JOURNAL FLYOVER (JFO)
Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana UMI

Vol. 04, No. 02 Tahun 2024
E-ISSN: 2829-5684

Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran melalui Pintu Crump De Gruyter dengan Variasi Bukaan Pintu dan Debit Pada Saluran Terbuka

A. Noor Magfirah Amalia Asiri [1*], Ratna Musa [2], Mas'ud SAR [3]

1*) Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar,
magfirahamaliaasiri@gmail.com
2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar
3) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

The Crump De Gruyter gate is a type of hydraulic structure that serves dual functions: regulating open channel flow and facilitating accurate discharge measurement. This experimental study investigates the hydraulic behavior of flow through a Crump De Gruyter gate under controlled laboratory conditions, with particular emphasis on variations in gate openings and discharge rates. The experiment was carried out using three gate opening variations—2 cm, 3 cm, and 4 cm—and each associated with specific discharge levels. The key parameters observed included the upstream water level above the weir crest and the Froude number. The findings indicate that the flow becomes supercritical (Fr > 1) downstream of the Crump De Gruyter gate, while remaining subcritical (Fr < 1) both upstream and further downstream. The average discharge values observed were Q_1 = 0.0061 m³/s, Q_2 = 0.0067 m³/s, and Q_3 = 0.0072 m³/s. The findings reveal that greater gate openings generally lead to a decrease in upstream water levels above the crest. Additionally, a linear relationship was observed between the discharge and the upstream water level above the weir.

Keywords: Crump De Gruyter Gate, Discharge, Flow Characteristics, Gate Opening Variation, Upstream Water Level.

Abstrak

Pintu Crump De Gruyter merupakan salah satu jenis pintu hidrolik yang tidak hanya berfungsi untuk mengatur aliran air, tetapi juga dapat digunakan sebagai alat ukur debit yang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik aliran yang melewati pintu Crump De Gruyter pada saluran terbuka dengan variasi bukaan pintu dan debit, serta menganalisis hubungan antara variasi bukaan pintu dan tinggi muka air di atas ambang terhadap besarnya debit. Pengujian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan tiga variasi bukaan pintu, yaitu 2 cm, 3 cm, dan 4 cm, serta tiga variasi debit. Parameter yang diamati meliputi tinggi muka air di atas ambang dan bilangan Froude. Hasil analisis menunjukkan bahwa setelah melewati pintu Crump De Gruyter, aliran berada dalam kondisi superkritis (Fr > 1), sedangkan pada bagian hulu dan hilir saluran, aliran bersifat subkritis (Fr < 1). Debit rata-rata hasil pengamatan adalah Q1 = 0,0061 m³/detik, Q2 = 0,0067 m³/detik, dan Q3 = 0,0072 m³/detik. Diperoleh hubungan bahwa semakin besar bukaan pintu, maka tinggi muka air di atas ambang cenderung menurun. Sementara itu, debit menunjukkan hubungan linear terhadap tinggi muka air di atas ambang.

Kata Kunci: Debit, Karakteristik Aliran, Pintu Crump de Gruyter, Tinggi Muka Air Diatas Ambang, Variasi Bukaan Pintu.

1. PENDAHULUAN

Sistem pengelolaan sumber daya air sangat bergantung pada efektivitas infrastruktur yang digunakan untuk mengontrol aliran air, seperti saluran terbuka yang umum digunakan dalam sistem irigasi, drainase, dan distribusi air. Dalam sistem ini, pintu air atau pintu ukur berperan penting sebagai perangkat untuk mengatur debit aliran dan menjaga kestabilan distribusi air sesuai kebutuhan. Salah satu jenis pintu ukur yang sering digunakan adalah

pintu Crump De Gruyter, yang dirancang tidak hanya untuk mengatur aliran air, tetapi juga berfungsi sebagai alat ukur debit yang efisien.

