



Architectural – Research Article

Analisis Distribusi Debit Aliran pada Pelimpah dengan Variasi Model Bangunan Peluncur

Satria Dilaga, Yudi Hardiansyah, Fauzan Hamdi , Andi Bunga Tongeng

Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No. 259, Gn. Sari, Kec. Rappocini, Kota Makassar, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: March 20, 2023
Revised: May 15, 2023
Available online: June 08, 2023

KEYWORDS

Discharge flow, spillway, straight, stepped chutes, type flow

CORRESPONDENCE

Satria Dilaga
E-mail: satriadilaga1997@gmail.com

A B S T R A C T



Spillway is a structure in a dam designed to drain excess water into a downstream river. The purpose of this study was to determine the water level in the stepped and ladderless chutes and to determine the type of flow that occurs in the stepped and non-stepped chutes. The research method is a laboratory experiment and the data obtained is based on the results of observations made at the Hydraulics Laboratory of the University of Muhammadiyah Makassar. After passing through the launcher building, the water level in the 1st aperture ladder launcher is 2.7 cm, 2.9 cm in the 2nd opening, 2.9 cm in the 3rd opening. The water level in the ladderless launcher at the 1st opening is 3 cm, at the second opening is 3.5 cm, at the 3rd opening is 3.9 cm so that it can be concluded that the shape of the launcher structure influences the water level, thus the water level at ladderless launcher is larger than ladderless launcher. After passing through the launcher building, the Reynolds number on the stepped launcher with the 1st opening is 8301, on the 2nd opening is 8811, on the 3rd opening is 9061. to 3 of 26,103.

PENDAHULUAN

Spillway adalah struktur sekunder bendungan yang dirancang untuk mengalirkan kelebihan air ke bagian hilir sungai yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu mercu, bangunan luncur dan peredam energi (Saleh, Musa, and As'ad 2019). Mercusuar terletak di bagian atas pembuangan dan berfungsi mengalirkan air di saluran pembuangan. Struktur peluncur berfungsi mengatur luapan air di bagian atas sehingga air mengalir dengan lancar tanpa hambatan hidrolis (Alam and Marlina 2020). Fungsi bangunan peredam energi adalah mereduksi air yang melalui talang agar kebocoran tidak menimbulkan korosi sehingga struktur tetap stabil (Wahyuningsih, Hidayah, and Yunarni 2014).

Saluran terbuka ialah saluran alami atau buatan dengan permukaan air bebas (Ali, Husaiman, and Nur 2018). Pada semua titik di sepanjang saluran memiliki tekanan permukaan air yang sama, Biasanya tekanan atmosfer (Nurjanah 2014). Pengaliran

melalui saluran tertutup (pipa) yang tidak penuh (masih terdapat muka air bebas) masih tergolong aliran melalui saluran terbuka (M., n.d.). Oleh karena aliran pada saluran terbuka harus memiliki muka air bebas, maka aliran ini biasanya berhubungan dengan cairan, umumnya adalah air (Triatmodjo 2008).

Saluran terbuka merupakan saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan dipermukaan air adalah sama (Ali, Husaiman, and Nur 2018). Pada saluran terbuka, parameter saluran sangat tidak teratur baik terhadap ruang dan waktu (Harisnor and Amalia 2016). Parameter tersebut merupakan kekasaran, tampang melintang saluran, belokan, pembendungan, kemiringan, debit aliran dan sebagainya. Ketidakteraturan tersebut mengakibatkan analisis aliran sangat sulit untuk diselesaikan secara analisis. Oleh sebab itu dibutuhkan pembendungan di saluran yang menjadi suatu peralihan yang berfungsi untuk mengetahui tinggi muka air di sepanjang saluran (Harseno and L. 2007).



Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan air bebas. Permukaan air bebas tersebut merupakan pertemuan dua fluida dengan kerapatan yang berbeda. Biasanya pada saluran terbuka fluida itu adalah air dan udara dimana kerapatan air jauh lebih besar dari kerapatan udara (Kodoatie 2002).

