



Kajian Laju Transpor Sedimen Dasar (*Bed Load*) Pada Ruas Sungai Sario

Kelvin H. Auwyanto^{#a}, Ronaldo T. Palar^{#b}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aauwyantokelvin22@unsrat.ac.id, ^br.palar@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Sario merupakan salah satu sungai strategis di Kota Manado yang mengalami dinamika perubahan morfologi akibat variasi debit dan angkutan sedimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan dasar sungai serta menghitung laju transpor sedimen dasar (*bed load*) dengan membandingkan data tahun 2019 dan 2024 menggunakan debit rancangan kala ulang 5 tahun (Q_5). Metode penelitian menggunakan survei lapangan, analisis *overlay* penampang melintang, dan perhitungan menggunakan metode *Meyer-Peter & Müller (MPM)* dengan debit acuan Q_5 sebesar $26,99 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil analisis *overlay* menunjukkan terjadinya perubahan morfologi yang kontras pada dua titik tinjau. Pada titik 0+000 teridentifikasi adanya degradasi (penggerusan) pada tebing sungai yang menyebabkan pelebaran penampang sungai, sedangkan pada titik 0+050 terjadi agradasi (penambahan dasar sungai) yang signifikan pada *main channel*. Berdasarkan perhitungan metode *MPM*, diperoleh kapasitas angkutan sedimen dasar tahun 2024 sebesar 243,59 ton/hari. Jika dibandingkan dengan kondisi tahun 2019 sebesar 364,79 ton/hari, terjadi penurunan kapasitas angkutan sedimen sebesar 33,22 %. Temuan ini memberikan gambaran kuantitatif mengenai pergeseran karakteristik transpor sedimen di Sungai Sario dalam periode lima tahun terakhir.

Kata kunci: bed load, Meyer-Peter & Müller, Sungai Sario, transpor sedimen

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Sario memegang peranan vital dalam sistem drainase makro Kota Manado. Karakteristik aliran dan sedimen pada sungai ini sangat dipengaruhi oleh debit banjir dominan. Ketidakseimbangan antara suplai sedimen dari hulu dan kapasitas angkut aliran (*transport capacity*) merupakan faktor utama yang memicu perubahan geometri sungai, baik berupa agradasi (penambahan/pengendapan) maupun degradasi (penggerusan).

Penelitian terdahulu yang dilakukan menggunakan data tahun 2019 mencatat laju angkutan sedimen sebesar 364,79 ton/hari pada ruas ini. Setelah periode 5 tahun (2019-2024), diperlukan evaluasi ulang (*re-assessment*) untuk mengetahui tren stabilitas dasar sungai. Evaluasi ini penting dilakukan sebagai upaya monitoring berkala terhadap dinamika sungai, guna memastikan efektivitas pengelolaan sumber daya air dan mitigasi risiko bencana banjir yang mungkin timbul akibat perubahan kapasitas tumpang sungai.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa besar laju angkutan sedimen dasar (*bed load*) pada tahun 2019 dan tahun 2024 berdasarkan analisis metode *Meyer-Peter & Müller (MPM)* dengan debit rancangan Q_5 ?
2. Bagaimana persentase perubahan kapasitas angkutan sedimen dasar jika dibandingkan antara kondisi tahun 2019 dan tahun 2024?

1.3. Batasan Penelitian

- Agar pembahasan lebih terarah, penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:
1. Lokasi penelitian dilakukan pada ruas terpilih Sungai Sario.
 2. Analisis sedimen difokuskan hanya pada angkutan sedimen dasar (*bed load*), tidak mencakup muatan melayang (*suspended load*).
 3. Perhitungan laju transpor sedimen menggunakan metode empiris Meyer-Peter & Müller (*MPM*).
 4. Analisis dengan menggunakan debit rencana kala ulang 5 tahun (Q_5) sebesar 26,99 m³/detik

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dinamika perubahan morfologi dasar sungai serta menghitung persentase perubahan kapasitas angkutan sedimen dasar (*bed load*) antara tahun 2019 dan 2024.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan data teknis terkini sebagai acuan dasar bagi instansi terkait dalam perencanaan pemeliharaan sungai dan mitigasi risiko banjir di DAS Sario.