Studi mengenai karakteristik aliran melalui pintu Crump De Gruyter menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa alat ini dapat bekerja secara efisien dan andal dalam berbagai kondisi operasional. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengkaji pengaruh variasi bukaan pintu terhadap parameter aliran, seperti kecepatan aliran, bilangan Froude, dan kehilangan energi. Hasil-hasil penelitian tersebut telah memberikan pemahaman yang baik mengenai hubungan antara bukaan pintu dengan perilaku aliran.

Namun demikian, dalam kondisi nyata di lapangan, debit aliran juga merupakan faktor yang sangat penting dan sering kali berubah-ubah, baik karena faktor musiman, operasional, maupun kondisi lingkungan. Penelitian-penelitian sebelumnya masih terbatas dalam mengkaji pengaruh debit secara komprehensif, terutama jika dikombinasikan dengan variasi bukaan pintu. Perubahan debit yang signifikan dapat memengaruhi kinerja hidraulis pintu Crump De Gruyter, seperti pola aliran, potensi loncatan hidrolis, dan efisiensi pengukuran debit, yang pada akhirnya berdampak pada akurasi pengaturan distribusi air.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji karakteristik aliran yang melalui pintu Crump De Gruyter dengan variasi bukaan pintu dan debit pada saluran terbuka serta menganalisis hubungan antara variasi bukaan pintu tersebut dan debit terhadap tinggi muka air di atas ambang.

2. METODE

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrolika Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia dengan menggunakan saluran terbuka

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini di Laboratorium Hidrolika Program Studi Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia meliputi bahan berupa air dan seperangkat peralatan, yaitu model saluran terbuka laboratorium sepanjang 5 m dengan lebar 40 cm dan tinggi 35 cm yang dilengkapi pintu Crump De Gruyter di bagian hulu, sistem sirkulasi air tertutup yang terdiri dari tangki penampungan, pompa sirkulasi, pipa masuk (inlet), saluran hulu dan hilir, pintu Crump De Gruyter sebagai pengontrol aliran, outlet, serta jalur sirkulasi berulang untuk menjaga kestabilan debit dan tinggi muka air; selain itu digunakan pula pelampung (bola pimpong), stopwatch, sekat, penggaris, dan terrameter untuk menunjang proses pengukuran dan pengujian.

Gambar 1 Seperangkat Model Saluran Terbuka (kiri) dan Pintu Crump De Gruyter (kanan)

C. Prosedur Penelitian dan Pengujian

Prosedur penelitian ini dilakukan pada saluran terbuka berbahan dasar kaca fiber dengan tahapan meliputi persiapan alat dan bahan, penempatan pintu Crump De Gruyter pada saluran, pengaturan debit air, serta pengukuran tinggi muka air sebelum dan sesudah melewati pintu dengan variasi bukaan 2 cm, 3 cm, dan 4 cm pada debit yang sama; pengukuran kecepatan aliran dilakukan menggunakan pelampung yang dilepaskan di lintasan lurus dengan waktu tempuh pada jarak tertentu untuk menghitung kecepatan rata-rata, sedangkan tinggi muka air diukur menggunakan penggaris dan terrameter pada titik h_1 (sebelum pintu) dan h_2 (sesudah pintu) dengan memastikan jarak bebas dari turbulensi; seluruh pengukuran dilakukan dalam kondisi steady flow selama minimal 30 detik, diulang sedikitnya tiga kali untuk setiap kombinasi bukaan dan debit, dan hasilnya digunakan untuk perhitungan nilai kecepatan, bilangan Froude, dan debit aliran (Q).