Masalah teknis yang terkait dengan aliran mungkin tidak dapat diselesaikan melalui analisis, sehingga saluran atau alat peraga harus dibuat untuk observasi. Saluran ini memiliki geometri yang sama dengan masalah yang diselidiki, tetapi dengan dimensi yang lebih kecil daripada yang ada di lapangan. Saluran diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu saluran alami dan saluran buatan. Saluran alami adalah saluran yang terbentuk tanpa campur tangan manusia dimana semua alur aliran terbentuk secara alami, dimana air mengalir dari hulu ke hilir. Dalam perencanaan saluran pelimpah antara tinggi mercu dengan peredam energy diberi saluran peluncur (flood way).

Pergerakan air di saluran terbuka biasanya bersifat hidrostatis karena pengaruh gaya gravitasi yang mendistribusikan tekanan di dalam air, karena volumenya bergantung pada kedalaman dan kerapatan. Dikarenakan berat jenis aliran dapat dikategorikan konstan, maka tekanan hanya bergantung pada kedalaman. Semakin dalam tekanannya maka tekanannya semakin besar, tetapi dalam kondisi tertentu tekanan non hidrostatis dapat ditemukan (Mawardi 2004).

Fungsi dari mercu ialah untuk mengatur aliran air yang melimpah di mercu dan dapat mengalir secara lancar tanpa menemui hambatan-hambatan hidrolis. Saluran pelimpah luncur adalah saluran dimana drainase dari reservoir mengalir melalui saluran terbuka ke bagian hilir sungai. Biasanya berada pada tumpuan yang tidak jauh dari bendungan atau dipisahkan dari lokasi struktur bendungan dengan pelana. Spillway ini umumnya terdiri dari saluran masuk, saluran kontrol, saluran pembuangan, saluran terminal, dan saluran keluar. Kemiringan bangunan pelimpah dirancang sedemikian rupa sehingga aliran selalu superkritis. Peredam energi harus dibangun pada pelimpah luncur agar energy dari locatan air dibawah mercu dapat diredam. Pelimpah luncur bertangga ialah pelimpah yang bagian saluran curamnya dibangun serangkaian anak tangga dengan ukuran tertentu. Pelimpah bertanggampunya meredam energy air, hal ini disebabkan oleh efek anak tangga yang mampu meredam kecepatan. Stepped chutes mempunyai keuntungan antara lain (Nuraini 2012): a. Dapat mengurangi energi pada hilir bendung. Dapat digunakan pada daerah yang mempunyai kemiringan curam.

Pada pelimpah luncur bertangga, aliran terbagi menjadi dua jenis, yaitu aliran skimming dan aliran nappe. Dalam teknik hidrolis, nappe adalah lembaran atau tirai air yang mengalir di atas bendung atau bendungan. Peredaman energy aliran nappe terjadi karena adanya pemisahan luapan aliran dalam udara yang jatuh dari anak tangga tinggi ke anak tangga rendah dengan kecepatan aliran yang relatif rendah dan kemiringan sapuan yang relatif dangkal. Di sisi lain, peredaman energi skimming

terjadi dikarenakan geseran fluida. Geseran tersebut menyebabkan fluida yang terperangkap di antara tahap-tahap tersebut berputar berulang kali dan aliran utama dikeluarkan dari punggung pelimpah bertangga (Chanson 2004).

Keadaan biofisik saluran terbuka memiliki karakteristik tertentu yang menggambarkan kemungkinan tingkat dan kepekaan saluran tersebut. Karakteristik aliran merupakan deskripsi akurat tentang aliran yang dicirikan oleh parameter yang terkait dengan tanah, vegetasi, geologi, topografi, hidrologi, penggunaan lahan, dan manusia. Permukaan air bebas adalah tempat dua cairan dengan kepadatan berbeda bertemu. Secara umum, dua cairan yang memiliki perbedaan adalah udara dan air, dan kerapatan udara jauh lebih rendah dari kerapatan air.

Sifat aliran saluran terbuka pada dasarnya ditentukan oleh pengaruh kekentalan (viscositas) dan pengaruh percepatan gravitasi dalam perbandingannya dengan gaya-gaya inersia dari aliran. Selanjutnya, apabila perbandingan antara pengaruh gaya kelembaman dengan gaya-gaya kekentalan yang dipertimbangkan maka aliran dapat kita bedakan menjadi aliran turbulen, aliran laminar, dan aliran transisi. Parameter yang digunakan sebagai dasar untuk membedakan sifat aliran tersebut merupakan suatu parameter yang tidak berdimensi yang dikenal dengan bilangan reynold (Re) yaitu perbandingan (ratio) dari gaya kelembaman (inersia) terhadap gaya-gaya kekentalan (viscositas) per satuan volume (Soewarno 1991). Sifat aliran berdasarkan pengaruh gaya kelembaman dengan gaya kekentalan yaitu (Fouz 2001).

