

SKRIPSI

TUGAS AKHIR

**ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE
VAN RIJN, METODE FRIJLINK DAN METODE SHIELDS DI HULU
BENDUNG SEKA-SEKA**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat sarjana S1 pada
Program Studi Teknik Sipil



Disusun Oleh :

MUSRIKA

D01 20 359

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULAWESI BARAT MAJENE 2025

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE
VAN RIJN, METODE FRIJLINK DAN METODE SHIELDS DI HULU
BENDUNG SEKKA-SEKKA**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (ST) pada
Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas
Sulawesi Barat

Oleh :

MUSRIKA

D01 20 359

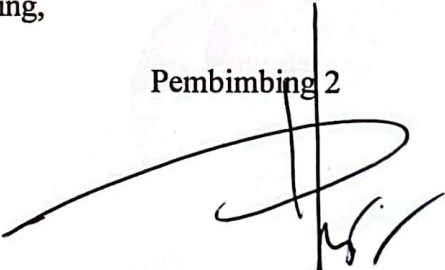
Telah diperiksa dan disetujui untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana
Teknik (ST) Menyetujui,

Tim Pembimbing,

Pembimbing 1

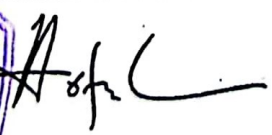

Dr. Ir. Imam Rohani, S.T., M.T
NIDP. 1201078101

Pembimbing 2


Abdi Manaf, S.T., M.T
NIP. 19700421 200312 1009

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


Prof. Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T
NIP. 19640405 1990003 2 002

Ketua Jurusan Teknik Sipil


Amalia Nurdin, S.T., M.T
NIP. 19871212 201903 2 017

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Musrika

NIM : D0120359

Prodi : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul :

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE VAN RIJN, METODE FRIJLINK DAN METODE SHIELDS DI HULU BENDUNG SEKA-SEKA

Adalah hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya dalam naskah saya di dalam skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah di ajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademi disuatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar Pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsul-unsur jiplatan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, pasal 25 Ayat 2 dan pasal 70).

Majene 15 September 2025

Yang membuat Pernyataan



Musrika

D0120359

ABSTRAK

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR MENGGUNAKAN METODE VAN RIJN, METODE FRIJINK DAN METODE SHIELDS DI HULU BENDUNG SEKA-SEKA

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik aliran dan karakteristik sedimen, serta membandingkan hasil angkutan sedimen dasar yang dihasilkan dari masing-masing metode. Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran lapangan dan pengujian laboratorium, yang mencakup pengambilan sampel sedimen dasar, pengukuran kecepatan aliran, kedalaman sungai, dan debit aliran. Berdasarkan hasil analisis, sedimen dasar di lokasi penelitian didominasi oleh material pasir dengan variasi ukuran butir dan berat jenis, yang memengaruhi kapasitas angkutan sedimen.

Karakteristik aliran di hulu bendung menunjukkan variasi debit dan kecepatan yang signifikan, berpengaruh langsung terhadap perhitungan angkutan sedimen. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode Shields memberikan nilai maksimum angkutan sedimen tertinggi, yaitu sebesar 7,910 m³/hari pada sampel kedua. Metode Van Rijn menyusul dengan maksimum 7,443 m³/hari, sementara metode Frijink memiliki nilai maksimum sebesar 6,243 m³/hari. Untuk nilai rata-rata, metode Frijink menunjukkan hasil tertinggi, yaitu 4,482 m³/hari (sampel 1), sedangkan Van Rijn dan Shields masing-masing mencatat rata-rata sebesar 1,238 m³/hari dan 0,321 m³/hari pada sampel pertama. Dari sisi minimum, metode Frijink juga mencatat nilai tertinggi sebesar 4,558 m³/hari, jauh di atas metode Van Rijn (0,493 m³/hari) dan Shields (0,011 m³/hari). Hasil ini menunjukkan bahwa ketiga metode memiliki karakteristik perhitungan yang berbeda dan dipengaruhi oleh parameter hidraulik serta sifat sedimen di lokasi studi.

Kata kunci: Angkutan sedimen dasar, Van Rijn, Frijink, Shields, Bendung Sekka-Sekka, karakteristik aliran, sedimen pasir.

ABSTRAC

ANALYSIS OF BED LOAD SEDIMENT TRANSPORT USING THE VAN RIJN, FRIJLINK, AND SHIELDS METHODS IN THE UPSTREAM AREA OF THE SEKKA-SEKKA WEIR

The main objective of this research is to understand the flow characteristics and sediment properties, as well as to compare the bed load transport results produced by each method. Data collection was carried out through field measurements and laboratory testing, which included sampling of bed sediments, measurement of flow velocity, river depth, and flow discharge. Based on the analysis results, the bed sediment at the study site is dominated by sand material with varying grain sizes and specific weights, which affect the sediment transport capacity.

The flow characteristics in the upstream section of the weir show significant variations in discharge and velocity, which directly influence sediment transport calculations. The calculation results show that the Shields method produced the highest maximum sediment transport rate, reaching 7.910 m³/day in sample two. The Van Rijn method followed with a maximum of 7.443 m³/day, while the Frijlink method yielded a maximum value of 6.243 m³/day. For the average values, the Frijlink method showed the highest result of 4.482 m³/day (sample 1), whereas the Van Rijn and Shields methods recorded average values of 1.238 m³/day and 0.321 m³/day, respectively, in the first sample. In terms of minimum values, the Frijlink method also recorded the highest value at 4.558 m³/day, significantly higher than Van Rijn (0.493 m³/day) and Shields (0.011 m³/day). These results indicate that the three methods have different calculation characteristics and are influenced by the hydraulic parameters and sediment properties at the study location.

