Research Review
Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol. 4, No. 1, April 2025 ISSN: 29622743

Prediksi Angkutan Sedimen Melayang pada Sungai Bolango Di Provinsi Gorontalo

(Prediction of Suspended Sediment Transport on the Bolango River in Gorontalo Province)

Chiquitha Puspitha Puteri Olii[1], Komang Arya Utama[2], Rawiyah Husnan [3]
[1,2,3]Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo
chiquithaolii0503@gmail.com[1], komangaryautama@ung.ac.id[2] , rawiyah@ung.ac.id[3]

Article Info

Article history:

Received: 16 April 2025
Revised: 29 April 2025
Accepted: 30 April 2025

Keywords:

Bolango River
Suspended Sediment Transport
Empirical Methods

Kata Kunci:

Sungai Bolango
Angkutan Sedimen Melayang
Metode Empiris

Abstract

Bolango River is a river that has potential as a source of raw water and irrigation for communities in Gorontalo Province. Sedimentation in the upstream and downstream of the river causes a decrease in river function. This research aims to predict the amount of suspended sediment transport discharge in Bolango River which is compared with the results of calculations using empirical methods. The calculation method used is the calculation of the instantaneous method (USBR) which is compared with three empirical methods namely Einstein, Lane and Kalinske, and Chang, Simon and Richardson by taking sediment samples and measuring river hydrometry. Based on the results of the calculation of the amount of drift sediment transport in Bolango River with the instantaneous method (USBR) ranged from 13,039-158,028 tonnes/year, Lane and Kalinske approach 26,013-253,138 tonnes/year, Einstein approach ranged from 12,458-50,350 tonnes/year and Chang, Simons & Richardson approach ranged from 1,598-19,257 tonnes/year. The closest comparison result to the instantaneous method (USBR) is the Lane and Kalinske approach with a percentage of 99.6% in the upper reaches of the river, 105.33% in the middle reaches, and 60.18% in the lower reaches.

Abstrak

Sungai Bolango adalah sungai yang memiliki potensi sebagai sumber air baku dan irigasi bagi masyarakat di Provinsi Gorontalo. Sedimentasi di hulu dan hilir sungai menyebabkan penurunan fungsi sungai. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah debit angkutan sedimen melayang di Sungai Bolango yang dibandingkan dengan hasil perhitungan yang menggunakan metode empiris. Metode perhitungan yang digunakan adalah perhitungan dengan metode sesaat (USBR) yang dibandingkan dengan tiga metode empiris yakni Einstein, Lane dan Kalinske, dan Chang, Simon dan Richardson dengan melakukan pengambilan sampel sedimen serta pengukuran hidrometri sungai. Berdasarkan hasil perhitungan besar angkutan sedimen melayang di Sungai Bolango dengan metode sesaat (USBR) berkisar antara 13,039-158,028 ton/tahun, pendekatan Lane dan Kalinske 26,013-253,138 ton/tahun, pendekatan Einstein

berkisar antara 12,458-50,350 ton/tahun dan pendekatan Chang, Simons & Richardson berkisar antara 1,598-19,257 ton/tahun. Hasil perbandingan yang paling mendekati metode sesaat (USBR) yaitu pendekatan Lane dan Kalinske dengan persentase sebesar 99,6% pada bagian hulu sungai, bagian tengah sungai sebesar 105,33%, dan bagian hilir sebesar 60,18%.

Corresponding Author:

Chiquitha Puspitha Puteri Olii
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
chiquithaolii0503@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 35 tahun 1991, sungai merupakan jalur aliran air yang dimulai dari mata air hingga mencapai muara, dengan batas kanan dan kiri serta garis sempadan yang mengelilingi sepanjang jalurnya. Sungai adalah lokasi dimana air dari sekitarnya berkumpul dan mengalir ke arah yang lebih rendah. Air sungai mengalir dari bagian paling tinggi atau hulu, melalui kondisi kemiringan lahan yang secara berturut-turut dapat bervariasi dari curam, agak curam, agak landai, hingga relatif datar (Aristin et al., 2024; Siregar & Sinaga, 2025).