- 1) Aliran laminaer ialah aliran dimana gaya viskos relatif lebih besar daripada gaya inersia. Viskositas memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik aliran. Pada aliran ini, partikel cair tampak bergerak secara teratur di sepanjang jalur tertentu;
- 2) Aliran turbulen, yaitu ketika kecepatan aliran lebih besar dari viskositas, dalam hal ini partikel-partikel air bergerak menurut lintasan yang tidak tetap, tidak teratur dan tidak lancar meskipun partikel bergerak maju dalam kesatuan aliran secara keseluruhan;
- 3) Aliran transisi, merupakan peralihan dari aliran laminar ke turbulen dengan viskositas sebanding dengan kecepatan. Klasifikasi aliran berdasarkan bilangan Reynolds dapat dibagi menjadi tiga kategori (Lucio Cannonica, 2013).

$Re < 500$ Aliran laminar

$500 < Re < 12.500$ Aliran transisi

$Re > 12.500$ aliran turbulens

Aliran saluran terbuka umumnya tergolong turbulen karena memiliki $Re > 12.500$

Keadaan biofisik saluran terbuka memiliki karakteristik tertentu yang menggambarkan kemungkinan tingkat dan kepekaan saluran tersebut. Karakteristik aliran adalah deskripsi akurat tentang aliran yang dicirikan oleh parameter yang terkait dengan tanah, geologi, topografi, hidrologi, penggunaan lahan, vegetasi dan manusia. Permukaan bebas adalah tempat dua cairan dengan kepadatan berbeda bertemu. Secara umum, dua cairan

yang memiliki perbedaan saluran terbuka adalah air dan udara dan kerapatan udara jauh lebih rendah dari kerapatan air (Raju 1986).

Debit air sungai adalah laju aliran air sungai yang melewati suatu penampang melintang dengan per satuan waktu. Besarnya debit dinyatakan dalam satuan m³/dtk. (Sosrodarsono and Takeda 2016). Pengukuran debit aliran dikatakan secara tidak langsung apabila kecepatan aliran tidak diukur secara langsung, akan tetapi dihitung berdasarkan rumus hidrolis debit dengan persamaan Manning, Chezy, dan Marchy Weishbach. Pada sungai yang besar, penggunaan alat ukur yang diterapkan di laboratorium menjadi tidak praktis dan pengukuran debit dilakukan dengan suatu alat pengukur kecepatan aliran yang disebut flow meter (Daties 2012). Perhitungan debit pintu thompson dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Wisardi and Robiansyah 2014):

$$Q = (8/15) cd1 \times \tan(4.5) \times \sqrt{2g}$$

Dimana Q = debit pengaliran, cd = koefisien debit, g = percepatan gravitasi, h₁ = tinggi muka air dasar.

Tujuan dari penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tinggi muka air pada saluran peluncur bertangga maupun tidak bertangga dan untuk mengetahui jenis aliran yang terjadi pada saluran peluncur tidak bertangga dan saluran peluncur bertangga.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen laboratorium, dimana kondisi tersebut diatur dan dibuat sendiri oleh peneliti dengan mengacu pada literatur yang berkaitan dengan judul penelitian.

