

Analisis Jenis Aliran pada Saluran Terbuka dengan Hambatan

Raden Herdian Bayu Ash Siddiq¹, Nia Nuraeni Suryaman², Neris Peri Ardiansyah³

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Widyatama

² Program Studi Teknik Mesin, Universitas Widyatama

³ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Widyatama

Email: raden.herdian@widyatama.ac.id; nia.suryaman@widyatama.ac.id ;
neris.ardiansyah@widyatama.ac.id

ABSTRAK

Pada saluran terbuka, aliran uniform (tetap/seragam) akan mengalami perubahan kecepatan dan ketinggian jika terdapat hambatan atau benturan di dalam pengalirannya. Sifat aliran dapat berubah dari uniform menjadi non-uniform atau dari laminar (sejajar) menjadi turbulen (tidak teratur), atau sebaliknya. Penelitian ini bertujuan untuk melihat fenomena perubahan aliran pada saluran terbuka yang ditambahkan hambatan di badan salurannya. Adapun metode penelitian ini dilakukan dengan cara pemodelan fisik dengan flume meter dan pemodelan numerik dengan bantuan software HEC RAS 1D. Dari hasil penelitian didapat bahwa Dari hasil penelitian ini didapat hasil bahwa pada kondisi eksisting tanpa hambatan dengan debit sebesar 0.01 m³/s dan kemiringan saluran 0.01 dihasilkan jenis aliran superkritik dengan tinggi muka air rata-rata 1 cm. Pada percobaan pertama dengan diberikan hambatan dengan bukaan bawah jenis aliran yang terjadi di hulu berdasarkan angka froude pada pemodelan numerik HecRas 1D berubah menjadi aliran subkritik dengan tinggi muka air di hulu rata-rata 3 cm dan di hilir rata-rata 1.5 cm. Untuk kecepatan rata-rata di hulu sebesar 0.1 m/s dan di hilir sebesar 0.26 m/s. Pada percobaan kedua saat diberikan hambatan berupa ambang trapesium didapat tinggi muka air di bagian hulu rata-rata 10 cm dengan kecepatan rata-rata 0.04 m/s, diatas ambang 1 cm dan di bagian hilir rata-rata 1.4 cm dengan kecepatan rata-rata 0.26 m/s, sedangkan jenis aliran berdasarkan angka froude termasuk ke dalam aliran sub kritis.

Kata Kunci: Aliran, Froude, HEC RAS, Superkritis, Subkritis.

ABSTRACT

In open channels, uniform flow will experience changes in speed and height if there are obstacles or collisions in the flow. The nature of the flow can change from uniform to non-uniform or from laminar (parallel) to turbulent (irregular), or vice versa. This research aims to look at the phenomenon of flow changes in open channels where obstacles are added to the channel body. This research method was carried out by means of physical modeling with a flume meter and numerical modeling with the help of HEC RAS 1D software. From the research results it was found that in existing conditions without obstacles with a discharge of 0.01 m³/s and a channel slope of 0.01 a supercritical type of flow was produced with an average water level of 1 cm. In the first experiment, by providing an obstacle with a bottom opening, the type of flow that occurred upstream based on the Froude number in HecRas 1D numerical modeling changed to subcritical flow with an average water level upstream of 3 cm and an average of 1.5 cm downstream. The average speed upstream is 0.1 m/s and downstream is 0.26 m/s. In the second experiment, when an obstacle was given in the form of a trapezoidal threshold, the water level in the upstream section was found to be an average of 10 cm with an average speed of 0.04 m/s, above the threshold of 1 cm and in the downstream section an average of 1.4 cm with an average speed of 0.26 m/s, while the type of flow based on the Froude number is included in sub-critical flow.

Key words: Flow, Froude, HEC RAS, Supercritical, Subcritical.

