

ANALISIS PENGARUH TRANSPOR SEDIMEN TERHADAP STABILITAS MORFOLOGI SUNGAI SARIO

Anastasya Feby Makawimbang¹⁾,
Tiny Mananoma²⁾, Jeffry Swingly Frans Sumarauw²⁾

¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi Manado

²⁾Staf Pengajar Prodi Teknik Sipil,
Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi Manado
tasyamakawimbang@gmail.com

ABSTRAK

Kejadian banjir erosi dan sedimentasi di wilayah DAS Sario berpengaruh pada morfologi sungai. Salah satu penyebab banjir di Sungai Sario adalah debit aliran yang besar, di lain pihak kapasitas tampung sungai berkurang akibat adanya erosi/sedimentasi. Angkutan sedimen menyebabkan terjadinya perubahan dasar sungai. Tujuan Penelitian ini untuk menganalisis besaran transpor sedimen dasar (*bedload*) pada ruas sungai terpilih serta mengetahui pengaruh transpor sedimen terhadap stabilitas morfologi sungai Sario.

Lokasi yang ditinjau di titik Jembatan Sario sepanjang 219 meter ke arah hilir dengan luas ruas terpilih DAS Sario 25,39 km². Data sekunder didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi (BWSS-I). Data diolah melalui tahapan analisis frekuensi Debit untuk mendapatkan nilai Debit Banjir Rencana Kala Ulang 10, 25, 50, dan 100 tahun. Debit puncak setiap kala ulang kemudian dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk menampilkan mekanisme dan pola Transpor Sedimen. Dalam pemodelan HEC-RAS digunakan dengan metode Meyer Petter Muller (MPM) yang membutuhkan data masukan berupa data penampang sungai, karakteristik sungai untuk nilai koefisien n Manning, data debit banjir, serta data sedimen.

Hasil analisis transpor sedimen menggunakan Metode Einstein sebesar 871,284 ton/hari, Metode MPM sebesar 51,38 ton/hari, dan Metode Frjlink.15,649 ton/hari. Hasil simulasi pada ruas terpilih menunjukkan bahwa belum tercapainya kondisi seimbang /stabil antara proses erosi dan sedimentasi, sehingga terjadi agradasi dan degradasi dasar sungai yang cukup signifikan.

Kata kunci :Sungai Sario,Transpor Sedimen, Erosi, Sedimentasi

ABSTRACT

The occurrence of flood erosion and sedimentation in the Sario watershed has an effect on river morphology. One of the causes of flooding in the Sario River is the large flow rate, on the other hand the river's carrying capacity is reduced due to erosion/sedimentation. Sediment transport causes changes in the riverbed. The purpose of this study was to analyze the bedload of the selected river segment and to determine the effect of sediment transport on the morphological stability of the Sario river.

The location under review is at the Sario Bridge point along 219 meters downstream with the selected section area of the Sario Watershed 25.39 km². Secondary data were obtained from the Sulawesi River Basin Center (BWSS-I). The data is processed through the discharge frequency analysis stages to obtain the 10, 25, 50, and 100 year Planned Flood Discharge values. The peak discharge of each return period is then entered in the HEC-RAS computer program to display the mechanism and pattern of Sediment Transport. In the HEC-RAS modeling, the Meyer Petter Muller (MPM) method is used which requires input data in the form of river cross-section data, river characteristics for the Manning n coefficient value, flood discharge data, and sediment data.

The results of the sediment transport analysis using the Einstein Method were 871.284 tons/day, the MPM Method was 51.38 tons/day, and the Frjlink Method was 15,649 tons/day. The simulation results on the selected sections show that a balanced/stable condition has not been achieved between the erosion and sedimentation processes, resulting in significant agradation and degradation of the riverbed.

Keywords: Sario River, Sediment Transport, Erosion, Sedimentation

PENDAHULUAN

Latar Belakang

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 sepatutnya diusahakan kelestariannya. Salah satu upaya yaitu dengan mengusahakan agar kapasitas penampang sungai tetap stabil dari endapan sedimen. Proses sedimentasi pada suatu sungai meliputi proses erosi, pengangkutan, pengendapan dan pemadatan dari sedimen itu sendiri.

Kejadian yang terjadi di wilayah DAS Sario yaitu masalah banjir dan erosi berpengaruh pada morfologi sungai. Salah satu penyebab banjir di Sungai Sario adalah debit aliran yang besar, dilain pihak kapasitas tampung sungai berkurang akibat adanya erosi/sedimentasi..Angkutan sedimen dapat menyebabkan terjadinya perubahan dasar sungai.

Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini yang menjadi permasalahan adalah besaran sedimentasi di Sungai Sario yang mempengaruhi stabilitas morfologi Sungai Sario pada ruas terpilih.

Tujuan Penelitian

Menganalisis besaran transpor sedimen dasar (*bedload*) pada ruas sungai terpilih serta mengetahui pengaruh transpor sedimen terhadap stabilitas morfologi sungai Sario pada ruas yang terpilih.

Manfaat Penelitian

1. Memberikan pengetahuan mengenai tata cara, prosedur dan analisis berkaitan dengan penanganan masalah sedimentasi di sungai Sario.
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi pihak yang berkepentingan dalam hal penanganan sedimen di Sungai Sario, yang diharapkan dapat membantu dalam menentukan pola perencanaan dan pengelolaan secara berkelanjutan.

