabkan perbedaan elevasi muka air antara hulu dan hilir bendungan sehingga mengakibatkan adanya terjunan dan terjadi perubahan energi yang cukup besar Ketika air melewati mercu.Pelimpah (Spillway) merupakan salah satu bangunan pelengkap dari bendungan yang berfungsi sebagai pengaman terhadap bahaya air banjir yang melimpas diatas bendungan (overtopping). Selain itu, bangunan pelimpah juga berfungsi agar debit hujan rancangan yang terjadi cepat mengalir sehingga debit air tidak sempat meluas.

Perubahan aliran dari aliran superkritis ($Fr > 1$) menjadi aliran subkritis ($Fr < 1$) secara mendadak (Abrupt Rise) disebut loncatan hidrolis. Dalam loncatan hidrolis terdapat suatu kenaikan permukaan air secara tiba-tiba dan kehilangan energi yang besar. Akibatnya terbentuk pusaran turbulen yang berukuran besar pada awal loncatan. Energi dari aliran utama ditarik oleh pusaran ini dan terpecah-pecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil kemudian mengalir ke hilir.

Tujuan dari pada penelitian ini berdasarkan rumusan masalah yaitu untuk mengetahui panjang loncatan hidrolis dan untuk mengetahui hubungan antara bilangan Froude terhadap Panjang loncatan hidrolis.

Pada bendungan urugan, bendungan spillway harus terbuat dari beton dengan penempatan pada lokasi yang mempunyai daya dukung kuat, kemiringan yang curam, jarak dengan alur sungai lebih pendek serta aliran yang searah dengan aliran downstream sungai sehingga saluran peluncur dan pelepasannya ke sungai tidak terlalu Panjang serta mempunyai hidrolis yang baik. Sangat tidak diperkenankan untuk menempatkan spillway harus di luar as bendungan (Prayudi et al., 2022).

Energi tersebut diredamkan ke dalam pusaran-pusaran ini. Dari pandangan pemakaian praktis, loncatan hidrolis sangat berguna sebagai peredam berlebih pada aliran sup-kritis. Peredaman ini berguna untuk mencegah erosi yang mungkin terjadi pada saluran pelimpah, saluran curam, dan pintu air geser tegak, dengan cara memperkecil kecepatan aliran pada lapisan pelindung hingga pada suatu titik titik di mana aliran tidak mempunyai kemampuan untuk mengikis dasar saluran di bagian hilir (Chow, 1992). Menurut ilmu mekanika fluida aliran diklasifikasikan berdasarkan perbandingan antara gaya-gaya inersia (inertial forces) dan gaya-gaya



kekentalan (viscous forces) menjadi tiga, yaitu aliran laminar, aliran transisi dan aliran turbulen (Dyan Eka Nurhayati & Syamsuri, 2022).

Menurut Chow V.T (1959) dalam buku open channel Hydraulics dijelaskan bahwa akibat gaya Tarik bumi terhadap aliran dinyatakan dengan rasio inersia dan gaya tarik bumi (g). Rasio ini ditetapkan sebagai bilangan Froude untuk saluran terbuka dinyatakan sebagai berikut: Aliran subkritis, jika bilangan froude lebih kecil dari satu ($Fr < 1$). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus). Aliran kritis, jika bilangan Froude sama dengan satu ($Fr = 1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arus. Aliran superkritis, jika bilangan Froude lebih besar dari satu ($Fr > 1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relative lebih kecil dan kecepatan tinggi (segala riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus). mana aliran tidak mempunyai kemampuan untuk mengikis dasar saluran di bagian hilir (Chow, 1992).

Parameter tidak berdimensi yang membedakan tipe aliran tersebut adalah angka Froude (Fr) yaitu angka perbandingan antara gaya kelembaman dengan gaya gravitasi. Dimana: $Fr = \text{Bilangan Froude}$ $V = \text{Kecepatan rata-rata penampang (m/dtk)}$ $D = \text{Kedalaman maksimum aliran (m)}$ $G = \text{Gaya gravitasi (m/det)}$ Jika: $Fr < 1$ aliran subkritis, $Fr = 1$ aliran kritis dan $Fr > 1$ aliran superkritis Umumnya aliran pada saluran terbuka mempunyai $Re > 12.500$ sehingga alirannya dalam kategori aliran turbulen (French, 1980; Rajaratnam, 1987). Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume) yang melewati sungai persatuan waktu. Dalam system satuan besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik perdetik (m^3/dtk) (Chay Asdak, 2014). Sumber air terbesar berasal dari curah hujan, di bagian hulu umumnya curah hujannya lebih tinggi, di banding di daerah tengah hilir. Sumber lainnya berasal dari aliran bawah tanah, yang di bedakan menjadi air sub surface runoff, mata air dan air bawah tanah (base flow) (Tarsoen Waryono, 2014). Debit pengaliran pada saluran dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Triatmojo B, 1992) $Q = V.A$ Dimana: $Q = \text{Debit aliran (m}^3/\text{det)}$ $V = \text{Kecepatan aliran (m/det)}$ $A = \text{Luas penampang aliran (m}^2\text{)}$.

Sebelum aliran air sungai yang masuk ke dalam pelimpah dikembalikan ke dalam sungai, maka aliran dalam kecepatan tinggi dalam kondisi sub-kritis tersebut harus diperlambat dan diubah pada kondisi sub-kritis guna mereduksi (meredam) kandungan energi yang tinggi (yang memiliki daya gerus yang tinggi) sehingga mencapai keadaan yang normal Kembali dan aliran tersebut masuk kedalam sungai Kembali tanpa membahayakan kestabilan alur sungai tersebut (Dyan Eka Nurhayati & Syamsuri, 2022). Untuk tujuan inilah maka di ujung hilir saluran peluncur biasanya dibuat suatu bangunan yang disebut peredam energi pencegah gerusan (scour protection stilling basin).