Sungai Bolango merupakan sungai dengan potensi yang sangat besar dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, baik bagi penduduk yang tinggal di sepanjang sungai tersebut maupun untuk masyarakat Kota Gorontalo (Fitriani et al., 2023). Selain dimanfaatkan untuk keperluan irigasi dan air baku, warga juga memanfaatkan material di sungai seperti pasir dan batu untuk keperluan pembangunan infrastruktur. Tetapi, dengan adanya potensi tersebut mengakibatkan Sungai Bolango memiliki permasalahan yaitu sedimentasi. Penumpukan sedimen yang terus meningkat menyebabkan penurunan fungsi sungai sebagai saluran drainase alami (Nurmaliza & Yusnita, 2024). Situasi ini semakin memburuk pada saat musim penghujan, di mana curah hujan yang cukup tinggi seringkali menyebabkan erosi dan banjir yang mengakibatkan banyaknya material sedimen dari hulu sungai terbawa hingga ke hilir (Nugroho & Handayani, 2021; Saputra et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengetahui besarnya angkutan sedimen melayang yang dihasilkan untuk menjaga kelestarian sungai agar perubahan ketinggian dasar sungai berlangsung selambat mungkin.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengetahui berapa besar angkutan sedimen melayang yang dihasilkan dari beberapa tempat aliran sungai. Wardani et al. (2018) melakukan penelitian studi muatan *suspended load* dan *bed load* pada *upstream* bendung di hulu sungai-sungai besar Kabupaten Banyuwangi. Penelitian ini menggunakan metode Engelund dan Hansen, Einstein, dan Chang, Simons, dan Richardson (1965) untuk muatan suspended load, Sedangkan analisis muatan bed load menggunakan metode Meyer-Peter, Dubois, dan Shields. Afdhaliah et al. (2017) melakukan penelitian mengenai analisis perhitungan debit muatan sedimen (*suspended load*) pada daerah irigasi lekopancing Kabupaten Maros dengan menggunakan metode lapangan, pendekatan Lane dan Kalinske, dan pendekatan Einstein, Serta membandingkan hasil perhitungan dengan hasil yang berada di lapangan. Sementara itu, Penelitian lain sebelumnya pernah dilakukan oleh Harijanto et al. (2021) pada muara Sungai Wimbi di Kabupaten Poso, penelitian ini tujuannya untuk mengetahui laju angkutan sedimen melayang yang terbawa aliran air sungai dan hubungan antara debit air dengan debit sedimen melayang. Sudarwan dan Sari (2024) melakukan penelitian untuk menganalisis laju sedimen melayang pada Sungai Bantimurung dengan menggunakan metode Asdak Chay untuk mengetahui besar volume sedimentasi yang terangkut dalam aliran sungai. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian survei yaitu memperoleh data yang dikumpulkan dengan pengukuran langsung di Sungai Bantimurung.

Sedimentasi terjadi ketika jumlah sedimen yang terangkut melampaui kapasitas sedimen yang dapat ditampung. Sungai secara konstan mengalami perubahan dalam bentuk, aliran, pengangkutan sedimen dan kekasaran dasar sungai (Sahril, 2023). Perubahan ini dipengaruhi oleh faktor sifat-sifat aliran air, karakteristik sedimen, dan pengaruh timbal balik (Arifin et al., 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi besar debit angkutan sedimen melayang yang terjadi di Sungai Bolango, serta membandingkan hasil perhitungan metode empiris dengan hasil pengukuran langsung. Dengan hasil yang diperoleh, diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi pihak-pihak terkait dalam penanggulangan dan pencegahan kerusakaran Sungai Bolango.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada Sungai Bolango yang terletak di Provinsi Gorontalo. Lokasi pengambilan sampel berada di tiga titik lokasi sungai yaitu Sungai Bolango di Longalo (Hulu), Sungai Bolango di Boidu (Tengah), dan Sungai Bolango di Telaga. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No	Kegiatan	Alat	Bahan
1	Pengukuran geometri sungai	Rol meter, rambu ukur, dan waterpass	-
2	Pengukuran kecepatan aliran sungai	*Stopwatch*, pelampung, rol meter, dan tali	-
3	Pengambilan sampel sedimen a. Sedimen dasar b. Sedimen melayang	Kantong plastik, botol sampel, dan spidol permanen	Sampel sedimen dasar dan sedimen melayang
4	Pengujian konsentrasi sedimen melayang	Peralatan laboratorium (oven, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, dan cawan)	Sampel sedimen melayang
5	Pengujian analisa distribusi ukuran butiran	Satu set ayakan (No 3/8", 4, 10, 40, Pan), stopwatch stopwatch, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, kuas, cawan, dan mesin pengayak.	Sampel sedimen dasar
6	Pengujian berat jenis	Cawan, oven, piknometer, termometer, dan timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.	Sampel sedimen dasar

2.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data tersebut didapatkan dari hasil survei lapangan dan berasal dari instansi terkait.