Submitted:	Reviewed:	Revised	Published:
26 Nov 2023	15 Maret 2024	15 April 2024	01 August 2024

PENDAHULUAN

Pembagian saluran terdiri dari dua jenis: saluran terbuka dan tertutup. Saluran terbuka dan tertutup memiliki banyak kesamaan, tetapi satu hal yang membedakannya adalah keberadaannya adalah permukaan bebas. Aliran sungai, aliran irigasi dan talang, aliran pembuangan, dan saluran lain memiliki banyak masalah aliran terbuka dengan berbagai bentuk dan kondisi geometri, termasuk model

saluran yang dibuat di laboratorium untuk keperluan penelitian. Sifat hidrolis saluran dapat diubah sesuai keinginan atau dirancang untuk memenuhi syarat tertentu. Oleh karena itu, menerapkan teori hidrolis pada saluran dapat menghasilkan hasil yang cukup sesuai dengan keadaan nyata dan dengan demikian cukup teliti untuk kebutuhan perancangan yang sebenarnya. Hal ini sangat membantu karena bidang teknik

sipil berkembang pesat dalam semua bidang ilmu saat ini, yang menuntut orang untuk terus berinovasi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Salah satunya adalah rekayasa bangunan air, di mana rancangan bangunan air diperlukan untuk mengelola sumber daya air dengan menunjukkan pola aliran saluran. Oleh karena itu, pola aliran saluran terbuka harus diteliti karena hambatan atau benturan dalam pengalirannya (Rohmanto et al., 2021).

Sebuah aliran dengan permukaan air yang bebas disebut aliran saluran terbuka. Saluran terbuka, baik alami maupun buatan, terdiri dari dua kategori: aliran permanen (tetap) dan aliran tidak permanen (tidak tetap). Aliran permanen memiliki komponen aliran yang tetap atau tidak berubah terhadap waktu, sedangkan aliran tidak permanen memiliki komponen aliran yang dapat berubah terhadap waktu (Permana & Kurniadi, 2021).

Saluran terbuka dapat ditemukan dalam saluran irigasi teknis, semi teknis, dan alami. Saluran nonprismatis mengakibatkan perubahan dalam ketinggian, kecepatan, dan perilaku aliran lainnya. Beberapa penyebab bentuk aliran nonprismatis adalah sebagai berikut: sambungan dua penampang saluran yang berbeda, adanya bangunan lain seperti pilar jembatan, karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding saluran yang terlalu besar.

Bilangan Froude adalah angka nondimensional hubungan antara gaya inerti dan gaya gravitasi pada aliran air. Angka Foude digunakan untuk menentukan jenis aliran. Untuk aliran subkritik kondisi pembatas (boundary condition) ada di hilir sementara untuk superkritik kondisi pembatasnya ada di hulu dan pada saat $Fr = 1$ jenis alirannya adalah kritis (Kementerian PUPR, 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pola aliran saluran terbuka dengan penambahan hambatan dengan membandingkan hasil pemodelan fisik menggunakan flume meter dan pemodelan numerik dengan bantuan software Hec RAS 1D.

METODE PENELITIAN

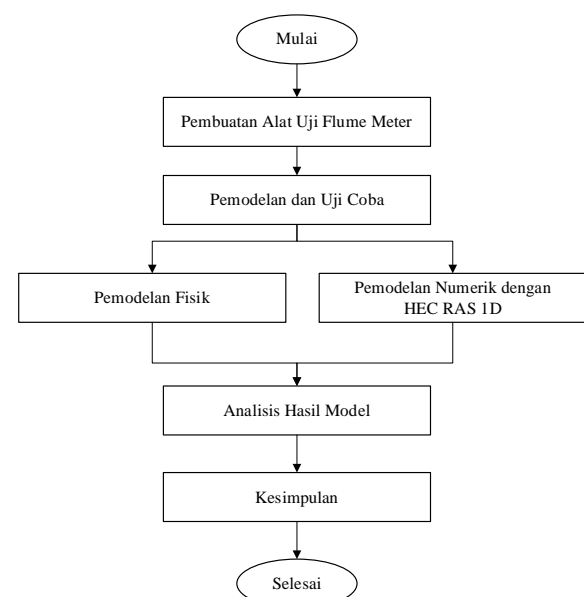
Adapun metode penelitian yang dilakukan adalah pengamatan pada pemodelan fisik dan perhitungan dengan pemodelan numerik. Kemudian hasil dari kedua pemodelan tersebut dibandingkan terkait karakteristik aliran yang terjadi karena hambatan yang dipasang pada saluran terbuka.

