
STUDI KOMPARATIF KECEPATAN ALIRAN DAN DEBIT AIR MENGGUNAKAN OBJEK APUNG : SIMULASI SUNGAI TOLADAN

Oleh

Rosdiana Yoku¹, Sakka Irawan², Agnes Julia Kopeuw³, Happy Alyzhya Haay⁴, Melissa Aeudia Daullu⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Fisika Universitas Internasional Papua. Indonesia

Email: 1rosdianayoku18@gmail.com

Article History:

Received: 27-06-2025

Revised: 19-07-2025

Accepted: 30-07-2025

Keywords:

Flow Velocity, Float Method, Water Discharge, TRW (Toladan River Watershed)

Abstrak: Belakang: Rivers play a crucial role in ecosystems and human life. Accurate understanding of hydraulic characteristics, such as flow velocity and discharge, is essential for sustainable water resource management, flood mitigation, infrastructure planning, and aquatic ecological studies. To comparatively examine the hydraulic characteristics of a river, this study was conducted on a micro scale using the float method, with simulations performed on the Toladan River. The research was carried out in the Toladan River Watershed (TRW) located in Jayapura Regency, mapped on a small scale and divided into three observation points, with a total observation area of approximately 514.75 m². Measurements were conducted using the float method, with the floating object being a cardboard box measuring 4 cm × 3 cm × 2 cm. The data collected consisted of the travel time of the water flow, which was used to calculate flow velocity and discharge. The results showed that the highest flow velocity was recorded at the first observation point at 0.367 m/s, followed by the second point at 0.331 m/s, and the third point at 0.148 m/s. In contrast, the highest discharge was observed at the third point, reaching 0.654 m³/s, followed by the second point at 0.448 m³/s, and the lowest at the first point with 0.382 m³/s. These findings indicate a linear relationship between flow velocity and discharge, influenced by the cross-sectional area of the stream: lower flow velocity with higher discharge suggests a wider cross-sectional area. The results also show that discharge in the Toladan River is not constant and that flow velocity is affected by watershed size, river depth, and watershed slope.

PENDAHULUAN

Sungai memiliki peran vital dalam ekosistem dan kehidupan manusia, menyediakan sumber daya air untuk berbagai keperluan seperti irigasi, konsumsi, dan industri. Dinamika aliran air sungai, termasuk kecepatan dan debit, merupakan parameter krusial dalam pengelolaan sumber daya air, mitigasi bencana banjir, perencanaan infrastruktur, dan studi ekologi akuatik. Pemahaman yang akurat dalam kegiatan pengukuran mengenai karakteristik hidraulik ini sangat penting untuk pengambilan keputusan yang tepat dan

berkelanjutan.

Metode pengukuran kecepatan aliran dan debit air secara konvensional, umumnya memerlukan investasi peralatan yang signifikan, Sungaibrasi yang rumit, dan keahlian operasional tertentu. Meskipun metode ini menawarkan presisi tinggi, aplikasinya sering Sungai kurang praktis atau tidak ekonomis untuk skala kecil, seperti pada anak sungai kecil, saluran irigasi tersier, atau area sungai dengan akses terbatas. Keterbatasan ini mendorong kebutuhan akan metode alternatif yang lebih sederhana, efisien, dan ekonomis, namun tetap memberikan hasil yang representatif. Salah satu pendekatan metode sederhana yang potensial dalam skala kecil adalah metode apung. Prinsip dasar metode ini adalah mengestimasi kecepatan aliran permukaan air dengan mengukur waktu yang dibutuhkan objek apung untuk menempuh jarak tertentu. Hal ini yang mendasarkan untuk dilakukan studi komparatif kecepatan aliran dan debit air skala kecil menggunakan objek apung dengan simulasi pada Sungai Toladan di Kelurahan Sentani Kota, Kabupaten Jayapura dengan tujuan untuk mempelajari kecepatan aliran permukaan berkorelasi dengan kecepatan aliran rerata pada penampang aliran yang dipetakan dengan hasil estimasi debit air serta factor – factor yang mempengaruhi laju aliran air.

