

# Pengaruh Abutment Jembatan Terhadap Aliran Sungai (Uji Model Laboratorium)

Muh Taufiq<sup>1</sup>, Fauziah Agus<sup>2</sup>, M. Agusolim<sup>3</sup>, Muhammad Syafa'at S Kuba<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

E-mail: <sup>1</sup>kajompi86@gmail.com, <sup>2</sup>fauziahagus786@gmail.com <sup>3</sup>m.agusolim2@gmail.com,  
<sup>4</sup>syafaatskuba@rocketmail.com

## Abstrak

Abutment adalah bagian struktural jembatan, dapat mempengaruhi pola aliran air di sekitarnya, yang berpotensi meningkatkan kecepatan aliran dan risiko erosi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh abutment jembatan terhadap aliran sungai melalui uji model laboratorium. Model saluran terbuka digunakan untuk mereplikasi kondisi sungai nyata. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data aliran sebelum dan sesudah pemasangan abutment. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan abutment menyebabkan peningkatan kecepatan aliran pada beberapa titik pengukuran, terutama di area yang dekat dengan abutment. Peningkatan kecepatan ini berdampak pada nilai Froude, yang menunjukkan peralihan aliran menuju kondisi kritis atau superkritis. Fenomena ini meningkatkan risiko erosi dan turbulensi, khususnya di sekitar abutment. Hasil ini penting dalam konteks desain dan pengelolaan jembatan, di mana diperlukan perhatian khusus untuk mencegah dampak negatif terhadap aliran sungai dan lingkungan sekitarnya

Kata kunci: Aliran Sungai, Abutment, Froude

## Abstract

*Abutments are structural parts of bridges, which can affect the flow patterns of water around them, potentially increasing flow velocity and erosion risk. This study aims to analyze the effect of bridge abutments on river flow through laboratory model tests. An open channel model is used to replicate real river conditions. Tests are conducted by comparing flow data before and after abutment installation. The results show that abutment installation causes an increase in flow velocity at several measurement points, especially in areas close to the abutment. This increase in velocity has an impact on the Froude value, which indicates a shift in flow towards critical or supercritical conditions. This phenomenon increases the risk of erosion and turbulence, especially around the abutment. These results are important in the context of bridge design and management, where special attention is needed to prevent negative impacts on river flow and the surrounding environment.*

*Keywords: River Flow, Abutment, Froude*

## 1. PENDAHULUAN

Sungai memiliki peran penting sebagai sumber daya alam yang mendukung berbagai aktivitas kehidupan manusia, termasuk transportasi, pertanian, dan pemukiman. Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan[1]. Secara umum sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara)[2]. Perbedaan topografi antara sungai dan daerah sekitar sungai menjadi pemisah antara daerah satu dengan daerah lainnya. Untuk menghubungkan daerah-daerah tersebut perlu dibangun sebuah jembatan[3]. Bangunan air yang dibangun di sungai akan mempengaruhi karakteristik aliran air sungai dan dapat menyebabkan ketidakstabilan dasar sungai[4]. Jembatan merupakan salah satu bangunan yang digunakan untuk kepentingan publik dan dibangun dengan posisi melintang arah aliran sungai[5]. Untuk itu, proses perancangan jembatan harus mempertimbangkan keberadaan aliran sungai, karena proses kegagalan struktur jembatan seringkali terjadi karena adanya ketidakstabilan dasar sungai sehingga mengakibatkan