2. Metodologi Penelitian

Prosedur studi sebagai berikut :

- a. Studi dilakukan pada segmen sungai di jembatan Kanaan Ranotana Weru.
- b. Pengumpulan data dengan menggunakan data sekunder yaitu berupa peta situasi yang diambil dari citra satelit *google earth*, data debit, data analisa saringan hulu dan hilir, dan penampang sungai Sario yang berada di titik jembatan Kanaan, Ranotana Weru. Data tersebut merupakan hasil pengembangan dan penyempurnaan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di wilayah DAS Sario (Mananoma, Auwyanto, Tawalujan, Lempoy, & Akili, 2022).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Lokasi Penelitian

Pada koordinat 1°26'59.31"N 124°50'54.28"E. Kemudian dari titik koordinat tersebut, terdapat 2 pengukuran pada tahun yang berbeda dan diambil titik pengukuran *cross section* tersebut hampir mendekati atau sama.



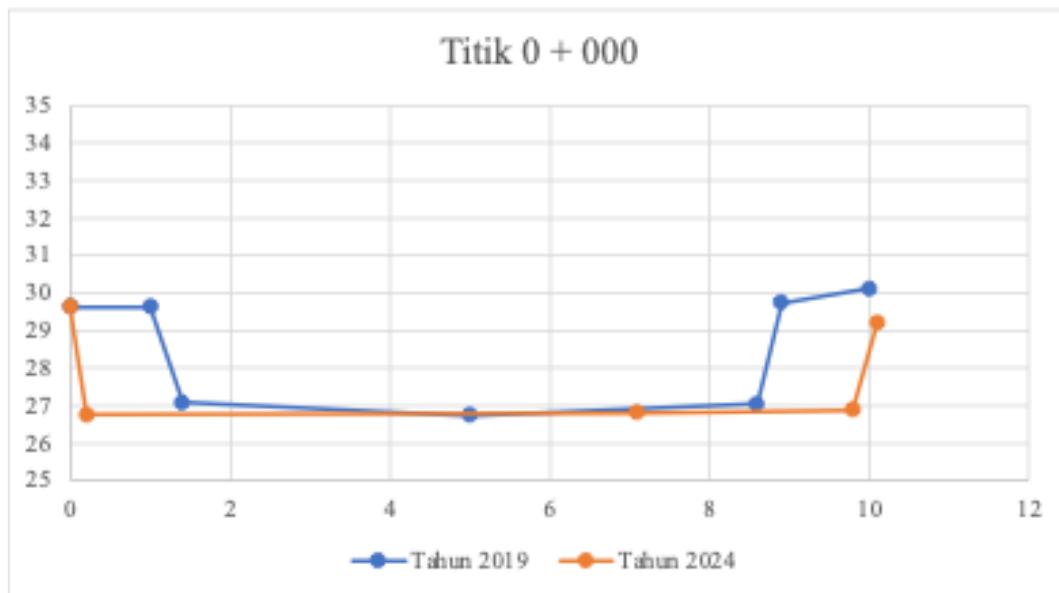
Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Google Earth*)

3.2. Perbandingan Kondisi Sungai yang ditinjau

Perbandingan kondisi sungai yang ditinjau yaitu tahun 2019 dan tahun 2024. Jarak dari cross hulu ke cross hilir yaitu 50 m.

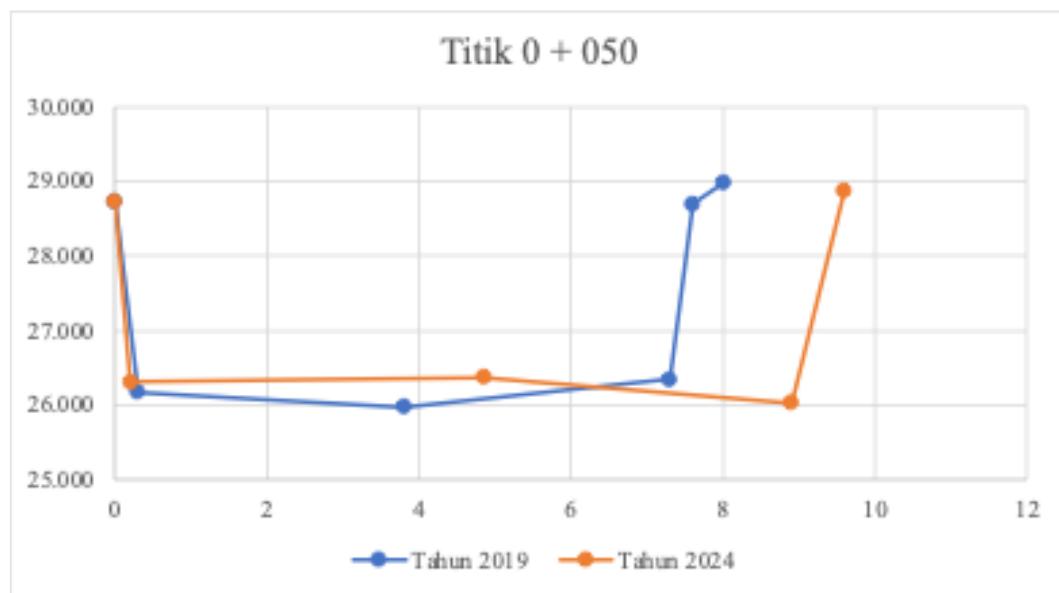
3.3. Analisis Kapasitas Tampung dengan Cara Overlay

Dinamika dasar sungai divisualisasikan melalui grafik *overlay* penampang melintang antara tahun 2019 dan 2024.



Gambar 2. Cross 0 + 000 (Hulu)

Pada cross 0+000, hasil *overlay* menunjukkan adanya perubahan geometri pada tebing sungai. Profil tahun 2024 terlihat lebih lebar dibandingkan tahun 2019, yang mengindikasikan terjadinya degradasi atau penggerusan pada tebing kiri dan kanan sungai.



Gambar 3. Cross 0 + 050 (Hilir)

Pada cross 0+050, terlihat perbedaan elevasi dasar sungai yang signifikan. Garis profil dasar sungai tahun 2024 berada di posisi yang lebih tinggi dibandingkan tahun 2019, khususnya

pada bagian *main channel*. Hal ini menunjukkan terjadinya fenomena agradasi atau penambahan material dasar sungai.

Tabel 1. Selisih Volume Kapasitas Tampung (Hasil Analisis)

Uraian	Tahun 2019		Tahun 2024	
	S115	S114	STA 0 + 125	STA 0 + 075
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Lebar Atas (m)	7,90	7,60	10,10	9,60
Kedalaman (m)	2,90	2,72	2,43	2,70
Luas Kapasitas Tampung (m²)	21,00	18,91	23,42	23,13
Jarak (m)	50		50	
Volume (m³)	997,75		1.163,75	
Selisih volume tahun 2019 & 2024 (m³)	166,00			

Berdasarkan hasil perhitungan luas kapasitas tampung sungai Sario tahun 2019 dan 2024 diatas, maka luas kapasitas tampung pada tahun 2024 lebih besar dibandingkan dengan tahun 2019.

3.4. Analisis Angkutan Sedimen Dasar (*Bed Load*) dengan Metode MPM

Dengan menggunakan persamaan :

$$\gamma_w \frac{Q_s}{Q} \left(\frac{k_s}{k_{s'}} \right)^{3/2} hI = 0,047(\gamma_s - \gamma_w) d_m + 0,25 \frac{\gamma_w^{1/3}}{g} (q_b)^{2/3} \quad (1)$$

Perhitungan untuk tahun 2019 :

Persamaan Meyer-Peter & Müller (MPM)

Diketahui :

Debit Aliran (Q _s)	= 26,99 m ³ /det
Lebar Sungai (l)	= 7,60 m
Kemiringan / Slope (I)	= 0,0152
Luas Penampang (A)	= 18,91 m
Keliling Basah (P)	= 19,57 m
Berat Jenis Sedimen (γ_s)	= 2,68 kg/m ³
Kedalaman (h)	= 2,72 m
Gravitasi (g)	= 9,81 m/s ²

a. Mencari nilai jari-jari hidraulik

$$R = \frac{A}{P}$$

dengan :

R = Jari-jari hidraulik

A = Luas penampang aliran

P = Keliling basah aliran

$$R = \frac{18,91}{19,57} = 0,97 \text{ m}$$

b. Mencari *Ripple Factor*

$$\mu = \left(\frac{k_s}{k_{s'}} \right)^{3/2}$$

dengan :

μ = Ripple Factor

ks = Nilai kehilangan tenaga akibat bentuk dasar sungai
 ks' = Nilai kehilangan tenaga akibat gesekan dengan butiran
 $k_s = \frac{v}{R^{2/3} I^{1/2}}$

$$k_s = \frac{1,43}{0,97^{2/3} 0,0152^{1/2}} = 11,84 \text{ m/det}$$

$$k_s' = \frac{26}{d 90^{1/6}}$$

$$k_s' = \frac{26}{1,2^{1/6}} = 130 \text{ m/det}$$

$$\mu = \left(\frac{11,84}{130} \right)^{3/2} = 0,09$$

- c. Menghitung nilai angkutan sedimen dasar

$$\text{Nilai } \frac{Q_s}{Q} = R = 0,97 \text{ m}$$

$$\gamma_w \frac{Q_s}{Q} \left(\frac{k_s}{k_s'} \right)^{3/2} hI = 0,047(\gamma_s - \gamma_w) d_m + 0,25 \frac{\gamma_w}{g}^{1/3} (q_b)^{2/3} \quad (2)$$

$$1 \times 0,97 \times (0,09)^{3/2} \times 2,72 \times 0,0152 = 0,047 \times (2,68 - 1) \times 0,58 + 0,25 \times \frac{1}{9,81}^{1/3} \times (q_b)^{2/3}$$

$$0,0010987 = 0,16258(q_b)^{2/3}$$

$$\sqrt[3]{\frac{0,0010987^2}{0,16258}} = q_b$$

$$q_b = 0,0005555 \times 7,6$$

$$q_b = 0,004222 \text{ ton/detik}$$

$$\text{Total bedload } Q_5 = 24 \times 60 \times 60 \times 0,003390 = 364,79 \text{ ton/hari}$$

Perhitungan untuk tahun 2024 :

Persamaan Meyer-Peter & Müller (MPM)

Diketahui :

Debit Aliran (Q_5)	= 26,99 m ³ /det
Lebar Sungai (l)	= 9,60 m
Kemiringan / Slope (I)	= 0,0146
Luas Penampang (A)	= 23,13 m
Keliling Basah (P)	= 23,67 m
Berat Jenis Sedimen (γ_s)	= 2,68 kg/m ³
Kedalaman (h)	= 2,43 m
Gravitasi (g)	= 9,81 m/s ²

- a. Mencari nilai jari-jari hidraulik

$$R = \frac{A}{P}$$

dengan :

R = Jari-jari hidraulik

A = Luas penampang aliran

P = Keliling basah aliran

$$R = \frac{23,13}{23,67} = 0,98 \text{ m}$$

- b. Mencari Ripple Factor

$$\mu = \left(\frac{ks}{ks'} \right)^{3/2}$$

dengan :

μ = Ripple Factor

ks = Nilai kehilangan tenaga akibat bentuk dasar sungai

ks' = Nilai kehilangan tenaga akibat gesekan dengan butiran

$$k_s = \frac{v}{R^{2/3} I^{1/2}}$$

$$k_s = \frac{1,17}{0,98^{2/3} 0,0146^{1/2}} = 9,81 \text{ m/det}$$

$$k_s' = \frac{26}{d90^{1/6}}$$

$$k_s' = \frac{26}{1,2^{1/6}} = 130 \text{ m/det}$$

$$\mu = \left(\frac{9,81}{130} \right)^{3/2} = 0,08$$

c. Menghitung nilai angkutan sedimen dasar

$$\text{Nilai } \frac{Q_s}{Q} = R = 0,98$$

$$\gamma_w \frac{Q_s}{Q} \left(\frac{k_s}{k_s'} \right)^{3/2} hI = 0,047(\gamma_s - \gamma_w)d_m + 0,25 \frac{\gamma_w}{g}^{1/3} (q_b)^{2/3} \quad (3)$$

$$1 \times 0,98 \times (0,08)^{3/2} \times 2,43 \times 0,0146 = 0,047 \times (2,68 - 1) \times 0,58 + 0,25 \times \frac{1}{9,81}^{1/3} \times (q_b)^{2/3}$$

$$0,0007183 = 0,16258(q_b)^{2/3}$$

$$\sqrt[3]{\frac{0,0007183^2}{0,16258}} = q_b$$

$$q_b = 0,0002936 \times 9,6$$

$$q_b = 0,002819 \text{ ton/detik}$$

Total bedload $Q_5 = 24 \times 60 \times 60 \times 0,002791 = 243,59$ ton

Tabel 2. Perbandingan Laju Angkutan Sedimen Dasar Tahun 2019 & 2024 dengan Metode Meyer-Peter & Müller (Hasil Analisis)

Parameter Uraian	Satuan	Tahun	
		2019	2024
Debit Kala Ulang 5 Tahun (Q_5)	m^3/detik	26,99	26,99
Total Angkutan Sedimen (Q_b)	ton/hari	364,79	243,59
Selisih Muatan	ton/hari		121,20
Persentase Perubahan	%		Turun 33,22 %

Berdasarkan Tabel 2, hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas angkutan sedimen dasar (*bed load*) Sungai Sario pada tahun 2024 adalah sebesar 243,59 ton/hari. Nilai ini mengalami penurunan sebesar 33,22 % dibandingkan dengan kapasitas angkut pada tahun 2019 yang mencapai 364,79 ton/hari.

Tabel 3. Perbandingan Laju Angkutan Sedimen Dasar Tahun 2019 & 2024 (Hasil Analisis)

Metode	Transpor Sedimen (<i>Bed Load</i>)	
	2019	2024
<i>Overlay</i>	997,75 ton/hari	1.163,75 ton/hari
<i>Meyer-Peter & Müller (MPM)</i>	364,79 ton/hari	243,59 ton/hari

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Berdasarkan hasil pengukuran ruas sungai Sario pada tahun 2019 dan 2024 maka dilakukan *overlay* untuk mendapatkan volume kapasitas tampung. Sehingga didapatkan selisih volume tahun 2019 dan 2024 sebesar 166,00 ton.
2. Berdasarkan analisis angkutan sedimen dasar (*bed load*) untuk $Q_5 = 26,99 \text{ m}^3/\text{detik}$ tahun 2019 dan 2024 dengan menggunakan persamaan *MPM*, didapatkan selisih total *bed load* sebesar 121,20 ton.
3. Perbedaan/variasi volume yang diperoleh dari hasil pengukuran dan analisis menggunakan persamaan *MPM* bisa jadi disebabkan oleh beberapa faktor pengaruh salah satunya besaran debit yang digunakan.
4. Dalam periode 5 tahun (2019–2024), terjadi penurunan kapasitas angkutan sedimen dasar sebesar 33,22% dari kondisi awal 364,79 ton/hari. Penurunan kapasitas angkut ini berkontribusi terhadap proses pendangkalan yang terjadi di bagian hilir ruas tinjauan.

Referensi

- Chow, V.T. (1959). Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill.
- Garde, R.J., & Ranga Raju, K.G. (2000). Mechanics of Sediment Transportation. New Age International.
- Kironoto, Bambang A. (1997). Hidraulika Transpor Sedimen, Program Pasca Sarjana. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kodoatje, R.J. (2010). Tata Ruang Air. Andi Offset.
- Mananoma, T., Auwyanto, K. H., Tawalujan, K. F., Lempoy, I. R., & Akili, S. (2022). Analisis Sebaran Transpor Sedimen Pada Ruas Sungai Sario. TEKNO, 731-736.
- Meyer-Peter, E., & Müller, R. (1948). Formulas for Bed-Load Transport. Proceedings of the 2nd Meeting of the IAHSR.
- Oehadjono., 1993.. Dasar-Dasar Teknik Sungai, Universitas Hasanuddin.
- Simons, D.B., & Sentürk, F. (1992). Sediment Transport Technology. Water Resources Publications.
- SNI 2414:2016. Tata Cara Pengukuran Debit Sungai dan Saluran Terbuka. BSN.
- Soemarto, C.D. (1999). Hidrologi Teknik. Erlangga.
- Soewarno., 1991.. Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri), Nova, Bandung.
- Sudira I.W., Mananoma T., Manalip H., (2013). Analisis Angkutan Sedimen Pada Sungai Mansahan. Jurnal Ilmiah Media Enggineering, Vol.3 No.1, ISSN: 2087-9334, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Maret 2013.
- Triatmodjo, B. (2008). Hidraulika II. Beta Offset.
- Yang, C.T. (1996). Sediment Transport: Theory and Practice. McGraw-Hill.