Studi komparatif ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam menyediakan alternatif metode pengukuran hidraulik yang valid dan terjangkau, khususnya bagi masyarakat atau instansi yang memiliki keterbatasan sumber daya namun membutuhkan data hidrologi yang memadai untuk pengelolaan lingkungan dan sumber daya air pada skala lokal.

A. Dinamika Fluida

Fluida yang bergerak biasa disebut dengan dinamika fluida, terutama jika fluida tersebut adalah air (hidrodinamika). Dua jenis utama aliran fluida adalah aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar merupakan aliran yang mulus dan lurus, sedangkan aliran turbulen ditandai dengan lingkaran – lingkaran tak menentu, kecil dan menyerupai pusaran. [6]

B. Kontinuitas

Sistem kejadian air yang berada diatas permukaan maupun dibawah tanah merupakan konsep utama dalam hidrologi. Hal ini meliputi analisis karakteristik hidrologi dan meteorologi daerah aliran sungai untuk memahami kecepatan aliran dan debit air[2][4].

Hasil kali luas daerah aliran dengan kecepatan aliran ($A\vec{v}$) dikenal dengan Laju aliran volume atau debit (Q), debit disepanjang garis aliran adalah konstan maka memenuhi persamaan kontinuitas, dengan anggapan fluida tak mampat, maka volume fluidanya yang berada pada titik pertama harus sama dengan pada titik kedua. Berikut adalah persamaan kontinuitas. [3][11]

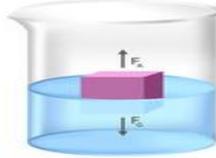
$$A_1\vec{v}_1 = A_2\vec{v}_2$$

$$Q_1 = Q_2$$

C. Metode Apung

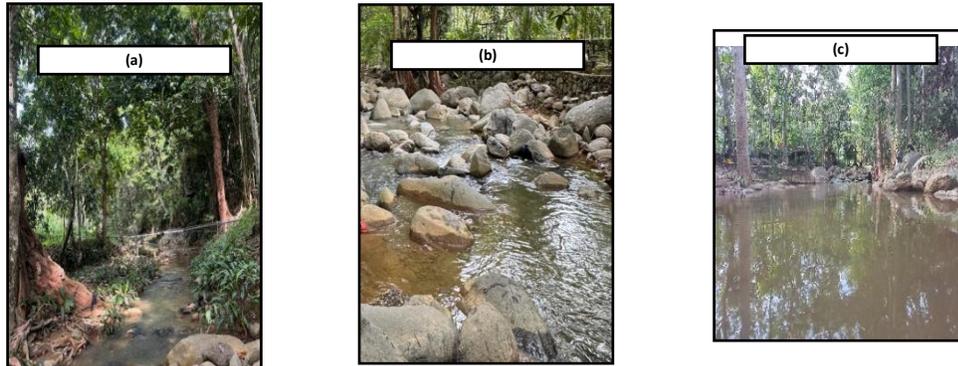
Metode apung atau biasa dikenal dengan metode pelampung ini memanfaatkan salah satu prinsip dasar hukum Archimedes, sebuah objek yang mengapung di permukaan air akan bergerak searah dengan aliran. Dengan mengukur jarak yang ditempuh objek tersebut dalam periode waktu tertentu, kita bisa menghitung kecepatan permukaan air. Meskipun memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, metode apung tetap merupakan alat yang berharga untuk

mendapatkan perkiraan cepat kecepatan aliran dan sering menjadi langkah awal dalam studi hidrologi yang lebih mendalam.



Gambar 1. Benda apung

METODE PENELITIAN



Gambar 2. Lokasi penelitian : (a) lokasi pertama (b) lokasi kedua (c) Lokasi ketiga

Pada bulan Maret 2024 telah dilakukan survey pendahuluan secara langsung dengan mengamati kondisi geologi area penelitian yaitu sepanjang DAS Toladan yang dipetakan dalam skala kecil menjadi 3 titik pengamatan dengan total luas area penelitian adalah ± 514.75 m². Ke 3 titik ini memiliki sedikit perbedaan ketinggian sehingga terlihat adanya Toladannya sepanjang titik pengamatan. Kegiatan pengambilan data dilaksanakan pada bulan Agustus 2024.