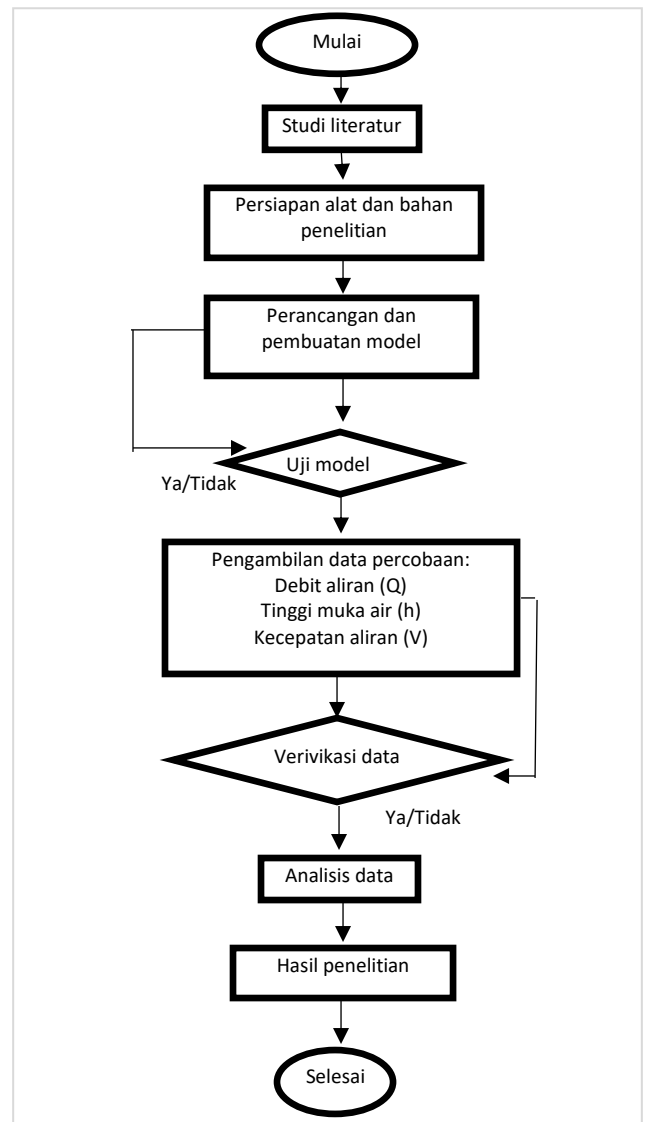
Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Dimana pengurusan administrasi dilakukan pada bulan pertama, persiapan dan kajian literatur dilakukan pada bulan kedua, kemudian pembuatan model simulasi, pengambilan data, pengolahan dan analisa data dilakukan pada bulan selanjutnya.

Metode pengumpulan data

Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan dalam dua kondisi, kondisi pertama pada saat running dan kondisi kedua pada saat section pengamatan. Kondisi setelah running dilakukan pengukuran kedalaman dihilir peredam energi.

Alat yang digunakan pada penelitian ini ialah meteran, alat tulis, gergaji, kamera, current meter, cutter, alkon, flume, peluncur bertangga. Bahan yang digunakan dalam percobaan ini yaitu: air tawar, plastisin, fiber glass, dan pipa.



Gambar 1. Flowchart

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan diketahui debit pada bukaan pintu thompson (Q1) sebesar 0.212 cm³ /dtk, debit pada bukaan pintu thompson (Q2) sebesar 0.265 cm³ /dtk, debit pada bukaan pintu thompson (Q3) sebesar 0.318 cm³ /dtk. Jadi untuk nilai debit terendah ialah Q1 dan nilai debit tertinggi ialah Q3.

Setelah mengalami loncatan (titik S3) tinggi muka air pada peluncur tidak bertangga lebih besar dari tinggi muka air peluncur bertangga. Tinggi muka air terbesar pada peluncur bertangga 3 cm sedangkan tinggi muka air terbesar pada peluncur tidak bertangga 3.9 cm/dtk. Tinggi muka air terendah pada peluncur bertangga 2.7 cm/dtk sedangkan tinggi muka air terendah pada peluncur tidak bertangga 3 cm/dtk. Dapat dilihat bahwa setelah mengalami loncatan (titik 4) tinggi muka air pada peluncur tidak bertangga lebih besar dari tinggi muka air bertangga. Tinggi muka air terbesar pada peluncur bertangga 2.8 cm/dtk sedangkan tinggi muka air terbesar pada peluncur tidak bertangga 2.9 cm/dtk. Tinggi muka air terendah pada peluncur bertangga 2.2

cm/dtk sedangkan tinggi muka air terendah pada peluncur tidak bertangga 2.6 cm/dtk.