Kustamar (2006), peredam energi adalah kelengkapan dari bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau meredam energi akibat kecepatan aliran yang tinggi. Sebagian besar kerusakan bangunan air di Indonesia disebabkan oleh penggerusan lokal (local scouring) yang terjadi di hilir, faktor utama terjadinya penggerusan yang dalam pada bagian hilir adalah peredam energi yang belum berfungsi secara efektif

Panjang loncatan dapat didefinisikan sebagai jarak antara permukaan depan loncatan hidrolik sampai suatu titik pada permukaan gulungan ombak yang segera menuju ke hilir. Panjang loncatan hidrolik sukar untuk ditentukan secara teoritis, tetapi dapat diselidiki dengan cara percobaan. Dalam buku Bambang Triatmodjo (2008) menuliskan bahwa untuk mendapatkan Panjang loncatan hidrolik (L_r), tidak ada rumus teoritis yang dapat digunakan untuk menghitungnya. Tetapi untuk saluran segiempat Panjang loncatan diambil antara 5 dan 6,9 kali tinggi loncatan yaitu $L = 5-6,9 (y_2-y_1)$. Dalam penelitian, Panjang loncatan hidrolik digunakan untuk menentukan Panjang perlindungan saluran dimana loncatan hidrolik terjadi. Dengan mengetahui Panjang loncatan maka dapat diketahui Panjang perhitungan dasar.

Kolam olakan tipe ini sangat sesuai untuk bendungan tipe urugan dan penggunaannya cukup luas. TWI (Tail Water Level) dari USBR Tipe II tidak boleh kurang dari sequent depth (h_2') dan keamanan minimal sebesar 5% dari sequent depth telah direkomendasikan oleh (Purwanto et al., 2017) Panjang dari peredam energi (I_b) didekati dengan $I_b/h_2' = 4$ pada kisaran yang direkomendasikan dari bilangan Froude $4 < F_1 < 14$.

Suatu bendungan yang dibangun dengan cara menimbunkan bahan-bahan seperti: batu, krakal, kerikil, pasir dan tanah pada komposisi tertentu dengan fungsi sebagai pengempang atau pengangkat permukaan air yang terdapat di dalam waduk di udiknya disebut bendungan tipe urugan atau "bendungan urugan". Didasarkan pada ukuran butiran dari bahan timbunan yang digunakan, secara umum dapat dibedakan 2 type bendungan urugan, yaitu: * Bendungan urugan batu (rock fill dam) disingkat dengan istilah "Bendungan batu". * Bendungan urugan tanah (earth fill dam) disingkat dengan istilah "Bendungan tanah". Selain kedua jenis tersebut, terdapat pula bendungan urugan campuran, yaitu terdiri dari timbunan batu di bagian hilirnya yang berfungsi sebagai penyangga, sedang bagian udiknya terdiri dari timbunan tanah yang disamping berfungsi sebagai penyangga tambahan, terutama berfungsi sebagai tirai kedap air. Di dalam kegiatan-kegiatan baik perencanaannya, maupun pelaksanaan pembangunannya, kedua type bendungan tersebut mempunyai banyak persamaan-persamaan yang cukup nyata. Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (1989).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Bendungan

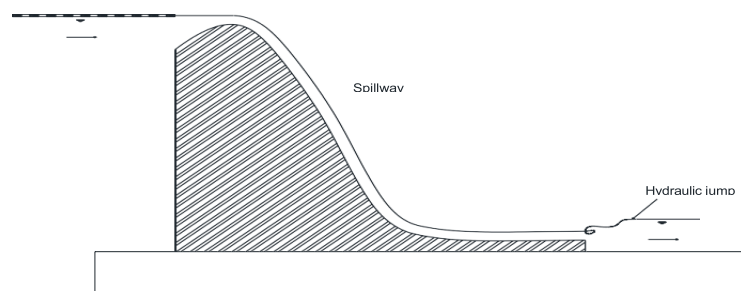
Menurut peraturan pemerintah Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010 tentang Bendungan (dam), bahwa bendungan adalah bangunan yang berupa ukuran tanah, urukan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.

B. Bangunan Pelimpah

Bangunan pelimpah (Spillway) adalah suatu struktur yang digunakan untuk mengontrol arus serta sebuah metode yang digunakan untuk mengendalikan pelepasan air dari bendungan yang menuju ke daerah hilir. Spillway berfungsi untuk melimpahkan debit air yang dianggap berlebihan dan untuk mengurangi bahaya overtopping terhadap beberapa jenis kelengkapan bangunan air, sehingga ketinggian air tidak melebihi batas yang ditetapkan lalu bisa merusak sebuah bendungan. Dengan adanya spillway, elevasi muka air di hulu di desain tidak akan melampaui batas maksimum berkaitan dengan debit banjir rencana.

C. Loncatan Hidrolik

Air luapan jatuh bebas pada pelimpah terjunan akan memutar kurvturnya dan bergerak secara perlahan-lahan hingga menjadi aliran superkritis pada lapisan lindung. Akibatnya, akan terbentuk loncatan hidrolik pada hilir. Loncatan hidrolik ini terjadi apabila terjadi perubahan kedalaman yang mendadak terhadap kedalaman lanjutannya. Salah satu perilaku loncatan hidrolik yang penting adalah letak dan panjang loncatan hidrolik.