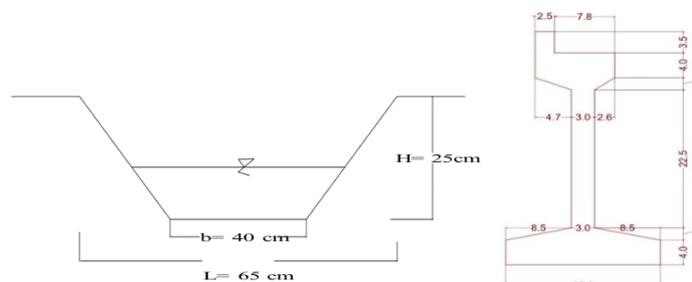
perubahan pola aliran air di pilar dan abutmen jembatan[6]. Abutment adalah struktur bangunan jembatan sebagai pendukung atau penahan yang biasanya dibangun di sekitar tepi sungai atau saluran air untuk menahan tekanan air atau beban lainnya[7]. Pengaruh abutment terhadap karakteristik aliran sungai dapat cukup signifikan dan melibatkan beberapa aspek. Pengaruhnya antara lain, abutment dapat mengubah pola aliran air di sekitarnya. Struktur tersebut dapat membelokkan arus sungai atau merubah pola aliran air secara keseluruhan, tergantung pada desain dan lokasi abutment [8]. Aliran air yang diarahkan oleh abutment dapat meningkatkan erosi di daerah tertentu, terutama di sekitar dasar abutment. Penting untuk melakukan penelitian dan pemodelan yang cermat sebelum membangun abutment atau struktur sungai lainnya untuk memahami secara menyeluruh bagaimana pengaruhnya terhadap karakteristik aliran sungai dan ekosistem sungai secara keseluruhan. Upaya konservasi dan mitigasi biasanya diperlukan untuk meminimalisir dampak negatif pada lingkungan sungai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola aliran, perubahan kecepatan, dan distribusi tekanan air di sekitar abutment. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi potensi dampak negatif, seperti peningkatan erosi dasar sungai, yang dapat terjadi akibat keberadaan abutment. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perencanaan dan perancangan jembatan yang lebih efektif, khususnya dalam meminimalisir ketidakstabilan aliran dan dampak lingkungan pada sungai.

## 2. METODE PENELITIAN

Untuk penelitian mengenai pengaruh abutment jembatan terhadap aliran sungai dengan uji model laboratorium, bagian "Bahan dan Metode" umumnya mencakup persiapan model laboratorium, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur pengujian. Model Laboratorium yaitu Model Saluran terbuka yang dibuat dalam skala laboratorium untuk mereplikasi kondisi sungai nyata. Model ini bisa terbuat dari bahan seperti akrilik, plastik, atau beton miniatur, tergantung pada kebutuhan penelitian. Abutment Jembatan Miniatur dimana Abutment dalam model laboratorium dibuat sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan dan terbuat dari bahan yang sesuai, seperti plastik, logam, atau bahan komposit. Abutment ini mencerminkan desain dan proporsi yang relevan.

### 2.1 Model Saluran dan Abutment

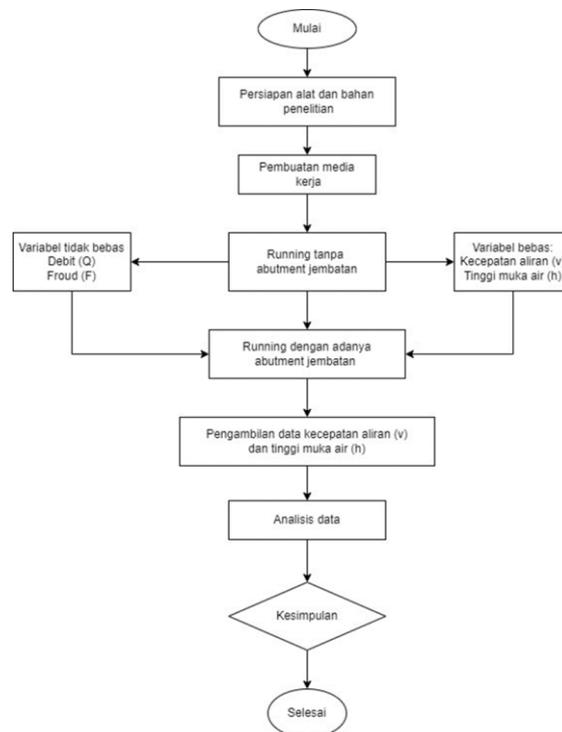
Menggunakan saluran terbuka dalam penelitian ini memberikan kerangka yang tepat untuk memahami pengaruh abutment jembatan terhadap aliran sungai. Dengan memodelkan kondisi aliran yang terjadi di sungai nyata, peneliti dapat mengevaluasi efek struktur abutment secara rinci, termasuk perubahan kecepatan aliran, nilai Froude, dan risiko erosi[9]. Hasil dari penelitian ini sangat penting dalam merancang abutment yang tidak hanya efektif dalam mendukung jembatan tetapi juga ramah terhadap dinamika aliran sungai dan lingkungan sekitarnya. Gambar 1 menampilkan pemodelan saluran dan abutment dalam penelitian ini.