D. Variabel Penelitian

Variabel yang diteliti dalam penelitian ini terdiri atas variabel bebas, yaitu bukaan pintu Crump De Gruyter (w) dan debit aliran (Q) yang ditentukan serta dapat diubah-ubah sebelum penelitian untuk melihat pengaruhnya, serta variabel terikat, yaitu kecepatan aliran (v), bilangan Froude (Fr), dan tinggi muka air di atas ambang (h) yang nilainya bergantung pada perubahan variabel bebas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Perhitungan Nilai Bilangan Froude (Fr)

Variasi profil aliran pada penelitian ini diamati berdasarkan kombinasi bukaan pintu Crump De Gruyter dan debit aliran, di mana untuk debit 1 dilakukan pengukuran pada bukaan pintu 2 cm, 3 cm, dan 4 cm, untuk debit 2 pada bukaan 2 cm, 3 cm, dan 4 cm, untuk debit 3 pada bukaan 2 cm dan 3 cm, serta 4 cm, sehingga setiap kombinasi menunjukkan karakteristik perubahan tinggi muka air dan pola aliran yang berbeda sesuai variasi bukaan dan debit yang diberikan.

Contoh Perhitungan Bilangan Froude (Fr) setelah melewati pintu (y_a) dengan bukaan pintu 2 cm pada debit 1 :

Diketahui :

Tinggi bukaan = 0.02 m

Tinggi muka air (y_a) = 0.0157 m

Gaya Gravitasi Bumi (g) = 9.81 m/dtk^2

Tinggi muka air hulu (y_1) = 0.148 m

Menghitung Perbedaan Tinggi Muka Air (z)

$z = y_1 - y_a$
$z = 0.148 - 0.0157$
$z = 0.1323$ m

Menghitung Kecepatan Aliran (v)

$V = \sqrt{2gz}$ (1)
$v = \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.1323}$
$v = 1.5585$ m/dtk

Menghitung Bilangan Froude (Fr)

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \times y_a}}$$

$$Fr = \frac{1.5585}{\sqrt{9.81\ x\ 0.0157}}$$

$$Fr = 4.1053$$

Tabel 1 Hasil Perhitungan Nilai Fr pada hilir (y_2)

No	w (m)	y2 (m)	t2 (dtk)	vp (m/dtk)	vs (m/dtk)	Fr	Keterangan
Q1	0.02	0.0580	1.6860	0.3559	0.3025	0.4146	Subkritis
	0.03	0.0650	1.9000	0.3158	0.2684	0.3475	Subkritis
	0.04	0.0680	2.1800	0.2752	0.2339	0.2961	Subkritis
Q2	0.02	0.0600	1.7900	0.3352	0.2849	0.3839	Subkritis
	0.03	0.0680	1.8720	0.3205	0.2724	0.3448	Subkritis
	0.04	0.0700	2.0680	0.2901	0.2466	0.3076	Subkritis
Q3	0.02	0.0720	1.3320	0.4505	0.3829	0.4710	Subkritis
	0.03	0.0730	1.8620	0.3222	0.2739	0.3346	Subkritis
	0.04	0.0750	2.0500	0.2927	0.2488	0.2998	Subkritis

B. Perhitungan Debit

Perhitungan Debit percobaan 1 (Q_1) pada bukaan pintu 2 cm

Diketahui :

