

Perubahan Pola Aliran Akibat Variasi Model *Baffle Block* Pada Bangunan *Spillway*

Lutfi Hair Djunur ^{*1a}, Asnita Virlayani ^{*2}

Submit:

16 October 2025

Review:

29 October 2025

Revised:

3 November
2025

Published:

10 November
2025

^{*1}Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar, Indonesia, lutfihairdjunur@unismuh.ac.id

^{*2} Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar, Indonesia, asnita.virlayani@unismuh.ac.id

^aCorresponding Author: lutfihairdjunur@unismuh.ac.id

Abstrak

Bangunan *spillway* merupakan bangunan yang memiliki saluran dengan tingkat kecuraman yang sangat tinggi. Perubahan penampang saluran memiliki pengaruh besar terhadap perubahan karakteristik aliran dari aliran sub kritis menjadi aliran super kritis. Uji model fisik dilakukan untuk mengetahui perilaku aliran yang terjadi disepanjang bangunan *spillway*, dengan memodifikasi bentuk *baffle block* sesuai standar kriteria desain sistem peredam energi. Aliran air yang cukup besar pada saluran dengan tingkat kemiringan yang tinggi menghasilkan kecepatan aliranyang deras dan dengan energi aliran yang besar. Perubahan tekanan aliran yang melewati bangunan pelimpah sangat berpengaruh terhadap keamanan dihilir *spillway* dari erosi tebing dan dasar saluran. Pengurangan energi dengan menempatkan *baffle block* disaluran peluncur, akan mengubah perilaku aliran seiring dengan perubahan kecepatan aliran yang terjadi disepanjang waktu pengaliran. Hasil penelitian ini menggambarkan bahwa tinggi aliran air yang terjadi dihilir berbanding lurus dengan besaran energi dihilir pelimpah. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan *baffle block* dalam meredam energi aliran sangat baik berdasarkan analisis dan pengamatan, sehingga disimpulkan bahwa gesekan *fluida* yang terjadi disebabkan adanya aliran transisi yang melewati saluran peluncur.

Kata kunci: *Baffle Block*, Loncatan Hidraulik, *Spillway*

Abstract

The *spillway* is a hydraulic structure characterized by a channel with a steep longitudinal slope. Variations in the channel cross-section significantly influence the flow characteristics, particularly the transition from subcritical to supercritical flow conditions. A series of physical model experiments were conducted to investigate the flow behavior along the *spillway* structure by modifying the configuration of the *baffle blocks* in accordance with the standard design criteria for energy dissipation systems. High flow discharge in a steep channel generates considerable flow velocity and kinetic energy. Variations in flow pressure as water passes through the *spillway* structure strongly affect the downstream safety, especially concerning potential erosion of the riverbanks and channel bed. The implementation of *baffle blocks* along the chute effectively reduces flow energy, thereby altering flow behavior and velocity distribution over time. The findings of this study reveal that the upstream water depth is directly proportional to the energy magnitude at the downstream section of the *spillway*. This result demonstrates the effectiveness of the *baffle blocks* in dissipating flow energy, as confirmed through both analysis and experimental observations. It can

be concluded that the fluid friction observed along the channel results from transitional flow phenomena occurring within the chute section.

Keywords: *baffle block, hydraulic jump, spillway*

PENDAHULUAN

Aliran super kritis sering terjadi dibagian hilir struktur hidraulik seperti bangunan pelimpah dan pintu air. Loncatan hidraulik terjadi pada saat kedalaman air disaluran hilir dengan aliran super kritis yang terbentuk dan dapat dialirkan dengan aman kesaluran alami. Kedalaman loncatan bebas secara beruntun berhubungan dengan persamaan momentum Belger [1]. Penempatan bak penenang untuk membatasi loncatan hidraulik dan pengurangan energi yang berlebihan dari aliran super kritis. Penempatan *baffle block* untuk meningkatkan peredaman energi secara efisien dan mengurangi panjang loncatan [3]. Lompatan yang terjadi secara tiba-tiba didalam bak penenang disebut loncatan hidraulik [2].