1. Data Primer

Data Primer yang dipakai dalam penelitian adalah data yang didapat dari hasil survei di lapangan. Data survei yang dimaksud yaitu berupa data geometri penampang sungai, kecepatan aliran, sampel sedimen dasar dan sampel sedimen melayang.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data pendukung penelitian yang diperoleh atau didapat dari pihak instansi terkait, yaitu data peta topografi sungai.

2.4 Pelaksanaan Penelitian

2.4.1 Kegiatan Lapangan

Parameter-parameter yang akan diukur dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Geometri Penampang Sungai
   a. Kedalaman Aliran
      Pengukuran kedalaman aliran dilakukan dengan menggunakan rambu ukur, yaitu mengukur jarak vertikal pada setiap titik di sepanjang tampang aliran.
   b. Lebar Sungai
      Pengukuran lebar dilakukan dengan menggunakan alat ukur *waterpass*, yaitu untuk mengukur jarak melintang sungai.
2. Pengukuran Kecepatan Aliran
   Kecepatan aliran diukur menggunakan jenis pelampung permukaan dengan media pelampung berupa botol plastik dengan tahapan sebagai berikut:
   a. Pengukuran kecepatan aliran dilaksanakan pada bagian alur sungai yang lurus.
   b. Membuat batas segmen dengan merentangkan tali rafia pada penampang melintang sungai dari titik 1 ke titik 2 dengan jarak 5 meter.
   c. Melepaskan pelampung di bagian hulu sebelum tanda batas titik 1 agar pelampung mencapai ketetapan tetap ketika mencapai tanda batas titik 1 dan mulai dilakukan perhitungan waktu dengan *stopwatch* hingga mencapai tanda batas titik 2.
   d. Pengukuran kecepatan dilakukan sebanyak 3 kali percobaan pada tiap jalur lintasan agar untuk mendapatkan hasil kecepatan aliran rata-rata.
3. Proses pengambilan sampel sedimen
   a. Sampel Sedimen Dasar
      Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan manual pada dasar sungai yaitu menggunakan tangan dengan memastikan sedimen tidak banyak tercampur air dan memasukkan kedalam kantong plastik penyimpanan sebanyak ±2 kg.
   b. Sampel Sedimen Melayang
      Pengambilan sampel sedimen melayang dilakukan dengan cara menurunkan atau menaikkan botol sampel dari atas permukaan air hingga mencapai dasar sungai dan menaikkan kembali ke permukaan air dengan kecepatan gerak alat yang sama. Sampel diambil sebanyak 7 botol di 3 titik yaitu bagian tepi kanan (2 botol), tengah (3 botol), dan tepi kiri (2 botol).

2.4.2 Kegiatan Laboratorium

1. Prosedur pengujian berat jenis/*soil test* dapat dilakukan sesuai dengan pedoman SNI 1964:2008. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai berat jenis sedimen dasar.
2. Pengujian distribusi ukuran butiran/*sieve analysis* yang menggunakan pedoman SNI 3423:2008. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan ukuran butiran dari tiap-tiap persentase butir yang lolos saringan. Berdasarkan jenis sampel sedimen dasar digunakan susunan saringan no. #4, #8, #10, #40, #100, #200 dan Pan.
3. Pengujian analisa hidrometer/*hydrometer test* yang menggunakan pedoman SNI 3423:2008. Pengujian ini memiliki tujuan yang sama seperti pengujian *sieve analysis*, tetapi *hydrometer test* untuk mengenali lebih detail ukuran butir pada sampel yang lolos saringan nomor #200.
4. Pengujian konsentrasi sedimen melayang yaitu dengan cara mengeringkan sampel sedimen yang masih tercampur dengan air dalam cawan pada oven dengan suhu 105˚C, setelah dioven sampel ditimbang untuk mengetahui persentase dari selisih antara berat akhir dengan berat awal cawan yang diperlukan dalam penentuan konsentrasi sedimen melayang.