Koefisien Debit (Cd) = 0.94

Tinggi Bukaan Pintu (w) = 0.02 m

Lebar bukaan (b) = 0.25 m

Gaya Gravitasi Bumi (g) = 9.8 m/s^2

Tinggi Muka Air Hulu (h_1) = 0.0980 m

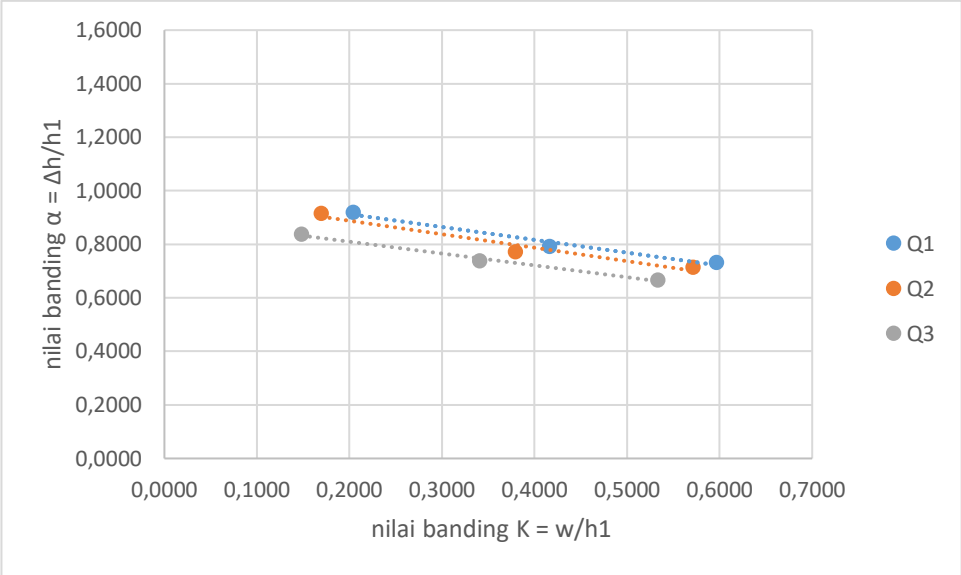
$$Q = Cd \times b \times w \sqrt{2_g x(h_1 - w)} \qquad (2)$$

$$Q = 0.94 \times 0.25 \times 0.02 \sqrt{2 \times 9.81\ (0.0980 - 0.02)}$$

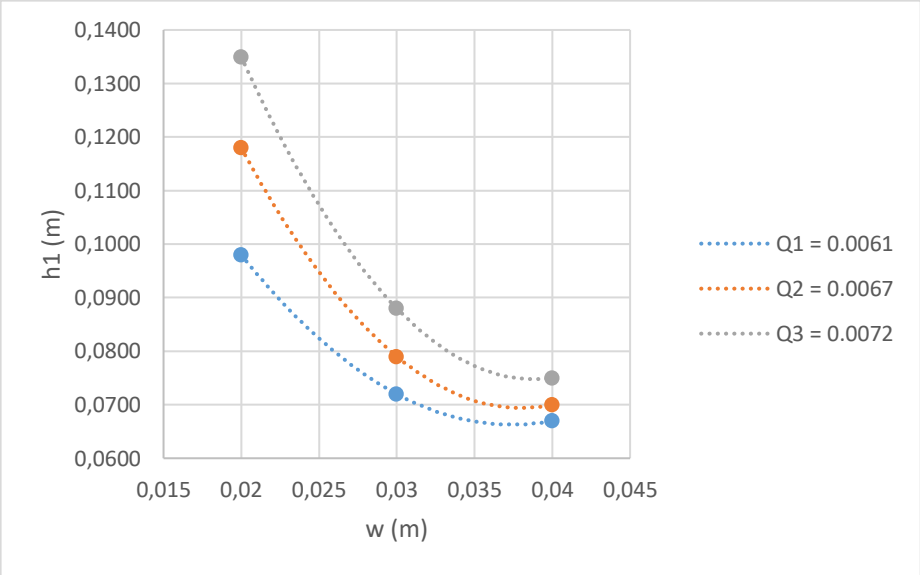
$$Q = 0.0056\ m3/dtk$$

Tabel 2 Hasil Perhitungan Debit percobaan

Cd	w (m)	y1 (m)	p1 (m)	h_1 (m)	Q (m3/dtk)	Q Rata-rata (m3/det) (m^3/det)
0.94	0.02	0.148	0.05	0.098	0.0056	0.0061
	0.03	0.122		0.072	0.0062	
	0.04	0.117		0.067	0.0066	
	0.02	0.168		0.118	0.0063	0.0067
	0.03	0.129		0.079	0.0067	
	0.04	0.12		0.07	0.0070	
	0.02	0.185		0.135	0.0068	0.0072
	0.03	0.138		0.088	0.0073	
	0.04	0.125		0.075	0.0075	