Gambar 1. Pemodelan Saluran dan Abutment

## 2.2 Bagan Penelitian

Berikut adalah penjelasan tahapan penelitian ini menggunakan uji model laboratorium, dengan fokus pada tahapan persiapan bahan dan alat, pembuatan media kerja, running tanpa dan dengan abutment, pengambilan data, serta analisis data dan kesimpulan. Material untuk membuat model saluran terbuka dalam skala laboratorium, seperti akrilik, plastik, atau beton miniatur. Buat model saluran terbuka dalam skala laboratorium sesuai spesifikasi desain. Pastikan saluran memiliki dimensi dan kemiringan yang sesuai untuk mereplikasi kondisi sungai. Jalankan aliran air melalui model saluran tanpa abutment untuk mendapatkan data baseline. Pastikan debit air dan kondisi aliran stabil. Mencatat data kecepatan aliran dan tinggi permukaan air pada berbagai titik di sepanjang saluran untuk menentukan kondisi aliran awal. asang model abutment pada posisi yang telah ditentukan dalam model saluran. Pasang model abutment pada posisi yang telah ditentukan dalam model saluran.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Angka Froude ( $Fr$ ) yaitu angka perbandingan antara gaya kelembaman dan gaya grafitasi, di rumuskan dengan[10]:

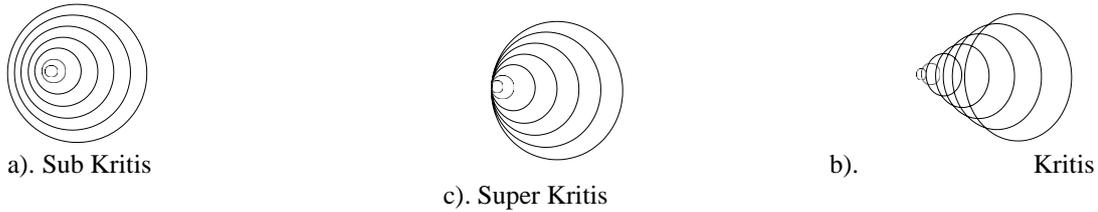
$$Fr = v / \sqrt{g \cdot h} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- Fr = Bilangan Froude
- v = Kecepatan alira (m/detik<sup>2</sup>)
- g = Percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)
- h = Kedalaman aliran (m)

Penyebut pada persamaan diatas merupakan persamaan dari kecepatan rambat gelombang (celerity). Setelah mendapatkan Angka Froude, penentuan jenis aliran melalui rentang berikut[11][12],

- Fr < 1, aliran sub-kritis
- Fr > 1, aliran super-kritis
- Fr = 1, aliran kritis



Gambar 3. Pola penjarangan gelombang disaluran terbuka  
 Sumber: [13]

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran kedalaman saluran dilakukan dengan membagi lokasi pengamatan menjadi 10 titik pias yang ditempatkan secara berurutan di sekitar abutement jembatan. Setiap pias ditempatkan pada jarak tertentu untuk memastikan distribusi yang merata dari titik pengamatan. Jarak antara pias pertama dan pias kedua adalah 10 cm, sedangkan jarak antara pias kedua dan pias ketiga adalah 10 cm, dan begitu seterusnya sampai pada pias ke 10. Di titik pengamatan yang digunakan sebagai referensi memiliki dimensi saluran dengan lebar 120 cm, tinggi 35 cm, dan panjang 9 meter. Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat current meter yang berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran air. Metode pengambilan data dilakukan secara vertikal pada kedalaman 0,2 h dari dasar saluran. Pendekatan ini dipilih untuk mendapatkan representasi kecepatan aliran yang lebih akurat pada titik tertentu

#### 3.1 Data Kecepatan Aliran

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat current meter yang berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran air. Metode pengambilan data dilakukan secara vertikal pada kedalaman 0,2 h dari dasar saluran. Pendekatan ini dipilih untuk mendapatkan representasi kecepatan aliran yang lebih akurat pada titik tertentu. Berikut data kecepatan aliran yang di ukur menggunakan alat current meter.

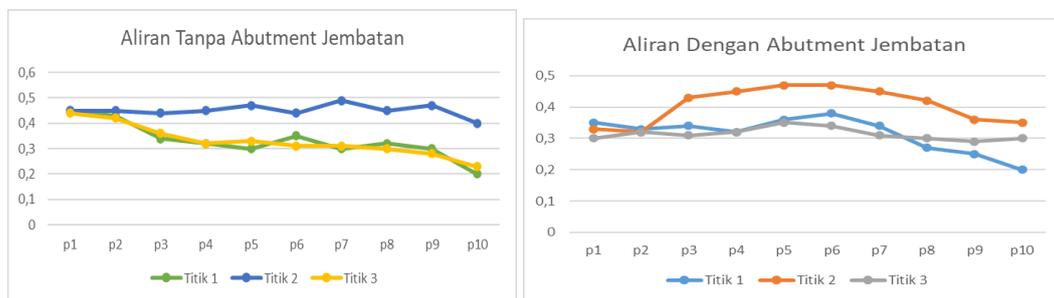
Tabel 1. Data Kecepatan Aliran Tanpa Abutmen Jembatana

No	Kedalaman	Kecepatan Aliran Disetiap Titik		
		Titik 1	Titik 2	Titik 3
P1	0,06	0,45	0,45	0,44
P2	0,06	0,43	0,45	0,42
P3	0,05	0,34	0,44	0,36
P4	0,06	0,32	0,45	0,32
P5	0,06	0,3	0,47	0,33
P6	0,05	0,35	0,44	0,31
P7	0,06	0,3	0,49	0,31
P8	0,05	0,32	0,45	0,3
P9	0,05	0,3	0,47	0,28
P10	0,06	0,2	0,4	0,23

Tabel 2. Data kecepatan aliran dengan adanya Abutment jembatan

Pias	Kecepatan Aliran Disetiap Titik
------	---------------------------------

	Kedalaman	Titik 1	Titik 2	Titik 3
P1	0,06	0,35	0,33	0,3
P2	0,06	0,33	0,32	0,32
P3	0,05	0,34	0,43	0,31
P4	0,06	0,32	0,45	0,32
P5	0,06	0,36	0,47	0,35
P6	0,05	0,38	0,47	0,34
P7	0,06	0,34	0,45	0,31
P8	0,05	0,27	0,42	0,3
P9	0,05	0,25	0,36	0,29
P10	0,06	0,2	0,35	0,3

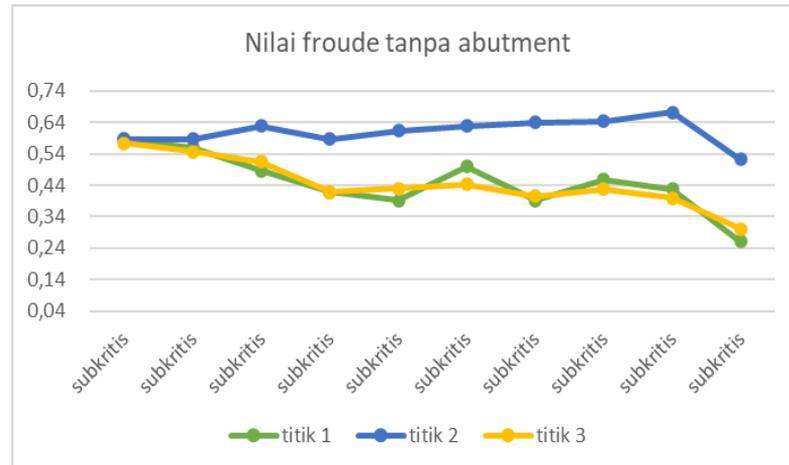


Gambar 4. Perubahan Kecepatan Aliran sebelum dan sesudah adanya Abutment

#### 2.4 Analisis Aliran Saluran Sebelum dan sesudah adanya Abutmen

Nilai bilangan Froude tanpa abutment pada tiga titik pengukuran (titik 1, titik 2, titik 3) di berbagai lokasi pengamatan, yaitu dari titik 1 hingga titik 10. Bilangan Froude ini dihitung dari data kecepatan dan kedalaman aliran air, dan digunakan untuk menganalisis tipe aliran, apakah aliran tersebut subkritis, kritis, atau superkritis. Grafik ini membantu memberikan gambaran visual mengenai bagaimana nilai bilangan Froude bervariasi di setiap titik pengamatan. Pada grafik, sumbu horizontal menunjukkan titik-titik pengamatan (dari 1 hingga 10), sementara sumbu vertikal menunjukkan nilai bilangan Froude, yang berkisar antara 0,04 hingga 0,74. Garis hijau, biru, dan kuning mewakili nilai Froude di tiga titik berbeda, yang kemungkinan mengacu pada pengukuran kecepatan dan kedalaman aliran di tiga posisi atau variasi pengukuran di setiap lokasi. Nilai Froude tertinggi di titik 2 (titik 2) mencapai 0,74, sementara nilai terendah berada di titik 10 (titik 1) dengan nilai 0,26.

Secara keseluruhan, titik 2 (garis biru) memiliki nilai Froude yang lebih tinggi secara konsisten dibandingkan titik 1 (garis hijau) dan titik 3 (garis kuning). Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan aliran di titik 2 cenderung lebih tinggi atau kedalamannya lebih rendah, menghasilkan bilangan Froude yang lebih besar. Pada titik-titik pengamatan lainnya, seperti titik 5 dan titik 7, nilai Froude pada titik 2 relatif stabil di kisaran 0,64 hingga 0,67, mengindikasikan aliran yang lebih cepat dan cenderung mendekati aliran kritis. Grafik ini juga menunjukkan fluktuasi atau perubahan nilai Froude di setiap titik pengukuran. Sebagai contoh, di titik 1 hingga 3, terlihat bahwa ketiga titik pengukuran (hijau, biru, dan kuning) memiliki nilai Froude yang relatif dekat, sekitar 0,56 hingga 0,64. Namun, setelah titik 4, nilai Froude pada titik 1 dan titik 3 cenderung menurun, sedangkan pada titik 2 lebih stabil. Penurunan drastis terlihat pada titik 10 di mana ketiga garis menunjukkan nilai Froude yang lebih rendah, dengan titik 1 mencapai 0,26, yang mengindikasikan aliran sangat lambat dan subkritis.



Gambar 5. Nilai Froude Tanpa Abutment

Nilai Froude di bawah 1 menunjukkan bahwa aliran tersebut berada dalam kondisi subkritis, yang berarti aliran lebih lambat daripada kecepatan gelombang yang mungkin terbentuk di permukaan. Kondisi ini umumnya terjadi pada aliran yang lebih tenang dan stabil. Pada grafik ini, hampir semua nilai Froude berada di bawah 0,75, mengindikasikan bahwa aliran berada dalam kondisi subkritis. Namun, di titik 2 dan titik 5, mendekati nilai Froude 0,74, aliran mendekati kondisi kritis, yang artinya aliran mungkin mulai mendekati kecepatan gelombang dan berpotensi menjadi lebih turbulen.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Froude tanpa Abutment jembatan pada setiap Sisi Sebelum adanya Abutment

Pias	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/dtk)			Froude		
		1	2	3	1	2	3
P0		1	2	3	1	2	3
P1	0,06	0,45	0,45	0,44	0,59	0,59	0,57
P2	0,06	0,43	0,45	0,42	0,56	0,59	0,55
P3	0,05	0,34	0,44	0,36	0,49	0,63	0,51
P4	0,06	0,32	0,45	0,32	0,42	0,59	0,42
P5	0,06	0,3	0,47	0,33	0,39	0,61	0,43
P6	0,05	0,35	0,44	0,31	0,50	0,63	0,44
P7	0,06	0,3	0,49	0,31	0,39	0,64	0,40
P8	0,05	0,32	0,45	0,3	0,46	0,64	0,43
P9	0,05	0,3	0,47	0,28	0,43	0,67	0,40
P10	0,06	0,2	0,4	0,23	0,26	0,52	0,30

Analisis akan menggunakan parameter yang sama, dengan pengambilan data aliran dilakukan dari sisi bagian kanan, bagian tengah, dan sisi bagian kiri saluran. Pendekatan ini memastikan bahwa evaluasi aliran mencakup variasi di seluruh lebar saluran, memungkinkan identifikasi perbedaan dalam kecepatan dan kedalaman aliran yang disebabkan oleh pengaruh abutmen.

Data P1 di titik 1 dan titik 3  
 Diketahui data P1 titik 1 :

$v = 0.35 \text{ m/dtk}$

$h = 0.06 \text{ m}$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Gunakan rumus Froude:

$Fr = v/\sqrt{(g \cdot h)}$

Maka ;

$Fr = 0.35/\sqrt{(9.81 \cdot 0.06)} = 0.35/\sqrt{0.5886} = 0.35/0.767 \approx 0.46$

Jadi, angka Froude (Fr) adalah 0,46

Diketahui data P1 titik 3 :

$v = 0.3 \text{ m/dtk}$

$h = 0.06 \text{ m}$

$Fr = 0.3/\sqrt{(9.81 \cdot 0.06)} = 0.3/\sqrt{0.5886} = 0.3/0.767 \approx 0.39$

Jadi, angka Froude (Fr) adalah 0,39

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai Froude dengan Abutment jembatan pada setiap Sisi Sebelum adanya Abutment

Pias	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/dtk)			Froude		
		1	2	3	1	2	3
<b>Po</b>							
<b>P1</b>	0,06	0,35	0,33	0,3	0,46	0,43	0,39
<b>P2</b>	0,06	0,33	0,32	0,32	0,43	0,41	0,41
<b>P3</b>	0,05	0,34	0,43	0,31	0,48	0,61	0,44
<b>P4</b>	0,06	0,32	0,45	0,32	0,41	0,58	0,41
<b>P5</b>	0,06	0,36	0,47	0,35	0,46	0,61	0,45
<b>P6</b>	0,05	0,38	0,47	0,34	0,54	0,67	0,48
<b>P7</b>	0,06	0,34	0,45	0,31	0,44	0,58	0,40
<b>P8</b>	0,05	0,27	0,42	0,3	0,38	0,6	0,42
<b>P9</b>	0,05	0,25	0,36	0,29	0,35	0,51	0,41
<b>P10</b>	0,06	0,2	0,35	0,3	0,26	0,45	0,39

Keberadaan abutment dapat menyempitkan aliran dan meningkatkan kecepatan air, yang kemudian meningkatkan nilai Froude. Sementara pada titik-titik akhir, seperti titik 9 dan 10, efek abutment berkurang, terlihat dari nilai Froude yang cenderung lebih rendah dan lebih stabil. Grafik ini menunjukkan bahwa penambahan abutment memiliki dampak langsung pada distribusi kecepatan dan energi aliran di sepanjang saluran air. Pada beberapa titik, seperti titik 2 hingga 6, nilai Froude yang lebih tinggi menunjukkan percepatan aliran yang lebih besar di sekitar struktur abutment, yang dapat meningkatkan risiko erosi atau turbulensi lokal. Sementara itu, di titik-titik pengamatan lainnya, nilai Froude yang lebih rendah menunjukkan aliran yang lebih lambat dan stabil. Analisis ini penting untuk memahami bagaimana abutment memengaruhi karakteristik aliran dan untuk merancang infrastruktur yang tahan terhadap pengaruh tersebut, terutama di lokasi-lokasi dengan nilai Froude yang tinggi di sekitar abutment.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat disimpulkan, tanpa adanya abutment, pola kecepatan aliran cenderung seragam sepanjang saluran. Kecepatan juga mengalami peningkatan dari titik pengukuran terdekat hingga yang paling jauh dari sumber air. Dengan adanya abutment, pola kecepatan aliran mengalami perubahan. Terjadi penurunan