Keywords: *Bed load sediment transport, Van Rijn, Frijlink, Shields, Sekka-Sekka Weir, flow characteristics, sand sedime*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai adalah tempat atau wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan. Aliran sungai merupakan aliran permukaan yang dapat menjadi sumber air baku guna memenuhi kebutuhan manusia akan sumber air, namun saat ini banyak sungai telah mengalami penurunan produktifitasnya. Menurut Khairan ada dua fungsi utama sungai secara alami yaitu mengalirkan air dan mengangkut sedimen hasil erosi pada Daerah Aliran Sungai dan alurnya, kedua fungsi ini terjadi bersamaan dan saling mempengaruhi. Sungai adalah lokasi yang paling baik untuk mengamati pengaruh alamiah dari angkutan sedimen, sungai memperlihatkan variasi yang besar dalam morfologinya dari suatu lokasi ke lokasi lainnya. Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air dari hulu akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan alirannya melambat atau terhenti.

Peristiwa pengendapan material yang ditransport oleh media air ini dikenal dengan peristiwa sedimentasi, umumnya sedimentasi terjadi pada hilir sungai, karena pada bagian hilirlah aliran sungai akan melambat atau terhenti (Pabintan, M., Sukri, A. S., & Putri, T. S. (2019)). Pada beberapa lokasi, variasi pada komposisi sedimen sungai dapat berupa pasir halus, pasir kasar, kerikil, maupun batuan. Hal ini menunjukkan bahwa proses angkutan sedimen bergantung pada gradasi, yang meliputi variasi ukuran, kepadatan, bentuk, dan kebulatan butiran. Dalam peristiwa sedimentasi dapat merubah elevasi dasar sungai sehingga akan mempengaruhi kondisi morfologi sungai, perubahan morfologi sungai tersebut sedikit banyak akan mempengaruhi ketersediaan air di lingkungan sekitar, pada musim kemarau akan berdampak kekurangan air dan pada musim hujan akan mengalami banjir.

Salah satu peristiwa sedimentasi dapat kita jumpai pada hulu bendung sekka-sekka sungai malososo, yang terletak di Kelurahan Batupanga Kecamatan Luyo dan berbatasan langsung dengan Kecamatan Mapilli. Sungai Maloso adalah salah satu sungai besar yang ada di Polewali Mandar serta termasuk salah satu sungai yang bermuara ke bendungan sekka-sekka, dengan perkembangan daerah aliran sungai Maloso setiap tahun terjadi perubahan di sepanjang DAS tersebut, salah satu penyebabnya karena pada bagian hulu dan sepanjang daerah aliran sungai terjadi pembangunan dan penimbunan, sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan kondisi morfologi sungai Maloso itu sendiri, pada saat air mengalir akan menyebabkan endapan pada daerah hilirnya dan berpengaruh ke bendungan sekka-sekka, hal tersebut mengakibatkan terjadinya sedimen.

Sedimen yang terbentuk pada aliran sungai Maloso akan menyebabkan kurangnya daya tampung sungai, serta akan memperparah proses pendangkalan yang terjadi di bendungan sekka-sekka akibat dari letak geografis bendungan sekka-sekka yang dialiri langsung oleh sungai malososo, sehingga dari tahun ke tahun kondisinya semakin memprihatinkan, tidak menutup kemungkinan suatu saat bendungan sekka-sekka akan tertimbun sepenuhnya oleh sedimen. Analisis angkutan sedimen dasar di hulu bendung sekka-sekka merupakan aspek penting dalam manajemen sumber daya air dan pengendalian sedimentasi. Selain itu di sungai malososo terdapat kebutuhan untuk memahami pola angkutan sedimen guna mencegah masalah sedimentasi yang dapat mempengaruhi fungsi bendung, kapasitas tampung bendung, kualitas air, dan ekosistem perairan. Penampang dari suatu saluran harus direncanakan sedemikian rupa sehingga aliran airnya tidak mengalami erosi atau sedimentasi. Untuk mencapai tujuan ini, perancangan ukuran saluran harus dilakukan dengan menggunakan analisis hidrolis. (Pemeliharaan & Di, 2023)

Bendungan Sekka-sekka terbagi menjadi 2 jaringan primer yakni saluran induk Maloso kanan dan saluran induk Maloso kiri yang mulai dibangun pada 28 Desember 1996 dan diresmikan oleh Presiden Megawati Soekarnoputri 28 Juli 2001.

Bendungan Sekka-sekka mengairi persawahan yang berada pada 6 Kecamatan yaitu Kecamatan Luyo, Campalagian, Mapilli, Wonomulyo, Tapango dan Matakali. Alasan dilakukan penelitian di sungai maloso ini adalah untuk mengetahui karakteristik aliran di hulu bendung sekka-sekka, untuk mengetahui karakteristik sedimen di hulu bendung sekka-sekka dan berapa nilai angkutan sedimen di hulu bendung sekka-sekka menggunakan Metode Van Rijn, Metode Frijink, dan Metode Shields. Metode Van Rijn: menggunakan rumus empiris untuk menghitung fluks sedimen berdasarkan kecepatan aliran dan karakteristik sedimen; Metode Frijink: menggunakan pendekatan yang memperhitungkan pengaruh ukuran butir atau sedimen yang mulai terangkat dan terbawa oleh aliran. Metode ini sering digunakan untuk kondisi tertentu dimana ada perubahan mendadak dalam aliran atau karakteristik saluran; Metode Shields: menentukan kondisi dimana butiran sedimen mulai bergerak atau melibatkan perhitungan gaya gesek dan gaya angkat yang bekerja pada partikel sedimen.