Gambar 2 Grafik nilai banding α dan K



Gambar 3 Grafik nilai Hubungan antara w dan h1 terhadap debit aliran (Q)

C. Pembahasan

a) Karakteristik Aliran

1. Nilai bilangan Froude pada titik ya, untuk debit percobaan 1 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 4.1053, 2.5912, dan 2.2659, untuk debit percobaan 2 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.9603, 2.6921, dan 2.3107, dan debit percobaan 3 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 4.0620, 2.7478, dan 2.2588. hal ini menunjukkan aliran superkritis pada semua bukaan pintu dan debit percobaan.
2. Nilai bilangan Froude pada titik yb, untuk debit percobaan 1 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.0634, 2.4335, dan 2.6458, untuk debit percobaan 2 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.1623, 2.5306, dan 2.7157, dan debit

percobaan 3 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.2800, 2.6111, dan 2.5277. hal ini menunjukkan aliran superkritis pada semua bukaan pintu dan debit percobaan.

3. Nilai bilangan Froude pada titik yc, untuk debit percobaan 1 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.6091, 3.5760, dan 3.1526, untuk debit percobaan 2 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.4557, 3.4672, dan 3.4930, dan debit percobaan 3 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.2535, 2.7239, dan 2.8355. hal ini menunjukkan aliran superkritis pada semua bukaan pintu dan debit percobaan.
4. Nilai bilangan Froude pada titik yd, untuk debit percobaan 1 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.9654, 4.5611, dan 1.8969, untuk debit percobaan 2 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.8580, 3.9741, dan 2.2492, dan debit percobaan 3 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.5369, 3.4759, dan 3.0600. hal ini menunjukkan aliran superkritis pada semua bukaan pintu dan debit percobaan.
5. Nilai bilangan Froude pada titik ye, untuk debit percobaan 1 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.3845, 4.2817, dan 1.5171, untuk debit percobaan 2 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.2247, 2.2951, dan 1.6145, dan debit percobaan 3 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 5.9161, 3.1706, dan 2.2455. hal ini menunjukkan aliran superkritis pada semua bukaan pintu dan debit percobaan.
6. Nilai bilangan Froude pada titik yf untuk debit percobaan 1 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.3935, 1.9169, dan 1.5041, untuk debit percobaan 2 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 3.3278, 1.6198, dan 1.5093, dan debit percobaan 3 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 4.1925, 2.0465, dan 1.5471. hal ini menunjukkan aliran superkritis pada semua bukaan pintu dan debit percobaan.
7. Nilai bilangan Froude pada titik yg, untuk debit percobaan 1 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 2.3159, 1.3441, dan 1.3831, untuk debit percobaan 2 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 2.2135, 1.5745, dan 1.4284, dan debit percobaan 3 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 2.2085, 1.4579, dan 1.4673. hal ini menunjukkan aliran superkritis pada semua bukaan pintu dan debit percobaan.
8. Nilai bilangan Froude pada titik yh, untuk debit percobaan 1 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 1.9475, 1.3441, dan 1.2432, untuk debit percobaan 2 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 1.8730, 1.4230, dan 1.2578, dan debit percobaan 3 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 1.7243, 1.4622, dan 1.3328. hal ini menunjukkan aliran superkritis pada semua bukaan pintu dan debit percobaan.
9. Nilai bilangan Froude pada titik y2, untuk debit percobaan 1 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm, dan 4 cm yaitu 0.4146, 0.3475, dan 0.2961, untuk debit percobaan 2 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm dan 4 cm yaitu 0.3839, 0.3448, dan 0.3076 dan debit percobaan 3 dengan bukaan pintu 2 cm, 3 cm, dan 4 cm yaitu 0.4710, 0.3346, dan 0.2998. hal ini menunjukkan aliran subkritis pada semua bukaan pintu dan debit percobaan.