kecepatan di titik langsung di depan abutment akibat turbulensi yang diakibatkan perubahan arah aliran secara mendadak. Pengaruh penurunan kecepatan akibat keberadaan abutment tidak hanya terlihat di dekat struktur, namun masih dapat dirasakan hingga titik pengukuran yang sedikit jauh dari abutment. Nilai Froude mengalami penurunan di area dekat abutment karena terjadinya turbulensi dan penurunan kecepatan aliran. Namun nilai Froude relatif stabil pada titik yang jauh dari pengaruh abutment. Secara umum dapat disimpulkan bahwa keberadaan abutment berpengaruh terhadap perubahan pola aliran, terutama pada kecepatan dan karakteristik dinamik aliran di sekitar struktur. Pengaruhnya tidak hanya terlihat pada area dekat, namun sudah terbawa hingga sedikit jauh dari struktur. Penelitian selanjutnya dapat mengambil tentang pengaruh abutmen terhadap kecepatan aliran sungai untuk penelitian selanjutnya dapat meneliti serupa dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi abutmen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai," *Peratur. Pemerintah Republik Indones. Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai.*, vol. 11, no. 2, p. 24, 2011.
- [2] I. Muzaidi, E. Anggarini, and H. M. Prayugo, "Studi Kasus Pencemaran Air Sungai Teluk Dalam Banjarmasin Akibat Limbah Domestik," *Jurnal Tek. Sipil*, vol. 16, no. 2, pp. 108–114, 2018.
- [3] Y. Murwanto and E. Priadi, "Kajian Nilai Lendutan Pada Jembatan Rangka Baja (Study Kasus Jembatan Rangka Baja Bika Kabupaten Kapuas Hulu)," *J. Univ. Tanjung Pura*, pp. 1–16, 2018.
- [4] A. Agustina, B. Bertarina, and K. Kastamto, "Analisis Karakteristik Aliran Sungai Pada Sungai Cimadur, Provinsi Banten Dengan Menggunakan Hec-Ras," *JICE (Journal Infrastructural Civ. Eng.)*, vol. 3, no. 01, p. 31, 2022.
- [5] D. F. Lili, "Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Camel Back Truss Dengan Menggunakan Metode LRFD Di Weutu Kota Atambua, Kab. Belu. Provinsi NTT.," *e-journal Perenc. Jemb. Rangka Baja*, vol. 3, no. 02, pp. 17–24, 2019.
- [6] R. M. Deki Andes Putra, Satria Putra Utama, "PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM BERBASIS MASYARAKAT DALAM UPAYA KONSERVASI DAERAH ALIRAN SUNGAI LUBUK LANGKAP DESA SUKA MAJU KECAMATAN AIR NIPIS KABUPATEN BENGKULU SELATAN," *J. Penelit. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 68, no. Wulandari, pp. 63–68, 2019.
- [7] S. N. Purnomo, Nasta'in, W. Widiyanto, and L. Salsabilla, "Efektivitas Bentuk Abutmen Terhadap Gerusan Di Sekitar Abutmen Jembatan," *J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 4, pp. 323–331, 2017.
- [8] F. Halim, "Pengaruh Debit terhadap Pola Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan (Uji Laboratorium Dengan Skala Model Jembatan Megawati)," *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 32–40, 2014.
- [9] R. Herdian, B. Ash, N. N. Suryaman, and N. P. Ardiansyah, "Analisis Jenis Aliran pada Saluran Terbuka dengan Hambatan," *J. Komposit J. Ilmu-ilmu Tek. Sipil*, vol. 8, no. 2, pp. 213–219, 2024.
- [10] P. R. Hakim and I. K. A. P. Utama, "Analisa Hambatan dan Pitching Moment Equilibrium Pada Kapal Planing Jenis Monohull With Tranverse Step Pada Perairan Calm Water," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp. 3–8, 2018.
- [11] F. Alkholik and M. Ms, "Kajian Teknis Rancangan Area Final Dump Palapa di Pit Pinang South, Departemen Jupiter PT. Kaltim Prima Coal," *J. Bina Tambang*, vol. 4, no. 1, pp. 25–36, 2019.
- [12] D. Fitasari, M. Achmad, and Iqbal, "Analisis Stabilitas Saluran Tersier Batubassi Daerah irigasi Bantimurung Kabupaten Maros," *J. Agri Techno*, vol. 9, no. 1, pp. 27–35, 2016.

- [13] N. S. Rizal *et al.*, “Pemodelan Hidrolik Aliran pada Bendung dengan Mercu Tipe Ogee,” *J. Smart Teknol.*, vol. 4, no. 4, pp. 412–429, 2023.