Diketahui setelah mengalami loncatan hidrolis (S3), bilangan froude pada peluncur bertangga turun saat debit semakin besar. Bilangan froude terbesar pada peluncur bertangga setelah mengalami loncatan hidrolis 0.5829 pada bukaan pintu thompson ke 1 dan bilangan froude terkecil 0.5530 terdapat pada bukaan pintu thompson ke 3. Pada peluncur tidak bertangga dapat dilihat semakin besar debit maka bilangan froude nilainya akan semakin besar. Bilangan froude terbesar pada peluncur tidak bertangga 0.1317 terdapat pada bukaan pintu thompson ke 3 dan bilangan froude terkecil 0.9217 terdapat pada bukaan ponnmultu thompson ke 1.

Semakin besar debit (Q) maka semakin besar bilangan reynold, bilangan reynold terbesar pada peluncur tidak bertangga terdapat di bukaan pintu thompson ke 3 (titik S3) dengan nilai bilangan reynold 26.103 dan bilangan reynold terkecil terdapat pada bukaan pintu thompson bukaan ke 1 dengan nilai bilangan reynold 15.101. Pada peluncur bertangga, bilangan reynold terbesar terdapat di bukaan pintu thompson ke 3 di titik (1) dengan nilai bilangan reynold 9386 dan bilangan reynold terkecil pada titik (S1) terdapat pada bukaan pintu thompson ke 1 dengan nilai 9181.

Pada titik (S4), bilangan reynold terbesar pada peluncur tidak bertangga terdapat pada bukaan pintu thompson ke 3 dengan nilai bilangan reynold 5874 dan bilangan reynold terkecil terdapat pada bukaan pintu thompson ke 1 dengan nilai 5361, sedangkan pada peluncur bertangga, nilai bilangan reynold terbesar terdapat pada bukaan pintu thompson ke 3 dengan nilai 2852 dan bilangan reynold terkecil terdapat pada bukaan pintu thompson ke 1 dengan nilai bilangan reynold 918.

Tabel 1. Perhitungan debit aliran

Q (cm ³ /dtk)	H (cm)	H1 (cm)	Cd	G (cm/dtk ²)	θ	Q (cm ³ /dtk)
Q1	16	6	0.6	981	90°	0.212
Q2	16	7.5	0.6	981	90°	0.265
Q3	16	9	0.6	981	90°	0.318

Tabel 2. Perhitungan tinggi muka air peluncur bertangga dan peluncur tidak bertangga

Titik	Q (cm ³ /dtk)	G (cm/dtk ²)	h bertangga (cm)	h tidak bertangga (cm)
s1	1,24	981	16.2	16.2
	1,82	981	16.5	16.5
	2,87	981	17	17
s2	1,24	981	2	2
	1,82	981	2.3	2.3
	2,87	981	2.6	2.6
s3	1,24	981	2.7	3
	1,82	981	2.9	3.5
	2,87	981	3	3.9
s4	1,24	981	2.2	2.6
	1,82	981	2.4	2.8

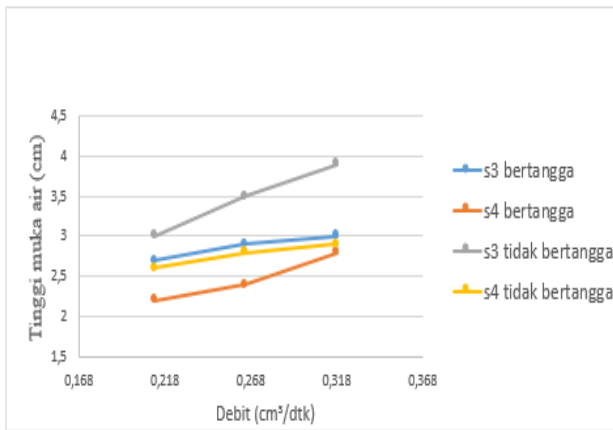
Titik	Q (cm ³ /dtk)	G (cm/dtk ²)	h bertangga (cm)	h tidak bertangga (cm)
	2,87	981	2.8	2.9

Tabel 3. Perbandingan bilangan froude peluncur lurus dan peluncur tidak bertangga