Batasan Penelitian

1. Analisis dibatasi pada laju angkutan sedimen dasar (*bed load*).
2. Pembahasan berbasis pada data pengukuran yang ada, dibatasi pada lokasi terpilih.
3. Perhitungan angkutan sedimen dasar (*bedload*) menggunakan metode Meyer-Peter dan Muller (MPM), Einsten dan Frijlink.
4. Analisis transpor sedimen dengan program HEC-RAS menggunakan metode Meyer Peter Muller (MPM).

TINJAUAN PUSTAKA

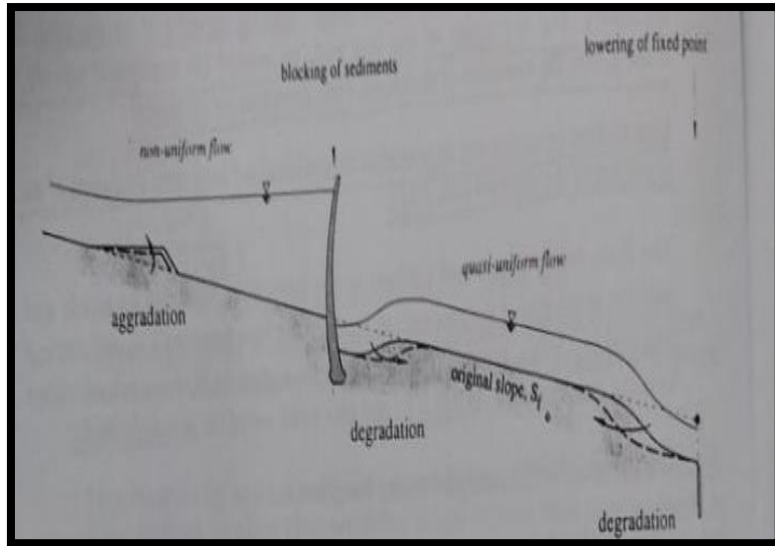
Definisi Sungai

Sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan sungai. (*Oehadijono, 1993*)

Degradasi

Degradasi terjadi ketika :

- Pasokan debit solid berkurang (terganggu) di hulu
- Debit air meningkat
- Penurunan fixed point dasar saluran di hilir

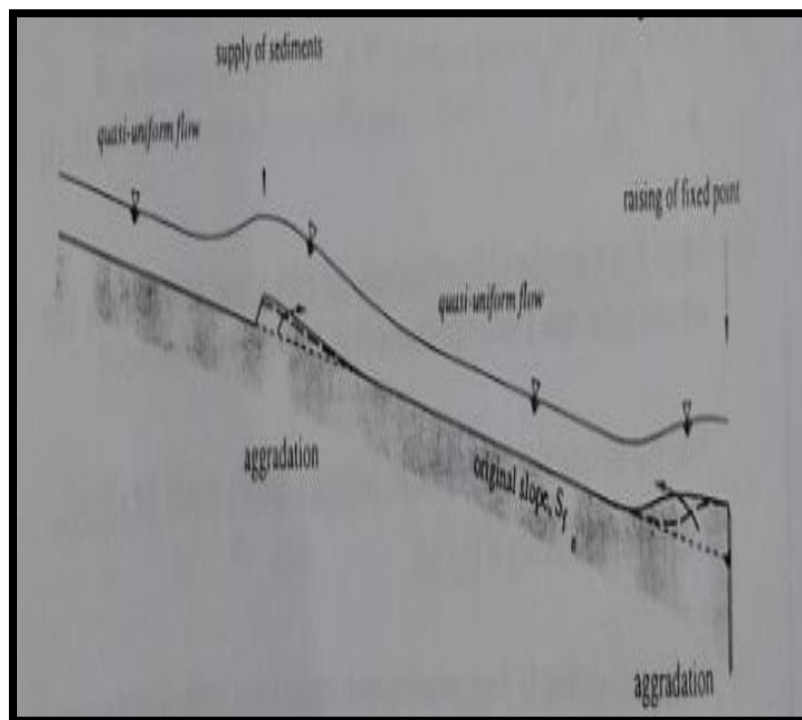


Gambar 1 Skema Degradasi
Sumber : Walter, H. Graf, 1998

Agradasi

Agradasi terjadi ketika :

- Pasokan debit solid bertambah di hulu
- Debit air menurun
- Penaikan *fixed point* dasar saluran di hilir



Gambar 2 Skema Agradasi
Sumber : Walter, H. Graf, 1998

Transpor Bed Load

1. Pendekatan kemiringan energi : Meyer Peter & Muller (1948)

$$\gamma \left(\frac{K_s}{K_r} \right)^{3/2} RS = 0.047(\gamma_s - \gamma)d + 0.25\rho^{1/3}q_b^{2/3} \tag{1}$$

Satuan hasil : $ton/m.dt$

Dimana :

d = diameter signifikan (representatif) bervariasi antara d_{50} - d_{60}

R = jari-jari hidraulik (untuk sungai yang sangat lebar R = kedalaman aliran)

q_b = berat angkutan sedimen dasar di dalam air persatuan waktu persatuan lebar

K_s/K_r = ripple faktor,

$K_s/K_r = 1$ (dasar rata)

$= 0,5$ (dasar sangat bergelombang)

Range data :