Dalam konteks yang sama, *baffle block* yang diletakkan pada bak penenang berfungsi untuk menstabilkan bentuk loncatan hidraulik dan meningkatkan turbulensi dalam upaya mereduksi energi aliran air. Untuk aliran rendah, *baffle block* berfungsi mengkompensasi kekurangan air dihilir, pada aliran yang tinggi berfungsi membelokkan aliran air menjauh dari dasar sungai. Struktur *baffle block* biasanya dirancang untuk kedalam air buangan tertentu bersama dengan parameter lain, misalnya debit dan angka *Froude* yang sesuai dengan debit desain sehingga panjang loncatan tidak melebihi panjang kolam penenang. Besar debit dan bukaan pintu cukup berpengaruh pada perubahan energi, akan tetapi besar kemiringan tidak berpengaruh pada perubahan energi [9]. Biasanya kedalaman air dihilir lebih besar yang dibutuhkan dalam mempertahankan lompatan hidraulik untuk memastikan bahwa loncatan tidak akan terbawa sampai kearah hilir [7]. Distribusi kecepatan aliran maksimum tanpa struktur disekitar dasar saluran meningkat sampai mencapai permukaan, disebabkan gaya gesek antara aliran dengan dasar saluran yang mengakibatkan resistensi yang lebih kecil sehingga pola aliran membentuk parabola [5].

Kinerja *baffle block* pada loncatan hidraulik telah dipelajari oleh banyak peneliti, {misalnya Rajaratnam (1964), Basco dan Adams (1971), Rajaratnam dan Murahari (1971) Ohtsu dkk (1991), Hager (1992), dan Thomson dan Kilgore (2006)} [8]. Wu dan Rajaratnam (1975) mengklasifikasikan variasi model terendam aliran dalam dua bagian. Untuk *baffe block* tenggelam dengan kedalam rendah, aliran yang masuk setelah membentur dinding *baffle block* dibelokkan kearah permukaan air dan terbentuklah daerah aliran yang bersirkulasi. Jenis aliran ini disebut pola aliran *deflected surface jet* (DSJ) [4]. Dan Jika kedalaman aliran air pada bagian hilir lebih besar dari ambang batas tertentu, permukaan aliran yang masuk pertama kali dibelokkan menjauh dari dasar dan kemudian menabrak dasar lebih jauh kehilir, pola aliran ini disebut *reattachmen wall jet* (RWJ) [4].

Karakteristik lompatan hidraulik pada lereng permukaan dasar yang kasar dengan elemen kekasaran dan kemiringan tertentu, relatif mampu menurunkan panjang lompatan dan peningkatkan desipasi energi [6]. Loncatan hidraulik pada kondisi lereng yang tidak stabil dengan elemen kekasaran tertentu memiliki peran yang efektif untuk menstabilkan loncatan pada lereng yang tidak stabil [11]. Beberapa literatur menunjukkan bahwa penggunaan *baffle block* dengan kemiringan yang berlawanan dengan mercu bangunan pelimpah dapat meningkatkan karakteristik loncatan hidraulik.

Untuk mengatasi hal tersebut diatas maka perlu dilakukan penelitian eksperimental untuk mengetahui karakteristik lompatan hidraulik pada berbagai macam kemiringan dasar yang berlawanan, dengan menggunakan susunan *baffle block*. Dengan mengkaji tentang karakteristik loncatan hidraulik dengan kemiringan dasar yang berlawanan dan pengaturan *baffle block*.

Studi ini bertujuan untuk mengetahui perilaku hidraulik aliran pada berbagai angka *Froude*. Kisaran parameter eksperimental ini dipilih berdasarkan kajian teoritis yang umum pada struktur dengan ketinggian rendah dimana bak penahan loncatan hidraulik banyak digunakan. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi dimana loncatan hidraulik terendam dengan blok dapat digunakan sebagai disipator energi dan mendapatkan langkah-langkah praktis untuk melakukannya.

METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Percobaan ini dilakukan di Laboratorium Hidrolika Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Gowa Universitas Hasanuddin. Tampilan skematik dari pengaturan eksperimental dengan denah dan profil memanjang dari variasi *baffle block* dapat dilihat pada Gambar 1. Air dipompa dengan jenis pompa *Summer Sibel* dari bak penampungan. Bak penampungan dilengkapi dengan pintu air untuk mendapatkan aliran super kritis yang seragam dengan kedalaman yang sama sampai pada bukaan pintu y_1 : 5,00 mm. Debit diukur dengan pengukur aliran magnetik (*Portable velocity meter* 0.01- 4.0 m/s LS300-A) yang dipasang dipipa suplai. Pipa suplai dilengkapi dengan katup yang digunakan untuk mengontrol laju aliran. Dibagian hilir pintu air dengan flume berbentuk horizontal dengan dasar dan dinding saluran terbuat dari *viber glass* dengan lebar 1 m, tinggi 0,30 cm dan panjang 3 m. Lantai dasar yang terbuat dari sterofom setebal 15 cm dipasang diatas saluran flume asli untuk memudahkan pemasangan *baffle block*. Pada bagian hilir *flume* diletakkan sebuah pintu air untuk mengontrol kedalaman air buangan. Pengukuran dilakukan dengan akurasi 0,1 mm digunakan untuk mengukur ke dalam air.

Baffle block dibuat dari akrilik dengan menggunakan pedoman desain standar bangunan *spillway* dimensi balok termasuk tinggi (h_b) dan lebar (w_b) dan lokasi *baffle block* (x_b). Berdasarkan pedoman bangunan pelimpah tinggi elevasi muka air 0,2 jam, dan kemiringan 1:2. Bentuk *baffle block* mempengaruhi kinerja dan standar efisien secara hidraulik. Tujuan dari bentuk *baffle block* hanya untuk memberikan stabilitas struktural yang lebih baik dan tidak berpengaruh pada kinerja hidraulik [3]

B. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Data primer yaitu data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik dilaboratorium
2. Data sekunder yaitu data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian energi aliran

C. Teknik Analisis Data Penelitian

Dalam penelitian ini direncanakan untuk mengetahui efek dari peredam energi yang terjadi akibat hambatan yang ada pada saluran peluncur. Dengan memberikan perlakuan pada saluran peluncur diharapkan terjadi suatu efisiensi baik dari segi panjang loncatan, tinggi loncatan maupun peredam energi itu sendiri.

1. Baffle Block Type Semi-Circular

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental disaluran air bersirkulasi dengan saluran miring dan kolam reduksi, menggunakan berbagai jenis *baffle block* yang disusun dalam berbagai konfigurasi untuk

mengukur gaya fluida dan perilaku loncatan hidraulik untuk menganalisis resistensi yang diperlukan dari *baffle block* untuk mencegah penyumbatan [1].

2. *Baffle Block Type Semi-Cylinder*

Metode yang digunakan menghitung dinamika fluida dengan berbagai susunan *baffle block* untuk menentukan resistensi yang diperlukan dari *baffle block* untuk mencegah kegagalan *baffle block* dan menganalisis struktur aliran disekitar *baffle block* [10]

3. *Baffle Block Bersudut*

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan aliran superkritis dan membentuk loncatan hidraulik. Percobaan dilakukan dengan menguji berbagai parameter yaitu y_1 , y_2 , L_j , Q , a , S dan θ dan menggunakan injeksi pewarna untuk mengetahui pola aliran dan mengukur kedalaman aliran dan panjang loncatan hidraulik untuk menganalisis penempatan *baffle blok* terhadap loncatan hidraulik dengan kemiringan tertentu untuk mencegah kerusakan di hilir saluran [7].

d. *Baffle Block Type V*

Metode yang digunakan adalah untuk memperoleh berbagai untuk mengevaluasi sifat spasial dan temporal didalam dua struktur aliran. Untuk menilai efisiensi loncatan hidraulik dari desain *baffle block* yang digunakan, dengan menggunakan teknik analisis dimensi, parameter dimensi dalam menganalisis gaya hambatan aliran air [3].

D. Pendekatan Teoritis

Pekerjaan eksperimental dilakukan dengan memasang *baffle block* dengan mengukur parameter-parameter aliran dengan debit yang berbeda untuk memastikan angka bilangan *Froude*. sebagai berikut:

1. Debit dan kedalaman aliran sebelum pelimpah
2. Kedalaman air sebelum lompatan hidraulik (Y_1)
3. Kedalaman air setelah lompatan hidraulik (Y_2)
4. Panjang lompatan hidraulik (L_j)
5. Kecepatan awal (V_1) dan kecepatan akhir (V_2), masing-masing pada Y_1 dan Y_2 .

Prosedur dan perhitungan dilakukan sebagai berikut:

1. Memeriksa keakuratan kecepatan awal (V_1) dan kecepatan akhir (v_2) dengan menerapkan persamaan kontinuitas:

$$V = \frac{Y}{B} \quad (1)$$

Dimana :

V = Kecepatan awal dan akhir (m/s);

Q = debit (m^3/s);

B = Lebar *flume* (m); dan

Y = Kedalaman aliran

2. Hitung tinggi kecepatan (h_{v1} , h_{v2}) dari persamaan 2 :

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Dimana:

h_v = tinggi kecepatan; h_{v1}, h_{v2} sebelum dan sesudah lompatan hidraulik (m).

V = kecepatan (m/s),

g = gravitasi

3. Hitung angka *froude* awal dan akhir :

$$Fr_1 = \frac{V_1}{(gY_1)^{0.5}} \quad (3)$$

$$Fr_2 = \frac{V_2}{(gY_2)^{0.5}} \quad (4)$$

Dimana :

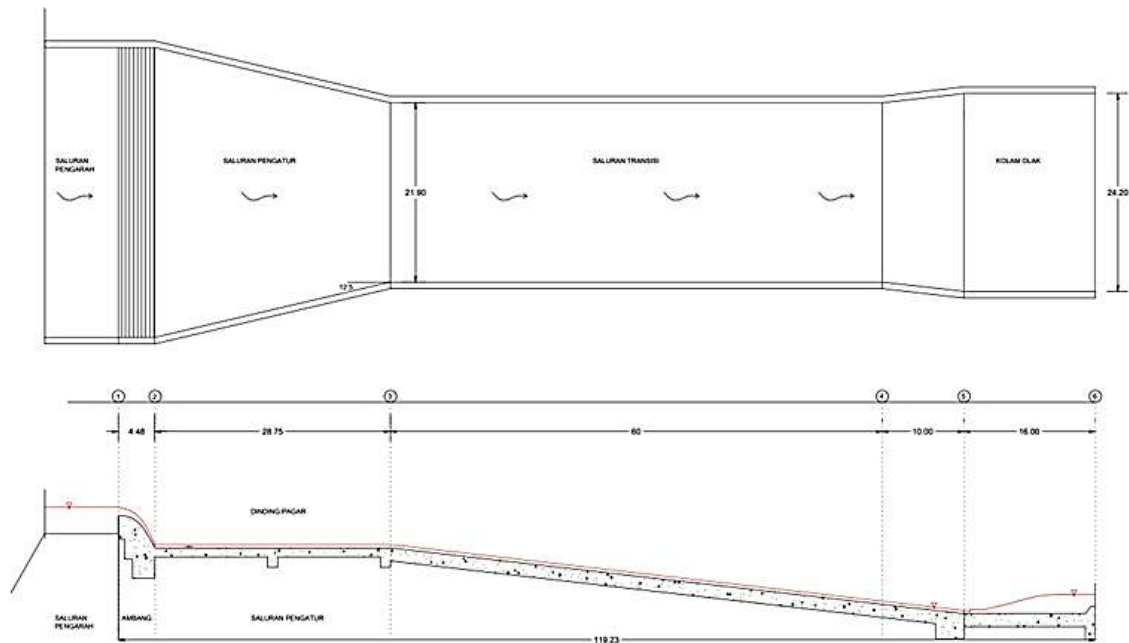
Fr_1 dan Fr_2 = angka *Froude* awal dan akhir:

V_1 dan V_2 = kecepatan awal dan akhir (m/s);

Y_1 dan Y_2 = Kedalaman air sebelum dan sesudah loncatan hidraulik (m)

E. Prosedur dan Pengukuran Eksperimental

Penelitian kedalaman gerusan dilakukan pada saluran *recirculating flume* yang direncanakan berukuran Panjang 6,00 m, lebar 0,40 m dan tinggi 0,40 m dapat dilihat pada Gambar 1. *Baffle block* diletakkan pada saluran peluncur sebagai pemecah energi, dengan menggunakan 3 variasi debit aliran. Pelimpah digunakan untuk setiap pelepasan dengan kedalaman air tetap Y_2 dihilir. Semua model yang digunakan disusun didalam *flume* dengan skala model 1: 50. Kedalaman air dihilir adalah luas kolam dari awal saluran peluncur sampai pada kolam olak (X_o) dan (Y_2).



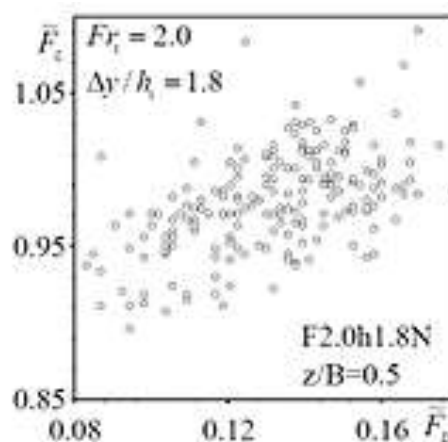
Gambar 1. Dimensi Bangunan *Spillway*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis karakteristik aliran menggunakan 4 variasi model *baffle block* yaitu *Baffle Block Semi-Circular*, *baffle block type-cylinder*, *baffle block* bersudut dan *baffle block type V* yaitu:

A. *Baffle Block Type Semi-Circular*

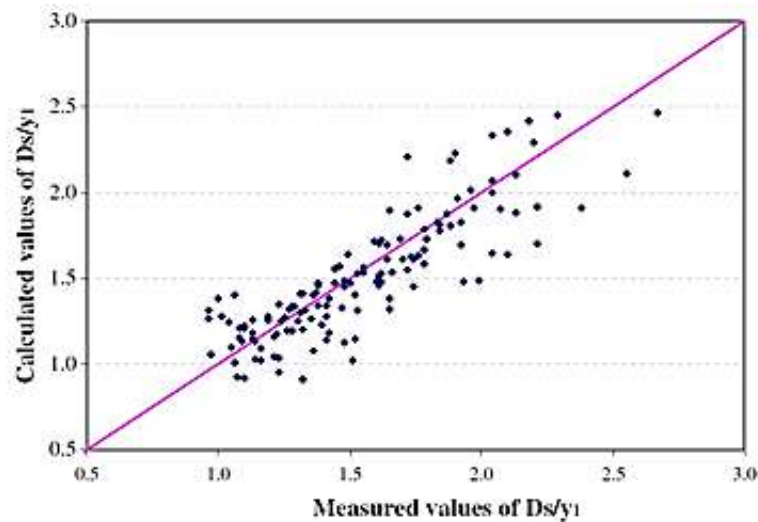
Dengan mempertimbangkan pola aliran dapat dilihat bahwa ujung lompatan air mengalir ke arah hulu dan hilir, tetapi pada saat ujung lompatan air mendekati *baffle block*, aliran membentur *baffle block* menghasilkan garis putus-putus dan tekanan negative yang besar pada permukaan atas balok telah meningkatkan daya angkat [1], seperti terlihat pada Gambar 2:



Gambar 2. Gaya Hambat Sesaat dan Gaya Angkat Sesaat

B. Baffle Block Type Semi-Cylinder

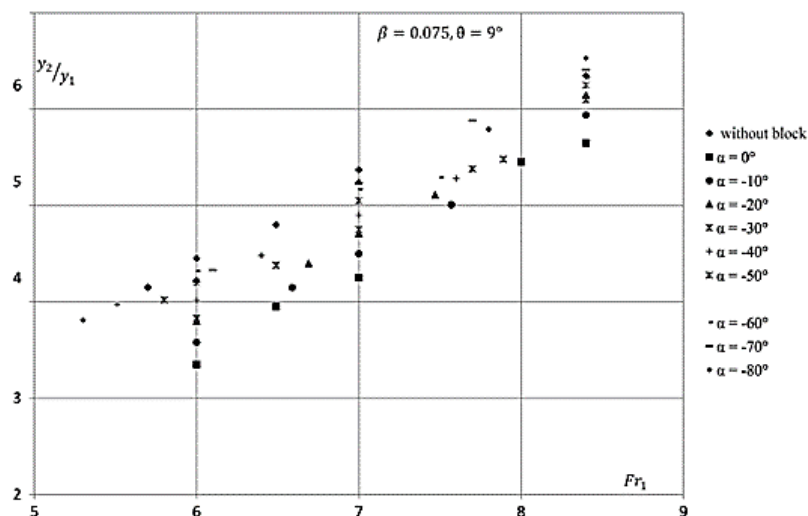
Pola aliran yang melintasi susunan *baffle block* mengakibatkan aliran *overtopping* yang mengalir diatas sekat, mengalihkan aliran yang melewati diantara sekat membentuk arus pusaran melengkung, yang membentuk pusaran di depan sekat [12], seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Nilai D Terhitung dan Ds/y_1 Terhitung , $Fr_1 = 2,58$)

C. Baffle Block Bersudut

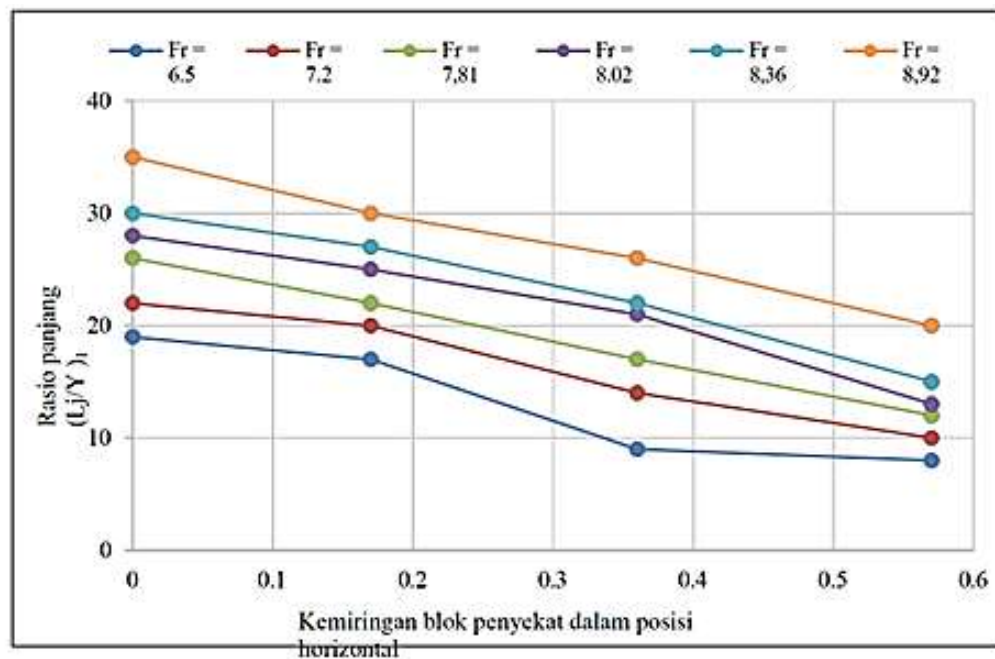
Pola aliran menunjukkan bahwa penggunaan *baffle block* dalam susunan konvergen menyebabkan penurunan panjang relatif dan rasio kedalaman sekuen lompatan hidrolik. Tekanan tinggi di depan *baffle block* dan tekanan rendah di belakangnya menyebabkan aliran sekunder, yang cenderung meningkatkan kehilangan energi dibak penenang [7], seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rasio Kedalaman Beruntun dengan Pendekatan Angka Froude