b) Hubungan Debit dengan Bukaan Pintu

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit rata-rata untuk percobaan pertama, kedua, dan ketiga masing-masing sebesar 0,0061 m^3/detik, 0,0067 m^3/detik, dan 0,0072 m^3/detik. Karakteristik kinerja pintu Crump De Gruyter ditentukan berdasarkan perbandingan nilai α dan K pada setiap debit percobaan. Variasi bukaan pintu dan debit memengaruhi tinggi muka air di atas ambang (h_1), di mana hubungan antara h_1 dan bukaan pintu bersifat berbanding terbalik, sehingga semakin besar bukaan pintu, semakin kecil nilai h_1 yang dihasilkan. Sebaliknya, hubungan antara h_1 dan debit bersifat linear, yaitu semakin besar h_1, semakin besar pula debit yang diperoleh.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, aliran yang melalui pintu Crump De Gruyter menunjukkan karakteristik superkritis setelah melewati pintu serta subkritis pada bagian hulu dan hilir

saluran terbuka untuk setiap variasi bukaan pintu dan debit. Hubungan antara variasi bukaan pintu dan tinggi muka air di atas ambang (h_1) bersifat berbanding terbalik, di mana semakin besar bukaan pintu, semakin kecil nilai h_1 yang dihasilkan, sedangkan hubungan antara h_1 dan debit bersifat linear, sehingga peningkatan h_1 diikuti oleh peningkatan debit yang diperoleh.

5. DAFTAR PUSTAKA

Abidin, M. H., Ashar, Musa, R., Mallombasi, A., & SAR, M. (2022). Studi karakteristik aliran melalui pintu Romijn pada saluran terbuka. Jurnal Teknik Sipil MACCA, 4(2), April 2022.

Achmad, T., Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Akibat Perubahan Tata Guna Lahan. Jurnal Flyover, 2(2), 66–75. https://doi.org/10.52103/JFO.V2I2.1343

Ahmad, F., Setiawan, B. I., Arif, C., & Saptomo, S. K. (2021). Analisa model evaporasi dan evapotranspirasi menggunakan pemodelan matematika pada Visual Basic di Kabupaten Maros. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 9(2), 25–32.

Ali, M. Y., Husaiman, & Nur, M. I. (2018). Karakteristik aliran pada bangunan pelimpah tipe ogee. Jurnal Teknik Hidro, 11(1), Februari 2018.

Andandaningrum, D., Wahono, E. P., & Kusumastuti, D. I. (2021). Koefisien debit pintu Crump De Gruyter dan pintu sorong (studi kasus pada BF 3 dan BF 4 BPU 15 daerah irigasi Punggur Utara). REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung, 25(1), 5–9.

Anonymous. (2013). Standar Perencanaan Irigasi Kiteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04.

Arief, S. W., & Johan, H. (2021). Analisis koefisien debit pada pintu air di saluran sekunder. Jurnal Teknik Sipil Universitas Diponegoro, 12(1), 22–29.

Ariesandy Maya A, J. S., Musa, R., & Sar, M. (2024). Kajian Sumur Resapan Dalam Mengurangi Risiko Limpasan Permukaan di Kawasan Pondambea Kota Kendari. Jurnal Flyover, 4(1), 167–180. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2175

Astuti, G. Y. D., & Hariati, F. (2016). Studi karakteristik aliran pada flume saluran terbuka di Laboratorium Teknik Sipil UIKA. Jurnal Rekayasa Sipil, 5(1), Juni 2016.

Aunurrafiq, Musa, R., & Sar, M. (2024). Kajian Pengaruh Tata Guna Lahan terhadap Debit Banjir. Jurnal Flyover, 4(1), 87–98. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2168

Bakhtiar, B., & Hadihardaja, J. (2020). Karakteristik aliran air dalam model saluran terbuka menuju kajian hidrolika erosi dan transpor sedimen. Media Komunikasi Teknik Sipil, 28(3), 135–142.

Budi, R., & Syarif, H. (2019). Perilaku hidraulik pada pintu air vertikal. Jurnal Media Teknik Sipil, 11(3), 98–104.

Damarjati, S., & Widodo, A. (2021). Perhitungan debit aliran pada sistem aliran terbuka. Jurnal Teknik Sipil Universitas Mulawarman, 8(2), 73–81.

Darmulia. (2012). Analisis karakteristik aliran melalui saluran terbuka menyempit dengan variasi sudut pada meja analogi hidrolik. Jurnal Ilmiah, 7(13), April 2012.

Endra, W., & Soedjono. (2020). Studi numerik pola aliran di sekitar pintu air menggunakan pendekatan Computational Fluid Dynamics (CFD). Jurnal Teknik Sipil Universitas Tanjungpura, 9(1), 45–52.

Farhan, M., & Jatmiko, D. (2020). Pemodelan aliran subkritis dan superkritis pada flume terbuka. Jurnal Teknik Pengairan, 11(1), 10–17.

Fatimah, T., Abdullah, S., & Murad. (2018). Analisis tinggi dan panjang loncatan air pada bangunan ukur berbentuk segitiga. Artikel Ilmiah Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram.

Fikri Wahyuddin, M. S., Musa, R., & Ashad, H. (2024). Kajian Koefisien Limpasan Penutup Lahan dengan Perkerasan Aspal (Uji Laboratorium). Jurnal Flyover, 4(1), 133–142. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2172

Hidayat, M. I., Hadi, A. K., & Musa, R. (2022). Kelayakan Proyek Pembangunan Jaringan Irigasi Daerah Irigasi (DI) Teko Kabupaten Sinjai. Jurnal Flyover, 2(2), 86–98. https://doi.org/10.52103/JFO.V2I2.1346

Ibrahim, A., & Halim, D. (2022). Pengaruh fluktuasi debit terhadap efisiensi pengukuran debit pada pintu Romijn. Jurnal Teknik Hidro, 13(2), 76–84.

Johan, R., & Fauzi, A. (2021). Pengaruh perubahan debit terhadap lonjakan air di pintu air irigasi primer. Jurnal Irigasi Indonesia, 13(1), 51–59.