Adapun kelebihan dan kekurangan dari ketiga metode yang digunakan yaitu kelebihan metode Van Rijn: relatif unggul dalam memperkirakan aliran dan dengan data hidraulik dan profil dasar (unggul dalam presisi numerik). Kekurangannya perlu kalibrasi lokal dalam kondisi aliran yang sangat fluktuatif dan. Kelebihan metode Frijink yaitu: mudah digunakan karena hanya memerlukan ukuran butir sedimen dasar (cocok untuk perhitungan cepat) tapi, kekurangannya hasilnya cenderung kurang akurat pada sedimen heterogen dan kondisi aliran yang tidak stabil. Metode shields kelebihannya yaitu: bermanfaat sebagai indikator awal mobilitas sedimen dan telah diadaptasi untuk kondisi vegetasi dan aliran alami (untuk analisis kritis awal sesuai dengan data lapangan untuk mendapatkan akurasi prediksi yang memadai). Kekurangannya yaitu tidak memberikan estimasi kuantitatif beban sedimen tanpa dilengkapi model tambahan. tidak mempertimbangkan interaksi antar partikel dan kondisi sungai alami, karena awalnya dikembangkan dari eksperimen laboratorium.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- 1.2.1 Bagaimana karakteristik aliran di hulu bendung seka-seka.
- 1.2.2 Bagaimana karakteristik sedimen di hulu bendungan sekka-sekka.
- 1.2.3 Berapa nilai angkutan sedimen di hulu bendung sekka-sekka menggunakan Metode Van Rijn, Metode Frijink, dan Metode Shields.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1.3.1 Mengetahui karakteristik aliran di hulu bendung sekka-sekka
- 1.3.2 Mengetahui karakteristik sedimen di hulu bendung sekka-sekka menggunakan Metode Van Rijn, Metode Frijink, dan Metode Shields.
- 1.3.3 Membandingkan hasil analisis angkutan sedimen dasar menggunakan metode Van Rijn, metode Frijink, dan metode Shields.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- 1.4.1 Bagi peneliti sebagai tambahan pengetahuan tentang sedimentasi
- 1.4.2 Sebagai referensi dalam pekerjaan pengerukan sedimen pada hulu bendung

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1.5.1 Penelitian dilakukan pada hulu bendung sekka-sekka di Sungai Maloso
- 1.5.2 Tidak meninjau pengaruh lahan pertanian disekitar lokasi penelitian
- 1.5.3 Penelitian ini hanya menganalisis angkutan sedimen dasar (*bedload*), tidak mencakup angkutan sedimen tersuspensi (*suspended load*) maupun total sediment load

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian tentang analisis angkutan sedimen dasar menggunakan metode van rij, metode frijink dan metode shields pada kantong lumpur pada bendung maupun pada sistem drainase telah banyak dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Penelitian sebelumnya

No	Nama penulis dan Tahun	Judul	Hasil penelitian
1.	Muhammad Iqbal Pratama, Djoko Legono, Adam Pramudji Rahardjo, 2019	Analisis Transpor Sedimen Serta Pengaruh Aktivitas Penambangan pada sungai Sombe, kota Palu, Sulawesi Tengah	Hasil analisis diperoleh nilai rata-rata debit sedimen di sungai Sombe dengan kala ulang 1 tahunan, 2 tahunan, 5 tahunan dan 10 tahunan, yaitu metode Rotter sebesar $2,1 \times 10^7 - 3,8 \times 10^7$ Ton/tahun; dan metode Van Rijn sebesar $4,0 \times 10^7 - 6,9 \times 10^7$ Ton/tahun.
2.	Khairul Amri, Lindung Zalbuin Mase, Ade Mandala Putra, 2023	Analisis Laju Sedimentasi Pada Sungai Air Sambat Kabupaten Kaur Menggunakan Metode Mayer Peter Muller dan Van Rijn	Hasil penelitian memberikan hasil Metode Meyer-Peter Muller cocok digunakan untuk menggambarkan kondisi pengendapan sedimen di area tinjauan dengan tingkat sedimentasi sebesar $3,057 \times 10^5$ ton/tahun.

3.	Reni Andayani, Zuul Fitriana Umari, 2020	Muatan Sedimen Dasar (Bed Load) Pada Muara Sungai Sekanak Kota Palembang	Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit sedimen di muara Sungai Sekanak sebesar 3.0×10^{-5} m ³ /dt/m
4.	Anggi Hermawan, Erwin Nur Afiato, 2021	Analisis Angkutan Sedimen Dasar (Bad Load) Pada Saluran Irigasi Mataram Yogyakarta	Angkutan sedimen paling signifikan terjadi di lokasi ruas saluran Gambang dan Nambongan dengan prediksi angkutan sedimen masing- masing sebesar 3,57 m ³ /hari dan 3,67 m ³ /hari. Dengan demikian, potensi angkutan sedimen yang akan mengendap di daerah hilir adalah sebesar 3,67 m ³ /hari.
5.	Alviola Parentika Pramsetya, Ahmad Hakim Bintang Kuncoro, Abbas Abdurrahman, Diah Setyati Budiningrum 2023	Analisis Efektivitas dan Waktu Pengurasan Kantong Lumpur Saluran Primer Daerah Irigasi Glapan Timur	Irigasi merupakan usaha mengalirkan air dari sumbernya menuju suatu lahan pertanian untuk memenuhi kebutuhan air lahan tersebut. Daerah Irigasi (D.I.) Glapan Timur memiliki masalah berupa saluran yang terlalu banyak membawa material lumpur atau sedimen, sehingga menghambat distribusi air ke lahan terjauh. Hal tersebut diakibatkan oleh kurang maksimalnya bangunan kantong lumpur yang berada di saluran primer.

			permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan pengukuran efektivitas kantong lumpur D.I. Glapan Timur. Tahapan analisa berupa uji sampel sedimen, perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode Shield, Einstein, dan Meyer-Peter & Muller (MPM). Kemudian dilakukan pengukuran efektivitas pengendapan dan perhitungan waktu pengurasan. Berdasarkan hasil perhitungan angkutan sedimen, maka didapatkan nilai tertinggi sebesar 37,15 ton/hari berdasarkan metode MPM. Untuk tingkat efektivitas pada kantong lumpur, didapatkan nilai efisiensi pengendapan sebesar 86,10 %. Kemudian untuk kinerja kantong lumpur, maka sesuai hasil perhitungan menunjukkan bahwa perlu dilakukan pengurasan kantong lumpur D.I. Glapan Timur setiap 4 bulan sekali.
--	--	--	--

6.	Yosa Alf Asyifa, dan Sofyan Hadi Prabowo 2023	Analisis Optimalisasi Jadwal Pengurusan Kantong Lumpur Daerah Irigasi Glapan Barat	Berdasarkan hasil perhitungan nilai tertinggi didapatkan dengan metode Duboys sebesar 55228 kg/hari, dengan metode Shield didapat nilai sebesar 851,558 kg/hari dan untuk metode Einstein didapat nilai sebesar 0,7266 kg/hari. Untuk tingkat efektivitas pada kantong lumpur saluran primer daerah irigasi glapan timur memiliki rata-rata efisien sebesar 86,1%, agar dapat mengoptimalkan kinerja kantong lumpur saluran irigasi D.I Glapan perlu dilakukan pengurusan 4 bulan sekali untuk membersihkan sedimen dasar yang tertampung pada bagian kantong lumpur Bendung Glapan.
----	---	---	---

2.2 Landasan teori

2.2.1. Sungai

Sungai merupakan jaringan alur-alur pada permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah, mulai dari bentuk kecil di bagian hulu sampai besar di bagian hilir. Aliran sungai merupakan sumber air yang paling dominan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia, sehingga sungai tersebut sepatutnya diusahakan kelestariannya yaitu salah satunya dengan mengusahakan agar alur sungai tetap stabil. Sungai yang tidak berfungsi dengan baik pada suatu DAS dapat menyebabkan bencana alam seperti banjir yang merugikan atau pun kekeringan pada musim kemarau. Oleh sebab itu, sungai perlu di jaga kelestariannya yakni

dengan mengusahakan agar perubahan ketinggian dasar sungai berlangsung selambat mungkin. Proses sedimentasi dapat mempengaruhi ketinggian dasar sungai.

Proses sedimentasi pada suatu alur sungai meliputi erosi, transportasi, pengendapan, dan pemadatan dari sedimentasi itu sendiri. Proses sedimentasi yang berlangsung terus menerus akan mempengaruhi kestabilan alur sungai di mana akan terbentuk daratan yang baru yang disertai dengan perubahan/perpindahan alur sungai. Pengendapan sedimen yang berlebihan dapat menyebabkan pendangkalan sungai maupun waduk. Kapasitas tampung akan menurun, sehingga dapat menyebabkan luapan air ke daerah pemukiman (banjir) yang pastinya sangat merugikan masyarakat sekitar. (Teknik et al., 2018)

Alur sungai adalah bagian dari sungai tersebut, sederhananya alur sungai dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu:

- a. Bagian Hulu. Bagian ini terletak dibagian atas atau ujung atas dari sungai karakteristik bagian hulu ini adalah kemiringan dasar yang cukup curam sehingga kecepatan aliran air sangat tinggi dan penampangnya berbentuk V. Karena kecepatan aliran yang tinggi, maka biasanya bagian hulu ini terjadi erosi.
- b. Bagian Tengah. Bagian ini adalah bagian yang terpanjang dari suatu sungai yang merupakan bagian yang banyak digunakan masyarakat. Bagian tengah sungai ini juga paling banyak melewati bagian-bagian dari suatu kota. Kecepatan aliran pada bagian tengah ini tidak terlalu cepat dibanding dengan bagian hulu, sehingga endapan/sedimen banyak terjadi. Bagian tengah ini juga banyak terjadi pola berjalín (braided atau meander) (Kuntjoro dkk, 2013).
- c. Bagian Hilir Bagian hilir merupakan ujung paling bawah dari suatu sungai yang biasanya berhubungan langsung dengan laut (muara). Bagian hilir ini juga banyak dipengaruhi oleh karakteristik air laut (pasang dan surut).

Kecepatan aliran dibagian hilir ini relative lebih kecil dibandingkan dengan bagian yang lain. (Identifikasi dan pengukuran debit, 2021)

2.2.2. Sedimen

Pengendapan sedimen dapat terjadi karena adanya interaksi pasang surut, gelombang dan kecepatan arus yang mengangkut partikel sedimen di daerah pantai. Proses pengendapan sedimen dapat diketahui dari distribusi ukuran butir sedimen (Nugroho dan Basit, 2014). Ukuran butir sedimen merupakan aspek penting dalam transportasi dan pengendapan (Blott and Pye, 2001), karena dapat memberikan informasi mengenai asal usul sedimen dan pola yang mempengaruhi transportasi sedimen terhadap ukuran butir sedimen (Wolanski dan Michael, 2007; Purnawan et al., 2012; Setiawan dan Subiandono, 2015). Distribusi ukuran butir sedimen dipengaruhi oleh berbagai faktor oseanografi seperti kecepatan arus, pasang surut dan gelombang yang memiliki karakteristik spasial dan temporalnya sendiri (Liu et al., 2000; Purnawan et al., 2015). Sifat ukuran butir sedimen yang berada di daerah intertidal dapat mengalami perubahan ukuran butir dengan terjadinya proses transportasi sedimen. Distribusi dan perbedaan ukuran butir sedimen digunakan sebagai indikator perilaku pada aliran sedimen di wilayah perairan (Nugroho dan Basit, 2014; Purnawan et al., 2015). Penelitian tentang sedimen telah dilakukan di berbagai wilayah di Kalimantan Barat. Penelitian Handayani et al. (2017) jenis sedimen yang ditemukan di Perairan Sungai Duri didominasi jenis liat berdebu. Adapun pada penelitian Warsidah et al. (2021) memperoleh sedimen di Perairan Muara Sambas didominasi oleh jenis lanau. (Lestari & Kushadiwijayanto, 2024)

2.2.3. Karakteristik Sedimen

a. Ukuran Partikel Sedimen

Ukuran partikel merupakan karakteristik sedimen yang dapat diukur secara nyata. Abdul Ghani, dkk. (2012) menggunakan klasifikasi berdasarkan standar U.S. Army Corps Engineer (USACE) untuk analisa

saringan sampel sedimen. Syahrul Purnawan, dkk. (2011) menggunakan teknik analisis penyaringan dengan metode ayak basah yang menggunakan saringan sedimen bertingkat dengan diameter berbeda-beda (4,75 mm, 1,7 mm, 250 μ m, 850 μ m, 150 μ m). Beberapa ahli hidraulika menggunakan klasifikasi ukuran butiran menurut AGU (American Geophysical Union) sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1. Ponce (1989) menyatakan bahwa batu besar (boulders) dan krakal (cobbles) dapat diukur tersendiri, kerikil (gravel) dapat diukur tersendiri atau dengan ayakan, dan pasir diukur dengan ayakan. Ayakan nomor 200 digunakan untuk memisahkan partikel pasir dari partikel yang lebih halus seperti lumpur dan lempung, sedangkan lumpur dan lempung dipisahkan dengan mengukur perbedaan kecepatan jatuhnya pada air diam. (Hambali, 2016)

Tabel 2. 2 Jenis dan ukuran sedimen

Jenis Sedimen	Ukuran Partikel (mm)
Pasir	0,06-2
Lanau	0,002-0,06
Lempung	< 2

(Sumber: Siswanto et al., 2021)

Tabel 2. 3 Klasifikasi ukuran butiran sedimen (Skala Wentworth)

Klasifikasi		Diameter Partikel (mm)
Berangkal	Sangat besar	4096-2048
	Besar	2048-1024
	Sedang	1024-512
	Kecil	512-256
Kerikil	Besar	256-128
	Kecil	128-64
Koral (kerikil besar)	Sangat Besar	64-32
	Kasar	32-16
	Sedang	16-8

	Halus	8-4
Kerikil		4-2
Pasir	Sangat Besar Kasar Sedang Halus Sangat Halus	2-1 1-0,5 0,5-0,25 0,25-0,125 0,125-0,062
Lumpur	Kasar Sedang Halus Sangat Halus	0,062-0,031 0,031-0,016 0,016-0,008 0,008-0,004
Lempung	Kasar Sedang Halus Sangat Halus	0,004-0,002 0,002-0,001 0,001-0,0005 0,0005-0,00024

Sumber: (Waduk & Eksperimental, 2018)

b. Berat Jenis

Berat jenis sedimen pada umumnya diperkirakan sekitar 2,65, kecuali untuk material yang berat seperti magnetit (berat jenis 5,18).

$$G_s = \frac{(W^2 - W^3)}{(W^5 - W^2) - (W^3 - W^2)} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$W_3 = W_4 \cdot K$$

Dengan:

W_1 = Berat piknometer

W_2 = Berat piknometer + sampel

W_3 = Berat piknometer + sampel + air

W_4 = Berat piknometer + air

W_5 = Berat piknometer + air terkoreksi

K = Faktor koreksi temperatur

Tabel 2. 4 Klasifikasi berat jenis tanah

Jenis tanah	Gs
Pasir	2,65-2,68
Lanau organik	2,62-2,68
Lempung organik	2,58-2,65
Lempung anorganik	2,68-2,75
Gambut	<2

(Sumber: Siswanto, R., Kartini, & Herawati, H. (2021).

Pembilasan sedimen merupakan metode berbiaya rendah dibandingkan dengan metode mekanis lainnya. Pembilasan hidrolik dapat menghilangkan sedimen halus (dengan material kohesif) serta sedimen kasar.

Pada muara atau kanal penggerebakan sedimen mempengaruhi terjadinya pasang surut. Pada model fisik penampang majemuk pada model saluran penampang teregulasi bertujuan agar penampang tersebut sesuai dengan debit yang ada pada kondisi pasang surut. (Rohani et al., 2021)

c. Analisa Saringan

Analisa saringan adalah pengelompokan besar butir analisa agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan, hasil analisis saringan agregat halus dan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui batas gradasi agregat tersebut.

hasil analisa saringan agregat halus dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan dalam pembuatan adukan beton merupakan pasir jenis sedang dan memenuhi syarat analisa saringan sebagai bahan dalam campuran beton. Sedangkan berat lolos agregat kasar memenuhi standar dengan ketentuan gradasi agregat karena ukuran maksimum agregat yang digunakan adalah 20 mm.

Tabel 2. 5 Pengujian analisa saringan agregat

No saringan (mm)	Berat Tertahan Saringan (mm)	% Tertahan (gr)	% Tertahan Komulatif (gr)	% Lolos Komulatif
No 75,2 (3")				
No saringan (mm)	Berat Tertahan Saringan (mm)	% Tertahan (gr)	% Tertahan Komulatif (gr)	% Lolos Komulatif
No 63,5 (2 1/2")				
No 50,8 (2")				
No 36,1 (1 1/2")				
No 25,4 (1")				
No 19,1 (3/4")	9,97	9,97	40	96,00
No 12,7 (1/2")				
No 4	43,54	76,56	30,6	69,40
No 8	49,58	126,04	50,40	49,60
No 20	33,07	469,11	63,60	36,40
No 30				
No 40	18,49	177,54	71,00	29,00
No 50				
No 80	17,19	194,73	77,90	22,10
No 100	2,76	194,73	77,90	22,10
No 200	3,31	200,80	80,30	19,70
PAN				

Sumber: Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar (C136:2012, 2012)

2.2.4. karakteristik Aliran

a. Kecepatan aliran

Pengukuran kecepatan aliran air memerlukan alat ukur yang memadai dan metode yang tepat untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Hal ini karena kecepatan aliran air bagian permukaan lebih cepat dari pada bagian bawah permukaan (Khaidir, n.d.). Pengukuran kecepatan aliran sungai maupun saluran irigasi dibutuhkan untuk menghitung sebuah debit aliran. (Nawawi & Trihasto, n.d.)

b. Debit

Debit air adalah volume air yang melalui penampang basah sungai dan satu satuan waktu tertentu yang biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ($m^3/detik$) atau liter per detik ($l/detik$) (Khaidir, n.d.). Rumus yang digunakan untuk menghitung debit adalah:

$$Q = A.U \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan:

Q = Debit (m^3/dt)

A = Luas penampang basah (m^2)

U = Kecepatan aliran (m/dt)

2.2.5. Tegangan Geser Kritis

(Ikhsani & Pratama, 2017). Bila air mengalir dalam sebuah saluran, maka pada dasar saluran akan timbul suatu gaya bekerja searah dengan arah aliran. Gaya ini yang merupakan gaya tarik pada penampang basah disebut tegangan geser (tractive force). Akibat pengaruh kecepatan, aliran mampu menggerus talud dan dasar sungai. Aliran air sungai akan memberikan tegangan geser (τ_0) pada penampang sungai.

Kecepatan aliran sungai juga mempengaruhi terjadinya erosi sungai. Kecepatan aliran yang menimbulkan terjadinya tegangan geser kritis disebut kecepatan kritis (V_{Cr}) memberikan distribusi tegangan geser pada saluran. Erosi dasar sungai terjadi jika tegangan geser (τ_0) lebih besar dari tegangan geser kritis (τ_{cr}) pada dasar dan tebing sungai. Tegangan geser kritis adalah tegangan geser yang terjadi tepat pada saat butiran akan bergerak. Besarnya tegangan geser kritis didapatkan dengan menggunakan Grafik Shield dengan menggunakan data ukuran butiran tanah dasar sungai.

apabila:

$\tau_0 > \tau_c$ maka butiran bergerak

$\tau_0 = \tau_c$ maka butiran mulai bergerak (kondisi kritis)

$\tau_0 < \tau_c$ maka butiran diam

(Hermawan 2021) Tegangan geser aliran (τ_b) merupakan tegangan yang ditimbulkan akibat adanya gaya pergerakan aliran, dimana gaya yang terjadi merupakan kecepatan geser aliran (u_*) yang dinyatakan dengan persamaan:

$$u_* = \sqrt{g \cdot R \cdot S} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan:

G = Percepatan gravitasi

R = Radius hidraulik penampang saluran

S = Kemiringan dasar saluran

u_* = Kecepatan geser dasar saluran (m/s)

Nilai tegangan geser kritis dinyatakan pada persamaan:

$$\tau_{c*} = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) D_s} \dots\dots\dots (2.6)$$

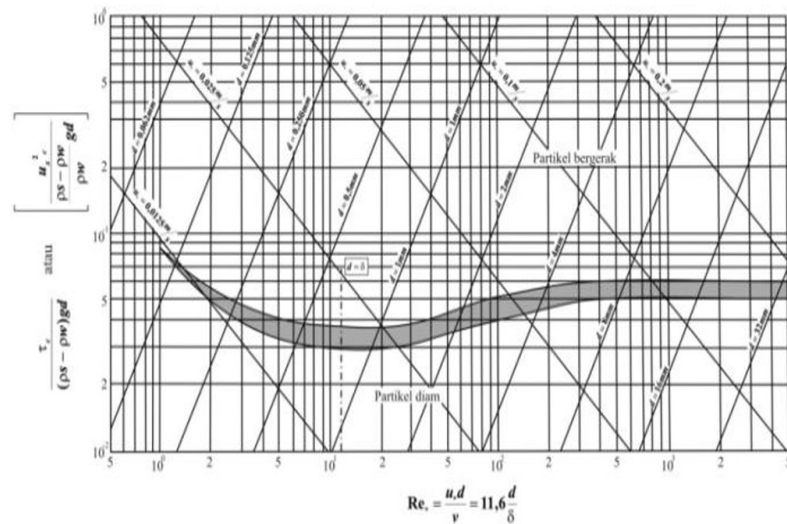
Dengan:

τ_{c*} = parameter tegangan geser

D_s = diameter ukuran butiran (m)

ρ_s = berat jenis butiran sedimen (kg/m^3)

Kecepatan geser dasar kritis dapat dihitung dengan diagram yang di berikan oleh shield:



Gambar 2. 1 kecepatan geser dasar kritis menurut shield

Sumber: Ramadhan et al., (2020)

2.2.6. Metode Perhitungan Angkutan Sedimen Dasar

Adapun metode yang digunakan dalam perhitungan angkutan sedimen dasar yaitu sebagai berikut:

a. Metode Van Rijn

Menurut Van Rijn tingkat angkutan sedimen dapat didefinisikan dengan dua parameter pokok tak berdimensi (dimensionless parameters),

yaitu parameter butiran (D_*) dan transport stage parameter (T). (Palu et al., n.d.). Persamaan Van Rijn adalah sebagai berikut:

a. Parameter butiran

$$d_* = d_{50} \left(\frac{(s-1)g}{\nu^2} \right)^{1/3} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana d_* adalah parameter butiran, g adalah percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$), ν adalah viskositas kinematik yang diperoleh dari Tabel sifat-sifat air yang dikondisikan dengan temperatur atau suhu air.

