

Analisis Pengaruh Kemiringan Dasar Saluran Terhadap Kecepatan Aliran Debris Melalui Pengujian Laboratorium

Sahwa Natasya¹ | Andi Bunga Tongeng^{*2} | M. Farouk Maricar²

1 Mahasiswa Program Studi Pengairan,
Fakultas Teknik, Universitas
Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

Email:
sahwanatasya14@gmail.com

2 Program Studi Pengairan, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Makassar,
Indonesia.

Email:
andibunga@unismuh.ac.id
fkmaricar@yahoo.com

Korespondensi:

*Andi Bunga Tongeng
andibunga@unismuh.ac.id

ABSTRAK

Aliran debris merupakan salah satu fenomena hidrologi yang sering terjadi pada daerah pegunungan dan memiliki potensi kerusakan yang tinggi terhadap lingkungan dan infrastruktur. Salah satu faktor yang memengaruhi karakteristik aliran debris adalah kemiringan dasar saluran yang berperan dalam menentukan kecepatan aliran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kemiringan dasar saluran terhadap kecepatan aliran pada kondisi stabil dan pada aliran debris. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium menggunakan model saluran terbuka (flume) dengan variasi kemiringan 6°, 8°, dan 10° serta debit konstan sebesar 0,0053 m³/s. Pengukuran kecepatan dilakukan pada tujuh titik pengamatan sepanjang saluran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi stabil, kecepatan aliran meningkat dari 1,537 m/s pada kemiringan 6° menjadi 2,064 m/s pada kemiringan 10°. Pada aliran debris, kecepatan rata-rata meningkat dari 0,625 m/s menjadi 0,793 m/s. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan saluran, maka kecepatan aliran cenderung meningkat. Implikasi penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan mitigasi bencana dan desain bangunan pengendali aliran debris

Kata Kunci:

aliran debris, kemiringan saluran, kecepatan aliran, flume, eksperimen laboratorium.

ABSTRACT

Debris flow is a hydrological phenomenon that frequently occurs in mountainous areas and has significant destructive potential for the environment and infrastructure. One of the factors influencing debris flow characteristics is the channel bed slope, which plays an important role in determining flow velocity. This study aims to analyze the effect of channel bed slope on flow velocity under stable flow conditions and debris flow conditions. The research method used is a laboratory experiment employing an open channel model (flume) with slope variations of 6°, 8°, and 10° and a constant discharge of 0.0053 m³/s. Flow velocity was measured at seven observation points along the channel. The results show that under stable flow conditions, the velocity increased from 1.537 m/s at a slope of 6° to 2.064 m/s at a slope of 10°. In debris flow conditions, the average velocity increased from 0.625 m/s to 0.793 m/s. These results indicate that increasing channel slope tends to increase flow velocity. The findings provide important implications for disaster mitigation planning and the design of debris flow control structures.

Keywords:

debris flow, channel slope, flow velocity, flume, laboratory experiment.

1 | PENDAHULUAN

Banjir bandang dan longsor merupakan bencana alam yang seringkali terjadi di daerah-daerah pegunungan dan perbukitan, terutama pada musim hujan dengan intensitas tinggi (Safitri, 2024). Di daerah pegunungan, hujan deras sering memicu tanah longsor dan aliran puing yang menghasilkan debris campuran berupa sedimen dan puing kayu di cekungan sungai (Maricar, 2020). Salah satu bentuk aliran yang kerap muncul pada bencana tersebut adalah debris flow, yaitu aliran campuran antara air dan material padat seperti batuan, pasir, kerikil, dan lumpur.

Pola aliran sungai merupakan susunan atau keterkaitan spasial antara lembah-lembah yang dialiri maupun tidak dialiri oleh sungai. Pola ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti kemiringan lereng, kekerasan batuan, struktur geologi, serta sejarah geologi, diastrofisme, dan geomorfologi dari daerah aliran sungai (Putri, 2014).

Aliran debris, atau yang sering disebut lahar dingin pada sungai-sungai di kawasan gunung berapi, merupakan aliran campuran antara air dan sedimen dengan ukuran partikel yang beragam (santosa, 2016).

Proses awal terjadinya aliran debris dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu: pertama, longsor tanah di tebing yang kemudian berkembang menjadi aliran debris; kedua, jebolnya bendungan alami akibat akumulasi sedimen di hulu; dan ketiga, pergerakan sedimen yang secara berurutan mengikuti dasar saluran dengan kemiringan curam (Maricar, 2013).

Aliran debris merupakan aliran campuran sedimen dan air yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi (Air,2020). dengan mobilitas yang meningkat seiring dengan membesarnya pori-pori sedimen yang terisi air.

Selama musim hujan dengan curah hujan yang sangat tinggi di daerah hulu, akan terjadi aliran besar yang dapat membawa atau mengangkut material hasil longsor ke daerah yang lebih rendah atau hilir (Kristiawan, 2020).

Secara ekologis, aliran debris dapat menyebabkan kerusakan signifikan terhadap lingkungan alami (Maryono,2020). Aliran ini mampu menyapu bersih vegetasi di jalur lintasannya, menghancurkan habitat satwa liar, serta mengganggu sistem ekologi yang ada. Dalam banyak kasus, sungai dan badan air yang dilintasi oleh aliran debris akan mengalami sedimentasi berat, menyebabkan perubahan aliran sungai dan penurunan kualitas air. Sedimen yang terbawa oleh debris juga bisa mencemari air dengan bahan organik dan anorganik yang membahayakan biota akuatik. Dari sisi sosial dan ekonomi, kerusakan infrastruktur akibat aliran debris menjadi dampak yang paling langsung dirasakan. Jalan raya, jembatan, jaringan listrik, dan pipa air bersih sering kali menjadi sasaran kerusakan. Ketika infrastruktur rusak, akses transportasi terputus, distribusi barang dan jasa terganggu, serta upaya penyelamatan atau evakuasi menjadi sulit dilakukan. Hal ini dapat menghambat aktivitas ekonomi masyarakat dalam jangka pendek hingga menengah, terutama di wilayah yang bergantung pada satu-satunya akses transportasi darat. Selain itu, aliran debris juga membawa dampak psikologis dan sosial bagi masyarakat yang terdampak.

Kemiringan dasar saluran merupakan salah satu faktor penting yang dipengaruhi oleh gravitasi dan berdampak langsung pada kecepatan aliran (Junaidi, 2014). Jika kemiringan dasar saluran cukup curam, maka kecepatan aliran akan meningkat akibat pengaruh gravitasi tersebut. Kecepatan ini juga menjadi indikator besar kecilnya energi yang dimiliki oleh aliran. Ketika energi ini mengalami kehilangan, maka hal tersebut dapat memicu terjadinya proses pengangkutan sedimen.

Kapasitas aliran (Stream capacity) adalah jumlah maksimum material sedimen yang dapat diangkut oleh aliran sungai, sedangkan kompetensi aliran (Stream competence) menunjukkan ukuran terbesar dari material sedimen yang bisa dibawa oleh sungai. Sendiri merupakan salah satu sumber air permukaan yang sering dimanfaatkan karena volume airnya yang relatif melimpah dan kemudahan dalam pemanfaatannya (Kiswanto,2022).

Dalam analisis saluran, terdapat kapasitas angkut tertentu yang harus dipenuhi oleh dasar saluran untuk mendukung suplai material dasar. Kecepatan pengangkutan material sangat bergantung pada besarnya debit aliran air (Sumardi, 2018).

2 | METODE

Metodologi dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk menganalisis pengaruh kemiringan dasar saluran terhadap kecepatan aliran debris. Model fisik yang digunakan berupa saluran terbuka (flume) dengan panjang sekitar 6,9 m, lebar 0,30 m, dan tinggi 0,45 m. Variasi kemiringan dasar saluran yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6°, 8°, dan 10°, dengan debit aliran dijaga konstan sebesar 0,0053 m³/s. Pengujian dilakukan dengan dua kondisi, yaitu kondisi aliran stabil tanpa sedimen dan kondisi aliran debris dengan penambahan material sedimen. Sedimen yang digunakan memiliki ukuran butiran yang bervariasi, dengan rentang ukuran sekitar 0,3 mm hingga 4,75 mm.

2.1 | Lokasi dan Konteks Tapak

Letak Lokasi berada di Jl. Poros Malino Km. 6, Bontomarannu kab. Gowa Depertemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium untuk mengamati secara langsung karakteristik aliran. Dengan menggunakan kondisi fisik lapangan dalam skala yang lebih terkendali dan memungkinkan untuk pengamatan variable secara rinci. Pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** menampilkan lokasi penelitian.



GAMBAR 1. Peta Lokasi Penelitian JL. Poros Malino Km. 6 Bontomarannu Kab. Gowa



GAMBAR 2. Lokasi Terpilih: Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

2.2 | Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui pendekatan multi-metode yang terdiri dari:

- Eksperimen Laboratorium
Data diperoleh melalui percobaan menggunakan model saluran terbuka (flume) di laboratorium dengan beberapa variasi kemiringan dasar saluran, yaitu 6° , 8° , dan 10° . Percobaan dilakukan untuk mensimulasikan aliran debris dengan debit yang telah ditentukan.
- Observasi Langsung
Peneliti melakukan pengamatan secara langsung terhadap perilaku aliran selama proses percobaan berlangsung, terutama perubahan karakteristik aliran pada setiap variasi kemiringan saluran.
- Pengukuran
Pengukuran dilakukan terhadap beberapa parameter hidrolika, yaitu:
 - Kecepatan aliran, menggunakan alat pengukur kecepatan aliran (flow meter/flowwatch).
 - Debit aliran, yang dijaga konstan selama percobaan.
 - Karakteristik sedimen, seperti ukuran butiran material yang digunakan dalam simulasi debris.
 - Pengukuran kecepatan dilakukan pada beberapa titik pengamatan sepanjang saluran untuk memperoleh data yang lebih representatif.
- Dokumentasi
Dokumentasi dilakukan dengan mencatat hasil pengukuran, kondisi percobaan, serta mengambil foto selama proses penelitian berlangsung untuk mendukung data penelitian.

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 | Kecepatan Aliran Pada Kondisi Stabil

Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh dari pengujian pada kondisi stabil, terlihat bahwa kecepatan aliran cenderung meningkat seiring bertambahnya kemiringan dasar saluran.

3.1.1 | Pengambilan Data Kecepatan Aliran Pada Kondisi Stabil Kemiringan 6°

Pada kemiringan 6° , aliran sudah mencapai kondisi stabil, di mana kecepatan tidak berubah di sepanjang saluran. Dengan angka rata-rata nilai kecepatan 1,537 m/s. Pada **Tabel 1** menampilkan hasil pengamatan dengan pendekatan teoritis sebagaimana teori.

TABEL 1 Kecepatan Aliran Pada Kondisi Stabil

Kemiringan	Titik Pengamatan	Debit m ³ /s	Kecepatan Aliran (V) m/s
6°	1	0.0053	1,537
	2		1,537
	3		1,537
	4		1,537
	5		1,537
	6		1,537
	7		1,537

Hubungan antara titik pengamatan di sepanjang saluran dengan kecepatan aliran pada saat kondisi aliran sudah stabil. Pada grafik tersebut, nilai kecepatan yang diperoleh di setiap titik pengamatan adalah 1,537 m/s, sehingga grafik membentuk garis lurus mendatar sejajar dengan sumbu horizontal titik pengamatan 1–7. Pada **Gambar 3** menampilkan hasil pengamatan



GAMBAR 3. Grafik Kecepatan Pada Kondisi Stabil

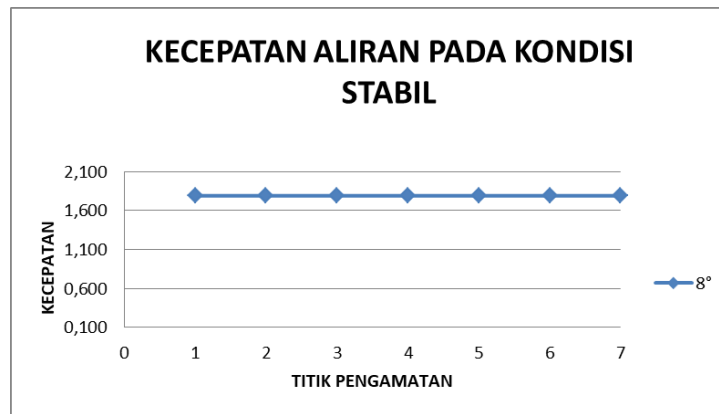
3.1.2 | Pengambilan Data Kecepatan Aliran Pada Kondisi Stabil Kemiringan 8°

Pada kemiringan 8°, aliran sudah mencapai kondisi stabil, di mana kecepatan tidak berubah di sepanjang saluran. Dengan angka rata-rata nilai kecepatan 1,792 m/s. Pada **Tabel 2** menampilkan hasil pengamatan dengan pendekatan teoritis sebagaimana teori

TABEL 2 Kecepatan Aliran Pada Kondisi Stabil

Kemiringan	Titik Pengamatan	Debit m ³ /s	Kecepatan Aliran (V) m/s
8°	1	0.0053	1,792
	2		1,792
	3		1,792
	4		1,792
	5		1,792
	6		1,792
	7		1,792

Hubungan antara titik pengamatan di sepanjang saluran dengan kecepatan aliran pada saat kondisi aliran sudah stabil. Pada grafik tersebut, nilai kecepatan yang diperoleh di setiap titik pengamatan adalah 1,792 m/s, sehingga grafik membentuk garis lurus mendatar sejajar dengan sumbu horizontal titik pengamatan 1–7. Pada **Gambar 4** menampilkan hasil pengamatan.



GAMBAR 4. Grafik Kecepatan Pada Kondisi Stabil

3.1.3 | Pengambilan Data Kecepatan Aliran Pada Kondisi Stabil Kemiringan 10°

Pada kemiringan 8°, aliran sudah mencapai kondisi stabil, di mana kecepatan tidak berubah di sepanjang saluran. Dengan angka rata-rata nilai kecepatan 2,064 m/s. Pada **Tabel 3** menampilkan hasil pengamatan dengan pendekatan teoritis sebagaimana teori

TABEL 3 Kecepatan Aliran Pada Kondisi Stabil

Kemiringan	Titik Pengamatan	Debit m ³ /s	Kecepatan Aliran (V) m/s
10°	1	0.0053	2,064
	2		2,064
	3		2,064
	4		2,064
	5		2,064
	6		2,064
	7		2,064

Hubungan antara titik pengamatan di sepanjang saluran dengan kecepatan aliran pada saat kondisi aliran sudah stabil. Pada grafik tersebut, nilai kecepatan yang diperoleh di setiap titik pengamatan adalah 2,064 m/s, sehingga grafik membentuk garis lurus mendatar sejajar dengan sumbu horizontal titik pengamatan 1–7. Pada **Gambar 5** menampilkan hasil pengamatan



GAMBAR 5. Grafik Kecepatan Pada Kondisi Stabil

3.2 | Kecepatan Aliran Pada Aliran Debris

Hasil pengukuran kecepatan aliran debris menunjukkan karakteristik yang sedikit berbeda dibandingkan dengan kecepatan aliran kondisi stabil. Meskipun terdapat peningkatan kecepatan seiring bertambahnya kemiringan, namun nilai kecepatan yang dicapai relatif lebih rendah.

3.2.1 | Pengambilan Data Kecepatan Aliran Pada Aliran Debris Kemiringan 6°

Rata-rata kecepatan aliran pada masing-masing titik pengamatan bervariasi antara terendah 0,251 m/s hingga tertinggi 0,892 m/s. Dimana pada titik pengamatan 2 mengalami penurunan yang cukup signifikan selisih penurunan kecepatan untuk titik 1 ke titik 2 memiliki selisih angka 0,124 dan untuk titik 2 ke titik 3 memiliki selisih angka 0,273. Pada **Tabel 4** menampilkan hasil pengamatan dengan pendekatan teoritis sebagaimana teori.

TABEL 4 Kecepatan Aliran Pada Aliran Debris

Kemiringan	Titik Pengamatan	Debit m ³ /s	Kecepatan Aliran (V) m/s
6°	1	0.0053	0,375
	2		0,251
	3		0,524
	4		0,671
	5		0,822
	6		0,842
	7		0,892

Kecepatan aliran pada saluran dengan kemiringan 6°, berdasarkan pengamatan pada 7 titik sepanjang saluran. Nilai kecepatan terendah terjadi pada titik ke-2, yaitu sekitar 0,251 m/s. Penurunan kecepatan di titik pengamatan 2 terjadi karena dasar saluran yang bersifat movable bed mengalami pengendapan sedimen, sehingga meningkatkan kekasaran dan hambatan aliran yang menyebabkan aliran melambat. Sedangkan kecepatan tertinggi terjadi pada titik ke-7 dengan nilai mendekati 0,892 m/s. Pada **Gambar 6** menampilkan hasil pengamatan.



GAMBAR 6. Grafik Kecepatan Pada Aliran Debris

3.2.2 | Pengambilan Data Kecepatan Aliran Pada Aliran Debris Kemiringan 8°

Rata-rata kecepatan aliran meningkat, berada di kisaran terendah 0,260 m/s hingga tertinggi 1,401 m/s. Dimana pada titik pengamatan 2 mengalami penurunan yang cukup signifikan selisih penurunan kecepatan untuk titik 1 ke titik 2 memiliki selisih angka 0,222 dan untuk titik 2 ke titik 3 memiliki selisih angka 0,345. Pada **Tabel 5** menampilkan hasil pengamatan dengan pendekatan teoritis sebagaimana teori.

TABEL 5 Kecepatan Aliran Pada Aliran Debris

Kemiringan	Titik Pengamatan	Debit m ³ /s	Kecepatan Aliran (V) m/s
8°	1	0.0053	0,482
	2		0,260
	3		0,605
	4		0,850
	5		0,987
	6		0,991
	7		1,041

Kecepatan aliran pada kemiringan 8°, berdasarkan pengamatan pada tujuh titik di sepanjang saluran. Kecepatan aliran terendah terjadi pada titik ke-2, yaitu sekitar 0,260 m/s. Penurunan kecepatan di titik pengamatan 2 terjadi karena dasar saluran yang bersifat movable bed mengalami pengendapan sedimen, sehingga meningkatkan kekasaran dan hambatan aliran yang menyebabkan aliran melambat. Sedangkan kecepatan tertinggi tercatat pada titik ke-7, yaitu mendekati 1,401 m/s. Pada **Gambar 7** menampilkan hasil pengamatan

**GAMBAR 7** Grafik Kecepatan Pada Aliran Debris

3.2.3 | Pengambilan Data Kecepatan Aliran Pada Aliran Debris Kemiringan 10°

Rata-rata kecepatan tertinggi tercatat di kemiringan ini, dengan rentang 0,269 m/s hingga 1,104 m/s. Dimana pada titik pengamatan 2 mengalami penurunan yang cukup signifikan selisih penurunan kecepatan untuk titik 1 ke titik 2 memiliki selisih angka 0,302 dan untuk titik 2 ke titik 3 memiliki selisih angka 0,352. Pada **Tabel 6** menampilkan hasil pengamatan dengan pendekatan teoritis sebagaimana teori.

TABEL 6 Kecepatan Aliran Pada Aliran Debris

Kemiringan	Titik Pengamatan	Debit m ³ /s	Kecepatan Aliran (V) m/s
10°	1	0.0053	0,571
	2		0,269
	3		0,621
	4		0,856
	5		1,040
	6		1,091
	7		1,104

Variasi kecepatan aliran pada saluran dengan kemiringan dasar sebesar 10° , berdasarkan pengamatan di tujuh titik sepanjang saluran. Nilai kecepatan terendah terjadi pada titik ke-2, yaitu sekitar 0,269 m/s. Penurunan kecepatan di titik pengamatan 2 terjadi karena dasar saluran yang bersifat movable bed mengalami pengendapan sedimen, sehingga meningkatkan kekasaran dan hambatan aliran yang menyebabkan aliran melambat. Sedangkan kecepatan tertinggi tercatat pada titik ke-7 dengan nilai mendekati 1,104 m/s. Pada **Gambar 8** menampilkan hasil pengamatan



GAMBAR 8. Grafik Kecepatan Pada Aliran Debris

4 | KESIMPULAN

Pada kondisi aliran stabil, kecepatan aliran meningkat seiring dengan peningkatan kemiringan dasar saluran. Dengan debit tetap sebesar 0,0053 m³/s, diperoleh kecepatan rata-rata sebesar 1,537 m/s pada kemiringan 6° , 1,792 m/s pada kemiringan 8° , dan 2,064 m/s pada kemiringan 10° . Hal ini menunjukkan bahwa semakin curam kemiringan saluran, semakin cepat alirannya karena pengaruh gravitasi, sehingga kecepatan aliran meningkat di semua titik pengamatan.

Pada aliran debris, kecepatan juga bertambah saat kemiringan saluran diperbesar, tetapi alirannya tidak merata seperti pada kondisi stabil. Kecepatan berubah-ubah di sepanjang saluran karena adanya gesekan antara sedimen dan dasar saluran yang bisa bergerak. Rata-rata kecepatan naik dari 0,625 m/s kemiringan 6° , menjadi 0,745 m/s kemiringan 8° , lalu 0,793 m/s kemiringan 10° . Di titik pengamatan ke-2 kecepatan turun cukup tajam pada semua kemiringan karena sedimen mengendap dan membuat dasar saluran lebih kasar serta menghambat aliran..

Daftar Pustaka

- Hadrian., & Setiawan. (2017). Analisis Pengaruh Kemiringan Saluran Terhadap Perubahan Pola Aliran. (Skripsi. Universitas Muhammadiyah Makassar).
- Hehamahwa, E. (2019). Perubahan Profil Sungai Akibat Perilaku Pola Aliran Di Sungai Maruni (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Junaidi, F. F. (2014). Analisis distribusi kecepatan aliran sungai musi (ruas jembatan ampera sampai dengan pulau kemaro) (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Kiswanto, H. (2022). Fisika Lingkungan: Memahami Alam dengan Fisika. Syiah Kuala University Press.
- Kristiawan, Y., & Sumaryono, S. (2020). Pemodelan Aliran Bahan Rombakan (Debris flow) di Kecamatan Sambelia, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 11(1), 49-62.
- Mardiatno, D. (2018). Potensi Sumberdaya Pesisir Kabupaten Jepara. Ugm Press.
- Maricar, F., & Lopa, R. T. (2013). Studi perilaku bangunan pengendali sedimen yang berwawasan lingkungan (118A). *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 7.
- Maricar, M. F., Maricar, F., Lopa, R. T., & Hashimoto, H. (2020). Flume experiments on log accumulation at the bridge with pier and without pier. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 419, No. 1, p. 012124). IOP Publishing.
- Maricar, M. F., Rusyda, M. I., Hashimoto, H., & Nagano, H. (2018). Flume Experiments on Log Accumulation at a Bridge in Mountain River. In *Proc* (p. 97).
- Maryono, A. (2020). Menangani banjir, kekeringan dan lingkungan. Ugm Press.
- Putri, R. V. S. Y. (2014). Analisa perubahan pola aliran sungai dan daerah genangan di pantai Surabaya-Sidoarjo menggunakan citra satelit penginderaan jauh.

- Rombbunga, Y. (2021). Pengaruh Kemiringan Struktur Plat Segitiga Terhadap Kecepatan Gesek Dasar Pada Saluran Terbuka= The Effect of the Slope of the Triangular Plate Structure on the Frictional Velocity in an Open Channel (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Safitri, T., Rahmawati, T., Wafidah, S. M., Mutâ, T. A., Mulqiatullah, I. M., & Astuti, Y. S. (2024). Adaptasi Masyarakat Terhadap Risiko Banjir di Kampung Bojongsoban Desa Tanjungsari Sukaresik Tasikmalaya. *Tolis Ilmiah: Jurnal Penelitian*, 6(1), 7-13.
- Salahuddin, S., Maricar, F., Lopa, R. T., & Hatta, M. P. (2020, November). Kecepatan Aliran Debris Akibat Runtuhnya Bendungan Alam. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* (Vol. 6, No. 1, pp. 686-693).
- Santosa, L. W. (2016). Keistimewaan Yogyakarta dari sudut pandang geomorfologi. UGM PRESS.
- Jurnal Sumardi, M. A., Hendratta, L. A., & Halim, F. (2018). Analisis Angkutan Sedimen Di Sungai Air Kolongan Kabupaten Minahasa Utara. *Sipil Statik*, 6(12), 1043-1054.