Kasnawawi, Musa, R., & Mallombassi, A. (2022). Perbaikan Alur Sungai Akibat Debit Banjir. Jurnal Flyover, 2(1), 48–55. https://doi.org/10.52103/JFO.V2I1.871
Kodoatie, R. J. (2002). Hidrolika terapan (edisi revisi). Yogyakarta: Andi.
Kurniawan, A., & Sugeng, A. (2020). Pengaruh ukuran partikel terhadap laju sedimentasi pada aliran di saluran terbuka. Jurnal Pengairan Indonesia, 18(1), 47–54.
Kurniawati, A., Musa, R., Mallombassi, A., & Wellang, M. (2021). Kajian Debit Banjir di Wilayah Sungai Saddang Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan dengan Menggunakan Grafik Creager. Jurnal Flyover, 1(2), 1–7. https://doi.org/10.52103/JFO.V1I2.755
Latif, A. A., Pallu, M. S., Maricar, F., & Hatta, M. P. (2019). Pengaruh Tinggi Bukaan Pintu Air Terhadap Bilangan Froude Dengan Dasar Tanah Lempung Pada Saluran Terbuka. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2019 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta ISSN: 2459-9727
Lawtanius, A., Sunik. S., & Suswati, A. C. S. P. (2023). Pemodelan nilai koefisien debit pada pintu air. Jurnal Teknik Sipil Universitas Katolik Widya Karya Malang E-ISSN: 3021-8705; p-ISSN: 3021-8713, Hal 44-63. Diambil dari https://ejournal.widyakarya.ac.id/index.php/Sipil/article/view/65.
Maddi, H. C., Musa, R., & Ashad, H. (2021). Kajian Pengendalian Banjir dengan Menggunakan Waduk Regulasi. Jurnal Flyover, 1(1), 21–32. https://doi.org/10.52103/JFO.V1I1.658
Mohamad, I., Musa, R., & Ashad, H. (2021). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Petugas Operasi dan Pemeliharaan dalam Pengelolaan Operasi Jaringan Irigasi. Jurnal Flyover, 1(2), 48–59. https://doi.org/10.52103/JFO.V1I2.750
Nasution, R., & Harahap, M. (2018). Kajian eksperimental aliran melalui pintu Crump di saluran irigasi. Jurnal Teknik Sipil USU, 7(2), 127–134.
Poleanto, E., Musa, R., & Subhan, A. M. (2024). Kajian Kinerja Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi D.I Bendung Amohalo Kota Kendari. Jurnal Flyover, 4(1), 181–190. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2176
Raju, K. G. R. (1986). Aliran melalui saluran terbuka. Jakarta: Erlangga.
Rinaldi, A., & Fadhilah, N. (2023). Kajian optimasi pintu ukur modular untuk saluran primer. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 15(1), 1–10.
Rizal, R. (2023). Kajian Potensi Pemanfaatan Air Tanah Berdasarkan Data Geolistrik Resistiviti untuk Air Baku. Jurnal Flyover, 3(2), 120–128. https://doi.org/10.52103/JFO.V3I2.1637
Rizaldy, A., Musa, R., & Mallombasi, A. (2021). Kalibrasi koefisien debit model bukaan pintu sorong pada saluran terbuka (uji laboratorium). Jurnal Teknik Sipil MACCA, 3(1), 43–49.
Rizky Auliarahman, R., Musa, R., & Mallombassi, A. (2024). Kajian Penilaian Kerusakan Jaringan Irigasi Bila Kanan, Kabupaten Sidenreng Rappang. Jurnal Flyover, 4(1), 1–11. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2153
Saleh, S. S., Musa, R., & As'ad, H. (2019). Kajian karakteristik aliran terhadap bangunan pelimpah pada saluran terbuka. Jurnal Teknik Hidro, 12(2), Agustus 2019.
Sanyoto, K. A., & Setiawan, B. I. (2020). Desain pintu air berbantu computer untuk saluran irigasi tersier. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan ISSN:2549-1407. Diambil dari https://journal.ipb.ac.id/index.php/jsil/article/view/31432.
Sibromalisi, A. R., Musa, R., & SAR, M. (2024). Kajian Kehilangan Air Pada Saluran dengan Berbagai Metode. Jurnal Flyover, 4(1), 111–120. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2170
Sudarwanto, S., & Hidayatullah, R. (2022). Analisis parameter karakteristik aliran melalui pelimpah segiempat dan ambang tajam. Jurnal Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar, 8(1), 14–21.
Suhudi, & Pandawa, A. (2022). Analisa energi spesifik pada saluran terbuka dengan penambahan variasi panjang ambang lebar. Jurnal Qua Teknika, 12(1), Maret 2022.
Tanggulungan, S., Musa, R., & Mallombassi, A. (2024). Kajian Koefisien Kekasaran Dasar Saluran dengan Ukuran Agregat yang Bervariasi (Uji Laboratorium). Jurnal Flyover, 4(1), 143–154. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I1.2173
Taufik, W., Widyanto, N., & Yani, A. (2021). Pengaruh debit aliran terhadap sedimentasi. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 9(1), 63–70.
Yamin, A., Ashad, H., & Sar, M. (2024). Kajian Kerusakan Bangunan Pantai pada Kawasan Anaiwoi – Kampung Bajo Kabupaten Kolaka. Jurnal Flyover, 4(1), 121–132. https://doi.org/10.52103/JFO.V5I1.2171