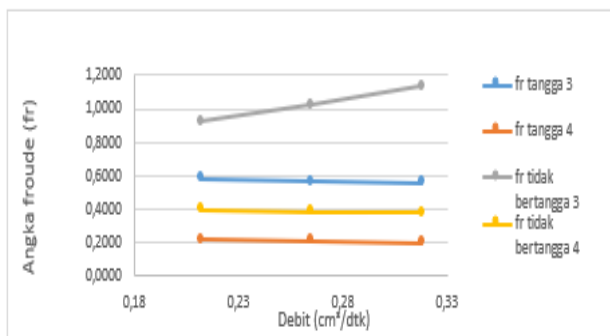
Titik	Q (cm ³ /dtk)	G (cm/dtk ²)	fr bertangga (fr=V/g.h) ^{^0.5}	fr tidak bertangga (fr=V/g.h) ^{^0.5}
s1	1,24	981	0.7930	0.7930
	1,82	981	0.7860	0.7860
	2,87	981	0.7740	0.7740
s2	1,24	981	0.6773	0.6773
	1,82	981	0.6316	0.6316
	2,87	981	0.5940	0.5940
s3	1,24	981	0.5829	0.9217
	1,82	981	0.5625	1.0240
	2,87	981	0.5530	1.1317
s4	1,24	981	0.2153	0.3960
	1,82	981	0.2061	0.3816
	2,87	981	0.1908	0.3750

Tabel 4. Perbandingan bilangan reynold peluncur lurus dan peluncur tidak bertangga

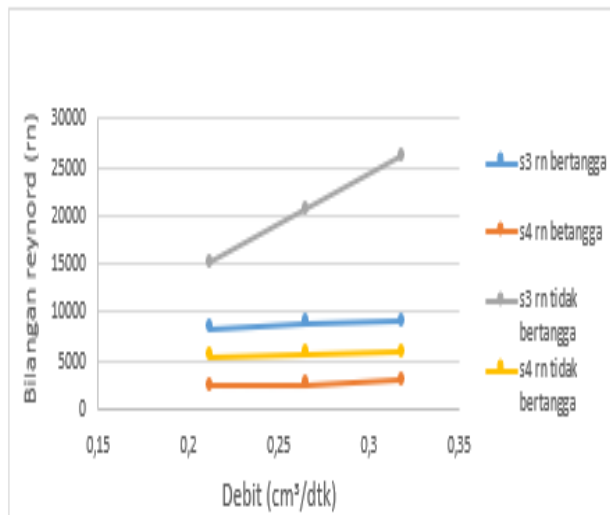
Titik	Q (cm ³ /dtk)	visko (cm ³ /dtk)	re bertangga (re=V.v/r)	re tidak bertangga (re=V.v/r)
s1	1,24	0.00818	9181	9181
	1,82	0.00818	9259	9259
	2,87	0.00818	9386	9386
s2	1,24	0.00818	6418	6418
	1,82	0.00818	7245	7245
	2,87	0.00818	8042	8042
s3	1,24	0.00818	8301	15101
	1,82	0.00818	8811	20538
	2,87	0.00818	9061	26103
s4	1,24	0.00818	2324	5361
	1,82	0.00818	2505	5705
	2,87	0.00818	2852	5874



Gambar 2. Grafik perbandingan antara tinggi muka air aliran peluncur bertangga dan peluncur tidak bertangga



Gambar 3. Grafik perbandingan antara bilangan froude peluncur bertangga dan tidak bertangga



Gambar 4. Grafik perbandingan antara bilangan reynold peluncur bertangga dan tidak bertangga

KESIMPULAN

Setelah melewati bangunan peluncur tinggi muka air pada peluncur bertangga bukaan ke 1 sebesar 2.7 cm, pada bukaan ke 2 sebesar 2.9 cm, pada bukaan ke 3 sebesar 2,9 cm. Tinggi muka air pada peluncur tidak bertangga pada bukaan ke 1 sebesar 3 cm, pada bukaan ke dua sebesar 3,5 cm, pada bukaan ke 3 sebesar 3.9 cm sehingga dapat disimpulkan bentuk

bangunan peluncur berpengaruh terhadap tinggi muka air, dengan demikian tinggi muka air pada peluncur tidak bertangga lebih besar dari peluncur tidak bertangga. Setelah melewati bangunan peluncur bilangan reynold pada peluncur bertangga bukaan ke 1 sebesar 8301, pada bukaan ke 2 sebesar 8811, pada bukaan ke 3 sebesar 9061. Bilangan reynold pada peluncur tidak bertangga bukaan ke 1 sebesar 15.101, pada bukaan ke 2 sebesar 20.538, pada bukaan ke 3 sebesar 26.103 sehingga dapat disimpulkan jenis aliran setelah melewati peluncur bertangga Transisi dan jenis aliran setelah melewati peluncur tidak bertangga turbulen.

