

ANALISIS SEDIMENTASI DI MUARA SUNGAI PANASEN

Amelia Ester Sembiring

T. Mananoma, F. Halim, E. M. Wuisan

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: ame910@gmail.com

ABSTRAK

Danau Tondano adalah danau alami dengan berbagai fungsi yang sangat berkaitan erat dengan kehidupan masyarakat bukan saja di Kabupaten Minahasa tetapi hampir di sebagian besar wilayah Propinsi Sulawesi Utara. Pendangkalan akibat sedimentasi merupakan salah satu permasalahan yang terjadi di Danau Tondano. Ada 35 sungai yang menjadi inlet Danau Tondano yang berperan dalam menyuplai air dan sedimen ke Danau. Sungai Panasen adalah salah satu dari 35 sungai tersebut dan sebagai penghasil sedimen terbesar ke Danau Tondano. Sedimentasi yang terjadi di muara sungai Panasen akan berpengaruh terhadap kondisi sedimen di Danau Tondano. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian mengingat peranan Danau Tondano yang sangat strategis.

Untuk menganalisis debit sedimen digunakan debit dominan dengan data debit aliran sungai panasen selama 10 tahun. Metode yang pakai dalam menganalisis total angkutan sedimen adalah metode Einsten dan metode Bagnold.

Dari analisis debit aliran dominan sebesar $1,267 \text{ m}^3/\text{det}$, diperoleh total angkutan sedimen metode Einsten sebesar $895,6224 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dan metode Bagnold sebesar $1419,5461 \text{ m}^3/\text{tahun}$.

Kata kunci: Debit dominan, Angkutan Sedimen, Sungai Panasen.

PENDAHULUAN

Sungai adalah saluran di permukaan bumi terbentuk secara alamiah yang menampung dan menyalurkan air hujan dari daerah tinggi ke daerah yang lebih rendah dan akhirnya bermuara di danau atau di laut. Di dalam aliran terangkut material sedimen yang berasal dari proses erosi yang terbawa oleh aliran air dan menyebabkan terjadinya pendangkalan akibat adanya sedimentasi dimana aliran air tersebut akan bermuara baik di danau atau di laut.

Danau Tondano adalah danau alami dengan berbagai fungsi yang sangat berkaitan erat dengan kehidupan masyarakat, bukan saja di Kabupaten Minahasa tetapi hampir di sebagian besar wilayah propinsi Sulawesi Utara. Pendangkalan akibat sedimentasi menjadi salah satu permasalahan yang terjadi di Danau Tondano. Menurut Suparto (1995), danau Tondano telah mengalami pendangkalan sebagai akibat adanya sedimentasi dan erosi dari daerah hulu (*upland*) yang melampaui ambang batas toleransi. Pendangkalan danau tidak lepas dari pengaruh kondisi sungai-sungai yang masuk ke danau (*inlet*). Di daerah aliran sungai (DAS) danau Tondano terdapat 35 sungai yang merupakan inlet danau Tondano. Sungai-sungai tersebut ikut berperan dalam suplai air dan sedimen ke danau Tondano.

Sungai Panasen adalah salah satu sungai yang merupakan inlet danau Tondano. Menurut hasil penelitian Cheni Jems Kandou (2000), sub DAS Panasen adalah penghasil sedimen terbesar dari 35 sub DAS danau Tondano. Sedimen tersebut akan tertahan di tanah dan sebagian lagi akan masuk ke sungai. Sedimen ini kemudian mengendap di daerah sekitar muara *inlet*. Kondisi ini terjadi akibat menurunnya kecepatan aliran oleh peredaman muka air danau. Sedimentasi yang terjadi di muara sungai Panasen akan berpengaruh terhadap kondisi sedimen di danau Tondano. Kondisi sedimen di muara sungai Panasen perlu untuk dikaji mengingat pentingnya peranan danau Tondano yang sangat strategis tersebut.

Berdasarkan uraian diatas maka penulis mengkaji lebih lanjut fenomena sedimentasi dengan judul , “Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Panasen”.

Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini yang menjadi permasalahan adalah besaran sedimentasi di muara Sungai Panasen yang berpengaruh terhadap pendangkalan danau tondano.

Tujuan Penelitian

Menganalisis total sedimentasi di muara

Sungai Panasen yang dapat berguna dalam upaya pengelolaan sedimen di sungai.

Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup pembahasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di muara sungai Panasen.
2. Pengukuran dan pengambilan sampel dilakukan pada satu penampang di bagian muara sungai.
3. Analisis sedimen membahas tentang sedimen dasar dan sedimen melayang.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

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

LANDASAN TEORI

Sedimentasi

Tanah atau bagian-bagian tanah yang terangkut oleh air dari suatu tempat yang mengalami erosi pada suatu daerah aliran sungai (DAS) dan masuk kedalam suatu badan air secara umum disebut sedimen. Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan alirannya melambat atau terhenti. Peristiwa pengendapan ini dikenal dengan peristiwa atau proses sedimentasi.

Muatan Sedimen Dasar (*bed load*)

Partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan muatan sedimen dasar (*bed load*). Adanya muatan sedimen dasar ditunjukkan oleh gerakan partikel-partikel dasar sungai. Gerakan itu dapat bergeser, menggelinding, atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai jarak tertentu dengan ditandai

bercampurnya butiran partikel tersebut bergerak ke arah hilir (Soewarno, 1991)

Muatan Sedimen Melayang (*suspended load*)

Muatan sedimen melayang (*suspended load*) dapat dipandang sebagai material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran sungai dan terdiri terutama dari butiran-butiran pasir halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit sekali interaksinya dengan dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran (Soewarno, 1991)

Debit Dominan

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses sedimentasi adalah debit aliran. Selama aliran rendah angkutan sedimen bisa jadi sedikit, sedangkan pada saat aliran tinggi sungai bisa mengangkut muatan sedimen yang tinggi dengan ukuran sedimen dalam range yang lebih luas. Namun dalam kenyataannya, aliran sungai mengalirkan debit yang sangat bervariasi dengan membawa muatan sedimen. Pada beberapa sungai perbandingan (*ratio*) debit maksimum dan debit minimum dapat mencapai nilai 1000 atau lebih.

Variasi yang beragam pada aliran sungai membawa kesulitan dalam memilih suatu debit yang mewakili dalam mempelajari karakteristik aliran sungai. Masing-masing peneliti mengusulkan cara yang berbeda-beda dalam memilih sebuah debit yang mewakili, yaitu sebagai berikut :

1. English memperkenalkan konsep “debit dominan”. Menurutnya terdapat suatu kemiringan dan debit dominan pada saluran yang terjadi (berulang) setiap tahun. Pada debit ini, dicapai kondisi paling mendekati equilibrium (kesetimbangan), dengan sangat sedikit kecenderungan untuk berubah. Kondisi ini dapat dianggap berkaitan dengan pengaruh penggabungan dari berbagai variasi kondisi yang terjadi dalam suatu periode waktu yang panjang. Dengan kata lain debit dominan adalah hipotetik debit tetap (*steady*) yang akan memberikan hasil yang sama (untuk ukuran saluran rerata) yang sesungguhnya pada berbagai debit.
2. Blench mengatakan sebagai debit dominan apabila kejadiannya $\geq 50\%$.
3. USBR mendefinisikan debit dominan sebagai debit yang terbanyak membawa muatan sedimen dengan material lebih kasar dari

0,0625 mm, serta hubungannya dengan waktu. Debit yang ditemukan ini sedikit lebih besar dari debit merata.

Perkiraan Muatan Sedimen dengan Rumus Empiris

Metode Einstein

Analisis Angkutan Sedimen Dasar.

Persamaan muatan sedimen dasar dengan pendekatan dari Einstein berdasarkan fungsi daripada:

$$\Phi = f(\Psi) \dots\dots (1)$$

Keterangan:

Φ = intensitas muatan sedimen dasar

$f(\Psi)$ = intensitas aliran

$$\Phi = \frac{q_b}{\gamma_s} \left(\frac{\rho}{\rho_s - \rho} \cdot \frac{1}{g D_{50}^3} \right)^{1/2} \dots\dots (2)$$

$$f(\Psi) = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot \frac{D}{5R_b'} \dots\dots (3)$$

R' adalah jari-jari hidrolis yang menampung muatan sedimen dasar.

$$R' = R_b \left(\frac{n'}{n} \right)^{3/2} \dots\dots (4)$$

Dari pendekatan Einstein:

$$\Psi = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot \frac{D_{50}}{R \left(\frac{n'}{n} \right)^{3/2} S} \dots\dots (5)$$