Gbr 1. Loncatan Hidrolik Hydroliv Jump (Chow, 1992)

D. Klarifikasi Aliran

1. Jenis Aliran



Aliran dalam saluran terbuka dapat digolongkan dalam berbagai jenis. Klasifikasi ini menyangkut perubahan kedalaman aliran menurut ruang dan waktu, kriteria aliran dapat dibagi dalam:

a) Aliran Permanen (Steady Flow)

Apabila karakteristik fisik aliran, terutama kedalaman aliran atau kecepatan aliran tidak berubah atau dapat dianggap konstan selama interval waktu yang kita tinjau.

b) Aliran Non Permanen (Unsteady Flow)

Apabila karakteristik fisik aliran, terutama kedalaman aliran atau kecepatan aliran tidak berubah atau dapat dianggap konstan selama interval waktu yang kita tinjau.

2. Sifat Aliran

Menurut Chow V.T (1959) dalam buku open channel Hydraulics dijelaskan bahwa akibat gaya Tarik bumi terhadap aliran dinyatakan dengan rasio inersia dan gaya tarik bumi (g). Rasio ini ditetapkan sebagai bilangan Froude untuk saluran terbuka dinyatakan sebagai berikut:

- a. Aliran subkritis, jika bilangan froude lebih kecil dari satu ($Fr < 1$). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).
- b. Aliran kritis, jika bilangan Froude sama dengan satu ($Fr = 1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arus.
- c. Aliran superkritis, jika bilangan Froude lebih besar dari satu ($Fr > 1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relative lebih kecil dan kecepatan tinggi (segala riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).

Apabila yang dipertimbangkan adalah besarnya perbandingan antara gaya- gaya kelembaman dan gaya gravitasi maka aliran dapat dibagi menjadi: aliran subkritis, kritis dan aliran superkritis. Parameter tidak berdimensi yang membedakan tipe aliran tersebut adalah angka Froude (Fr) yaitu angka perbandingan antara gaya kelembaman dengan gaya gravitasi.

Dimana:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (1)$$



Fr = Bilangan Froude

V = Kecepatan rata-rata penampang (m/dtk)

D = Kedalaman maksimum aliran (m)

G = Gaya gravitasi (m/det)

Jika:

Fr < 1 aliran subkritis

Fr = 1 aliran kritis

Fr > 1 aliran superkritis

Umumnya aliran pada saluran terbuka mempunyai $Re > 12.500$ sehingga alirannya dalam kategori aliran turbulen (French, 1980; Rajaratnam, 1987).

E. Debit

Debit pengaliran pada saluran dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Triatmojo B, 1992).

$$Q = V \cdot A \quad (2)$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m^3/det)

V = Kecepatan aliran (m/det)

A = Iuas penampang aliran (m^2)

F. Panjang Loncatan

Panjang loncatan dapat didefinisikan sebagai jarak antara permukaan depan loncatan hidrolik sampai suatu titik pada permukaan gulungan ombak yang segera menuju ke hilir. Panjang loncatan hidrolik sukar untuk ditentukan secara teoritis, tetapi dapat diselidiki dengan cara percobaan.

Dalam buku Bambang Triatmodjo (2008) menuliskan bahwa untuk mendapatkan Panjang loncatan hidrolik (L_r), tidak ada rumus teoritis yang dapat digunakan untuk menghitungnya. Tetapi untuk saluran segiempat Panjang loncatan diambil antara 5 dan 6,9 kali tinggi loncatan yaitu :

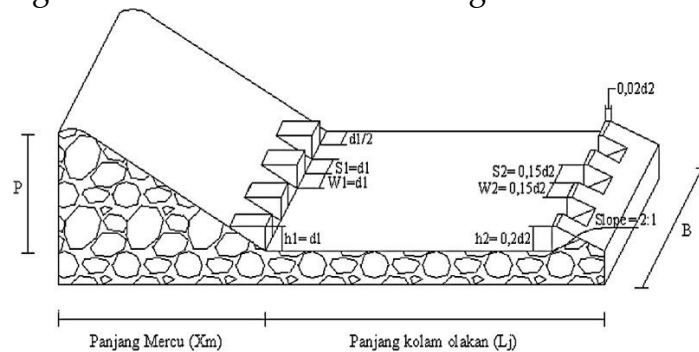
$$L = 5-6,9 (y_2-y_1).$$

G. Peredam Energi

Sebelum aliran air sungai yang masuk ke dalam pelimpah dikembalikan ke dalam sungai, maka aliran dalam kecepatan tinggi dalam kondisi sub-kritis tersebut harus diperlambat dan diubah pada kondisi sub-kritis guna mereduksi (meredam)

kandungan energi yang tinggi (yang memiliki daya gerus yang tinggi) sehingga mencapai keadaan yang normal Kembali dan aliran tersebut masuk kedalam sungai Kembali tanpa membahayakan kestabilan alur sungai tersebut (Dyan Eka Nurhayati & Syamsuri, 2022). Untuk tujuan inilah maka di ujung hilir saluran peluncur biasanya dibuat suatu bangunan yang disebut peredam energi pencegah gerusan (scour protection stilling basin).

TWI (Tail Water Level) dari USBR Tipe II tidak boleh kurang dari sequent depth (h_2') dan keamanan minimal sebesar 5% dari sequent depth telah direkomendasikan oleh (Purwanto et al., 2017) Panjang dari peredam energi (L_b) didekati dengan $L_b/h_2' = 4$ pada kisaran yang direkomendasikan dari bilangan Froude $4 < F_1 < 14$.



Gbr.2 peredam energi .