Kemiringan dasar saluran : $4.10^{-4} \leq S_0 \leq 2.10^{-2}$

Diameter butiran : $0.4 mm \leq d \leq 30 mm$

Kedalaman aliran : $1 cm \leq h \leq 120 cm$

Berat jenis spesifik : $1.25 \leq \gamma_s \leq 4.22$

2. Pendekatan probabilistic: Einstein (1942)

$$F(\phi_*, \psi_*) = 0 \tag{2}$$

$$\psi_* = \Delta d_{35}/\mu RS \tag{3}$$

$$q_b = \phi_* \rho_s \Delta^{1/2} (g d_{35})^{3/2} \tag{4}$$

Satuan hasil : $N/m.dt$

Dimana :

ϕ_* = Intensitas bed load

ρ_s = rapat massa sedimen

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

R = jari-jari hidraulik

S = kemiringan garis energi

3. Frijlink (1952) mengusulkan suatu rumus angkutan sedimen yang memperhitungkan pengaruh konfigurasi dasar sungai. Menurut Frijlink *ripple faktor* dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu = (C/Cd_{90})^{3/2} \tag{5}$$

$$C = 18 \log 12 R/k \tag{6}$$

$$Cd_{90} = 18 \log 12 R/d_{90} \tag{7}$$

Satuan hasil : $m^3/m.dt$

Dengan :

C = koef. Chezy total (butiran + konfigurasi dasar)

Cd_{90} = koef. Chezy akibat kekasaran butiran dengan diameter representative adalah d_{90}

d_m = diameter median

Prinsip Dasar

Prinsip dasar angkutan sedimen yaitu untuk mengetahui perilaku sedimen pada kondisi tertentu apakah terjadi keadaan seimbang, erosi, maupun sedimentasi. Juga memprediksi kuantitas angkutan sedimen pada proses tersebut. Proses yang terjadi secara alami ini kuantitasnya ditentukan oleh gaya geser aliran serta diameter butiran sedimen.

Angkutan sedimen dapat menyebabkan terjadinya perubahan dasar sungai. Angkutan sedimen pada suatu ruas sungai yang dibatasi oleh tampang 1 dan 2 mengalami erosi dan pengendapan tergantung dari besar kecilnya angkutan sedimen yang dijelaskan berikut ini.

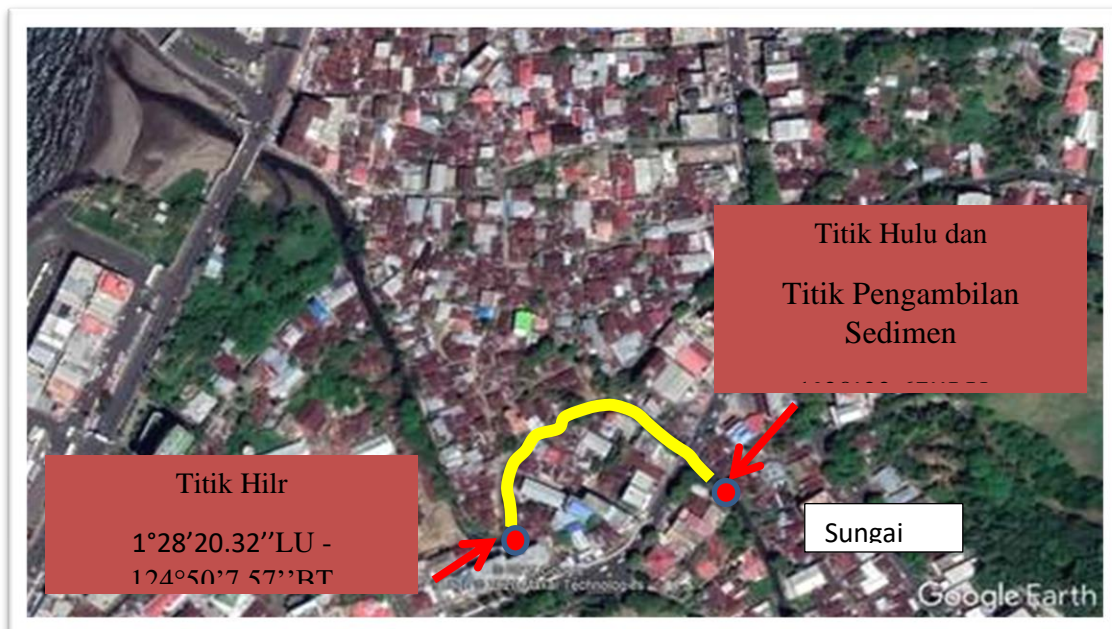
Tabel 1 Klasifikasi kondisi dasar sungai

Angkutan Sedimen, (T)	Perubahan Dasar Sungai	
	Sedimen	Dasar
$T_1 = T_2$	Seimbang	Stabil
$T_1 < T_2$	Erosi	Degradasi
$T_1 > T_2$	Sedimen	Agradasi

METODOLOGI PENELITIAN

Letak Lokasi Pengamatan

Dalam penelitian ini dipilih lokasi sepanjang 219 m dimana titik hulu berada dekat Jembatan Sario koordinat $1^{\circ} 28' 22,67''$ LU - $124^{\circ} 50' 12,65''$ BT, sampai titik hilir dengan koordinat $1^{\circ} 28' 20,32''$ LU - $124^{\circ} 50' 7,57''$ BT. Dan untuk titik pengambilan sedimen berada di $1^{\circ} 28' 22,67''$ LU - $124^{\circ} 50' 12,65''$ BT.