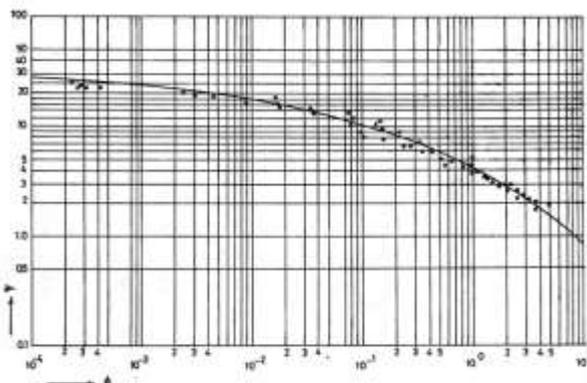
Laju muatan sedimen dasar per unit lebar dasar sungai dihitung dengan rumus:

$$\Phi = \frac{q_b}{\gamma_s} \left(\frac{\rho}{\rho_s - \rho} \cdot \frac{1}{g D_{50}^3} \right)^{1/2} \dots\dots (6)$$

Laju muatan sedimen seluruh lebar dasar sungai adalah:

$$Q_b = q_b \cdot W \dots\dots (7)$$

Hubungan antara Φ dan Ψ secara grafis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara Φ dan Ψ
Sumber: Soewarno, 1991

Analisis Angkutan Sedimen Melayang.

Untuk angkutan sedimen melayang, Einstein mengasumsikan bahwa $\beta = 1$ dan $k = 0,4$. Dengan menggantikan U_* dengan U'_* maka kecepatan geser sehubungan dengan kekasaran butir dapat dihitung dengan persamaan:

$$z_1 = z = \frac{\omega}{0,4 U'_*} \dots\dots (8)$$

Dimana :

ω = kecepatan jatuh partikel sedimen berdasarkan D_{65} .

$$U'_* = U_* = (gRS)^{1/2} \dots\dots (9)$$

Keterangan:

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

R = Jari-jari Hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar sungai

Persamaan untuk debit sedimen melayang adalah sebagai berikut:

$$q_s = 11,6 U'_* Ca \left\{ \left[2,303 \log \frac{30,2h}{\Delta} \right] I_1 + I_2 \right\} \dots\dots (10)$$

Keterangan :

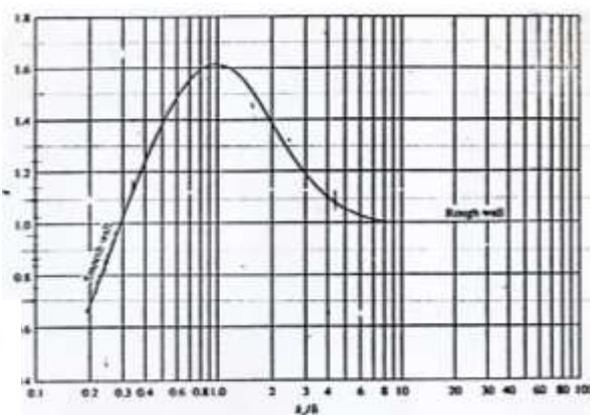
q_s = debit muatan sedimen melayang (kg/det/m)

Ca = konsentrasi sedimen melayang (gr/liter)

$\alpha = 2xD_{65}$

h = kedalaman aliran (m)

$\Delta = D_{65}/x$, suatu faktor koreksi yang dapat dilihat pada Gambar 2

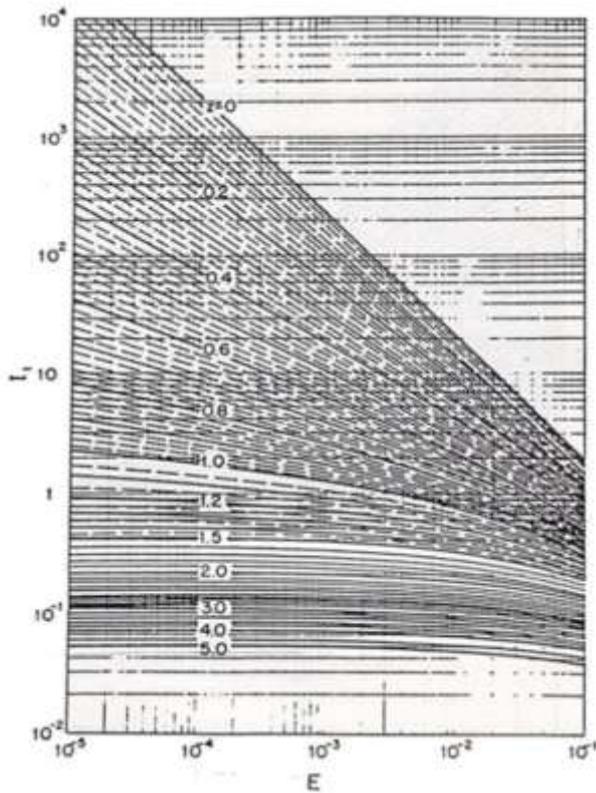


Gambar 2. Faktor koreksi
Sumber: Daryl S and Sentruk F, 1977

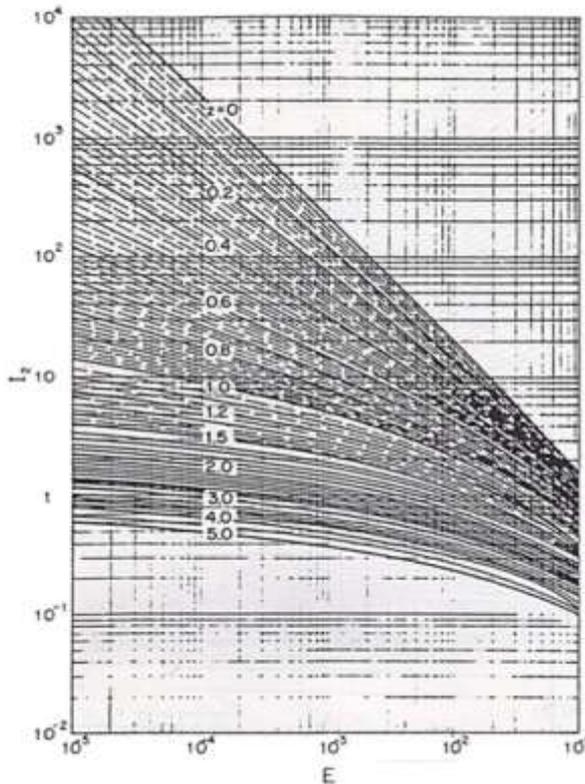
Nilai E dapat dihitung dengan persamaan:

$$E = \frac{Ks}{h} \dots\dots (11)$$

I_1 & I_2 adalah fungsi integral Einstein yang didapat dari Gambar 3 dan Gambar 4



Gambar 3. Fungsi I_1 Integral Einstein
Sumber: Daryl S and Sentruk F, 1977



Gambar 4 Fungsi I_2 Integral Einstein
Sumber: Daryl S and Sentruk F, 1977

Debit muatan sedimen melayang untuk seluruh lebar dasar aliran adalah:

$$Q_s = q_s \times W$$

Keterangan: (12)

Q_s = debit muatan sedimen melayang (kg/det)

W = lebar dasar (m)

Metode Bagnold

Analisis Angkutan Sedimen Dasar.

Bagnold (1966) memperkenalkan angkutan sedimen fungsi dari konsep energi. Bagnold menganggap hubungan antara dasar energi yang tersedia untuk sebuah sistem alluvial dan dasar dari kerja dilakukan dalam sistem angkutan sedimen. Persamaan Bagnold dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} q_b \tan \alpha = \tau V e_b \quad \text{..... (13)}$$

Dimana:

q_b = debit muatan sedimen melayang (kg/det/m)

γ_s dan γ = berat jenis sedimen dan berat jenis air (kg/m^3)

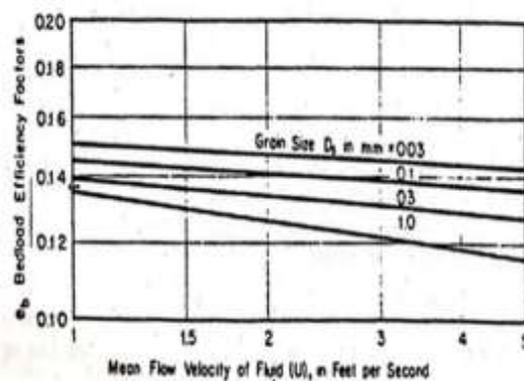
τV menurut Bagnold adalah 'stream power' atau daya per unit area sepanjang dasar sungai.

Dimana:

τ = tegangan geser (kg/m^2)

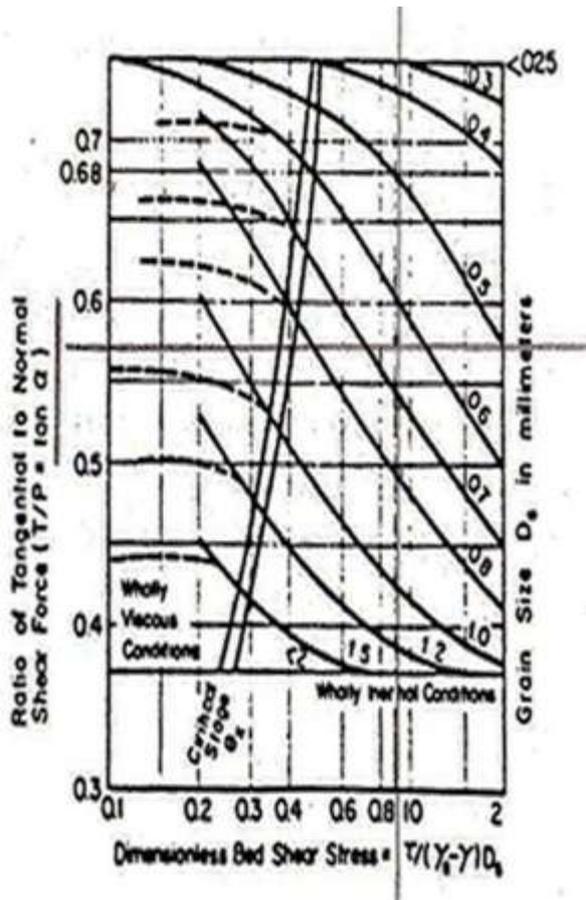
V = kecepatan aliran (m/s)

e_b adalah koefisien efisiensi angkutan sedimen dasar, diperoleh dari Gambar 5



Gambar 5. Koefisien efisiensi
Sumber : Daryl S and Sentruk F, 1977

$\tan \alpha$ adalah rasio dari gaya geser normal, yang diperoleh dari Gambar 6



Gambar 6. Rasio Gaya Geser Normal
 Sumber : Daryl S and Sentruk F, 1977

Analisis Angkutan Sedimen Melayang.

Bagnold mencatat bahwa angkutan sedimen melayang dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} q_s \frac{\omega}{\bar{u}} = \tau V (1 - e_b) e_s \dots (14)$$

Dimana :

e_s = Koefisien efisiensi angkutan sedimen melayang

ω = kecepatan jatuh partikel sedimen berdasarkan D_{50}

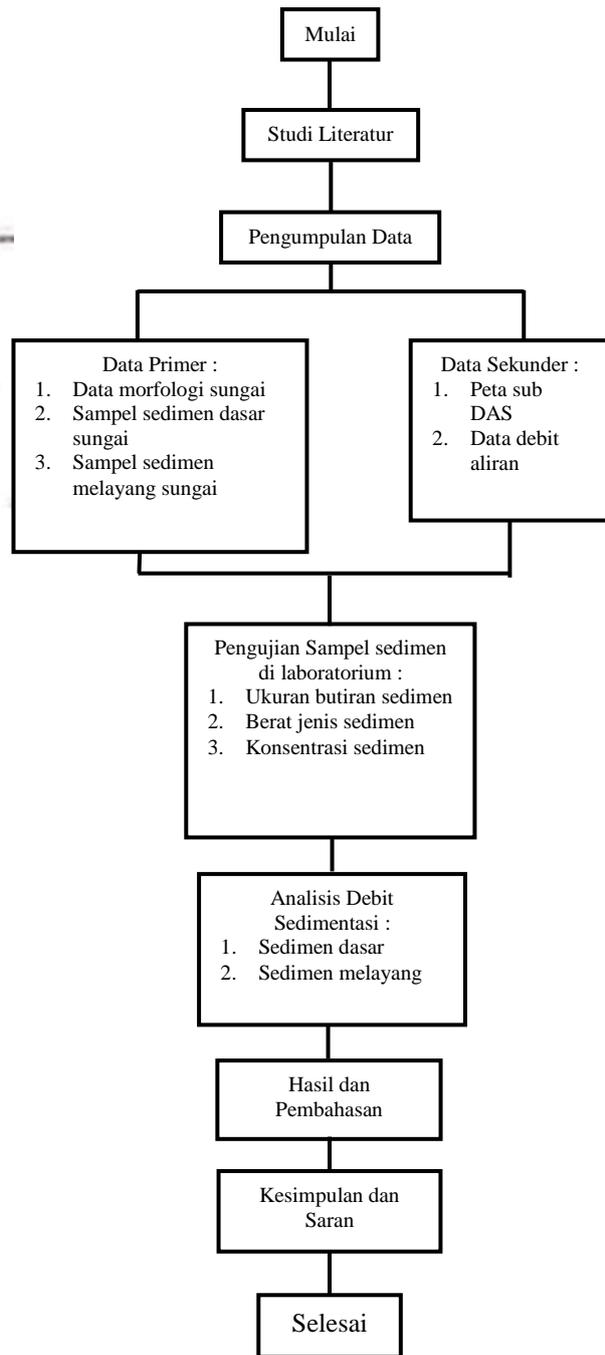
Bagnold mengasumsi $\bar{u} = V$ dan menemukan $(1 - e_b) e_s = 0,01$ dari 'flume' data. Sehingga sedimen melayang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} q_s = 0,01 \frac{\tau V^2}{\omega} \dots (15)$$

Total angkutan sedimen menurut Bagnold adalah jumlah dari angkutan sedimen dasar dan sedimen melayang. Dilihat dalam persamaan berikut:

$$q_T = q_b + q_s = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \tau V \left(\frac{e_b}{\tan \alpha} + 0,01 \frac{\tau V}{\omega} \right) \dots (16)$$

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 7 Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Karakteristik Sedimen

Material yang akan diperiksa adalah material hasil pengambilan langsung di lokasi penelitian kemudian diperiksa di laboratorium. Pemeriksaan atau Analisis laboratorium dilakukan dalam rangka menentukan ukuran

butiran sedimen, berat jenis sedimen dan konsentrasi sedimen. Setelah pengujian analisis saringan, dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan grafik hubungan antara ukuran saringan dan kumulatif presentase lolos. Untuk mendapatkan butiran D_{35} , D_{50} , D_{65} dan D_{90} dapat dari cara interpolasi linear. Maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Diameter Butiran Sedimen

Diameter Butiran	Sampel I (mm)	Sampel II (mm)
D_{35}	0,50	0,57
D_{50}	0,70	0,81
D_{65}	1,00	1,09
D_{90}	3,06	2,65

Hasil analisis untuk berat jenis dan konsentrasi sedimen diperoleh nilai rata-rata yaitu sebagai berikut:

- Hasil analisis berat jenis sedimen memperoleh nilai 2666 kg/m^3 .
- Hasil analisis konsentrasi sedimen memperoleh nilai $0,440 \text{ kg/liter}$.

Analisis Debit Dominan

Dalam menganalisis debit dominan, data yang akan digunakan adalah data debit harian Sungai Panasen selama 10 tahun yaitu dari tahun 2003-2012, yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Berdasarkan hasil analisis didapat nilai debit dominan yaitu $1,267 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Analisis Debit Sedimen Berdasarkan Rumus Empiris

Metode Einsten

- Analisis Debit Sedimen Dasar
Hasil analisis debit sedimen dasar dengan metode Einsten dapat dilihat dalam tabel 2.
- Analisis Debit Sedimen melayang
Untuk hasil analisis debit sedimen melayang dengan metode Einsten dapat dilihat dalam tabel 3.

Metode Bagnold

- Analisis Debit Sedimen Dasar
Hasil analisis debit sedimen dasar dengan metode Bagnold dapat dilihat dalam tabel 4.
- Analisis Debit Sedimen Melayang
Hasil analisis debit sedimen melayang dengan metode Bagnold dapat dilihat dalam tabel 5.

Tabel 2. Rekapitulasi Analisis Debit Sedimen Dasar Metode Einstein

A (m^2)	V (m^3/dt)	R	n	n'	Ψ	Φ	q_b ($\text{kg}/\text{m}/\text{dt}$)	Qb (kg/dt)	Qb (m^3/dt)	Qb (m^3/thn)
4,946	0,256	0,348	0,202	0,014	12,073	0,045	0,00603	0,0712	0,0000267	842,0112

Tabel 3. Rekapitulasi Analisis Debit Sedimen Melayang Metode Einstein

α (m)	U_*' (m/dt)	w (m/dt)	ks^*	x	Δ	Z	E	I_1	I_2	Cu g/l	q_s ($\text{kg}/\text{m}/\text{dt}$)	Qs (kg/dt)	Qs (m^3/dt)	Qs (m^3/thn)
0,0021	0,194	0,103	17,37	1	0,00104	1,32	0,0012	0,685	-4,06	0,44	0,000383	0,00452	0,0000017	33,6112

Tabel 4. Rekapitulasi Analisis Debit Sedimen Dasar Metode Bagnold

A (m^2)	V (m^3/dt)	R	C'	T	$\tan \alpha$	eb	q_b ($\text{kg}/\text{m}/\text{dt}$)	Qb (kg/dt)	Qb (m^3/dt)	Qb (m^3/thn)
4,946	0,256	0,348	48,361	0,275	0,627	0,131	0,00886	0,103	0,0000392	1236,694

Tabel 5. Rekapitulasi Analisis Debit Sedimen Dasar Metode Bagnold

C'	T	F	Ω (m/dt)	q_s ($\text{kg}/\text{m}/\text{dt}$)	Qs (kg/dt)	Qs (m^3/dt)	Qs (m^3/thn)
48,361	0,275	0,748	0,083	0,00131	0,0155	0,0000058	182,8521

Dalam pengukuran kecepatan aliran untuk menganalisis debit sedimen yang dilakukan pada bulan Maret dan April, debit aliran yang diukur dinilai tidak mewakili debit aliran sepanjang tahun sehingga digunakan debit dominan. Nilai dari debit dominan dianggap mewakili debit aliran air sepanjang tahun. Maka debit sedimen dasar dianalisis menggunakan nilai debit ukur dan debit hitung (debit dominan).

Menurut metode Einstein dan metode Bagnold, total angkutan sedimen didapat dari penjumlahan hasil dari angkutan sedimen dasar dan angkutan sedimen melayang. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Total Angkutan

Metode	Q _b (m ³ /tahun)	Q _s (m ³ /tahun)	Q _{total} = Q _b + Q _s (m ³ /tahun)
Einstein	842,0112	53,6112	895,6224
Bagnold	1236,694	182,8521	1419,5461

Berdasarkan hasil analisis, metode Bagnold menunjukkan nilai yang lebih besar daripada metode Einstein. Hal ini disebabkan selain parameter debit dan ukuran butiran, metode Bagnold juga memperhitungkan Parameter gaya geser (τ).

PENUTUP

Kesimpulan

Perhitungan total angkutan sedimen di sungai Panasen berdasarkan rumus empiris dengan metode Einstein dan metode Bagnold yang dihitung berdasarkan debit dominan memberikan hasil sebagai berikut:

1. Metode Einstein

$$Q_{\text{dominan}} = 1,267 \text{ m}^3/\text{det}, \text{ maka } Q_{\text{total}} = 895,6224 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

2. Metode Bagnold

$$Q_{\text{dominan}} = 1,267 \text{ m}^3/\text{det}, \text{ maka } Q_{\text{total}} = 1419,5461 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan total angkutan sedimen di muara sungai Panasen diperoleh bahwa metode Bagnold memberikan hasil yang paling besar.

Saran

Perlu dilakukan penelitian secara terus-menerus dalam menganalisis debit sedimen yang mencakup sedimen dasar dan sedimen melayang di sungai Panasen sehingga dapat diketahui perkembangan sedimen di sungai Panasen.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Wilayah Sungai Sulawesi I Sulawesi Utara. Data Debit Aliran Sungai Panasen Tahun 2003-2012.
- Daryl S and Sentruk F, 1977, *Sediment Transport Technology*, Water Resources Publication Fort Collins, Colorado, USA, hal 531,556,559-560
- Kadow, James Cheni, 2000, Analisa Pendangkalan Danau Tondano Akibat Sedimentasi. Skripsi Program S1 Teknik Universtas Sam Ratulangi, Manado, hal 65.
- Soewarno, 1991, Pengukuran Dan Pengelolaan Data Aliran Sungai (Hidrometri), Nova, Bandung, hal 26-29, 644-655, 694-702.
- Suparto, 1995, Karakteristik dan Potensi Sumber daya Lahan daerah Tondano Selatan Sulawesi utara, Pusat penelitian tanah dan agroklimat dan BAPPEDA Tk. I Sulawesi Utara, Manado.