Tempat dilakukannya penelitian ini yaitu di laboratorium Teknik Sipil Universitas Widyatama. Penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu 4 bulan.

Penelitian ini dimulai dengan pembuatan model fisik yaitu berupa flume meter. Selanjutnya dibuat juga jenis hambatan berupa bukaan bawah dan

ambang bentuk trapesium. Kemudian dilakukan pengujian aliran pada model fisik tersebut dan dilakukan pengukuran tinggi muka air setelah dan sebelum hambatan. Hasil dari pengamatan model fisik ini nantinya juga dijadikan parameter kalibrasi model numerik. Pemodelan numerik sendiri menggunakan bantuan *software* HEC RAS 1D dimana pada model ditambahkan *inline structure* sebagai model hambatan pada badan saluran. Hasil dari pengamatan model fisik dan pemodelan numerik kemudian dibandingkan. Dari hasil pemodelan tersebut kemudian ditarik kesimpulan untuk penelitian ini.

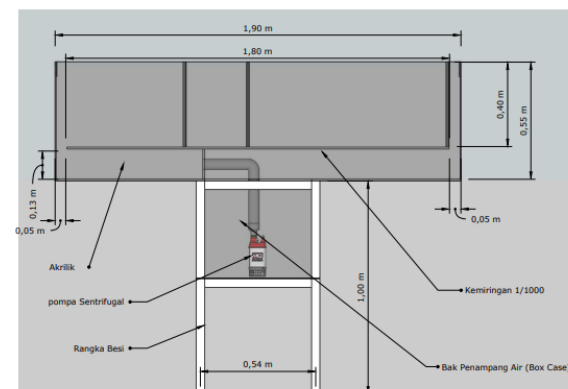
Adapun bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pertama dari penelitian ini adalah pembuatan alat uji flume meter. Adapun *flume meter* yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 2.



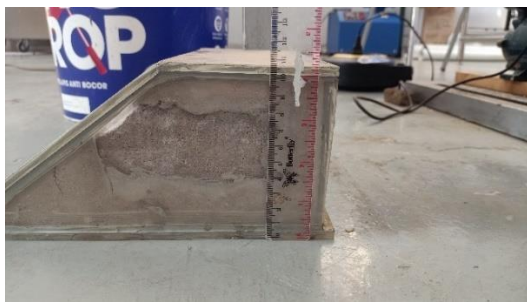


Gambar 2 Alat Flume Meter

Sedangkan untuk model hambatan yang dibuat dan dipakai pada uji coba dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)



(b)

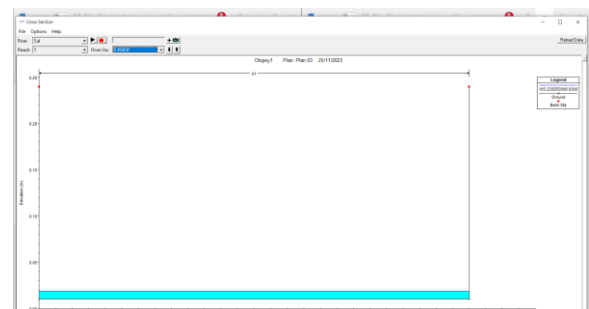
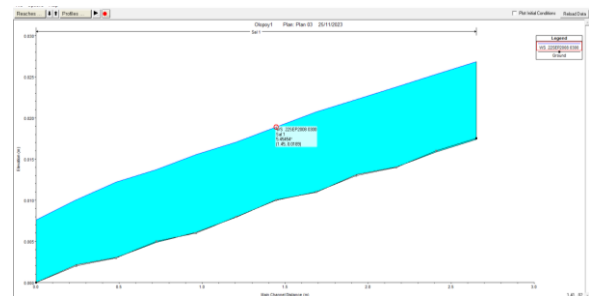
Gambar 3 Model Hambatan pada Saluran, (a) Bukaan bawah, (b) Ambang.

Untuk percobaan pertama yaitu kondisi eksisting saluran tanpa adanya hambatan. Dari hasil pengamatan didapat tinggi muka air dengan debit $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ pada kondisi eksisting didapat rata – rata 1 cm.



Gambar 4 TMA saat kondisi tanpa hambatan

Sedangkan hasil pemodelan numerik dengan HEC RAS 1D pada kondisi tanpa hambatan dengan nilai n manning 0.01 didapat tinggi muka aliran rata – rata 0.008 meter atau 0.8 cm. Kecepatan pada saluran rata – rata 0.41 m/s dan angka froude yang dihasilkan rata – rata 1.36, sehingga aliran yang dihasilkan termasuk kedalam aliran superkritis.

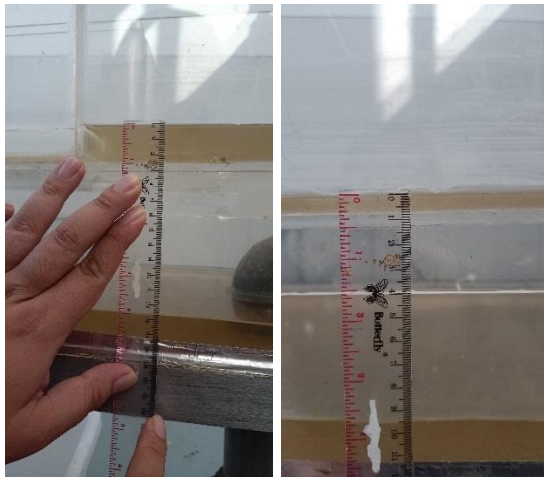


Gambar 5 Hasil model Hec Ras 1D kondisi saluran tanpa hambatan

Dari hasil tersebut dapat dikatakan pemodelan numerik dengan Hec Ras 1D dapat mewakili kondisi sebenarnya.

Selanjutnya pada percobaan kedua dilakukan pengamatan model uji fisik dengan menambahkan hambatan yang mempunyai panjang 25 cm, lebar 26 cm, tinggi 23 cm dengan lebar bukaan bawah 7 cm dan tinggi 5 cm. Dari hasil pengamatan diperoleh TMA di belakang bangunan (hulu) rata

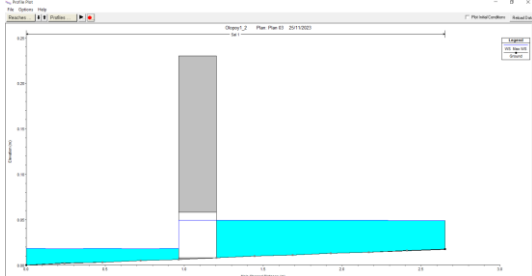
– rata 2.5 cm dan di depan bangunan (hilir) rata – rata 0.8 cm.



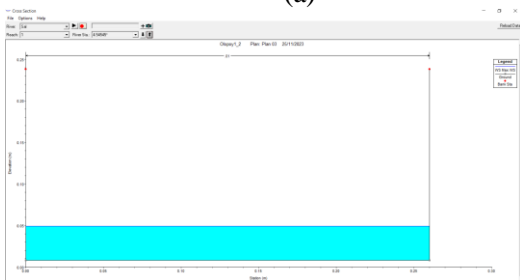
(a) TMA Hilir (b) TMA Hulu

Gambar 6 Kondisi TMA dengan Hambatan bukaan bawah

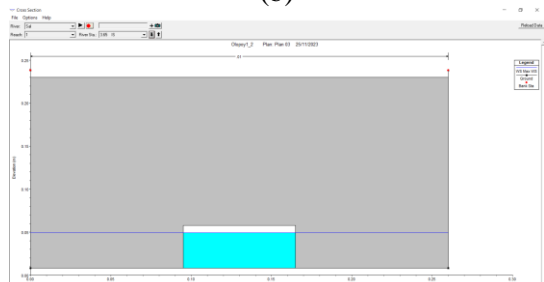
Sedangkan dari hasil pemodelan Hec Ras 1D didapat TMA pada saluran dengan hambatan bukaan bawah di bagian hulu rata – rata 3 cm dan di bagian hilir rata – rata 1.5 cm.



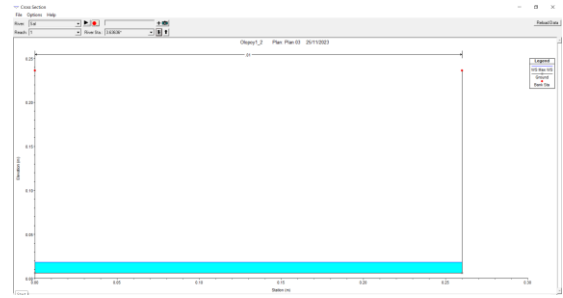
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 7 Kondisi TMA dengan hambatan bukaan bawah, (a) Potongan memanjang, (b) TMA di Hulu, (c) TMA di bangunan, (d) TMA di Hilir.

Tabel 1 TMA di Sepanjang Saluran Akibat Hambatan Bukaan Bawah

River Sta	W.S. Elev (m)	Froude # Chl
10	0.05	0.22
9.09090*	0.05	0.2
8.18181*	0.05	0.18
7.27272*	0.05	0.18
6.36363*	0.05	0.16
5.45454*	0.05	0.16
4.54545*	0.05	0.14
3.65	<i>Inline Structure</i>	
3.63636*	0.02	0.91
2.72727*	0.02	0.82
1.81818*	0.02	0.65
.909090*	0.02	0.62
0	0.02	0.5

Dari hasil tersebut terdapat perbedaan TMA hasil pemodelan fisik dan numerik. Di Hulu terdapat perbedaan rata – rata 0.5 cm, sedangkan di hilir terdapat perbedaan rata – rata 0.7 cm. Untuk kecepatan rata – rata di hulu sebesar 0.1 m/s dengan angka froude rata – rata 0.17 dan di hilir sebesar 0.26 m/s dengan angka froude rata – rata 0.7, termasuk ke dalam jenis aliran subkritis.

Pada percobaan ketiga ditambahkan hambatan berupa bangunan ambang berbentuk trapesium dengan panjang 25 cm, tinggi 10 cm dan lebar embung 10 cm. Dari hasil pengamatan didapat TMA di Hilir setinggi 12 cm, TMA di atas ambang setinggi 0.5 cm dan di hilir setinggi 0.7 cm.



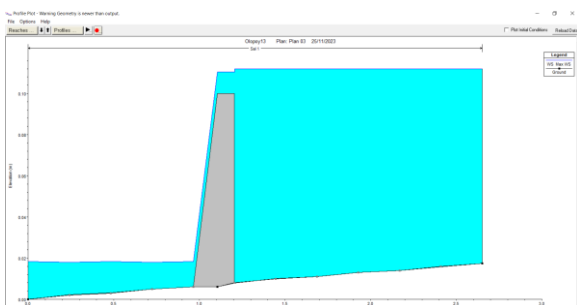
(a) TMA Hulu (b) TMA diatas ambang



(c) TMA di Hilir

Gambar 8 Kondisi TMA dengan Hambatan bangunan ambang.

Dari hasil pemodelan Hec Ras 1D didapat TMA pada saluran dengan hambatan bangunan ambang di bagian hulu rata – rata 10 cm dengan kecepatan rata – rata 0.04 m/s, angka froude 0.04, diatas ambang 1 cm dan di bagian hilir rata – rata 1.4 cm dengan kecepatan rata – rata 0.26 m/s, angka froude 0.69, jenis aliran berdasarkan angka froude termasuk ke dalam aliran sub kritis.



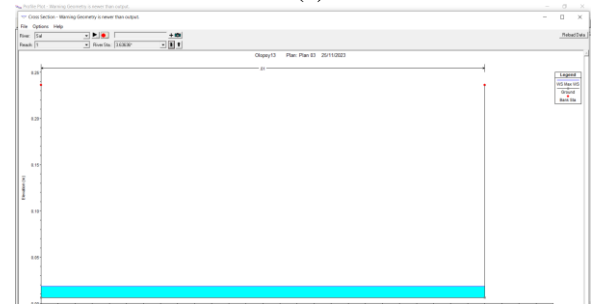
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 9 Kondisi TMA dengan bangunan ambang (a) Potongan memanjang, (b) TMA di Hulu, (c) TMA di bangunan, (d) TMA di Hilir.

Tabel 2 TMA di Sepanjang Saluran Akibat Hambatan Bangunan Ambang

River Sta	W.S. Elev (m)	Froude # Chl
10	0.11	0.04
9.09090*	0.11	0.04
8.18181*	0.11	0.04
7.27272*	0.11	0.04
6.36363*	0.11	0.04
5.45454*	0.11	0.04
4.54545*	0.11	0.04
3.65	<i>Inline Structure</i>	
3.63636*	0.02	0.91
2.72727*	0.02	0.82
1.81818*	0.02	0.65
.909090*	0.02	0.61
0	0.02	0.5

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapat hasil bahwa pada kondisi eksisting tanpa hambatan dengan debit sebesar 0.01 m³/s dan kemiringan saluran 0.01 dihasilkan jenis aliran superkritik dengan tinggi muka air rata-rata 1 cm. Pada percobaan pertama dengan diberikan hambatan dengan bukaan bawah jenis aliran yang terjadi di hulu berdasarkan angka froude pada pemodelan numerik HecRas 1D berubah menjadi aliran subkritik dengan tinggi muka air di hulu rata-rata 3 cm dan di hilir rata-rata 1.5 cm. Untuk kecepatan rata-rata di hulu sebesar 0.1 m/s dan di hilir sebesar 0.26 m/s. Pada percobaan kedua saat diberikan hambatan berupa ambang trapesium didapat tinggi muka air di bagian hulu rata-rata 10 cm dengan kecepatan rata-rata 0.04 m/s, diatas ambang 1 cm dan di bagian hilir rata-rata 1.4 cm dengan kecepatan rata-rata 0.26 m/s, sedangkan jenis aliran berdasarkan angka froude termasuk ke dalam aliran sub kritis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian / diolah dari laporan penelitian dengan didanai oleh LP2M Universitas Widyatama tahun anggaran 2022/2023.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada LPPM Universitas Widyatama yang telah mendukung dalam mensukseskan penelitian ini. Kepada para Dosen dan Mahasiswa yang telah bahu membahu dalam menyelesaikan semua hal dari awal sampai dengan akhir penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R. F., Wahono, E. P., & Tugiono, S. (2021). Analisis Perbandingan Pola Aliran Pada Bangunan Pelimpah Ogee Dan Stepped Dengan Model Fisik 2D. *Jrsdd*, 9(1), 41–50. <http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrsdd/article/view/1737>
- Ali, M. Y., Husaiman, H., & Nur, M. I. (2018). Karakteristik Aliran Pada Bangunan Pelimpah Tipe Ogee. *Teknik Hidro*, 11(1), 72–82. <https://doi.org/10.26618/th.v11i1.2441>
- Ali, R. P., Wardoyo, W., & Maulana, M. A. (2022). Analisis Pengaruh Kedalaman Saluran Pengarah Aliran Pada Pelimpah (Spillway) Dengan Pemodelan Numerik. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(3), 353. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i3.13349>
- Arsana, I., Gustave S.P, I., & Wirawan, I. (2014). Penataan Pola Aliran Saluran Sekunder di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tukad Rangda. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 18(2). Retrieved from <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/view/30566>
- Astuti, G. Y. D., & Hariati, F. (2020). Studi Karakteristik Aliran pada Flume Saluran Terbuka di Laboratorium Teknik Sipil Uika. *Astonjadro*, 5(1), 16–26. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v5i1.831>
- Ginanjari, B., & Hariati, F. (2015). Analisis Koefisien Debit Model Alat Ukur Celah Segiempat di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Universitas Ibn Khaldun Bogor. *Astonjadro*, 4(2), 18–24. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v4i2.824>
- Harseno, E., & Jonas V. L., S. (2007). Studi Eksperimental Aliran Berubah Beraturan Pada Saluran Terbuka Bentuk Prismatis. *Majalah Ilmiah UKRIm*, 2(12), 1–26.
- Ismawati, S. M., & Lasminto, U. (2017). Pemodelan Aliran 1D pada Bendungan Tugu Menggunakan Software HEC-RAS. *Jurnal Hidroteknik*, 2(2), 19. <https://doi.org/10.12962/jh.v2i2.4412>
- Kementrian PUPR. (2017). Modul hidrologi dan hidrolika sungai pelatihan pengendalian banjir 2017. *Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi*.
- Ma'rifah, B. H. (2016). Pengaruh Pola Aliran pada Saluran Pelimpah Samping Akibat dari Penempatan Spillway dengan Tipe Mercu Ogee Waduk Wonorejo. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3), 186–194.
- Permana, R., Tedja, R. H. & Kurniadi, Y. N. (2020). Analisis Aliran Lambat Laun Pada Saluran Terbuka dengan Beberapa Kemiringan dan Bangunan Air. *FTSP Series*.
- Purnama, A., Nuraini, E. (2018). Karakteristik Aliran Pada Belokan Saluran Terbuka. *Researchgate*. DOI: 10.31227/osf.io/pm365
- Rohmanto, H., Sawito, K., & Siregar, H., (2021). Analisis Pola Aliran Saluran Terbuka Dengan Hambatan Persegi Panjang, Bulat, Segitiga, dan Wing. *Seminar Nasional Ketekniksipilan*,

- Infrastruktur Dan Industri Jasa Konstruksi (KIIJK)*, 1(1), 2021.
- Schindfessel, L., Creëlle, S., & De Mulder, T. (2015). Flow patterns in an open channel confluence with increasingly dominant tributary inflow. *Water (Switzerland)*, 7(9), 4724–4751. <https://doi.org/10.3390/w7094724>
- Shiami, F. A. R., Lasminto, U., & Wardoyo, W. (2017). Prediksi Laju Sedimentasi pada Tampungan Bendungan Tugu Trenggalek. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), D119-D122.
- Sofyan, F. D., Dermawan, V., & Yuliani, E. (2018). *Kabupaten Blora Provinsi Jawa Tengah*. 82–94.
- Wibawanto, L. N., Santoso, B., & Juwana, W. E. (2018). Karakteristik aliran dua fase pada saluran ekspansi tiba-tiba. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 11(1), 7–12. <https://doi.org/10.36289/jtmi.v11i1.44>
- Widiyanto, W. (2007). Profil Muka Air di Hulu Groundsill Tipe Ambang Lebar dan Ogee. *Dinamika Rekayasa*, 3(2), 71-80.
- Wahyudi, L. M. I. (2018). Model Eksperimental Pengaruh Variasi Debit dan Kemiringan Dasar terhadap Pola Gerusan pada Hilir Bendung. *Undergraduate Thesis*. Universitas Mataram. <http://eprints.unram.ac.id/id/eprint/1234>
- Ye, S., Zhang, Z., Song, X., Wang, Y., Chen, Y., & Huang, C. (2020). A flow feature detection method for modeling pressure distribution around a cylinder in non-uniform flows by using a convolutional neural network. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61450-z>