Gambar 3 Lokasi Pengamatan Sungai Sario

Pengukuran dan Pengumpulan data di Lapangan

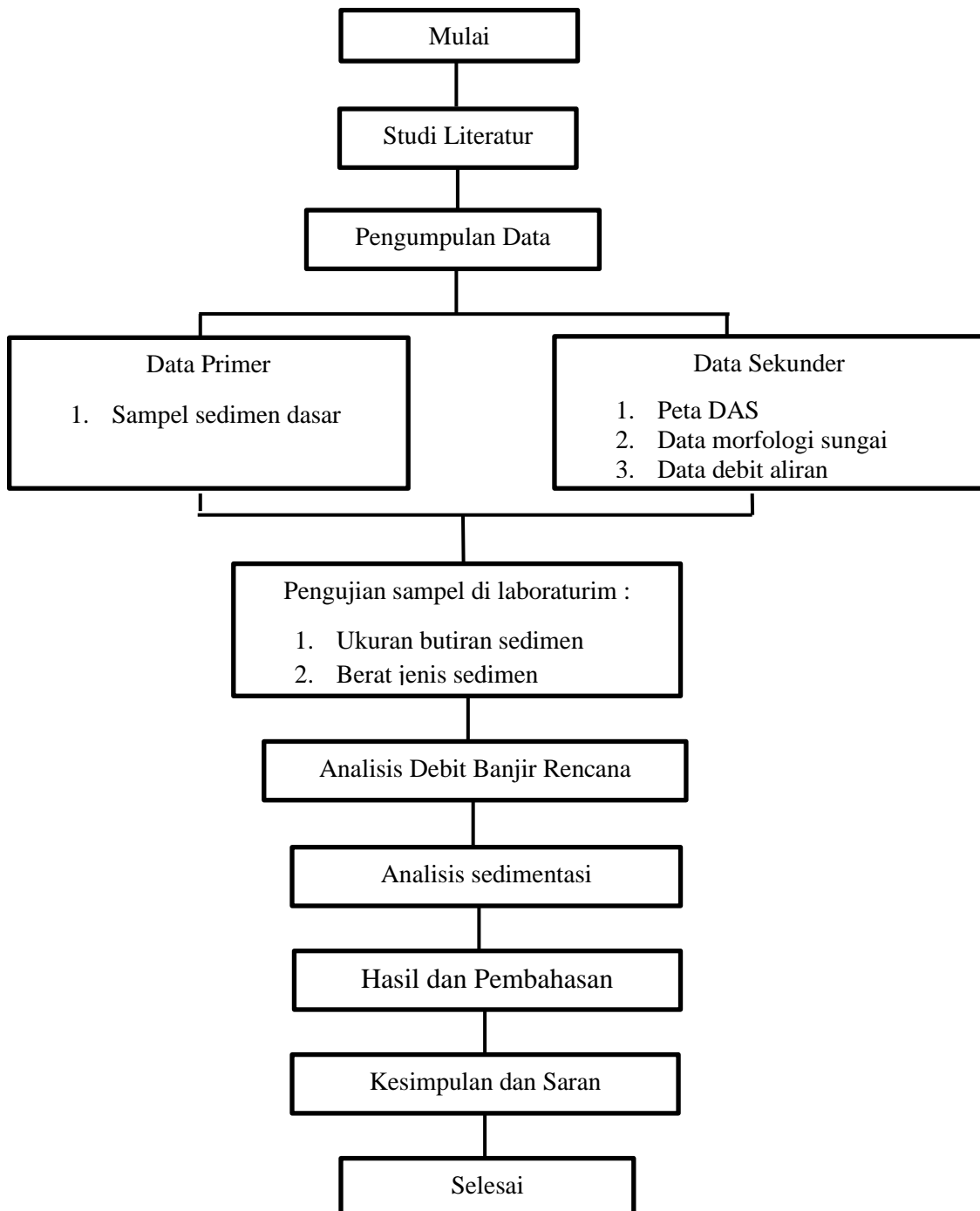
1. Data Primer

Pengukuran dan pengumpulan data yang dilakukan di lokasi penelitian adalah untuk mendapatkan data primer, yaitu sampel sedimen yang di ambil di dasar sungai lokasi pengamatan.

2. Data Sekunder

Data Sekunder terdiri dari data morfologi sungai (kedalaman sungai, lebar sungai kemiringan sungai). Data tersebut diambil dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

Bagan Alir Penelitian



Gambar 4 Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Frekuensi Debit

Analisis frekuensi debit dilakukan untuk menentukan besarnya debit yang terjadi pada periode ulang tertentu. Analisis frekuensi debit meliputi penentuan tipe distribusi debit, kemudian perhitungan besarnya debit berdasarkan kala ulang menggunakan persamaan yang sesuai dengan tipe distribusi.

Hasil perhitungan untuk kala ulang lainnya terdapat pada tabel

Tabel 4. Debit Banjir Rencana

Kala Ulang (TR)	Log X_{TR}	X_{TR}
5 Tahun	1,431	26,809 m ³ /det
10 Tahun	1,710	51,385m ³ /det
50 Tahun	2,271	186,988 m ³ /det
100 Tahun	2,490	309,132 m ³ /det

Analisis Data Sedimentasi

Pada analisis data sedimentasi dilakukan dengan mengambil sampel sedimen terlebih dahulu untuk mengetahui ukuran butiran sedimen pada dasar sungai.

Data sedimen DAS Sario pada bagian hulu titik pengamatan (Dekat Jembatan Sario) , adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Ukuran partikel sedimen, d

Ukuran Partikel Sedimen, d	
Dmm	Hulu (Dekat Jembatan Sario)
d₃₅	0,5
d₅₀	0,58
d₆₅	0,72
d₉₀	1,20

1. Perhitungan Bed Load Metode Einstein

$$q_b = \phi_s \rho_s \Delta^{1/2} (g d_{35})^{3/2}$$

Untuk menghitung total *bed load* material dengan menggunakan metode Einstein maka dilakukan coba-coba nilai R' (jari-jari hidraulis)

Tabel 6 Analisis Metode Einstein

R'	S	U'_*	δ	K_s/δ
0.82000000	0.00668493	0.42	0.000254	9.31
0.82530000	0.00668493	0.42	0.000253	9.34

x	V	φ'	V/U''_*	U''_*
1.00	8.77	0.49	90.00	0.10
1.00	8.80	0.49	90.00	0.10

R''	R	P	A	Q kontrol	Q
0.04	0.26	22.02	5.80	50.85	51.38
0.04	0.27	22.02	5.84	51.38	51.38

Setelah didapat R' yang menghasilkan Q kontrol yang mendekati Q_{10} maka dapat dilanjutkan dengan persamaan selanjutnya.

Dengan $R' = 0,825$ didapatkan $R = 0,27$

U'_*	δ	K_s/δ	x	Δ	Δ/δ
0.433	0.000246	9.590866	1.0	0.0023622	9.591

X	d_1/X	ξ_1	d_{65}/δ	Y	$(\beta/\beta_*)^2$
0.002	1.2987013	1.200	9.591	0.500	1.264
i	d_i	i_{bw}	R'	ψ'_i	d_1/X
1	0.002362205	0.45	0.869741367	0.67036972	1.298701
2	0.001902887	0.4	0.869741367	0.540020052	1.046176
3	0.00164042	0.15	0.869741367	0.465534528	0.901876

ξ_1	Y	ψ_{*1}	ϕ_{*i}	$(i_{BW}q_{bw})$
1.2	0.85	0.643113389	5	0.311696699
1	0.81	0.431719636	5	0.200319361
1.3	0.55	0.48382373	6	0.072152014
			Σ	0.584168073

Tabel *bed load material* untuk $Q_{10} = 51,38 \text{ m}^3/\text{det}$ = $B \times (i_{BW} \times q_{bw})$
 = 20,16861b/s
 = 0,01008 ton/s
 = 871,284 ton/hr

2. Perhitungan Bed Load Metode Meyer Peter Muller (MPM)

$$\gamma \left(\frac{K_s}{K_r} \right)^{3/2} RS = 0.047(\gamma_s - \gamma)d + 0.25\rho^{1/3}q_b^{2/3}$$

Tabel 7 Tabel Analisis Metode MPM ξ_M

Cd90	Rh	C	Se	U		g'sb
61,6213	0,2651	10,9041	0,00668	0,4590	0,0744	0,1992

q sb	Qsb	Qsb	Qsb
0,00001232	0,0001297	0,3436	29,688
	(m3/d	kg/d	ton/hr

Total *bed load material* dengan persamaan MPM memberikan nilai = 29,688 ton/hr untuk $Q_{10} = 51,38 \text{ m}^3/\text{det}$

3. Perhitungan Bed Load Metode Frijlink

Diketahui :

μ	0,002
dm(50)	0,00058
g	9,81
R	0,27
Se	0,006684

$$qb = d_m \sqrt{g\mu RSe} 5 \exp \left[-0,27 \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right) \frac{d_m}{g\mu RS} \right]$$

qb = 0,0000172 $\text{m}^3 / \text{m} \cdot \text{dt}$

Qb = 0,0000172 x 10.52

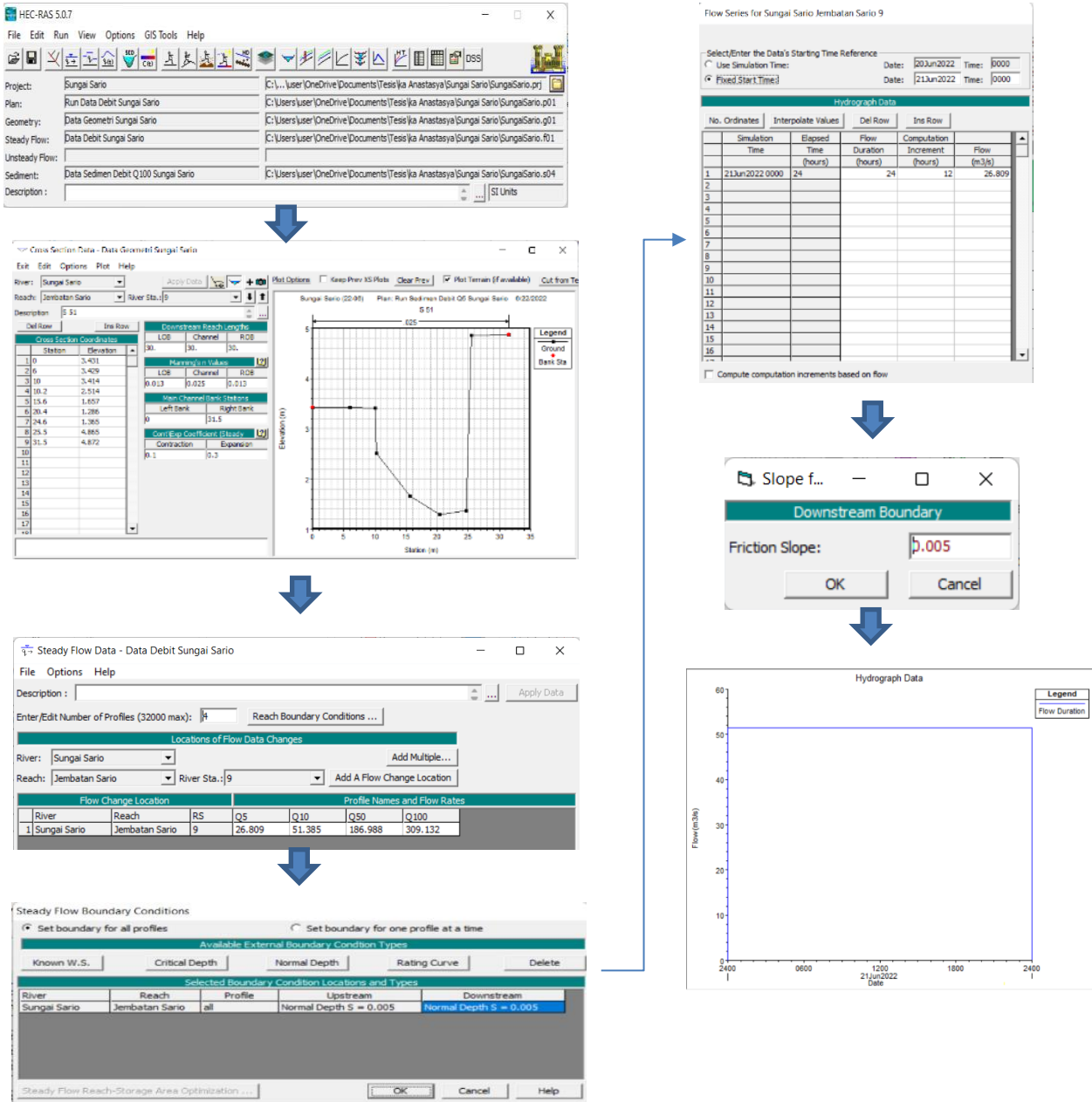
= 0,000181 m3/d

= 0,181 kg/d

= 15,649 ton/hari

Analisis Transpor Sedimen Menggunakan Program Komputer HEC-RAS

Analisis transpor sedimen menggunakan program komputer HEC-RAS dengan menggunakan metode Meyer Peter Muller (MPM) membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien Manning, data debit banjir dan data sedimen.



River	Reach	RS	Invert	Max Depth	Min Elev	Left Sta	Right Sta	Bed Gradation
1	Sungai Sario	Jembatan Sario	9	1.286	3.586	0	31.5	Hulu
2	Sungai Sario	Jembatan Sario	8	0.992	6.174	0	30.1	Hulu
3	Sungai Sario	Jembatan Sario	7	0.937	4.573	0	24.2	Hulu
4	Sungai Sario	Jembatan Sario	6	0.339	3.54	0	22.8	Hulu
5	Sungai Sario	Jembatan Sario	5	0.384	3.477	0	20.4	Hulu
6	Sungai Sario	Jembatan Sario	4	0.052	4	0	24.3	Hilir
7	Sungai Sario	Jembatan Sario	3	0.135	3.505	0	24.6	Hilir
8	Sungai Sario	Jembatan Sario	2	0.249	3.52	0	27.4	Hilir
9	Sungai Sario	Jembatan Sario	1	0.193	3.36	0	23	Hilir

HEC-RAS Finished Computations

Write Geometry Information
Layer: COMPLETE

Steady Flow Simulation
River: Sungai Sario
Reach: Jembatan Sario
Profile: Q100
Node Type: Cross Section
Simulation: 4/4
Computing supercritical profile

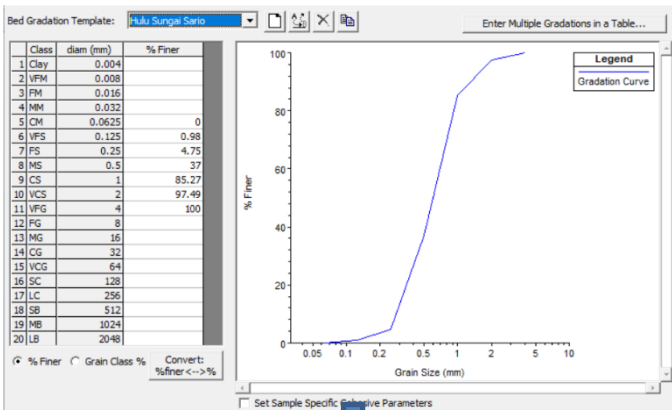
Plan: 'Run Data Debit Sungai Sario' (SungaiSario.p01)
Simulation started at: 20May2022 01:29:01 PM

Writing Geometry
Completed Writing Geometry
Starting to copy Geometry Data to Results
Completed copying Geometry Data to Results

Steady Flow Simulation HEC-RAS 5.0.7 March 2019
Finished Steady Flow Simulation

Computations Summary

Computation Task	Time(h:mm:ss)
Completing Geometry(4)	<1
Steady Flow Computations(4)	<1
Complete Process	1



Sediment Transport Analysis

File Options Help

Plan: Run Sedimen Debit Q5 Sungai Sario Short ID SQ5

Geometry File: Data Geometri Sungai Sario

Quasi-Unsteady Flow: Data Quasy Debit Q5

Sediment Data: Data Sedimen Debit Q5

Simulation Time Window
Starting Date: 20Jun2022 Starting Time: 0000
Ending Date: 21Jun2022 Ending Time: 0000

Plan Description:

Compute

Steady Flow Analysis

File Options Help

Plan: Run Data Debit Sungai Sario Short ID QS

Geometry File: Data Geometri Sungai Sario

Steady Flow File: Data Debit Sungai Sario

Plan Description:

Flow Regime
 Subcritical
 Supercritical
 Mixed

Optional Programs
 Floodplain Mapping

Compute

HEC-RAS Finished Computations

Write Geometry Information
Layer: COMPLETE

Sediment Simulation
River: Sungai Sario
Reach: Jembatan Sario
Profile: 19May2022 0000
Node Type: Cross Section
Simulation: 1/1

Plan: 'Run Sedimen Debit Q5 Sungai Sario' (SungaiSario.p06)
Simulation started at: 20May2022 01:32:17 PM

Writing Geometry
Completed Writing Geometry
Starting to copy Geometry Data to Results
Completed copying Geometry Data to Results

Sediment Transport Analysis HEC-RAS 5.0.7 March 2019
Finished Sediment Transport Simulation

Computations Summary

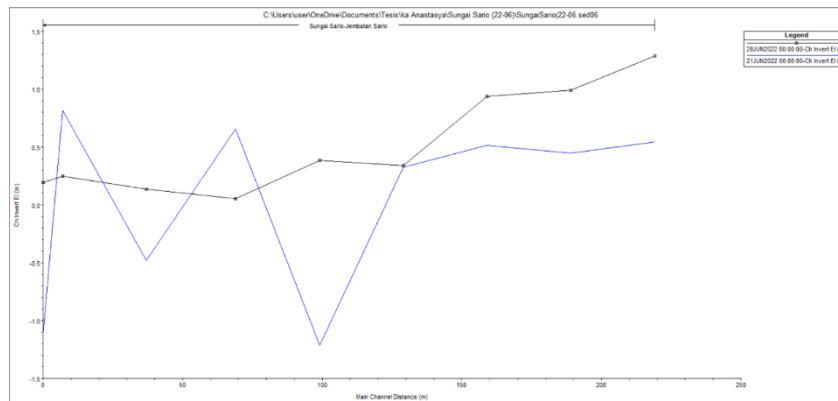
Computation Task	Time(h:mm:ss)
Completing Geometry(4)	<1
Sediment Computations(4)	<1
Complete Process	<1

Setelah melakukan simulasi, *HEC-RAS* akan memberikan beberapa *output* sebagai berikut.
Tabel 8 Tampilan Profile Output Table

River STA	ID. STA	Min Ch El (m)
9	S.51	1.29
8	S.52	0.99
7	S.53	0.94
6	S.54	0.34
5	S.55	0.38
4	S.56	0.05
3	S.57	0.14
2	S.58	0.25
1	S.59	0.19

Tabel 9 Transpor Sedimen dengan Debit Banjir Rencana 5 Tahunan (Q₅)

River Sta.	ID Sta.	Elevasi Dasar Saluran		Invert Change (m)	Keterangan
		T ₀	T ₂₄		
9	S 51	1.29	0.543	-0.747	Erosi
8	S 52	0.99	0.448	-0.542	Erosi
7	S 53	0.94	0.514	-0.426	Erosi
6	S 54	0.34	0.325	-0.015	Erosi
5	S 55	0.38	-1.215	-1.595	Erosi
4	S 56	0.05	0.655	0.605	Sedimentasi
3	S 57	0.14	-0.481	-0.621	Erosi
2	S 58	0.25	0.816	0.566	Sedimentasi
1	S 59	0.19	-1.12	-1.31	Erosi



Gambar 20 Grafik Perubahan Dasar Saluran terhadap Debit Banjir Rencana 5 Tahunan (Invert Change)

PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada sungai Sario, Kota Manado. Lokasi yang ditinjau di titik Jembatan Sario sepanjang 219 meter ke arah hilir dengan luas ruas terpilih DAS Sario sebesar 25,39 km².

Perhitungan dengan menggunakan data debit dari hasil analisis frekuensi, maka didapatkan hasil debit banjir. Dalam penelitian ini debit banjir di dapatkan dengan perhitungan analisis frekuensi dikarenakan sungai Sario memiliki debit terukur sungai, sehingga tidak perlu melakukan kalibrasi dan melewati program HEC-HMS. Hasil debit puncak untuk Q₅, Q₁₀, Q₅₀, Q₁₀₀ adalah sebagai berikut

Tabel 10 Debit Banjir Rencana

Kala Ulang (TR)	Debit Banjir Rencana
5 Tahun	26,809 m ³ /det
10 Tahun	51,385 m ³ /det
50 Tahun	186,988 m ³ /det
100 Tahun	309,132 m ³ /det

Berdasarkan analisis angkutan sedimen dasar (*bed load*) untuk $Q_{10} = 51,38$ m³/det dengan menggunakan 3 persamaan prediksi dan hasil simulasi HEC-RAS diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 11 Hasil Prediksi Transpor Sedimen (*bed load*)

Metode	Transpor Sedimen (<i>bed load</i>)
Einstein	871,284 ton/hari
Meyer Peter Muller	51,38 ton/hari
Frijlink	15,649 ton/hari

Berdasarkan hasil simulasi transpor sedimen menggunakan metode *Meyer Peter Muller (MPM)* pada program HEC-RAS dapat dilihat bahwa terjadi sedimentasi dan erosi pada penampang sungai untuk masing-masing kala ulang.