   Konsentrasi sedimen melayang dihitung dengan Persamaan 1 (Afdhaliah et al., 2017).

$$Cs = \frac{b-a}{Vol.air} \quad \text{.....(.1)}$$

   Dengan:
   Cs = Konsentrasi Sedimen (gr/l)
   a = Berat cawan setelah dioven (gr)
   b = Berat cawan sebelum dioven (gr)
   Vol.air = Volume air (l)

2.5 Metode Analisis Data

Sebelum dilakukannya analisis data, dilakukan pembelajaran atau studi tentang teori-teori dasar yang berhubungan dengan topik pembahasan dalam penelitian yang akan dilakukan. Kemudian dari semua data yang terkumpul dilakukan analisis sedimen dengan tiga metode Empiris yakni pendekatan Einstein (1942), Lane and Kalinke (1941), Chang, Simon and Richardson (1965) dengan bantuan program komputer

menggunakan *Microsoft Excel 2021*. Dari ketiga pendekatan yang didapat akan diambil hasil perhitungan terbesar dan selanjutnya digunakan untuk analisis perbandingan dengan hasil pengukuran langsung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengukuran

3.1.1 Penampang Sungai

Profil melintang sungai diperoleh dari hasil pengukuran lebar dan kedalaman sungai. Pengukuran kedalaman air dilakukan pada beberapa titik di sepanjang tampang aliran dengan menggunakan rambu ukur, penampang basah dibagi menjadi 5 segmen. Pengukuran lebar sungai dengan menggunakan waterpass. Untuk luas penampang sungai dihitung dengan metode tampang rerata.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tampang Sungai

Lokasi Sungai	Titik pengukuran	Kedalaman Titik Pengukuran (m)	Kedalaman Rata-Rata (m)	Lebar Titik Pengukuran (m)	Lebar Sungai (m)	Luas (m2)
Sungai Bolango di Longalo (Hulu)	Titik 1	0.26	0.39	3.29	19.76	6.58
	Titik 2	0.47		3.29		
	Titik 3	0.54		3.29		
	Titik 4	0.48		3.29		
	Titik 5	0.22		3.29		
				3.31		
Sungai Bolango di Boidu (Tengah)	Titik 1	0.47	0.74	3.76	22.56	13.9
	Titik 2	0.7		3.76		
	Titik 3	1		3.76		
	Titik 4	0.9		3.76		
	Titik 5	0.64		3.76		
				3.76		
Sungai Bolango di Telaga (Hilir)	Titik 1	0.62	1.04	2.93	17.55	15.33
	Titik 2	0.83		2.93		
	Titik 3	1.51		2.93		
	Titik 4	1.31		2.93		
	Titik 5	0.97		2.93		
				2.9		

Berdasarkan hasil pengukuran di tiga titik lokasi Sungai Bolango, diketahui bahwa luas penampang sungai terbesar terdapat di wilayah Telaga, yaitu sebesar 15,33 m². Besarnya luas penampang ini terutama dipengaruhi oleh kedalaman rata-rata sungai yang lebih besar dibandingkan dengan bagian hulu sungai. Kedalaman yang lebih besar di Telaga mengindikasikan adanya akumulasi air yang lebih signifikan, yang biasanya terjadi akibat proses alami seperti sedimentasi. Ketidakseimbangan dalam transpor sedimen menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan kondisi ini. Di bagian hulu, sedimen terbawa oleh aliran air ke bagian tengah dan hilir sungai. Namun, ketika energi aliran menurun di area seperti Telaga, sedimen tersebut mengendap dan menyebabkan perubahan morfologi sungai, seperti pelebaran dan pendalaman dasar sungai. Akumulasi sedimen ini secara bertahap menurunkan kapasitas sungai untuk mengalirkan air dengan optimal, sehingga dapat meningkatkan risiko banjir saat debit air meningkat. Oleh karena itu, pemantauan perubahan luas penampang sungai secara berkala sangat penting untuk mengidentifikasi potensi masalah hidrologis dan merencanakan langkah-langkah mitigasi yang diperlukan.