REFERENSI

- Alam, Sam Sapriadi, and Marlina. 2020. 'Perbandingan Karakteristik Aliran Dan Gerusan Pada Bangunan Peluncur Lurus Dan Vertangga Dengan Menggunakan Bangunan Peredam USBR III'. Universitas Muhammadiyah Makassar. https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/11315-Full_Text.pdf.
- Ali, Muhammad Yunu, Husaiman Husaiman, and Muh. Ilham Nur. 2018. 'Karakteristik Aliran Pada Bangunan Pelimpah Tipe Ogee'. *Teknik Hidro* 11 (1): 72–82. <https://doi.org/10.26618/th.v11i1.2441>.
- Chanson, H. 2004. 'Drag Reduction in Skimming Flow on Stepped Spillways by Aeration'. *Journal of Hydraulic Research* 42 (3): 316–22. <https://doi.org/10.1080/00221686.2004.9728397>.
- Daties, Yuni Cahya S. 2012. 'Kajian Perubahan Pola Gerusan Pada Tikungan Sungai Akibat Penambahan Debit'. Universitas Hasanuddin. <https://core.ac.uk/download/pdf/25491609.pdf>.
- Fouz, Infaz. 2001. 'Fluid Mechanics'. University of Oxford.
- Harisnor, Al, and Maya Amalia. 2016. 'Analisa Parameter Hidraulik Pada Sungai Veteran Kota Banjarmasin'. *Poros Teknik* 8 (2): 97–103. <https://media.neliti.com/media/publications/126060-ID-analisa-parameter-hidraulik-pada-sungai.pdf>.
- Harseno, Edy, and Setdin Jonas V. L. 2007. 'Studi Eksperimental Aliran Berubah Beraturan Pada Saluran Terbuka Bentuk Prismatic'. *Majalah Ilmiah UKRIM* 12 (2). <http://www.e-jurnal.ukrimuniversity.ac.id/file/21202.pdf>.
- Kodoatie, Robert J. 2002. *Hidraulika Terapan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- M., M. Selpan. n.d. 'Aliran Pada Saluran Tertutup (Pipa)'. Muhfari.Wordpress.Com. <http://www.ucarecdn.com/666e0ef7-a7f5-486c-bc27-436fc65069b3/>.
- Mawardi, Erman. 2004. *Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi Teknis*. Bandung: Alfabeta.
- Nuraini, Sad Mei. 2012. 'Menurunkan Energi Air Dari Spillway Dengan Stepped Chutes'. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Nurjanah, R. A. Dita. 2014. 'Analisis Tinggi Dan Panjang Loncat Air Pada Bangunan Ukur Berbentuk Setengah Lingkaran'. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan* 2 (3): 578–82. <https://media.neliti.com/media/publications/212050->

- analisis-tinggi-dan-panjang-loncat-air-p.pdf.
- Raju, K. G. Rangga. 1986. *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Saleh, Syam Sunniati, Ratna Musa, and Hanafi As'ad. 2019. 'Kajian Karakteristik Aliran Terhadap Bangunan Pelimpah Pada Saluran Terbuka'. *TEKNIK HIDRO* 12 (2): 40–52. <https://doi.org/10.26618/th.v12i2.2811>.
- Soewarno. 1991. *Hidrologi: Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung: Nova.
- Sosrodarsono, Suyono, and Kensaku Takeda. 2016. *Bendungan Tipe Urugan*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wahyuningsih, Linda, Entin Hidayah, and Wiwik Yunarni. 2014. 'Perbandingan Energi Air Pada Pelimpah Bersaluran Peluncur Lurus Dan Pelimpah Bersaluran Peluncur Anak Tangga'. Jember. [https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/68866/Linda Wahyuningsih.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/68866/Linda%20Wahyuningsih.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Wisardi, and A. Robiansyah. 2014. 'Studi Pengaruh Perubahan Penampang Saluran Terhadap Kecepatan Pada Model Saluran Terbuka'. Universitas Muhammadiyah Makassar. https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/22524-Full_Text.pdf.