Berikut adalah tabel dan grafik rangkuman perubahan dasar saluran terhadap debit banjir rencana $Q_5, Q_{10}, Q_{50}, Q_{100}$.

Tabel 12 Rangkuman Perubahan Dasar Saluran terhadap Debit Banjir Rencana $Q_5, Q_{10}, Q_{50}, Q_{100}$

River Sta.	ID Sta.	Invert Change Q_5 (m)	Invert Change Q_{10} (m)	Invert Change Q_{50} (m)	Invert Change Q_{100} (m)
9	S 51	-0.747	-0.572	-0.379	-0.138
8	S 52	-0.542	-0.595	-1.237	-2.064
7	S 53	-0.426	-0.834	-3.516	-2.867
6	S 54	-0.015	0.007	0.556	-0.133
5	S 55	-1.595	-0.978	-0.482	-1.02
4	S 56	0.605	0.94	1.3	2.242
3	S 57	-0.621	-0.263	-3.51	-3.51
2	S 58	0.566	-1.377	-3.287	-3.388
1	S 59	-1.31	-3.356	-1.707	-1.736



Gambar 21 Grafik Rangkuman Perubahan Dasar Saluran Terhadap Debit Banjir Rencana $Q_5, Q_{10}, Q_{50}, Q_{100}$

Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis angkutan sedimen dasar (*bed load*) menggunakan 3 persamaan prediksi untuk $Q_{10} = 51,38$ m³/det diperoleh hasil sebagai berikut: persamaan Einstein sebesar 871,284 ton/hari, persamaan Meyer Peter Muller sebesar 51,38 ton/hari dan persamaan Frijlink 15,649 ton/hari.
2. Berdasarkan hasil simulasi transpor sedimen, terjadi sedimen dan erosi pada setiap penampang untuk masing – masing kala ulang.
 - Kala ulang 5 Tahun terjadi erosi pada STA S51, S52, S53, S54, S55, S57, S59. Dan terjadi sedimentasi pada S56, S58. Erosi maksimum terjadi pada STA S55 dan sedimentasi maksimum pada S56.
 - Kala ulang 10 Tahun terjadi erosi pada STA S51, S52, S53, S55, S57, S58, S59. Dan terjadi sedimentasi pada S54, S56. Erosi maksimum terjadi pada STA S59 dan sedimentasi maksimum pada S56.
 - Kala ulang 50 Tahun terjadi erosi pada STA S51, S52, S53, S55, S57, S58, S59. Dan terjadi sedimentasi pada S54, S56. Erosi maksimum terjadi pada STA S57 dan sedimentasi maksimum pada S56
 - Kala ulang 100 Tahun terjadi erosi pada STA S51, S52, S53, S54, S57, S58, S59. Dan terjadi sedimentasi pada S56. Erosi maksimum terjadi pada STA S58 dan sedimentasi maksimum pada S56.
3. Belum tercapai kondisi seimbang /stabil antara proses erosi dan sedimentasi, sehingga terjadi aggradasi dan degradasi dasar sungai yang cukup signifikan.

Saran

Perlu dilakukan pemantauan secara berkala pada titik atau lokasi yang potensial terjadi erosi maupun sedimentasi untuk mengantisipasi dampak negatif terhadap kestabilan morfologi sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- 2001 Modul 6 *Morfologi Sungai*. Kementrian PUPR, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Kontstruksi.
- Achmad N. 2011. Persamaan Angkutan Sedimen di Sungai .
- Ahira, A. 2011. Pengertian Sungai, <http://www.aneahira.com/ensiklopedia>, diakses pada tanggal 28 April 2020 pukul 20.00 WITA
- Bambang A. Kironoto. 1997. *Hidraulika Transpor Sedimen*, Program Pasca Sarjana. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Bambang Triatmojo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Daud I. 2008. Prediksi Sedimentasi Kali Mas Surabaya. *Jurnal Aplikasi* ISSN 1907-753x
- I Wayan Sudira, Mananoma Tiny, Manalip H.. 2013. ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN PADA SUNGAI MANSAHAN. *Jurnal Ilmiah Media Engineering* Vol. 3, No. 1, Maret 2013 ISSN 2087-9334(54-57)
- Jansen, P. Ph. 1978. *Principles of River Engineering* . London
- Koagouw, Y W Y. 2021. Analisis Transpor Sedimen Pada Sungai Tondano Ruas Kairagi – Singkil. Universitas Sam Ratulangi, Tesis Pascasarjana 133 hal.
- Mananoma, Tiny., 2003, Fenomena Alamiah Erosi dan Sedimentasi Sungai Progo Hilir, Publikasi, Jurnal dan Pengembangan Keairan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Mananoma, Tiny., 2006, Analisis Persamaan Transpor Sedimen Terhadap Fenomena Perubahan Morfologi Sungai Progo Tengah, *Jurnal Forum Teknik Sipil* No. XVI/1- Januari.

- Oehadijono. 1993. *Dasar-Dasar Teknik Sungai*. Universitas Hasanuddin.
- Sosrodarsono, Suyono dan Maesteru Tominaga. 1994. *Perbaikan Dasar dan Pengaturan Dasar Sungai*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Walter, H. Graf . 1998. *Fluvial Hydraulic, Flow and transport processes in channels of simmple geometry*.
- Yang, Chih. Ted. 1996. *Sediment Transport Theory and Practice*, The McGraw-Hill Company, Inc, Singapore.