3.1.2 Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan menggunakan pelampung permukaan pada bagian sungai yang lurus, yaitu dengan cara melepaskan pelampung di titik 0 ke titik 1 agar kecepatan pelampung stabil. Setelah pelampung mencapai titik 1 pengukuran waktu dilakukan hingga mencapai titik 2 dengan menggunakan *stopwatch*. Pada penelitian ini kecepatan aliran rata-rata diambil dari pengukuran pelampung permukaan dengan rumus Vperm=(L/t) dikalikan koefisien 0,85.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran

No	Lokasi	Kecepatan (m/det)	Kec. Rata-Rata (m/det)
1	Sungai Bolango di Longalo (Hulu)	0,86	0,62
		0,72	
		0,58	
2	Sungai Bolango di Boidu (Tengah)	1,43	0,99
		1,11	

		0,95	
		1,13	
3	Sungai Bolango di Telaga (Hilir)	1,03	0,93
		1,13	

Pada Tabel 3 ditampilkan hasil pengukuran kecepatan aliran sungai di setiap lokasi pengambilan data. Pengukuran kecepatan aliran ini sangat penting karena digunakan untuk menghitung besarnya debit aliran sungai, dimana debit dihitung dengan cara mengalikan kecepatan aliran dengan luas penampang basah pada masing-masing titik pengukuran. Berdasarkan hasil tersebut, nilai kecepatan aliran terbesar tercatat di bagian tengah sungai, tepatnya di Sungai Bolango di Boidu, dengan kecepatan sebesar 0,99 m²/detik. Sementara itu, kecepatan aliran terkecil ditemukan di bagian hulu sungai, yaitu di Sungai Bolango di Longalo, dengan nilai 0,62 m²/detik. Perbedaan kecepatan aliran di tiap lokasi ini disebabkan oleh karakteristik alami sungai yang tidak seragam. Faktor-faktor seperti variasi kedalaman, bentuk penampang sungai, kemiringan dasar sungai, serta hambatan akibat batuan atau sedimen di dasar sungai berpengaruh besar terhadap kecepatan aliran air. Di bagian hulu, aliran cenderung lebih lambat karena dasar sungai yang mungkin lebih berbatu dan dangkal, sedangkan di bagian tengah, aliran lebih cepat karena saluran sungai yang lebih dalam dan lebih lebar, sehingga memungkinkan air mengalir dengan kecepatan yang lebih besar. Selain itu, fluktuasi volume air akibat faktor musiman atau curah hujan lokal juga turut mempengaruhi perbedaan kecepatan aliran antar lokasi.

3.2 Debit

Pada penelitian ini perhitungan debit aliran Sungai Bolango menggunakan rumus Q = A.V, dimana kecepatan aliran yang diambil yaitu dari pengukuran kecepatan aliran menggunakan pelampung permukaan. Hasil debit aliran Sungai Bolango dari hulu sampai hilir dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Debit

No	Lokasi Pengukuran	Luas (m^2)	Kecepatan (m/det)	Debit Q (m^3/det)
1	Sungai Bolango di Longalo (Hulu)	6,58	0,62	4,05
2	Sungai Bolango di Boidu (Tengah)	13,95	0,99	13,86
3	Sungai Bolango di Telaga (Hilir)	15,34	0,93	14,36

Berdasarkan hasil perhitungan debit aliran di ketiga titik pengamatan, terlihat adanya peningkatan jumlah debit dari hulu ke hilir. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh aliran sungai bergerak menuju hilir, semakin besar volume air yang mengalir. Peningkatan debit ini terutama disebabkan oleh bertambahnya luas penampang sungai serta adanya kontribusi air tambahan dari anak-anak sungai, mata air, atau aliran permukaan lainnya yang masuk ke Sungai Bolango sepanjang jalurnya. Hal ini terbukti dari perbandingan nilai debit aliran di setiap lokasi, di mana debit terkecil tercatat di bagian hulu sungai, yaitu di Sungai Bolango di Longalo sebesar 4,05 m³/detik, sedangkan debit terbesar ditemukan di bagian hilir, yaitu di Sungai Bolango di Telaga dengan nilai 14,36 m³/detik. Peningkatan debit aliran yang signifikan ini tidak hanya mencerminkan kapasitas aliran air yang lebih besar, tetapi juga berpotensi membawa muatan sedimen yang lebih banyak ke daerah hilir. Ketika debit air meningkat, kemampuan sungai untuk mengangkut sedimen juga meningkat. Akumulasi sedimen ini dapat menyebabkan pendangkalan dasar sungai, yang pada gilirannya menurunkan kapasitas tampung aliran sungai. Jika kondisi ini berlangsung terus-menerus, maka dapat meningkatkan risiko banjir di wilayah sekitar, terutama saat curah hujan tinggi. Oleh karena itu, pemantauan debit dan manajemen sedimen menjadi aspek penting dalam pengelolaan daerah aliran sungai untuk mengurangi dampak negatif yang mungkin timbul di kemudian hari.

3.3 Hasil Data Laboratorium

3.3.1 Berat Jenis

Dari hasil uji laboratorium mekanika tanah yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UNG diperoleh berat jenis sedimen dan distribusi ukuran butiran pada sampel sedimen di tiap lokasi pengambilan. Adapun tabel berat jenis hasil uji laboratorium yang telah dilakukan dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Berat Jenis Sedimen Dasar

No	Lokasi Pengukuran	Nilai Berat Jenis
1	Sungai Bolango di Longalo (Hulu)	2,71
2	Sungai Bolango di Boidu (Tengah)	2,80
3	Sungai Bolango di Telaga (Hilir)	2,69

3.3.2 Analisa Saringan dan Hidrometer

Dari hasil uji laboratorium mekanika tanah yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UNG diperoleh hasil distribusi ukuran butiran d_{35}, d_{50}, d_{65} analisa saringan dan hidrometer, yang didapat dari hasil plot pada grafik hubungan antar ukuran butir dan kumulatif persentase lolos. Hasil pada sampel sedimen di tiap lokasi pengambilan dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Ukuran Butiran

No	Lokasi Pengukuran	Diameter Butiran Analisa Saringan (mm)			Diameter Butiran Hidrometer (mm)		
		d_{35}	d_{50}	d_{65}	d_{35}	d_{50}	d_{65}
1	Sungai Bolango di Longalo (Hulu)	0,16	0,42	0,7	0.02	0.03	0.07
2	Sungai Bolango di Boidu (Tengah)	0,23	0,4	0,86	0.02	0.03	0.06
3	Sungai Bolango di Telaga (Hilir)	0,11	0,16	0,2	0.02	0.03	0.06

3.4 Konsentrasi Sedimen Melayang

Konsentrasi sedimen melayang dapat diketahui dengan pengambilan sampel sedimen pada Sungai Bolango di 3 titik lokasi pengambilan yang masing-masing titik diambil 7 botol sampel. Setelah sampel sedimen melayang siap, dilakukan pengendapan selama 1x24 jam dan selanjutnya dilakukan pengurasan air setelah itu dilakukan uji laboratorium. Untuk mendapatkan nilai konsentrasi sedimen melayang dihitung dengan Persamaan 1 yaitu $Cs = \frac{b-a}{Vol.air}$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Konsentrasi Sedimen Melayang

No	Lokasi Pengukuran	Konsentrasi Sedimen Cs (g/l)
1	Sungai Bolango di Longalo (hulu)	0,10
2	Sungai Bolango di Boidu (tengah)	0,24
3	Sungai Bolango di Telaga (hilir)	0,35

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 7, diketahui bahwa konsentrasi sedimen tertinggi tercatat di Sungai Bolango pada wilayah Telaga dengan nilai sebesar 0,35 g/l, sedangkan konsentrasi sedimen terendah ditemukan di Sungai Bolango wilayah Longalo dengan nilai hanya 0,10 g/l. Perbedaan signifikan ini mengindikasikan adanya hubungan erat antara besarnya debit aliran sungai dengan jumlah sedimen yang terbawa. Di wilayah hilir seperti Telaga, debit aliran cenderung lebih tinggi akibat akumulasi air dari hulu dan tambahan dari anak-anak sungai. Debit yang besar ini meningkatkan kemampuan sungai untuk mengangkut sedimen dalam jumlah lebih banyak, sehingga menyebabkan tingginya konsentrasi sedimen terlarut dalam air. Sebaliknya, di daerah hulu seperti Longalo, aliran sungai cenderung lebih tenang dan debit lebih kecil. Kondisi ini menyebabkan partikel-partikel sedimen yang terbawa cenderung mengendap karena tidak cukup kuatnya aliran untuk mempertahankan partikel-partikel tersebut tetap tersuspensi dalam air. Faktor lain yang turut memengaruhi adalah morfologi sungai, kecepatan arus, dan aktivitas di sekitar aliran sungai yang dapat menambah atau mengurangi muatan sedimen. Oleh karena itu, pemahaman mengenai distribusi konsentrasi sedimen sangat penting dalam pengelolaan kualitas air dan pengendalian erosi serta sedimentasi di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Bolango.

3.5 Analisis Angkutan Sedimen Melayang

Analisis angkutan sedimen melayang digunakan untuk mengetahui jumlah besaran angka produksi sedimen melayang pada sungai. Metode yang digunakan dalam menganalisis angkutan sedimen melayang yaitu metode sesaat dan metode empiris yakni pendekatan Einstein (1942), Lane dan Kalinske, dan Chang, Simon, dan Richardson (1965).

3.5.1 Rekapitulasi Debit Angkutan Sedimen Melayang

Rekapitulasi hasil perhitungan debit angkutan sedimen melayang per-tahun dari tiga lokasi penelitian dengan metode sesaat dan metode empiris dapat ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Debit Angkutan Sedimen Melayang

Lokasi	USBR (ton/tahun)	*Einstein* (ton/tahun)	*Lane & Kalinske* (ton/tahun)	*Chang, Simons & Richardson* (ton/tahun)
Sungai Bolango di Longalo (hulu)	13,03	12,45	26,01	1,59
Sungai Bolango di Boidu (tengah)	107,52	42,40	220,77	13,13
Sungai Bolango di Telaga (hilir)	158,02	50,35	253,13	19,25

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 8, terlihat adanya perbedaan nilai debit angkutan sedimen melayang antara metode sesaat dan metode empiris. Perbedaan tersebut disebabkan oleh pendekatan yang digunakan masing-masing metode. Metode sesaat didasarkan pada data empiris yang diperoleh langsung dari hasil pengukuran di lapangan, sehingga mencerminkan kondisi aktual pada saat pengambilan sampel. Sementara itu, metode empiris menggunakan rumus atau model matematis yang memperkirakan debit sedimen berdasarkan parameter hidraulik, seperti kecepatan aliran dan luas penampang basah, serta karakteristik fisik sedimen seperti ukuran dan massa jenis. Karena pendekatan empiris bersifat teoritis dan mengasumsikan hubungan tertentu antar variabel, hasilnya bisa berbeda dengan data aktual yang diperoleh secara langsung di lapangan.

Hasil perhitungan dari kedua metode tersebut menunjukkan bahwa debit angkutan sedimen melayang paling besar berada di Sungai Bolango pada wilayah Telaga, yang merupakan bagian hilir dari sungai. Hal ini dapat dijelaskan oleh besarnya debit aliran di wilayah tersebut, yang memungkinkan transportasi sedimen dalam jumlah lebih banyak akibat meningkatnya energi aliran. Selain itu, di wilayah hilir umumnya terdapat kontribusi sedimen dari berbagai sumber tambahan, seperti limpasan permukaan dari daerah sekitar sungai, erosi tebing sungai, serta sedimentasi dari anak-anak sungai yang bermuara ke sungai utama. Dengan demikian, pemahaman terhadap perbedaan hasil antar metode ini penting untuk menentukan metode mana yang paling tepat digunakan dalam perencanaan dan pengelolaan sedimen pada DAS Bolango.

3.6 Persentase Hasil Perhitungan Metode Empiris dan Pengukuran Langsung

Pada perhitungan perbandingan metode sesaat (USBR) dengan metode empiris diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X = \left|\frac{A - B}{A}\ x\ 100\%\right| \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Dengan:

A = Rata-rata debit sedimen melayang metode sesaat

B = Rata-rata debit sedimen melayang dengan metode empiris

Dari perhitungan perbandingan antara metode sesaat (USBR) dengan metode empiris diperoleh angka persentase yang ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Persentase Perbandingan

Lokasi	USBR-Einstein	USBR-Lane & Kalinske	USBR-Chang, Simon & Richardson
Sungai Bolango di Longalo (hulu)	4,45%	99,6%	87,79%
Sungai Bolango di Boidu (tengah)	60,56%	105,33%	87,78%
Sungai Bolango di Telaga (hilir)	68,13%	60,18%	87,81%

4. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode sesaat (USBR) dan metode empiris dapat diprediksi besar angkutan sedimen melayang di tiga titik Sungai Bolango (Longalo, Boidu, dan Telaga), dengan metode sesaat (USBR) berkisar antara 13,039-158,028 ton/tahun, pendekatan Lane dan Kalinske (1941) 26,013-253,138 ton/tahun, dan pendekatan Einstein (1942) berkisar antara 12,458-50,350 ton/tahun. Sedangkan pendekatan Chang, Simon dan Richardson (1965) berkisar antara 1,598-19,257 ton/tahun dengan hasil yang lebih kecil dari pada beberapa metode sebelumnya.