Dalam kegiatan pengambilan data digunakan peralatan yang menunjang kegiatan pengukuran yaitu alat ukur berupa rollmeter, stopwatch, gabus kotak, kompas geologi dan GPS. Waktu pengambilan data dilakukan pada pukul 06.00 pagi hingga 12.00 siang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode apung untuk menentukan parameter fisis kecepatan aliran dan debit air permukaan DAS Toladan.

Berikut ini merupakan parameter akusisi data kegiatan pengukuran yang disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 1 Tabel Parameter Akusisi Data

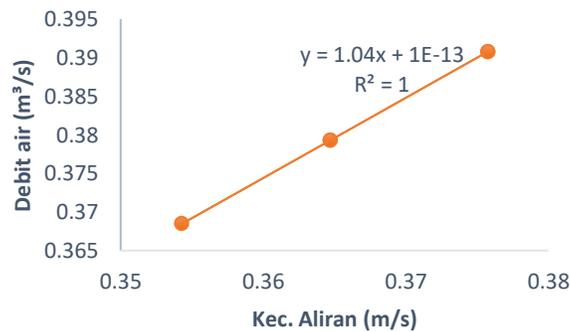
Jumlah area penelitian	1 area		
Jumlah titik pengamatan	3 titik		
Jumlah lintasan tiap titik	1 lintasan sepanjang DAS Toladan dengan Panjang, lebar dan rata-rata kedalaman masing- masing titik adalah :		
	Titik 1	Panjang	12.4 m
		Lebar	4 m

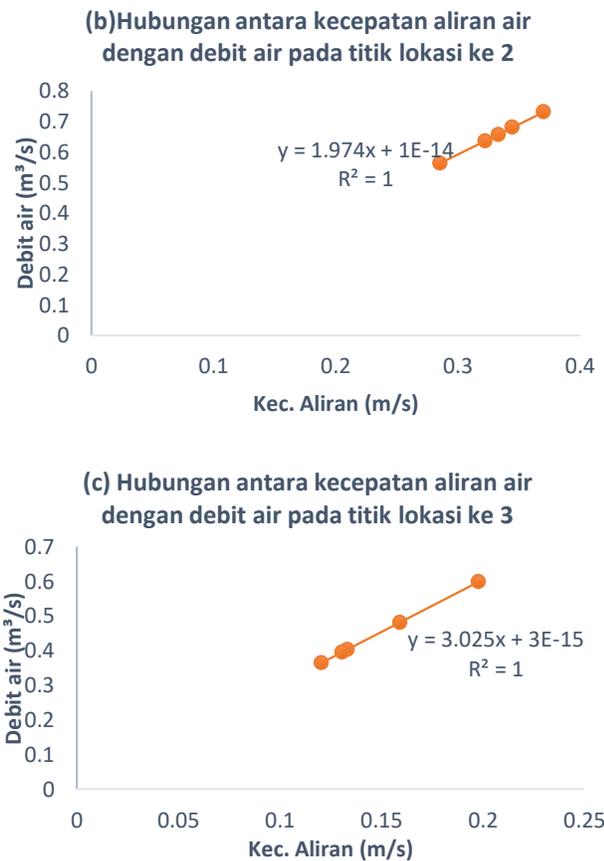
		Kedalaman	0.26 m
Titik 2	Panjang	10 m	
	Lebar	4.7 m	
	Kedalaman	0.42 m	
Titik 3	Panjang	13.85 m	
	Lebar	5.5 m	
	Kedalaman	0.55 m	
Jumlah pengulangan pengukuran	Tiap lintasan 5 Sungai pengukuran		
Data yang didapat	Kecepatan aliran dan debit air		

Setelah pengukuran selesai dilakukan, data yang telah diperoleh pada saat pengukuran akan diinput kedalam laptop, data yang telah diperoleh tidak dapat dipilih melainkan seluruh data diketik semua pada Ms. Excel untuk data sintetik awal kemudian data tersebut dioperasikan menggunakan persamaan matematis untuk menghitung kecepatan dan debit air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