b. Transport stage parameter (parameter tahap transportasi)

$$T = \frac{(u^*)^2 - (u^*_{cr})^2}{(u^*_{cr})^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana T adalah transport stage parameter, u^* adalah kecepatan geser dasar (berhubungan dengan butiran partikel, m/s).

$$Q_b = \frac{[0,053 (T)]^{2.1} [(s-1)g]^{0.5} [D_{50}]^{\left(\frac{3}{2}\right)}}{[D_*]^{0.3}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

Q_b = Muatan/Debit sedimen total (m^3/hari)

D_* = Parameter partikel

T = Stage parameter

s = Kerapatan jenis

D_{50} = Diameter butiran 50% lolos saringan (m)

g = Percepatan gravitasi bumi ($9,81 \text{ m/dt}^2$)

b. Metode Frijnk

Frijlink (1952) (dalam Istiarto, 2014) menurunkan persamaan dalam memperhitungkan kuantitas angkutan sedimen dasar (bed load). (Hermawan et al., 2021) Persamaannya adalah yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Phi_* &= \frac{q_{sb}}{dm \sqrt{g \cdot \mu \cdot R_h \cdot S^0}} \dots\dots\dots (2.10) \\ &= 5 \exp - 0,27 \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) \frac{dm}{\mu \cdot R_h \cdot S^0}\end{aligned}$$

Dimana nilai Φ_* merupakan parameter intensitas angkutan sedimen yang memiliki hubungan empiris terhadap parameter intensitas aliran / tegangan geser aliran (ψ').

$$\psi_* = \frac{(\rho_s - \rho) \cdot d_{50}}{\mu \cdot R_h \cdot S_0} \dots\dots\dots (2.11)$$

Parameter kondisi dasar saluran (μ) dinyatakan sebagai rasio kekasaran dasar dengan kekasaran pada partikel butiran sedimen.

$$\mu = \left(\frac{C}{C_{d90}} \right)^{3/2} \dots\dots\dots (2.12)$$

Nilai parameter kekasaran dasar (C) dan friction factor (C_{d90}) ditentukan dengan persamaan Chezy.

$$C = 18 \log \frac{12h}{k} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$C_{d90} = 18 \log \frac{12h}{C_{d90}}$$

Dengan:

k = ketinggian kekasaran hidraulik dasar saluran (m),

d_{90} = diameter ukuran butiran (mm).

Tinggi kekasaran hidraulik saluran (k) ditentukan melalui persamaan dibawah ini:

$$u_z = 5.75 u_* \log \left(\frac{h}{k_s} \right) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan:

u_z = kecepatan aliran (m/det),

h = kedalaman aliran (m),

u_* = kecepatan geser aliran (m/det),

k_s = ketinggian kekasaran hidraulik dasar saluran (m).

c. Metode Shields

(Akhir et al., 2023). Dalam penelitian Shields tentang pergerakan awal sedimen dengan mengukur kondisi aliran dengan sedimen transport yang lebih besar dari nol lalu memberikan hubungan terhadap penentuan kondisi suatu aliran yang memiliki hubungan pada gerak yang baru mulai. Berikut merupakan persamaan Shields (Basri, 2018):

$$\frac{qb \cdot \Delta}{Q \cdot I} = 10 \frac{\tau_p - \tau_c}{(\rho_s - \rho_w) \cdot g \cdot D_{50}} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$Re = \frac{U_* \cdot D_{50}}{\nu} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$U_* = \sqrt{g \cdot R \cdot I} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$V = v_1 + \frac{(T - T^1)}{(T^2 - T^1)} x (v_2 - v_1) \dots\dots\dots(2.18)$$

Debit muatan sedimen dasar untuk seluruh lebar satuan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q_b = W \times q_b$$

$$\Delta = (\rho_s - \rho_w) \rho_w$$

$$\tau_p = \rho_w \cdot g \cdot h \cdot I$$

Dimana:

q_b = debit (Bed load) (kg/det/m)

D_{50} = diameter butiran (m)

ρ_w = rapat massa (Specific Gravity) air

ρ_s = rapat massa sedimen

g = percepatan gravitasi (9,81 m/det²)

h = tinggi muka air (m)

I = kemiringan

ν = viskositas kinematik (m²/det)

U_* = kecepatan geser (m/det)

T = suhu (°C)

W = lebar saluran (m)

Q_b = muatan sedimen dasar (kg/s)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis angkutan sedimen dasar di hulu Bendung Sekka-Sekka menggunakan Metode Van Rijn, Metode Frijlink, dan Metode Shields, maka diperoleh beberapa Kesimpulan yaitu:

5.1.1 karakteristik aliran

Aliran di hulu Bendung Sekka-Sekka memiliki penampang basah 412,77 m²-1.136 m², dengan keliling basah 143,95 m-171,27 m. Debit aliran sangat fluktuaktif, dari minimum 5,07 m³/detik hingga maksimum 488,48 m³/detik dengan kecepatan 0,1-0,49 m/detik. Kondisi ini menunjukkan aliran cenderung tenang dengan kecepatan rendah, namun sangat dipengaruhi musim sehingga berpotensi terjadi lonjakan debit besar pada musim hujan.

5.1.2 Karakteristik sedimen

Sedimen di hulu Bendung Sekka-Sekka didominasi butiran halus ($D_{50} \approx 0,10 - 0,15 \text{ mm}$) dengan 65% lolos saringan 0,15 mm dan $30 < 0,075 \text{ mm}$, sehingga tergolong pasir halus- lanau (Waduk & Eksperimental, 2018). Berat jenisnya 1,8-2,2, lebih rendah dari mineral murni, menunjukkan adanya campuran material lainnya. Karakteristik ini membuat sedimen cenderung terbawa sebagai muata melayang dan sangat dipengaruhi kondisi debit sungai.

5.1.3 Hasil analisis angkutan sedimen dasar menggunakan Metode Van Rijn, Metode Frijink, dan Metode Shields.

Metode Shields memberikan nilai maksimum tertinggi, yaitu 7,910 m³/hari, namun nilai rata-rata dan minimumnya paling rendah, masing-masing 0,321 m³/hari dan 0,011 m³/hari. Ini menunjukkan metode ini sangat sensitif terhadap fluktuasi kecepatan aliran dan kondisi sedimen. (D.I. Glapan Timur, 2023)

Metode Van Rijn menghasilkan nilai maksimum 7,443 m³/hari, nilai rata-rata 1,238 m³/hari, dan minimum 0,493 m³/hari. Hasilnya cukup stabil dibandingkan Shields, namun tetap menunjukkan pengaruh kuat dari variasi debit dan ukuran butir. (Amri, K., Mase, L. Z., & Putra, A. M. (2023). Metode Frijink menghasilkan nilai rata-rata dan minimum tertinggi, yaitu 4,482 m³/hari dan 4,083 m³/hari, dengan nilai maksimum 6,243 m³/hari. Hal ini menunjukkan bahwa metode Frijlink memberikan hasil yang lebih konsisten dan stabil dalam kondisi aliran normal. hasil perbandingan bahwa metode Frijink cocok untuk kondisi aliran ekstrem, metode shields untuk pendekatan konservatif, dan metode Van Rijn sebagai metode yang paling seimbang dan realistis menggambarkan kondisi lapangan dengan nilai lebih moderat dan realistis untuk kondisi aliran sungai yang tidak terlalu ekstrem.

5.2. Saran

Adapun beberapa saran berdasarkan kesimpulan diatas yaitu sebagai berikut:

- Untuk penelitian lanjutan sebaiknya dilakukan di bagian tengah dan hilir Sungai Maloso untuk mendapatkan gambaran menyeluruh tentang dinamika sedimen sepanjang alur sungai. Hal ini penting guna merancang strategi pengendalian sedimen yang terintegrasi dari hulu hingga hilir.
- Pengaruh lahan di sekitar lokasi penelitian penggunaan lahan terutama lahan pertanian, dapat meningkatkan erosi dan kontribusi sedimen ke sungai, maka disarankan agar penelitian lanjutan menganalisis lahan sekitar, termasuk tutupan lahan dan aktivitas pertanian yang berpotensi memperbesar beban sedimen.
- Penelitian ini hanya menganalisis angkutan sedimen dasar (bedload), tidak mencakup sedimen tersuspensi (suspended load) maupun total sediment load Agar hasil analisis lebih komprehensif, agar penelitian ke depan perlu menambahkan komponen sedimen tersuspensi dan total sediment load, karena dalam banyak kasus, sedimen tersuspensi menyumbang volume yang lebih besar dari total beban sedimen sungai. Hal ini penting terutama dalam merancang strategi pengelolaan sedimen dan perencanaan infrastruktur pengendali.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhir, L. T., Asyifa, Y. A. L. F., Prabowo, S. H., Teknik, F., Sipil, J., & Semarang, U. (2023). *Analisis optimalisasi jadwal pengurasan kantong lumpur daerah irigasi glapan barat*.
- C136:2012, S. N. I. A. (2012). SNI ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–24.
- Hambali, R. (2016). *STUDI KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN LAJU SEDIMENTASI SUNGAI DAENG – KABUPATEN BANGKA BARAT*. 4, 165–174.
- Hermawan, A., Afiato, E. N., Studi, P., Sipil, T., Studi, P., & Sipil, T. (2021). *ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR (BED LOAD)*. XXVI(1).
- Ikhsani, C., & Pratama, W. Y. (2017). *Evaluasi analisis tegangan geser pada daerah hulu dan hilir sudetan wonosari sungai bengawan solo 3) 1) 2)*. 2012, 464–468.
- Khaidir, M. (n.d.). *PENGUKURAN ALIRAN AIR DAN TINGGI MUKA AIR PADA SALURAN IRIGASI DENGAN HALL EFFECT SENSOR DAN ULTRASONIK*. 61–65.
- Lestari, P. R., & Kushadiwijayanto, A. A. (2024). *Analisis Sedimen Dasar di Muara Sungai Duri Kabupaten Bengkayang Kalimantan Barat Bed Load Sediment Analysis in the Sungai Duri Estuary Bengkayang Regency West Kalimantan*. 7(1), 33–43.
- Nawawi, I., & Trihasto, A. (n.d.). *Pemanfaatan Aliran Sungai Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Portabel*. 1–4.
- Palu, K., Tengah, S., Pratama, M. I., Legono, D., & Rahardjo, A. P. (n.d.). *AKTIVITAS PENAMBANGAN PADA SUNGAI SOMBE* ., 90, 84–96.

- Pemeliharaan, R., & Di, A. (2023). *MODEL PENGATURAN PENAMPANG SALURAN UNTUK REKAYASA PEMELIHARAAN ALUR DI MUARA The Regulation Model Of Cross-Sectional For Maintaining Channel In The River Mouth*.
- Ramadhan, M., Wibowo, H., & Kartini. (2020). Perhitungan Angkutan Sedimen Pada Sungai Pangkalan. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil UNTAN*, 1–9.
- Rohani, I., Paroka, D., Thaha, M. A., & Hatta, M. P. (2021). Dimensional Analysis of Compound Section in the Regulate Section Channel Model for Maintenance Main Channel. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 921(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/921/1/012076>
- Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2018). *ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DI SUNGAI AIR KOLONGAN*. 6(12), 1043–1054.
- Terapan, T. S. (2021). *IDENTIFIKASI DAN PENGUKURAN DEBIT*. 3(July), 146–155.
- Waduk, S. D. I., & Eksperimental, U. J. I. (2018). *No Title*. 11, 48–58.