Hasil perbandingan debit angkutan sedimen melayang metode sesaat/pengukuran langsung dengan pendekatan Einstein (1942) didapatkan sebesar 4,45% pada bagian hulu sungai, bagian tengah sungai sebesar 60,56%, dan untuk bagian hilir sebesar 68,13%. Sedangkan pendekatan Lane dan Kalinske (1941) sebesar 99,6% pada bagian hulu sungai, bagian tengah sungai sebesar 105,33%, dan bagian hilir sebesar 60,18%, dan untuk pendekatan Chang, Simon dan Richardson (1965) di bagian hulu sebesar 87,79%, bagian tengah sebesar 87,78% dan bagian hilir sebesar 87,81%.

4.2 Saran/Rekomendasi

Untuk mendapatkan hasil yang optimal pada saat pengambilan data di lapangan disarankan sebaiknya menggunakan botol delft sebagai alat ukur sedimen melayang untuk pengambilan sedimen dan current meter dalam pengukuran kecepatan aliran sungai agar meminimalisir kesalahan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam penanganan permasalahan Sungai Bolango di Provinsi Gorontalo.

REFERENSI

Afdhaliah, N., Faridah, & Munir, A. (2017). *Analisis Perhitungan Debit Muatan Sedimen (Suspended Load) pada Daerah Irigasi Lekopancing Kabupaten maros. Agritechno*.

Arifin, I. N., Prawitosari, T., & Faridah, S. N. (2016). *Analisis Profil Sedimen Melayang dan Pendugaan Laju Sedimentasi pada Saluran Sekunder Lonrong Daerah Irigasi Bissua Kabupaten Gowa. Agritechno*.

Aristin, N. F., Taryana, D., & Ruja, I. N. (2024). *Wetland Studi Kasus Dinamika Wilayah Banjarmasin*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).

Chang, F. M., Simons, D. B., & Richardson, E. V. (1965). *Total bed-material discharge in alluvial channels* (No. 1498-I). US Geological Survey;.

Einstein, H. A. (1942). Formulas for the transport of bed sediment. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, *107*, 561-574.

Fitriani, D., Tatura, L. S., Tallei, V. R., & Hatta, A. J. (2023). Perancangan Desain Kawasan Rekreasi di Sungai Bolango Guna Mengembangkan serta Memanfaatkan Potensi Wilayah. *Jurnal Pengabdian Teknik Industri*, *2*(2), 40-49.

Harijanto, H., Wahid, A., Sudhartono, A., & Perori, N. (2021). *Laju Angkutan Sedimen Melayang di Sungai Wimbi Sub DAS Wimbi Kabupaten Poso. Hutan Tropis*, 43-49.

Lane, E. W., & Kalinske, A. A. (1941). Engineering calculations of suspended sediment. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, *22*(3), 603-607.

Nugroho, D. A., & Handayani, W. (2021). Kajian faktor penyebab banjir dalam perspektif wilayah sungai: pembelajaran dari sub sistem drainase Sungai Beringin. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, *17*(2), 119-136.

Nurmaliza, F. D., & Yusnita, R. (2024). Mengulas Regulasi Terkait Upaya Penanggulangan Banjir Di Kota Padang. *Jurnal Kajian Hukum Dan Kebijakan Publik, 2*(1), 30-37.

Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 35 Tahun 1991 tentang Sungai. www.bpk.go.id.

Sahril, Y. (2023). *Distribusi Kecepatan dan Pola Aliran pada Variasi Hambatan Terendam di Saluran Terbuka* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

Saputra, S., Suryani, N., & Mariati, H. (2022). Kajian Morfodinamika Muara Sungai Batang Masang Kecamatan Kinali Dengan Memanfaatkan Sistem Penginderaan Jauh. *Jurnal Azimut*, *4*(2), 48-59.

Siregar, F. W., & Sinaga, M. P. (2025). Studi Keanekaragaman Makrozoobentos Di Sungai Bah Biak Kota Pematangsiantar Provinsi Sumatera Utara. *Journal of Research and Publication Innovation*, *3*(1), 981-985.

Sudarwan, W. S., & Sari, N. (2024). *Analisis Angkutan Sedimen Metode Einstein, Duboys, dan Meyer Peter pada Sub DAS Bantimurung Kabupaten Maros. Multidisiplin Saintek.*