(a) Hubungan antara kecepatan aliran air dengan debit air pada titik lokasi pertama





Gambar 3. (a) Grafik Hubungan antara Kecepatan Aliran Air dengan Debit Air pada titik lokasi pertama, (b) Grafik Hubungan antara Kecepatan Aliran Air dengan Debit Air pada titik lokasi ke dua, dan (c) Grafik Hubungan antara Kecepatan Aliran Air dengan Debit Air pada titik lokasi ke tiga

Gambar 3(a) menggambarkan bahwa pada pengambilan data laju kecepatan aliran air Sungai toladan yang dipetakan di Lokasi pertama didapatkan nilai waktu yang bervariasi pada pengukuran berulang sebanyak lima Sungai dalam satu lintasan, namun terdapat nilai waktu yang sama pada pengukuran pertama dan ke 5 serta pengukuran ke 2 dan ke 3 sehingga terlihat jumlah data pengukuran pada grafik hanya tiga data. Nilai kecepatan aliran air juga bervariasi dan hanya pada pengukuran pertama dan ke 5 serta ke 2 dan ke 3 yang memiliki nilai yang sama, akan tetapi tidak memiliki selisih nilai yang jauh dari pengukuran ke 4. Pada pengukuran laju kecepatan aliran air di Lokasi pertama dapat dihitung nilai rata-rata waktu tempuh laju kecepatan aliran air yaitu 33.8 s, nilai rata – rata kecepatan aliran air yaitu 0.367 m/s dan nilai rata – rata debit air sebesar 0.382 m³/s.

Berdasarkan bentuk persamaan garis $y = 1.04x + 1E - 13$ dan nilai korelasi $R = 1$ menjelaskan bahwa laju kecepatan aliran air mempunyai hubungan yang linier dengan debit air berdasarkan luas penampang aliran, sehingga dapat dinyatakan bahwa laju kecepatan aliran air dengan debit air pada titik Lokasi pertama adalah hampir sebanding.

Gambar 3(b) menggambarkan bahwa pada pengambilan data laju kecepatan aliran air Sungai toladan yang dipetakan di Lokasi ke 2 didapatkan nilai waktu yang bervariasi pada satu lintasan, maka dapat dihitung nilai rata – rata waktu tempuh laju kecepatan aliran air

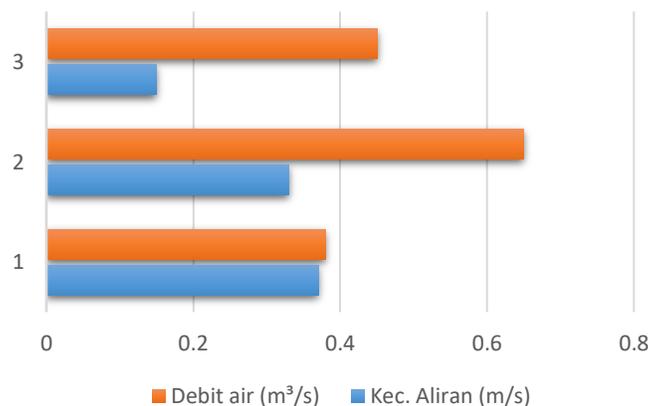
adalah 30.4 s, nilai rata – rata kecepatan aliran air yaitu 0.331 m/s dan nilai rata – rata debit air sebesar 0.654 m³/s.

Berdasarkan bentuk persamaan garis $y = 1.974x + 1E - 14$ dan nilai korelasi $R = 1$ menjelaskan bahwa laju kecepatan aliran air mempunyai hubungan yang linier dengan debit air, sehingga dapat dinyatakan bahwa semakin rendah kecepatan aliran air dipengaruhi luas penampang yang lebar sehingga debit air bertambah.

Gambar 3(c) menggambarkan bahwa pada pengambilan data laju kecepatan aliran air Sungai toladan yang dipetakan di Lokasi ke 3 didapatkan nilai waktu yang bervariasi pada satu lintasan, maka dapat dihitung nilai rata – rata waktu tempuh laju kecepatan aliran air adalah 96.4 s, nilai rata – rata kecepatan aliran air yaitu 0.148 m/s dan nilai rata – rata debit air sebesar 0.448 m³/s.