D. Baffle Block Type V

Dengan perubahan sudut maka rasio penjang lompatan hidraulik terhadap kedalam awal berbanding terbalik dengan sudut perpotongan pada posisi vertikal dan horizontal dan berbanding lurus dengan nilai F . Nilai koefisien *drag* dalam bentuk angka bilang *Froude* menunjukkan nilai koefisien *drag* dengan susunan *baffle block* dengan posisi vertikal memiliki kondisi pola aliran yang relatif baik dibandingkan dengan susunan *baffle block* dengan posisi horizontal [3], seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Kemiringan *Baffle Block* Berbentuk V dan Rasio L/Y_μ

Berdasarkan keempat hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa penempatan *baffle block* pada saluran pelimpah mengalami perubahan gaya hidrodinamika akibat aliran terlokalisasi disekitar *baffle block* yang terletak pada hulu. Gaya tarik dan gaya angkat per rata-rata waktu mengakibatkan gaya fluida tidak banyak berubah dikarenakan komponen gaya fluida yang berfluktuasi kecil.

Penempatan *baffle block* pada lompatan hidraulik dengan kemiringan tertentu menyebabkan stabilitas lompatan hidraulik dan peningkatan aliran *bistable* serta menghasilkan lompatan hidraulik yang stabil. Penggunaan *baffle block* dalam pengaturan konvergen meningkatkan karakteristik lompatan hidraulik dibandingkan dengan pengaturan *divergen*.

Pemilihan tipe *baffle block* dengan pertimbangan pada saat debit *out flow* pelimpah kecil tidak terjadi aliran penuh sehingga menghindari vakum udara. Loncatan air dikolam olakan pada saat debit besar tidak melimpah didinding. Salah satu untuk meredam energi akibat loncatan air dari kolam olakan kesungai, dibangun peredam energi (*Plunge Poll*) pada saluran peluncur, sehingga dapat merubah jenis aliran superkritis menjadi aliran subkritis.

Tempat penelitian tersebut diatas dengan penempatan peredam energi (*baffle block*) pada saluran peluncur untuk mereduksi enenrgi aliran dalam upaya perlindungan di hilir *spillway*.

SIMPULAN

Pola aliran yang terjadi pada *baffle block* pada setiap peningkatan debit aliran yang melimpah pada bangunan pelimpah merupakan aliran transisi hingga menjadi aliran *skimming* yang terjadi karena gesekan fluida secara terus menerus diantara *baffle block* dengan aliran utama yang mengalir di atas *baffle block*. Terjadinya perubahan aliran dikarenakan adanya hambatan air pada susunan *baffle block* menghasilkan kavitasi disekitar bangunan *baffle block* dan secara perlahan merendam seluruh bagian dari bangunan *baffle block*, dan udara pada bagian *baffle block* ikut terbawa aliran. Debit aliran yang besar menyebabkan terjadinya aliran *skimming* mengakibatkan terendamnya seluruh bagian *baffle block* sehingga udara ikut terbawa oleh aliran. Penelitian disipasi energi perlu terus dilakukan untuk menemukan variasi model yang lebih baik dalam upaya perlindungan bangunan air terhadap kerusakan akibat energi aliran.

REFERENSI

- [1] Abdelhaleem, F.S.F., (2013), Effect of Semi-circular Baffle Block on Scour Downstream of Clear-Overfall Weirs, *Ain Shams Engineering Journal*, Volume 4, pp. 675- 684
- [2] Azizi, S. H., Farsadizadeh, D., Abbaspour, A., and Arvanaghi, H. (2022), Experimental Study of Turbulent Structure of Submerged Hydraulic Jump in Channel With Gradually Divergent Side Walls and Rough Bed, *Iran Water Research Journal*, 41(3), 2022, pp. 239-247
- [3] Al-Mansori, N.J.H., Alfatawi, T.J.M., Hashim, S.K., and Al-Zubaidi, L.S. The Effects of Different Shaped Baffle Blocks on the Energy Dissipation, *Civil Engineering Journal*, Volume. 6, No. 5, May, 2020
- [4] Amin, L., Pallu, M.S., Farouk, M., Hatta., M, P., (2020), Study of the Scour Model Around the Sluice Gate of Open Channel, *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 11(6), 2020, pp. 239-247.
- [5] Bakri. B., Pallu, M.S., Lopa, R.T., Akbar. M., Ihsan. M., and Arai. Y. (2017). *Flow Velocity Distribution Analysis on Free Intake Structure and Its Influence to Intake Capacity*. The 4th International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD 2017)
- [6] Desyta, U. (2018). Studi Efektivitas Pola Pemasangan Baffled Block Pada Peredam Energi Dalam Mereduksi Energi Aliran. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [7] Eshkou, Z., Dehghani, A.A., and Ahmadi, A. Forced Hydraulic Jump in a Diverging Stilling Basin Using Angled Baffle Block IOP Conf, Series : *American Society of Civil Engineering* , 144 (2018):06018004, DOI: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001328
- [8] Gadang, B., (2018), Pengaruh Penempatan Baffle Blocks Tipe V Terhadap Reduksi Panjang Loncatan Air Dan Energi Aliran Pada Pengalir Bendung Tipe Ogee, *Jurnal Universitas Muhammadiyah Surakarta*, Surakarta
- [9] Karamma. R., Pallu, M.S., Thaha, M.A., Hatta, M.P., Mustari, A.S., and Syukri, A.S., (2018), *Analysis of Longshore Sediment Transport at The estuaries of Jeneberang River and Tallo River Caused by Waves on Coast of Makassar*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 797 (2020) 012010, doi:10.1088/1757-899X/797/1/012010
- [10] Djunur, L.H., Pallu, M.S., Karamm, R., and Bakri., B., (2024), Effect of Porous Rectangular Type Baffle Block Angle on Hydraulic Jump Downstream of Spillway, *Civil Engineering Journal*, Volume 10, October 2024
- [11] Djunur, L.H., Pallu, M.S., Karamm, R., and Bakri., B., (2024), An Experimental Study of Baffle Blocks as Flow Energy Dissipation in The Launch Channel of a Spillway Structure, *Indian Journal of Engineering* 21, e11je1688 (2024)
- [12] Onitsuka. K., Akiyama. J., Shigeda. M., and Nakagawa. T., (2006), Effect of Arrangement of Cylinder Type Baffle Block on Drag Forecast Downstream of Steep Channel, *Jurnal Teknik Hidrolik*, Vol. 50, pp: 877 – 882
- [13] Pallu, M. S. (2022). Hidrolika Teknik Sipil. Prum Bukit Golp, Arcadia Housing. Bogor : Azkiyah Publishing.