III. METODE PENELITIAN

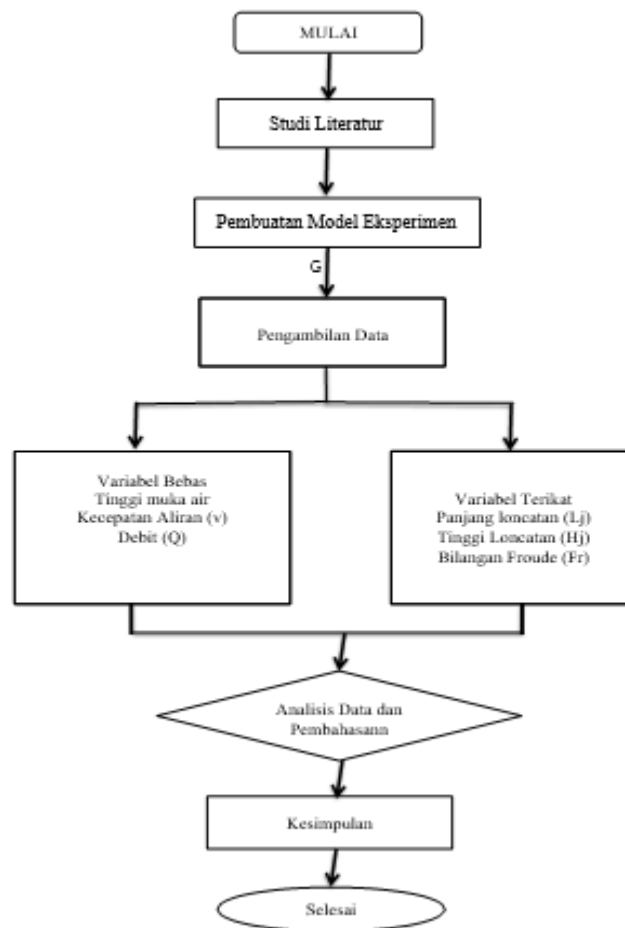
A. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan waktu penelitian selama 3 bulan. Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur sendiri oleh peneliti dengan mengacu pada literatur yang berkaitan dengan judul penelitian tersebut, serta adanya kontrol, dengan tujuan untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta besar pengaruh tersebut dengan memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyelidiki pengaruh kontrol untuk pembandingan. Variabel penelitian adalah suatu atribut dan sifat atau nilai dari orang, obyek, organisasi, atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Berdasarkan maksud dan tujuan penelitian ini, pengujian model peredam energi dilaksanakan pada model saluran terbuka (flume) dengan kajian pada dasar hidrolika. Pelaksanaan penelitian dengan mengacu pada rancangan yang telah disetujui, guna

mendapatkan data sebagai bahan kajian. Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Pencatatan data dilakukan pada setiap kondisi, yaitu data kondisi awal sebelum running, data pada saat running, dan data setelah dilakukan running.

1. Kondisi awal Hidraulika, yaitu elevasi dan kemiringan Hidraulika tiap titik yang ditinjau.
2. Pantauan debit aliran melalui tinggi air pada alat ukur debit. Data yang diambil saat pengaliran.

Data dari laboratorium diolah sebagai bahan analisa terhadap hasil study ini, sesuai dengan tujuan dan sasaran penilitian. Data yang diolah adalah data yang relevan yang dapat mendukung dalam menganalisa hasil penilitian.



Gbr.3 Flow Chart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian

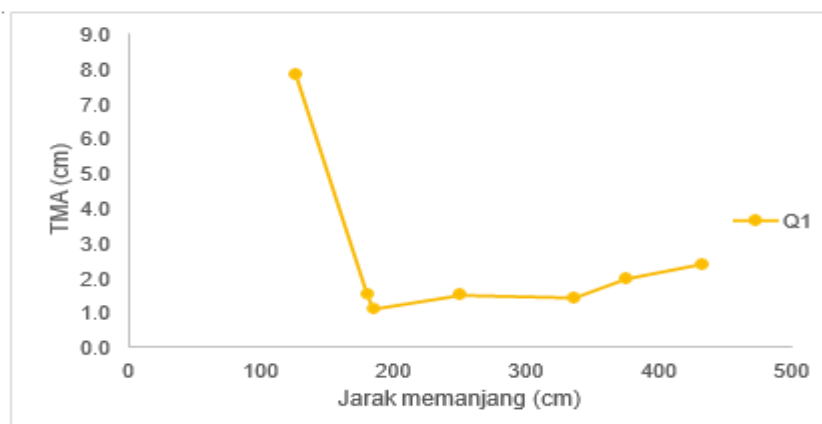


a. Pembahasan Hasil Data Penelitian

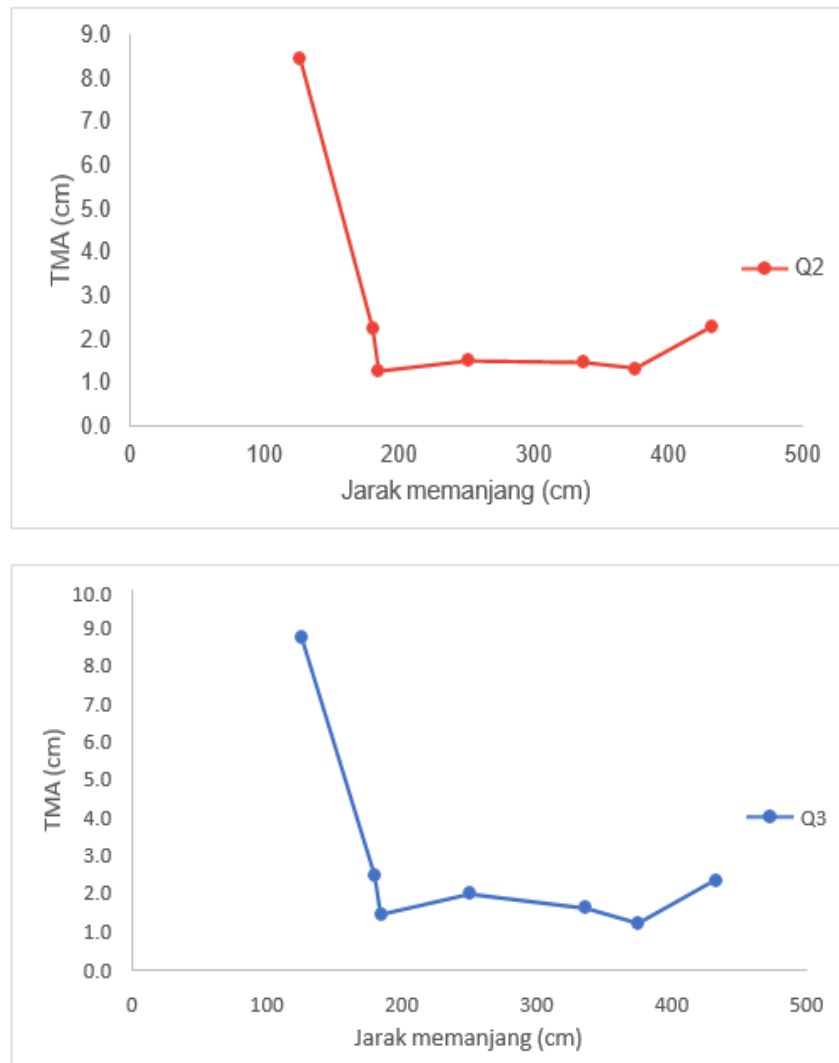
Analisa data yang dilakukan dari hasil percobaan di laboratorium meliputi perhitungan profil muka air diatas pelimpah, hubungan antara bilangan Froude (Fr) dan kecepatan aliran, hubungan antara Panjang loncatan (L_j) dan debit, hubungan antara Panjang loncatan (L_j) dan tinggi muka air diatas pelimpah (H_d), dan hubungan antara Panjang loncatan dan bilangan Froude (Fr). Hasil pembahasan antar lain:

1. Profil Muka Air

Data hasil tabulasi tinggi muka air pada jarak memanjang kemudian diplot ke grafik untuk melihat profil aliran oleh variasi debit seperti terlihat pada gambar



1. Untuk diketahui, bahwa data profil muka air adalah data hasil pengukuran.

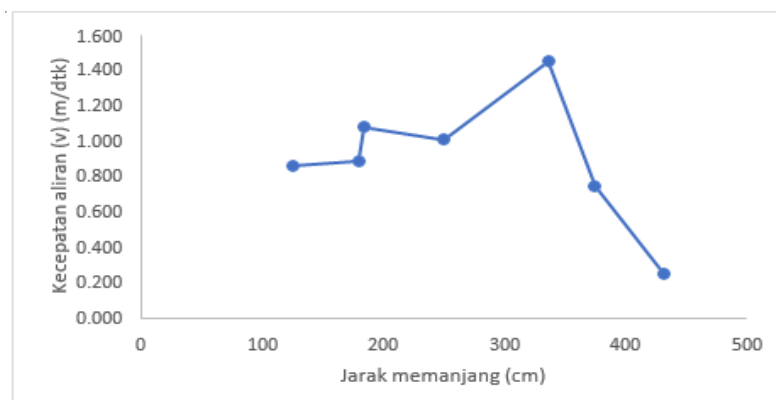


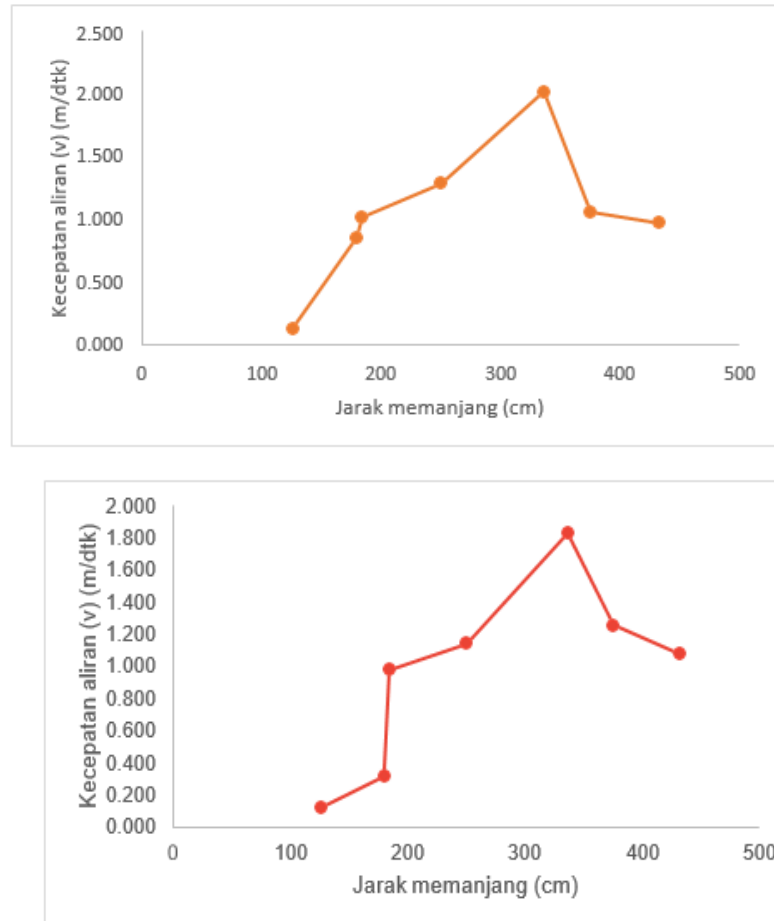
Gbr.4 Profil muka air untuk 3 variasi

Berdasarkan grafik profil muka air dengan 3 variasi semakin besar tinggi muka air maka semakin kecil jarak memanjangnya.

2. Profil Kecepatan air

Sama halnya dengan data tinggi muka air, data profil kecepatan aliran adalah juga hasil pengukuran rata-rata kecepatan dengan debit yang bervariasi seperti terlihat pada gambar 5. Profil kecepatan ini hanya menggambarkan besar kecepatan pada titik pengamatan yang sudah ditetapkan.





Gbr.5 Profil kecepatan aliran untuk 3 variasi debit

3. Analisa Bilangan Froude Terhadap Karakteristik Aliran

Bilangan Froude didefinisikan untuk mengetahui dan menetapkan jenis aliran yang terjadi dalam saluran pada saat proses pengaliran maka dapat dijabarkan atau di jelaskan berdasarkan Froude (Fr). Untuk hasil Analisa bilangan Froude dapat dilihat sebagai berikut:

a. Bilangan Froude Debit Aliran Q1

Hasil perhitungan dan Analisa tiap titik pengamatan dapat dilihat pada table dan grafik berikut :

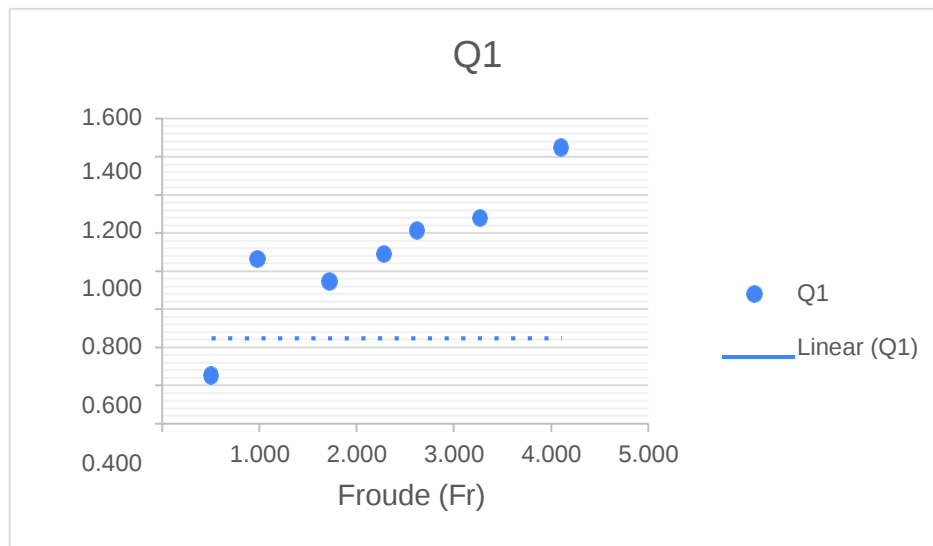
Tabel 1 . Hasil Perhitungan Bilangan Froude Q1



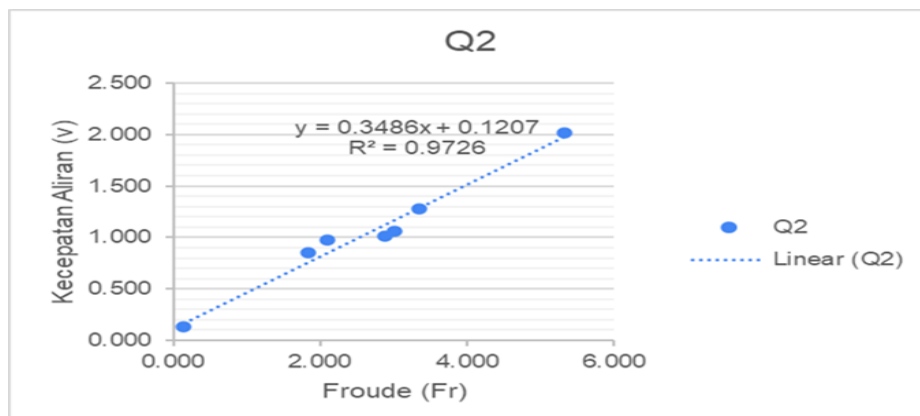
TITIK	Rata- Rata			Karakteristik Aliran
	v (m/dtk)	h (m)	Fr	
A	0.862	0.079	0.981	Subkritis
B	0.888	0.015	2.291	Superkritis
C	1.078	0.011	3.274	Superkritis
D	1.009	0.015	2.622	Superkritis
E	1.449	0.014	4.108	Superkritis
F	0.746	0.020	1.724	Superkritis
G	0.250	0.024	0.504	Subkritis

Sumber : Hasil Penelitian

Dari hasil perhitungan bilangan Froude dapat di Analisa hubungan antara bilangan Froude dan kecepatan aliran seperti pada gambar grafik berikut.



Gbr.6 Grafik Hubungan kecepatan aliran dan bilangan Froude Q1



Gbr.6 Grafik Hubungan kecepatan aliran dan bilangan Froude Q2 Dari

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin cepat aliran maka semakin tinggi pula bilangan Froude-nya. Angka Froude tertinggi terdapat pada titik E dengan nilai $Fr = 4,108$. Dari bilangan Froude diatas dapat diketahui bahwa semua bentuk kolam olak memiliki aliran superkritis.

b. Bilangan Froude Debit Aliran Q2

Hasil perhitungan dan Analisa tiap titik pengamatan dapat dilihat pada table dan grafik berikut :

Tabel 6. Hasil perhitungan bilangan Froude Q2

TITIK	Rata-Rata			Karakteristik Aliran
	v (m/dtk)	h (m)	Fr	
A	0.131	0.085	0.143	Subkritis
B	0.857	0.022	1.832	Superkritis
C	1.018	0.013	2.882	Superkritis
D	1.282	0.015	3.347	Superkritis
E	2.018	0.015	5.320	Superkritis
F	1.058	0.013	3.003	Superkritis
G	0.972	0.023	2.092	Superkritis

Sumber : Hasil Penelitian

Dari hasil perhitungan bilangan Froude dapat di Analisa hubungan antara bilangan Froude dan kecepatan aliran seperti pada gambar grafik berikut :

grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin cepat aliran maka semakin tinggi pula bilangan Froude-nya. Angka Froude tertinggi terdapat pada titik E dengan nilai $Fr = 5,320$. Dari bilangan Froude diatas dapat diketahui bahwa semua bentuk kolam olak memiliki aliran superkritis.

c. Bilangan Froude Debit Aliran Q3

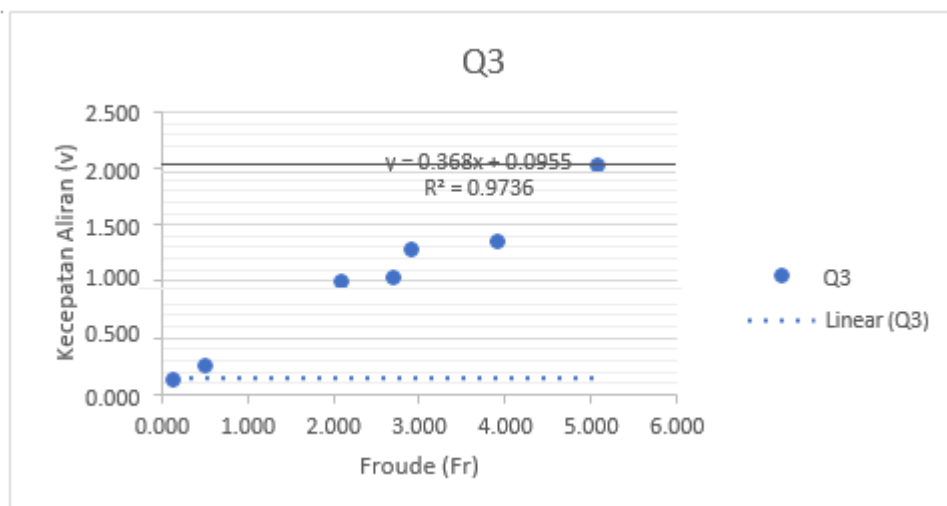
Hasil perhitungan dan Analisa tiap titik pengamatan dapat dilihat pada table dan grafik berikut .

Tabel 7. Hasil perhitungan bilangan Froude Q3

TITIK	Rata-Rata	Karakteristi
-------	-----------	--------------

	v (m/dtk)	h (m)	Fr	kAliran
A	0.123	0.088	0.133	Subkritis
B	0.254	0.025	0.510	Subkritis
C	1.022	0.015	2.693	Superkriti s
D	1.275	0.020	2.921	Superkriti s
E	2.031	0.016	5.088	Superkriti s
F	1.358	0.012	3.918	Superkriti s
G	0.995	0.024	2.102	Superkriti s

Sumber : Hasil Penelitian



Gbr.7 Grafik Hubungan kecepatan aliran dan bilangan Froude Q3

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin cepat aliran maka semakin tinggi pula bilangan Froude-nya. Angka Froude tertinggi terdapat pada titik E dengan nilai $Fr = 4,974$. Dari bilangan Froude diatas dapat diketahui bahwa semua bentuk kolam olak memiliki aliran superkritis

A. Hubungan antara Panjang Loncatan dan Debit.

$$L_j = A (y_2 - y_1)$$

$$= 5,0 (3,1 - 1)$$

$$= 10,5 \text{ cm}$$

Jadi, perhitungan selanjutnya pada berbagai sampel dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 2. Perhitungan debit Q dan Panjang Loncatan (L_j)



y1 (cm)			y2 (cm)			Lj (cm)		
Kanan	Tengah	Kiri	Kanan	Tengah	Kiri	Kanan	Tengah	Kiri
1	1.9	1.1	3.1	4.4	4.5	10.5	12.5	17
1.6	1.8	1.1	2.5	2.4	3.0	4.5	3	9.5
1.4	2.7	1.2	2.4	2.9	2.9	5	1	8.5

Sumber : Hasil Penelitian

B. Hubungan antara Panjang Loncatan dan Tinggi Muka Air di atas Pelimpah (Hd)

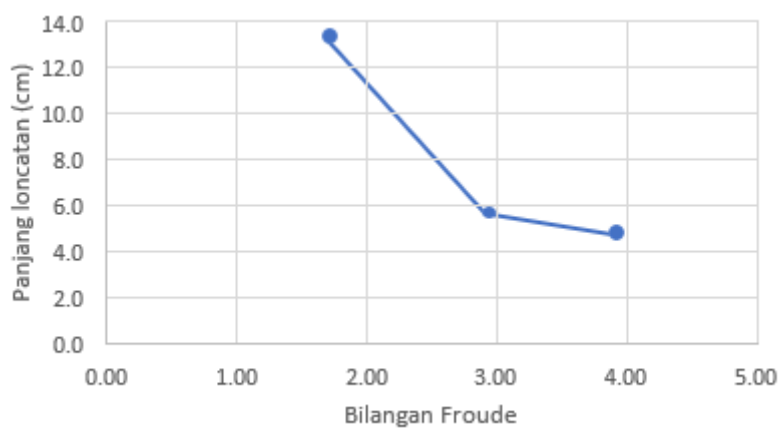
Tabel 3. Perhitungan Tinggi Muka Air (Hd) dan Panjang Loncatan (Lj) dan tinggi muka air (Hj)

Hd (cm)	Panjang loncatan (cm)			Tinggi loncatan (cm)			Nilai Rata-rata	
	Kanan	Tengah	Kiri	Kanan	Tengah	Kiri		
1.5	55.2	40.9	39.4	3.1	4.4	4.5	45.2	2.6
2.0	17.5	19.8	24.1	2.5	2.4	3	20.5	3.0
2.5	18.7	22.6	17.3	2.1	2.1	2.9	19.5	3.5

Sumber : Hasil Penelitian

C. Hubungan antara Panjang Loncatan dan Bilangan Froude (Fr)

Panjang loncatan terjadi karena adanya aliran dengan bilangan Froude tinggi (Superkritis) bertemu dengan aliran kecepatan rendah (Subkritis). Fenomena ini dapat diperlihatkan pada gambar 11.



Gbr.8 Hubungan Panjang Loncatan dan Bilangan Froude (Fr)



Berdasarkan grafik pada gambar 2, hubungan antara Panjang lompatan dan bilangan Froude (Fr), semakin besar nilai Panjang lompatan maka semakin kecil bilangan froudenya (Fr).

b. Pengeukuran Debit Pengaliran

Debit pengaliran adalah debit yang digunakan pada saat pengambilan data. Metode yang digunakan adalah pengambilan debit takar yaitu dengan cara menakar volume air yang mengalir pada seluruh rangkaian model uji dengan selang waktu tertentu kemudian disesuaikan dengan debit hasil hitung yang ditandai dengan tinggi muka air di atas mercu. Untuk mendapatkan variasi tinggi muka air di atas mercu maka digunakan katup keluaran pompa yang diatur sedemikian rupa. Data hasil ukur debit pengaliran diberikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Debit Aliran

Aliran	Hd (cm)	Q (m ³)
Q1	1.5	3.807
Q2	2.0	6.178
Q3	2.5	7.104

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 2. Hasil pengukuran tinggi muka air Q1

Titik	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)		
		Kanan	Tengah	Kiri
A	0.012	0.077	0.080	0.079
B	0.018	0.015	0.016	0.015
C	0.018	0.011	0.012	0.010
D	0.025	0.017	0.013	0.015
E	0.034	0.011	0.010	0.022
F	0.038	0.026	0.014	0.019
G	0.043	0.022	0.024	0.026

Sumber : Hasil Penelitian

A. Titik Q2

Tabel 3. Hasil Pengukuran tinggi muka air Q2

Titik	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)		
		Kanan	Tengah	Kiri
A	0.012	0.084	0.085	0.085
B	0.018	0.023	0.023	0.021



C	0.018	0.013	0.013	0.012
D	0.025	0.016	0.013	0.016
E	0.034	0.010	0.011	0.023
F	0.038	0.012	0.013	0.015
G	0.043	0.016	0.026	0.027

Sumber : Hasil Penelitian

B. Titik Q3

Tabel 4. Hasil pengukuran tinggi muka air Q3

Titik	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)		
		Kanan	Tengah	Kiri
A	0.012	0.086	0.088	0.089
B	0.018	0.025	0.026	0.024
C	0.018	0.016	0.014	0.014
D	0.025	0.025	0.016	0.019
E	0.034	0.013	0.014	0.022
F	0.038	0.010	0.012	0.015
G	0.043	0.021	0.021	0.029

Sumber :Hasil Penelitian

V. PENUTUP

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Panjang loncatan (L_j) terpanjang adalah 13,3 cm, dimana terjadi pada nilai H_d tertinggi 1,5 cm, dengan Debit (Q) 3,78 liter/dtk,. Panjang loncatan terendah 4,8 cm, nilai H_d 2,5 cm dan Debit (Q) 7,06 Liter/ dtk.
2. Panjang loncatan maximum terjadi pada Debit 3,78 liter/dtk, dengan bilangan Froude minumium 2,93, sedangkan Panjang loncatan minimum terjadi pada debit 7,06 liter/dtk, dengan bilangan Froude maximum 3,90.

DAFTAR PUSTAKA



- Asdak, C. (2014). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Cetakan Ke). Yogyakarta: Gadjah Mada Press
- Bambang Triatmodjo, 2008. "Hidrologi Terapan". Yogyakarta: Beta Offset
- Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 21. New York, USA: Mc.Graw Hill Book company, Inc.
- Dyan Eka Nurhayati, & Syamsuri. (2022). Uji Eksperimental Peredam Di Hilir Sluice Gate Untuk Pengendalian Loncatan Hidraulik.
- French, R.H, 1980. Open Chanel Hydraulics, Mcgraw Hill Book Company, New York.
- Kustamar, Kustamar (2006) Strategi Pemilihan Peredam Energi. Spectra, IV (8). pp. 50-59. ISSN 1693-0134
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2010 tentang Bendungan, Pasal 1 (1), Jakarta
- Prayudi, A., Rizalihadi, M., & Fauzi, A. (2022). Studi Gerusan Pada Hilir Kolam Olak Model Fisik Bendungan Krueng Kluet. Journal of The Civil Engineering Student, 4(1), 43–49.
- Purwanto, P. I., Juwono, P. T., & Asmaranto, R. (2017). Analisa Keruntuhan Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek. Jurnal Teknik Pengairan, 8(2), 222–230. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2017.008.02.8>
- Rahman, M. W., Purwanto, M. Y. J., & Suprihatin. 2014. Status Kualitas Air dan Upaya Konservasi Sumberdaya Lahan di DAS Citarum Hulu, Kabupaten Bandung. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 4(1): 24–34.
- Ratjaratman, N, 1987. Engineering Fluid Mechanics, Civil Eng. Dept. Faculty of Engineering, Alberta Edmonton Canada.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (1989). Bendungan Type Urugan. PT. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Triatmojo, B. (1992). Mekanika Fluida Dan Hidrolik. Universitas Gajah Mada:



Yogyakarta

Ven Te Chow, Ph.D. (1992). Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics .

Erlangga. Jakarta:

Waryono. 2014. DAS Cidanau. <https://staff.blog.ui.ac.id/tarsoen.waryono>, diakses pada 25 September 2014