Berdasarkan bentuk persamaan garis $y = 3.025x + 3E - 15$ dan nilai korelasi $R = 1$ menjelaskan bahwa laju kecepatan aliran air mempunyai hubungan yang linier dengan debit air, sehingga dapat dinyatakan bahwa semakin rendah kecepatan aliran air dipengaruhi luas penampang yang semakin lebar sehingga debit air bertambah.

Perbandingan Kecepatan Rata - Rata Aliran Air dan Debit Air Rata-Rata dari ke Tiga Titik Lokasi Penelitian



Gambar 4. Diagram perbandingan kecepatan rata - rata aliran air dan debit air rata-rata dari ke tiga titik lokasi penelitian

Berdasarkan analisis digram di atas, terlihat bahwa ada variasi yang signifikan dalam kecepatan aliran dan debit air diantara ketiga Lokasi pengukuran. Lokasi pertama memiliki kecepatan aliran air yang hampir sebanding dengan debit air yang artinya luas penampang alirnya tidak begitu luas, sedangkan pada Lokasi ke 2 dan ke 3 terlihat perbedaan yang signifikan yang artinya laju kecepatan aliran air yang mengalir pada area ini memiliki luas penampang aliran yang cukup besar. Hal ini memenuhi persamaan Kontinuitas, bahwa debit air dipengaruhi oleh luas penampang alir. Secara umum dapat disimpulkan bahwa titik Lokasi penelitian dengan kecepatan aliran yang lebih rendah tidak selalu berarti memiliki debit air yang lebih rendah, namun kecepatan aliran pada Sungai dengan debit air yang besar mengindikasikan bahwa luas penampang alirnya besar.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian tentang Studi Komparatif Kecepatan Aliran Dan Debit Air Menggunakan Objek Apung : Simulasi Sungai Toladan menyatakan bahwa :

1. Kecepatan aliran air mempunyai hubungan yang linier dengan debit air berdasarkan luas penampang aliran yang artinya semakin rendah kecepatan alir dengan debit yang besar mengindikasikan luas penampang alir yang lebar
2. Debit air pada Sungai toladan adalah tidak konstan.
3. Laju kecepatan aliran air dipengaruhi dari luas DAS, kedalaman sungai dan kemiringan DAS
4. Metode apung adalah metode sederhana yang praktis, efisien dan ekonomis digunakan untuk menganalisis estimasi laju kecepatan aliran permukaan .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rustan, F. R., Tanje, H. W., Sukri, A. S., Amir, M. K., Sriwati, M., & Rachman, R. M. (2024). *Hidrologi*. TOHAR MEDIA.
- [2] Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Universitas Gadjah Mada.
- [3] Kristanto Philip.(2019). *Fisika Dasar : Teori, Soal dan Penyelesaian*. Penerbit ANDI. Yogyakarta
- [4] Dingman, S. L. (2015). *Physical Hydrology 3rd ed*.
- [5] Fitriyani, N. P. V. (2022). Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai (DAS). *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(2).
- [6] Giancoli, Douglas C. (2001). *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Erlangga. Jakarta
- [7] Dayana, I., & Marbun, J. (2023). *Mekanika Fluida*. GUEPEDIA.
- [8] Andawayanti, U. (2019). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terintegrasi*. Universitas Brawijaya Press.
- [9] Suprayogi, S., Purnama, L. S., & Darmanto, D. (2024). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM PRESS.
- [10] Mardiatno, D., & Marfai, M. A. (2021). *Analisis bencana untuk pengelolaan daerah aliran sungai (das): studi kasus kawasan hulu das Comal*. Ugm Press.
- [11] Yoku, R., Irawan, S., Kopeuw, A. J., Hay, H.A., & Daullu, M. A.(2025). Analysis of Water Flow Rate in the Kemiri River, Jayapura District. *Jurnal Fisika Papua*, 4(1).

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN