

LAMPIRAN 1
DISTRIBUSI UKURAN BUTIRAN

1. Segmen 1 Jembatan Bantar

Perhitungan Analisis Ukuran Butiran :

1) berat tertahan (%)

$$\begin{aligned}\text{Berat tertahan (\%)} &= \frac{\text{berat tertahan (gr)}}{\text{berat total tertahan}} \times 100 \\ &= \frac{1,49}{499,98} \times 100 \\ &= 0,298 \%\end{aligned}$$

2) Berat komulatif (%)

$$\begin{aligned}&= \text{Berat komulatif sebelumnya (\%)} + \text{Berat tertahan yang di tinjau} \\ &= 0 + 0,298 \\ &= 0,298 \%\end{aligned}$$

3) Berat komulatif lolos ayakan (%)

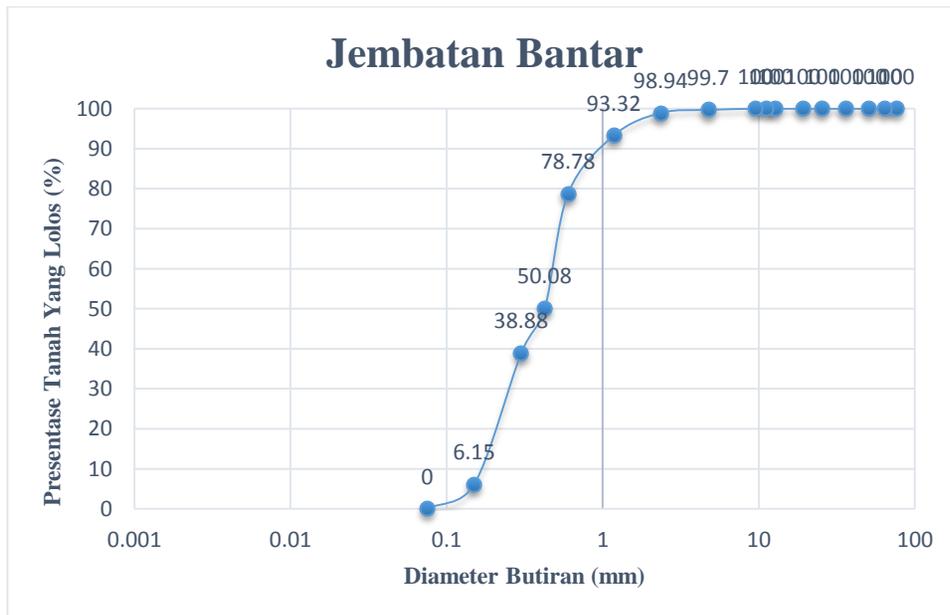
$$\begin{aligned}\text{Berat komulatif lolos ayakan (\%)} &= 100\% - \text{Berat komulatif \%} \\ &= 100 - 0,298 \\ &= 99,70 \%\end{aligned}$$

Tabel analisis ukuran butiran pada segmen pertama

Lokasi asal sampel	Sungai Progo pada segmen Jembatan Bantar				
Jenis sampel	Sedimen dasar Sungai				
Berat sampel yang di uji	500 gram				
Tanggal pengujian	30 Maret 2017				
Lokasi pengujian	Laboratorium teknik sipil UMY				
Analisis Distribusi Ukuran Butiran					
Diamter	Berat				
(mm)	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Kumulatif (gr)	Kumulatif (%)	Lolos (%)
76.2	-	-	-	-	100
63.5	-	-	-	-	100
508	-	-	-	-	100
36.1	-	-	-	-	100
25.4	-	-	-	-	100
19.1	-	-	-	-	100
12.7	-	-	-	-	100
11.2	-	-	-	-	100
9.52	-	-	-	-	100
4.75	1,49	0,298	1,49	0,298	99,70

2.35	3,81	0,762	5,3	1,06	98,94
1.18	13,10	2,62	18,4	3,68	93,32
0.6	87,74	17,54	106,14	21,22	78,78
0.425	128,48	25,697	234,62	49,917	50,08
0,3	71,02	14,20	305,64	61,117	38,88
0.15	163,68	32,73	469,32	93,847	6,15
0.075	23,07	4,614	492,38	98,461	1,53
Pan	7,59	1,518	499,98	100	0
jumlah	499,98	100			

4) Dari hasil perhitungan kemudian ditampilkan dalam grafik.



Grafik analisis ukuran butiran

5) Dihitung jumlah sampel tanah yang hilang selama proses pengujian dengan rumus.

$$\begin{aligned} &= \frac{w-w_i}{w} \times 100 \% \\ &= \frac{500-499,98}{500} \times 100 \% \\ &= 0,004 \% \end{aligned}$$

2. Segmen 3 Dusun Blibis-Srandakan

Perhitungan Analisis Ukuran Butiran :

1) berat tertahan (%)

$$\begin{aligned} \text{Berat tertahan (\%)} &= \frac{\text{berat tertahan (gr)}}{\text{berat total tertahan}} \times 100 \\ &= \frac{9,92}{499,53} \times 100 \\ &= 1,985 \% \end{aligned}$$

2) Berat komulatif (%)

$$\begin{aligned} &= \text{Berat komulatif sebelumnya (\%)} + \text{Berat tertahan yang di tinjau} \\ &= 0 + 0,298 \\ &= 1,985 \% \end{aligned}$$

3) Berat komulatif lolos ayakan (%)

$$\begin{aligned} \text{Berat komulatif lolos ayakan (\%)} &= 100\% - \text{Berat komulatif \%} \\ &= 100 - 1,985 \\ &= 98,01 \% \end{aligned}$$

Tabel analisis ukuran butiran pada segmen ke-tiga

Lokasi asal sampel	Sungai Progo pada segmen dusun Blibis (muara)				
Jenis sampel	Sedimen dasar Sungai				
Berat sampel yang di uji	500 gram				
Tanggal pengujian	30 Maret 2017				
Lokasi pengujian	Laboratorium teknik sipil UMY				
Analisis Distribusi Ukuran Butiran					
Diamter	Berat				
(mm)	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Komulatif (gr)	Komulatif (%)	Lolos (%)
76.2	-	-	-	-	100
63.5	-	-	-	-	100
508	-	-	-	-	100
36.1	-	-	-	-	100
25.4	-	-	-	-	100
19.1	-	-	-	-	100
12.7	9,92	1,985	9,92	1,985	98,01
11.2	17,83	3,57	27,75	5,555	94,44
9.52	12,57	2,516	40,32	8,071	91,92
4.75	36,34	7,274	76,66	15,345	84,65

2.35	77,77	15,56	154,43	30,905	69,09
1.18	70,04	14,02	224,47	44,925	55,07
0.6	130,06	26,03	354,53	70,955	29,04
0.425	62,96	12,60	417,49	83,555	16,44
0,3	20,09	4,02	437,58	87,575	12,42
0.15	30,67	6,14	468,25	93,715	6,28
0.075	28,76	5,75	497,01	99,465	0,53
Pan	2,52	0,50	499,53	100	0
jumlah	499,53	100			

4) Dari hasil perhitungan kemudian ditampilkan dalam grafik .



Grafik analisis ukuran butiran.

5) Dihitung jumlah sampel tanah yang hilang selama proses pengujian dengan rumus.

$$= \frac{w-w_i}{w} \times 100 \%$$

$$= \frac{500-499,53}{500} \times 100 \%$$

$$= 0,094 \%$$

Jadi, jumlah sampel yang hilang selama proses pengujian yaitu sebanyak 0,094 %

LAMPIRAN 2

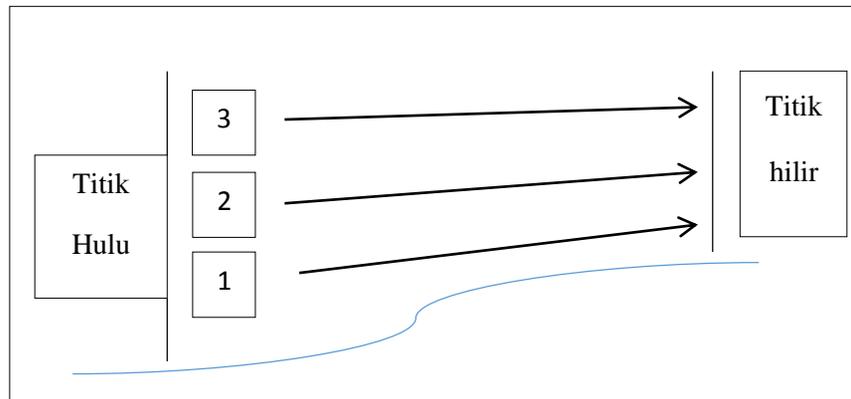
HIDROMETRI

1. Segmen 1 Jembatan Bantar.

Tabel hasil pengukuran dilapangan segmen 1 Sungai Progo Hilir

aliran	
$L = \text{jarak (m)}$	$t = \text{waktu (d)}$
10	21,56
10	19,73
10	22,29

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)



Gambar ilustrasi pengambilan data kecepatan aliran

$$\text{Kecepatan aliran, } V = \frac{L}{T}$$

dengan :

V = kecepatan aliran (m/detik)

L = jarak (meter)

T = waktu (detik)

Contoh perhitungan kecepatan aliran pada Sungai Progo di titik Kebon Agung I :

$$\text{Aliran} = \left(\frac{10}{21,56} + \frac{10}{19,73} + \frac{10}{22,29} \right)$$

$$\text{V permukaan} = \left(\frac{0,46+0,51+0,45}{3} \right)$$

$$= 0,47 \text{ m/detik}$$

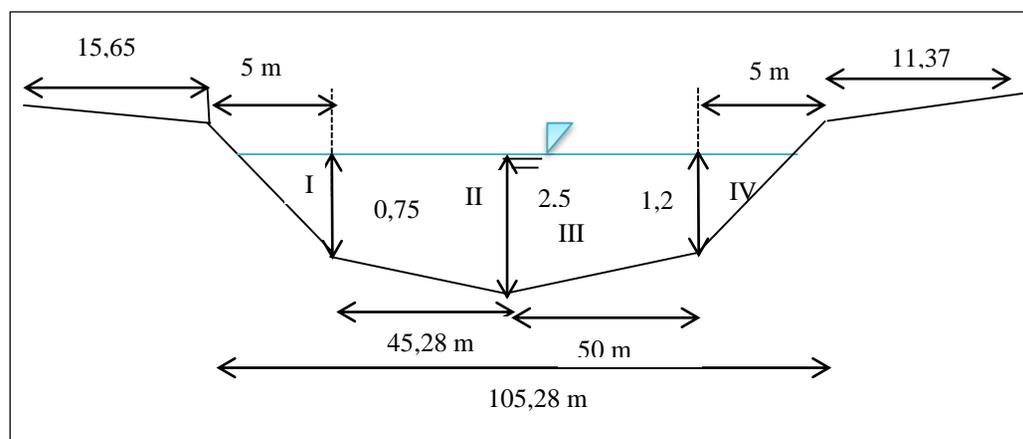
Setelah kecepatan permukaan sungai diketahui kemudian dikalikan faktor koreksi C untuk memperoleh kecepatan yang mewakili penampang yang ditinjau. Nilai C yang dipakai adalah 0,90 diambil dari rata-rata dari nilai 0,85-0,95.

$$\text{V rata-rata Aliran} = 0,47 \cdot 0,90$$

$$= 0,423 \text{ m/detik}$$

a. Luas penampang basah aliran sungai

Dari pengukuran di lapangan pada lokasi Jembatan Bantar diperoleh data sebagai berikut: kedalaman aliran bagian kanan = 1,2 m, kedalaman aliran bagian tengah = 2,5 m, kedalaman aliran bagian kiri = 0,75 lebar dasar saluran = 105,28 m.



Sketsa Penampang Melintang Sungai Progo titik Jembatan Bantar

Contoh perhitungan luas penampang aliran segmen Jembatan Bantar

$$\begin{aligned}\text{Luas Segmen I : } A &= \frac{\text{Alas} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{0,75 \times 5}{2} \\ &= 1,875 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Segmen II : } A &= \frac{\text{Jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(0,75+2,5) \times 45,28}{2} \\ &= 73,58 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Segmen III : } A &= \frac{\text{Jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(1,2+2,5) \times 50}{2} \\ &= 92,5 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Segmen IV : } A &= \frac{\text{Alas} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{1,2 \times 5}{2} \\ &= 3 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Debit

$$Q = A \times V \dots\dots\dots \text{persamaan 3.}$$

dengan :

$$Q = \text{debit aliran (m}^3/\text{detik)}$$

$$A = \text{luas penampang aliran (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{kecepatan aliran (m/detik)}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$= 170,955 \times 0,423$$

$$= 72,32 \text{ m}^3/\text{detik}$$

1. Analisis perhitungan morfologi segmen Jembatan Bantar

a. Menghitung *Entrenchment Ratio* = $\frac{\text{lebar aliran banjir (Wfpa)}}{\text{lebar aliran sungai (Wbkt)}}$

$$= \frac{113,56}{105,28}$$

$$= 1,08 \text{ (Tipe A, F,G)}$$

b. Menghitung *Width/Dept Ratio (W/D Ratio)* = $\frac{\text{lebar aliran sungai (Wbkf)}}{\text{kedalaman aliran (Dbkf)}}$

$$= \frac{105,28}{2,5}$$

$$= 42,112 \text{ (Tipe D)}$$

c. Menghitung kemiringan sungai (*Slope*)

Menghitung kemiringan dilakukan per titik tinjauan dengan jarak 10 meter dan pengambilan data di lakukan jarak total 100 meter.

$$\text{Kemiringan sungai aliran} = \frac{\text{Elevasi atas} - \text{Elevasi bawah}}{\text{jarak}} \times 100\%$$

$$= \frac{63 - 61}{100} \times 100\%$$

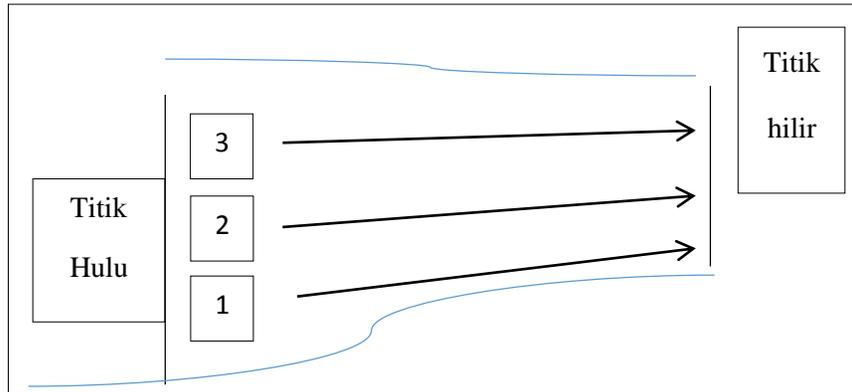
$$= 2\% \rightarrow \text{(Tipe B dan G)}$$

2. Segmen 3 Dusun Blibis-Srandakan.

Tabel hasil pengukuran dilapangan Sungai Progo Hilir titik 3 (Dsn.Blibis).

Aliran I		Aliran II		Aliran III	
Jarak (m)	Waktu (det)	Jarak (m)	Waktu (det)	Jarak (m)	Waktu (det)
6	10,16	6	5,85	6	10,11
6	11,43	6	6,15	6	10,78
6	12,53	6	6,75	6	11,09

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)



Gambar pengambilan data kecepatan aliran

$$\text{Kecepatan aliran, } V = \frac{L}{T}$$

dengan :

V = kecepatan aliran (m/detik)

L = jarak (meter)

T = waktu (detik)

Contoh perhitungan kecepatan aliran pada Sungai Progo Hilir pada segmen Dsn.Blibis :

$$\begin{aligned} \text{Aliran I} \quad V &= \left(\frac{6}{10,16} + \frac{6}{11,43} + \frac{6}{12,53} \right) / 3 \\ &= \left(\frac{0,59 + 0,524 + 0,478}{3} \right) \\ &= 0,530 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aliran II} \quad V &= \left(\frac{6}{5,85} + \frac{6}{6,15} + \frac{6}{6,75} \right) / 3 \\ &= \left(\frac{1,025 + 0,975 + 0,888}{3} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,962 \text{ m/detik}$$

$$\text{Aliran III} \quad V = \left(\frac{6}{10,11} + \frac{6}{10,78} + \frac{6}{11,09} \right) / 3$$

$$= \left(\frac{0,593 + 0,556 + 0,541}{3} \right)$$

$$= 0,563 \text{ m/detik}$$

$$\text{Rata-rata aliran} = \left(\frac{\text{aliran 1} + \text{aliran 2} + \text{aliran 3}}{3} \right)$$

$$= \left(\frac{0,530 + 0,962 + 0,563}{3} \right)$$

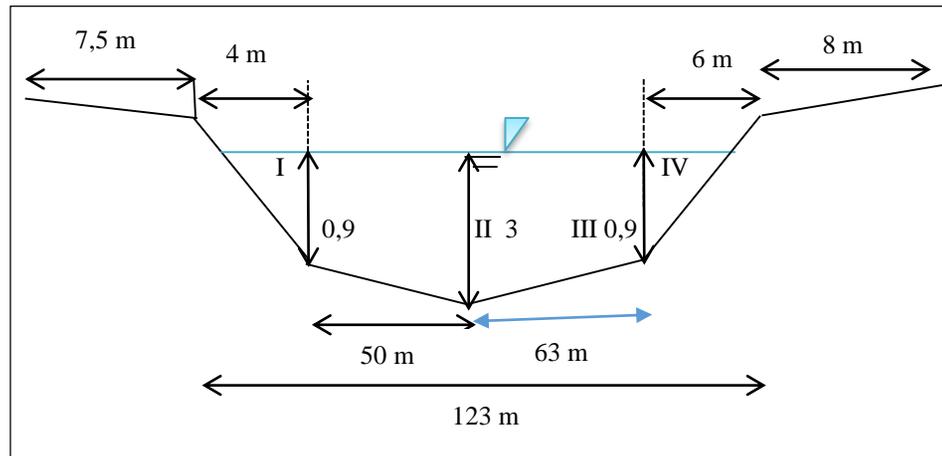
$$= 0,685 \text{ m/detik}$$

Hasil diatas merupakan perhitungan kecepatan aliran permukaan, bukan kecepatan penampang aliran, maka untuk mendapatkan kecepatan penampang aliran, maka dikalikan faktor koreksi C untuk memperoleh kecepatan yang mewakili penampang yang ditinjau. Nilai C yang dipakai adalah 0,90 diambil dari rata-rata dari nilai 0,85-0,95.

$$\text{Rata-rata aliran} \quad V = 0,685 \text{ m/detik} \times 0,90 = 0,616 \text{ m/detik}$$

i. Luas penampang basah aliran sungai

Dari pengukuran di lapangan pada Sungai Progo Hilir segmen Dsn.Blibis diperoleh data sebagai berikut : lebar dasar saluran = 123 m, kedalaman aliran bagian kiri = 0,9 m, bagian tengah = 3 dan bagian kanan sungai = 0,9.



Sketsa penampang melintang Sungai Dsn.Blibis Kec.Srandakan

Perhitungan luas penampang aliran segmen Dsn.Blibis.

$$\begin{aligned} \text{Luas Segmen I : } A &= \frac{\text{Alas} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{4 \times 0,9}{2} \\ &= 1,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Segmen II : } A &= \frac{\text{Jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(0,62+2) \times 50}{2} \\ &= 97,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Segmen III : } A &= \frac{\text{Jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(2+0,62) \times 63}{2} \\ &= 122,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Segmen IV: } A &= \frac{\text{Alas} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{6 \times 0,9}{2} \\ &= 2,7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Total luas penampang sungai adalah 224,8 m²

j. Debit

$$Q = A \times V$$

dengan :

$$Q = \text{debit aliran (m}^3\text{/detik)}$$

$$A = \text{luas penampang aliran (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{kecepatan aliran (m/detik)}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$= 224,8 \times 0,616$$

$$= 138,5 \text{ m}^3\text{/detik}$$

2. Analisis perhitungan morfologi

d. Menghitung *Entrenchment Ratio*.

$$\text{Entrenchment Ratio} = \frac{\text{lebar aliran banjir (Wfpa)}}{\text{lebar aliran sungai (Wbkt)}}$$

$$= \frac{138,5}{123}$$

$$= 1,12 \quad (\text{tipe sungai A, F dan G})$$

b. Menghitung *width/depth ratio (W/D ratio)*

$$\text{Width/depth ratio (W/D ratio)} = \frac{\text{lebar aliran sungai (Wbkf)}}{\text{kedalaman aliran (Dbkf)}}$$

$$= \frac{123}{1,6}$$

$$= 76,87 \quad (\text{tipe sungai D})$$

c. Menghitung kemiringan sungai (*slope*)

Menghitung kemiringan dilakukan per titik tinjauan dengan jarak 10m dan pengambilan data dilakukan dengan jarak total 100 m.

$$\text{Kemiringan sungai} = \frac{\text{elevasi}}{100} \times 100 \%$$

$$= \frac{23}{100} \times 100 \%$$

$$= 0,23\% = 0,0023 \text{ (tipe sungai DA < 0,5\%)}$$

d. Menentukan jenis butiran material permukaan yang dominan (D-50).

Dari tabel analisis ukuran butiran pada segmen Dsn.Blibis, Diketahui nilai D-50= 1 mm, jadi dapat disimpulkan bahwa material dasar permukaan yang dominan adalah material lanau berukuran kurang lebih 1 mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa morfologi Sungai Progo Hilir pada tinjauan jembatan Srandakan adalah sungai tipe **F5b**.

Tabel hasil perhitungan *Entrenchement Ratio* dan *W/D Ratio* Sungai Progo Hilir

No	Titik	Lebar Aliran Banjir (m)	Lebar Aliran Sungai (m)	Keda Laman Aliran (m)	<i>Entrenchement Ratio</i>		<i>W/D Ratio</i>	
					Nilai	klasifikasi	Nilai	klasifikasi
1	Jembatan Bantar	113,56	105,2	2,5	1,08	A, F, G	42,112	D
2	Srandakan	141	125,5	1,08	1,123	A, F, G	116,2	D
3	Dsn.Blibis	138,5	123	1,6	1,12	A, F, G	76,87	D

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

Tabel Hasil Perhitungan Kemiringan Dasar Sungai/*Slope*, Material Dominan (d50), dan Tipe Morfologi Sungai Progo Hilir

No	Titik	Kemiringan dasar sungai/slope			klasifikasi	Material Dominan (D50)		Tipe Sungai Morfologi
		Elevasi (m)	Panjang (m)	Nilai (%)		Ukuran (mm)	Klasifikasi	
1	Jembatan Bantar	63	100	0,063	DA	0,97	Pasir	F5b
2	Jembatan Srandakan	31	100	0,031	DA	1,05	Pasir	F5b
3	Dsn. Blibis	23	100	0,023	DA	1	Pasir	F5b

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

LAMPIRAN 3
PERHITUNGAN POROSITAS

1. Segmen 1 Jembatan Bantar

Perhitungan porositas material dasar sungai pada segmen Jembatan Bantar

a. Pengujian gradasi ps_j (proporsi kelas j)

$$\begin{aligned}
 P_{sj} \text{ (proporsi) kelas 1} &= \frac{\% \text{ komulatif}}{100} \\
 &= \frac{0,55}{100} \\
 &= 0,0055
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter butiran kelas 1} &= \sqrt{(dd_1 \times dd_2)} \\
 &= \sqrt{(0,000075 \times 0,00015)} \\
 &= 0,00011 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada Segmen Jembatan Bantar

$gs \ d(j) = \sqrt{(dd(j) \cdot dd(j+1))}$		Proporsi $fs(j)$	Proporsi $fs(j)$ (%)	j-th ukuran butir $dd(j+1) = d(j)^2 / dd(j)$ (m)		Kumulatif distribusi Ukuran Butiran (%)	Diameter saringan
$d(1)$	0,00011	0,0055	0,55	$dd(1)$	0,000075	0,55	0,075
$d(2)$	0,00016	0,0102	1,02	$dd(2)$	0,00015	1,57	0,15
$d(3)$	0,00021	0,0217	2,17	$dd(3)$	0,0003	3,74	0,3
$d(4)$	0,00036	0,0130	1,30	$dd(4)$	0,000425	5,04	0,425
$d(5)$	0,00050	0,0136	1,36	$dd(5)$	0,0006	6,4	0,6
$d(6)$	0,00084	0,0262	2,62	$dd(6)$	0,00118	9,02	1,18
$d(7)$	0,0033	0,1755	17,55	$dd(7)$	0,00236	26,57	2,36
$d(8)$	0,0067	0,2250	22,50	$dd(8)$	0,00475	49,07	4,75

$d(9)$	0,01032	0,1420	14,20	$dd(9)$	0,00952	63,27	9,52
$d(10)$	0,01183	0,3054	30,54	$dd(10)$	0,0112	93,81	11,2
$d(11)$	0,01545	0,0613	6,13	$dd(11)$	0,0125	100	12,5

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

Dengan :

Diameter saringan = kolom 1,5 dan 8

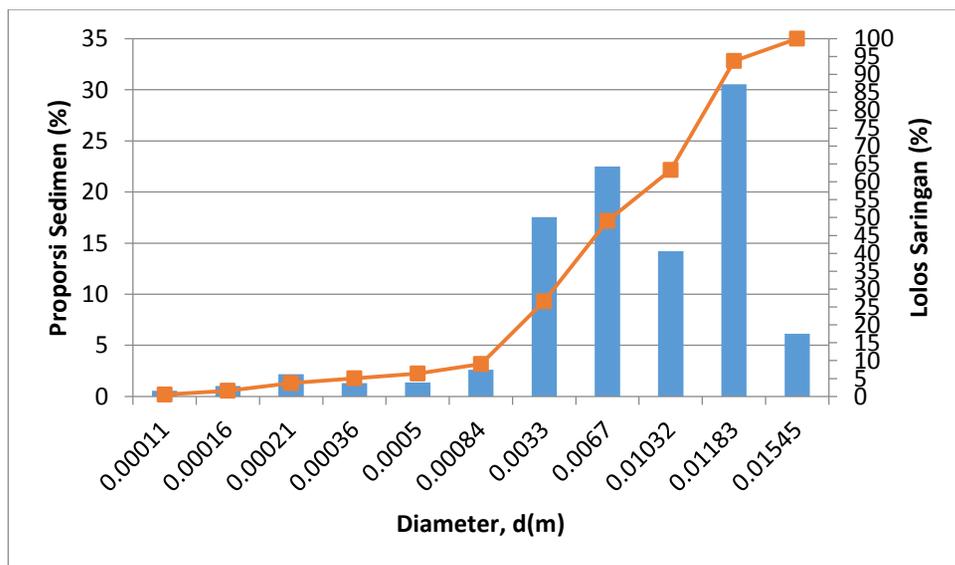
Representative gradasi = kolom 2

Proportion f_s = kolom 3

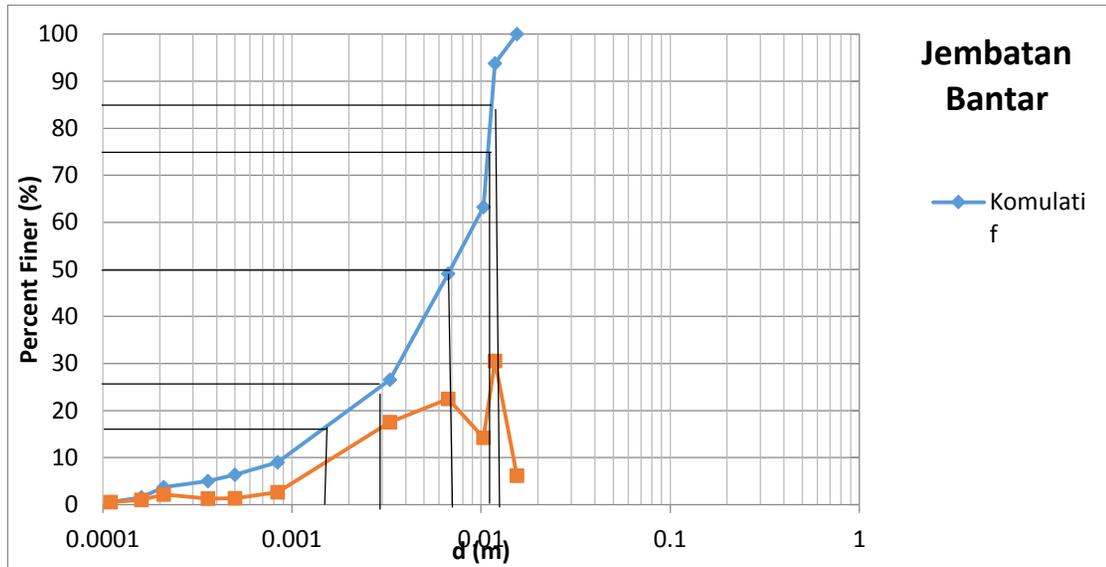
Proportion f_s (%) = kolom 4

j -th grain size = kolom 6

kumulatif distribusi ukuran butiran = kolom 7



Grafik distribusi ukuran butiran dan kolom proporsi persentase sedimen pada titik Jembatan Bantar



Grafik Diameter dominan (d_{50}) dan Diameter puncak (d_{peak}) pada titik Jembatan Bantar

- b. Tipe distribusi ukuran butiran ditentukan berdasarkan nilai parameter γ dan β (*gamma* dan *beta*)

$$\gamma = \frac{\log d_{max} - \log d_{50}}{\log d_{max} - \log d_{min}}$$

$$\beta = \frac{\log d_{max} - \log d_{peak}}{\log d_{max} - \log d_{min}}$$

dengan :

γ = (*gamma*) parameter untuk menentukan jenis/tipe distribusi ukuran butir

β = (*beta*) parameter untuk menentukan jenis/tipe distribusi ukuran butir.

d_{max} = diameter maksimal

d_{\min} = diameter minimal

d_{50} = diameter tengah

d_{peak} = diameter puncak

$$\begin{aligned}\gamma &= \frac{\log d_{\max} - \log d_{50}}{\log d_{\max} - \log d_{\min}} \\ &= \frac{\log 0,0125 - \log 0,0063}{\log 0,0125 - \log 0,000075} \\ &= 0,1339\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{\log d_{\max} - \log d_{\text{peak}}}{\log d_{\max} - \log d_{\min}} \\ &= \frac{\log 0,0125 - \log 0,00055}{\log 0,0125 - \log 0,000075} \\ &= 0,6105\end{aligned}$$

Dari hasil parameter γ dan β (*gamma* dan *beta*) dan grafik yang di tunjukkan pada Gambar 3.20 . maka kemudian dapat diketahui jenis distribusi ukuran butiran berdasarkan diagram hubungan antara γ dan β dengan indikasi tipe distribusi M Talbot, Log normal, anti Talbot. Dari diagram tersebut diketahui bahwa jenis distribusi ukuran butirnya adalah Log normal. Tipe distribusi ukuran butir Log normal adalah yang sering terjadi jika material dasar sungai dominan butiran seragam berupa material kasar dan material halus.

- c. Diameter median (d_{mean}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}d_{\text{mean}} &= (d_j \times p_{sj}) \\ &= (0,00011 \times 0,0055) \\ &= 0,0000006\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama kemudian dihitung diameter median (d_{mean}) seluruh fraksi kemudian dijumlahkan seluruhnya.

$$d_{mean} \text{ total} = (\sum d_{mean})$$

$$= 0,0068$$

d. Menghitung Ln (diameter fraksi 1)

$$Ln(d_j) = Ln(0,00011)$$

$$= -9,12$$

e. Menghitung Ln (diameter median)

$$Ln(d) = Ln(0,0068)$$

$$= -4,99$$

f. Standar Deviasi (σ_L)

$$\sigma_L d_j = (Ln(d_j) - Ln(d))^2 \cdot P_{sj}$$

$$= (Ln(-9,12) - Ln(-4,99))^2 \cdot 0,0055$$

$$= 0,0938$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama, dihitung standar deviasi diameter seluruh fraksi, setelah nilai standar deviasi diameter seluruh fraksi di ketahui, selanjutnya nilai Standar Deviasi dijumlahkan. Hasil perhitungan standar deviasi pada titik Jembatan Bantar dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel hasil perhitungan standar deviasi pada titik Jembatan Bantar

no	$(d \text{ mean}) = d_j \times p_{sj}$	d	d_j	p_{sj}	$d \text{ mean}$	$Ln(d_j)$	$Ln(d)$	$\sigma_L d_j = ((Ln(d_j) - Ln(d))^2 \times p_{sj})$
1	0,0000006	d_1	0,00011	0,0055	0,0068	-9,12	-4,99	0,0938
2	0,0000001	d_2	0,00016	0,0102	0,0068	-8,74	-4,99	0,1434
3	0,0000006	d_3	0,00021	0,0217	0,0068	-8,46	-4,99	0,2613
4	0,0000004	d_4	0,00036	0,0130	0,0068	-7,93	-4,99	0,1124

5	0,000006	d5	0,00050	0,0136	0,0068	-7,60	- 4,99	0,0926
6	0,000022	d6	0,00084	0,0262	0,0068	-7,08	- 4,99	0,1144
7	0,000579	d7	0,0033	0,1755	0,0068	-5,71	- 4,99	0,0910
8	0,000151	d8	0,0067	0,2250	0,0068	-5,00	- 4,99	0,00002
9	0,001465	d9	0,01032	0,1420	0,0068	-4,57	- 4,99	0,0250
10	0,003613	d10	0,01183	0,3054	0,0068	-4,44	- 4,99	0,0924
11	0,000947	d11	0,01545	0,0613	0,0068	-4,17	- 4,99	0,0412
Jumlah	0,0068		0,04978			-72,82	sigma	1,0675

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

- g. Setelah mencari nilai d_{50}/d_g dengan menentukan batas atas (*upper boundary*) dan batas bawah (*under boundary*) dari komulatif distribusi ukuran butiran.

$$\text{Batas atas} = 62,58, \text{ diameter} = 0,00952$$

$$\text{Batas bawah} = 49,10, \text{ diameter} = 0,00475$$

$$d_{50} = d_{\text{batas bawah}} + \left(\frac{50 - \text{batas bawah}}{\text{batas atas} - \text{batas bawah}} \right) \cdot (d_{\text{batas atas}} - d_{\text{batas bawah}})$$

$$= 0,00475 + \left(\frac{50 - 49,10}{62,58 - 49,10} \right) \cdot (0,00952 - 0,00475)$$

$$= 0,0051$$

- h. Nilai puncak diambil dari proporsi terbanyak pada distribusi ukuran butiran

$$d_{\text{puncak}} / d_{\text{peak}} = 0,00055$$

- i. Setelah $\Sigma \sigma_L$ diketahui maka besaran nilai porositas material dasar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$n_T(x\%) = \frac{\text{Ln}(f(d_{x\%}))}{\text{Ln}\left(\frac{\log d_{x\%} - \log d_{\min}}{\log d_{\max} - \log d_{\min}}\right)} \dots\dots\dots \text{persamaan 3.29}$$

dengan :

n_T = angka Talbot

$d_{x\%}$ = persentase angka Talbot

$$\begin{aligned}n_T(16\%) &= \frac{\text{Ln}(f(0,0013))}{\text{Ln}\left(\frac{\log 0,0013 - \log 0,000075}{\log 0,0125 - \log 0,000075}\right)} \\ &= 0,7105\end{aligned}$$

- j. Kemudian dicari nilai $n_T(16\%)$, $n_T(25\%)$, $n_T(50\%)$, $n_T(75\%)$, $n_T(85\%)$, dan nilai n_T rata-rata.

$$\begin{aligned}n_T &= \frac{n_T(16\%) + n_T(25\%) + n_T(50\%) + n_T(75\%) + n_T(85\%)}{5} \\ &= \frac{n_T(0,7105) + n_T(0,6797) + n_T(0,7009) + n_T(1,3768) + n_T(2,0968)}{5} \\ &= 1,1081\end{aligned}$$

- k. Setelah nilai n_T rata-rata diketahui, selanjutnya nilai porositas dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}d_{max}/d_{min} &= 0,0125/0,000075 \\ &= 166,67\end{aligned}$$

Karena nilai $d_{max}/d_{min} > 100$ maka persamaan yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned}\gamma &= 0,0125 \times n_T \text{ rata-rata} + 0,3 \\ &= 0,0125 \times 1,1081 + 0,3 \\ &= 0,3138\end{aligned}$$

- l. Jadi nilai porositas pada titik Jembatan Bantar adalah 0,3138 (31,38)

Tabel hasil perhitungan porositas pada titik Jembatan Bantar

<i>d</i> maksimal	0,012500
<i>d</i> minimal	0.000075
Batas atas	62,58,
Batas bawah	49,10
<i>d</i> 50/ <i>d</i> _g	0,0063
<i>d</i> puncak/ <i>d</i> peak	0,0055
<i>Gamma</i>	0,1339
<i>beta</i>	0,6105
sigma	1,0675
porositas	0,3138

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

2. Segmen 3 Dusun Blibis-Srandakan.

Perhitungan porositas material dasar sungai pada segmen 3 Dusun Blibis Srandakan.

a. Pengujian gradasi *psj* (proporsi kelas *j*)

$$\begin{aligned}
 P_{sj} \text{ (proporsi) kelas 1} &= \frac{\% \text{ kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{1,985}{100} \\
 &= 0,0198
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter butiran kelas 1} &= \sqrt{d_{d1} \times d_{d2}} \\
 &= \sqrt{0,000075 \times 0,00015} \\
 &= 0,00011 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada Segmen Dsn.Blibis

$gs\ d(j)=\sqrt{dd(j)*dd(j+1)}$		Proporsi fs(j)	Proporsi fs(j) (%)	j-th ukuran butir $dd(j+1)=d(j)^2/dd(j)$ (m)		Kumulatif distribusi Ukuran Butiran (%)	Diameter saringan
1		2	3	4		5	6
$d(1)$	0,00011	0,0198	1,985	$dd(1)$	0,000075	1,985	0,075
$d(2)$	0,00021	0,0357	3,57	$dd(2)$	0,00015	5,555	0,15
$d(3)$	0,00023	0,0251	2,516	$dd(3)$	0,0003	8,071	0,3
$d(4)$	0,00050	0,0727	7,274	$dd(4)$	0,00043	15,345	0,425
$d(5)$	0,00084	0,1565	15,56	$dd(5)$	0,0006	30,905	0,6
$d(6)$	0,00167	0,1402	14,02	$dd(6)$	0,00118	44,925	1,18
$d(7)$	0,00334	0,2603	26,03	$dd(7)$	0,00236	70,955	2,36
$d(8)$	0,00672	0,1260	12,60	$dd(8)$	0,00475	83,555	4,75
$d(9)$	0,01030	0,0402	4,02	$dd(9)$	0,00952	87,575	9,52
$d(10)$	0,01183	0,0614	6,14	$dd(10)$	0,0112	93,715	11,2
$d(11)$	0,01545	0,0625	6,25	$dd(11)$	0,0125	100	12,5
					0,0191		

Dengan :

Diameter saringan = kolom 1,5 dan 8

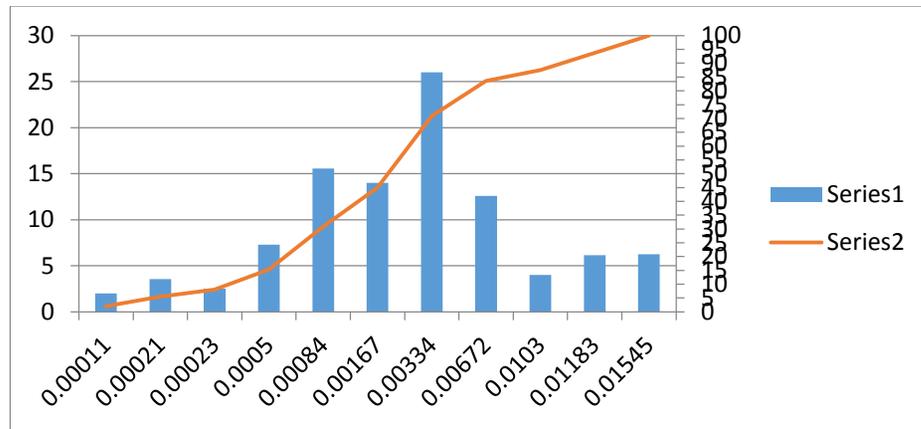
Representative gradasi = kolom 2

Proportion f_s = kolom 3

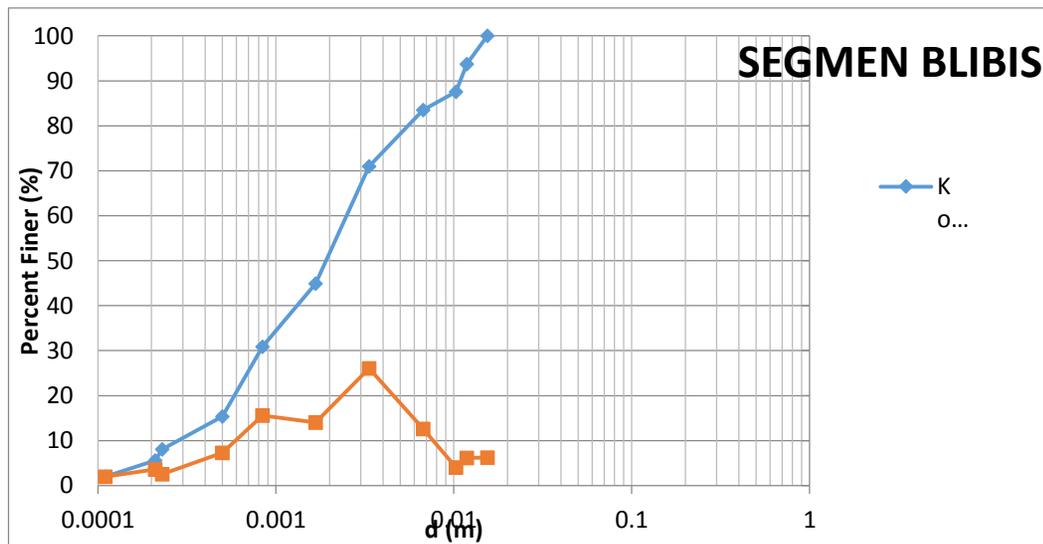
Proportion f_s (%) = kolom 4

j -th grain size = kolom 6

kumulatif distribusi ukuran butiran = kolom 7



Grafik distribusi ukuran butiran dan kolom proporsi presentase sedimen pada titik Dsn.Blibis.



Grafik Diameter dominan (d_{50}) dan diameter puncak (d_{peak}) pada titik 3 Dsn. Blibis.

- b. Tipe distribusi ukuran butiran ditentukan berdasarkan nilai parameter γ dan β (*gamma* dan *beta*)

$$\gamma = \frac{\log d_{max} - \log d_{50}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 3.8}$$

$$\beta = \frac{\log d_{max} - \log d_{peak}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 3.9}$$

dengan :

γ = (*gamma*) parameter untuk menentukan jenis/tipe distribusi ukuran butir

β = (*beta*) parameter untuk menentukan jenis/tipe distribusi ukuran butir

d_{max} = diameter maksimal

d_{min} = diameter minimal

d_{50} = diameter tengah

d_{peak} = diameter puncak

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{\log d_{max} - \log d_{50}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \\ &= \frac{\log 0,0125 - \log 0,0020}{\log 0,0125 - \log 0,000075} \\ &= 0,358 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{\log d_{max} - \log d_{peak}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \\ &= \frac{\log 0,0125 - \log 0,0018}{\log 0,0125 - \log 0,000075} \\ &= 0,379 \end{aligned}$$

Dari nilai parameter γ dan β (*gamma* dan *beta*) dan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3.21 maka kemudian dapat diketahui jenis distribusi ukuran butiran berdasarkan diagram hubungan antara γ dan β dengan indikasi tipe distribusi M talbot, log normal, anti Talbot. Dari diagram tersebut diketahui bahwa jenis distribusi ukuran butirnya adalah M Talbot. Tipe distribusi ukuran butir M Talbot, adalah yang sering terjadi jika material dasar sungai didominasi butiran seragam berupa material kasar dan material halus.

c. Diameter median (d_{mean}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}d_{\text{mean}} &= (d_j \times p_{sj}) \\ &= (0,00011 \times 0,0198) \\ &= 0,000022\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama kemudian dihitung diameter median (d_{mean}) seluruh fraksi kemudian dijumlahkan seluruhnya.

$$\begin{aligned}d_{\text{mean total}} &= (\sum d_{\text{mean}}) \\ &= 0,00425\end{aligned}$$

d. Menghitung \ln (diameter fraksi 1)

$$\begin{aligned}\ln(d_j) &= \ln(0,00011) \\ &= -9,1150\end{aligned}$$

e. Menghitung \ln (diameter median)

$$\begin{aligned}\ln(d) &= \ln(0,00425) \\ &= -5,460\end{aligned}$$

f. Standar deviasi (σ_L)

$$\begin{aligned}\sigma_L d_j &= \ln(d_j) - \ln(d)^2 p_{sj} \\ &= \ln(-9,1150) - \ln(-5,5214))^2 \cdot 0,0529 \\ &= 0,2645\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama, dihitung standar deviasi diameter seluruh fraksi, setelah nilai standar deviasi diameter seluruh fraksi diketahui, selanjutnya nilai standar deviasi dijumlahkan. Hasil perhitungan standar deviasi pada titik 2 selengkapnya dapat dilihat pada table berikut:

Tabel hasil perhitungan standar deviasi pada titik Jembatan Srandakan.

no	$(d \text{ mean}) = dj \times psj$	d	dj	psj	$d \text{ mean}$	$Ln(dj)$	$Ln(d)$	$\sigma_L dj = ((ln (dj) - (ln(d))^2) \times psj$
1	0,000002	$d1$	0,00011	0,0198	0,0042	-9,1150	-5,460	0,2645
2	0,000007	$d2$	0,00021	0,0357	0,0042	-8,470	-5,460	0,3234
3	0,000006	$d3$	0,00023	0,0251	0,0042	-8,340	-5,460	0,2082
4	0,000036	$d4$	0,00050	0,0727	0,0042	-7,600	-5,460	0,3330
5	0,00013	$d5$	0,00084	0,1565	0,0042	-7,0821	-5,460	0,4118
6	0,00023	$d6$	0,00167	0,1402	0,0042	-6,395	-5,460	0,1226
7	0,00087	$d7$	0,00334	0,2603	0,0042	-5,702	-5,460	0,0152
8	0,00085	$d8$	0,00672	0,1260	0,0042	-5,003	-5,460	0,0263
9	0,00042	$d9$	0,01030	0,0402	0,0042	-4,576	-5,460	0,0314
10	0,00073	$d10$	0,01183	0,0614	0,0042	-4,437	-5,460	0,0643
11	0,00097	$d11$	0,01545	0,0625	0,0042	-4,170	-5,460	0,1040
Jumlah	0,0042		0,0512			-70,89		1,9047

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

g. Setelah mencari nilai d_{50}/d_g dengan menentukan batas atas (*upper boundary*) dan batas bawah (*under boundary*) dari komulatif distribusi ukuran butiran.

Batas atas = 70,955, Diameter = 0,00236

Batas bawah = 44,925, Diameter = 0,00118

$$d_{50} = d_{\text{batas bawah}} + \left(\frac{50 - \text{batas bawah}}{\text{batas atas} - \text{batas bawah}} \right) \cdot (d_{\text{batas atas}} - d_{\text{batas bawah}})$$

$$= 0,00118 + \left(\frac{50 - 44,925}{70,955 - 44,925} \right) \cdot (0,00236 - 0,00118)$$

$$= 0,0014 \text{ m}$$

h. Nilai puncak diambil dari proporsi terbanyak pada distribusi ukuran butiran

$$d_{\text{puncak}} / d_{\text{peak}} = 0,0018$$

i. Setelah $\Sigma \sigma_L$ diketahui maka besaran nilai porositas material dasar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$n_T(x\%) = \frac{\text{Ln}(f(dx\%))}{\text{Ln}\left(\frac{\log dx\% - \log d_{\min}}{\log d_{\max} - \log d_{\min}}\right)} \dots\dots\dots \text{persamaan 3.29}$$

dengan :

n_T = angka Talbot

$d_{x\%}$ = persentase angka Talbot

$$\begin{aligned} n_T(16\%) &= \frac{\text{Ln}(f(dx\%))}{\text{Ln}\left(\frac{\log dx\% - \log 0,000075}{\log 0,0125 - \log 0,000075}\right)} \\ &= \frac{\text{Ln}(f(0,0005\%))}{\text{Ln}\left(\frac{\log 0,0005\% - \log 0,000075}{\log 0,0125 - \log 0,000075}\right)} \\ &= 7,662 \% = \frac{7,662}{16} \times 100\% = 0,479 \end{aligned}$$

k. Kemudian dicari nilai $n_T(16\%)$, $n_T(25\%)$, $n_T(50\%)$, $n_T(75\%)$, $n_T(85\%)$, dan nilai n_T rata-rata.

$$\begin{aligned} n_T &= \frac{n_T(16\%) + n_T(25\%) + n_T(50\%) + n_T(75\%) + n_T(85\%)}{5} \\ &= \frac{n_T(0,479) + n_T(0,370) + n_T(0,280) + n_T(0,317) + n_T(0,622)}{5} \\ &= 0,4136. \end{aligned}$$

1. Setelah nilai n_T rata-rata diketahui, selanjutnya nilai porositas dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} d_{max}/d_{min} &= 0,0125/0,000075 \\ &= 166,67 \end{aligned}$$

Karena nilai $d_{max}/d_{min} > 100$ maka persamaan yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} \gamma &= 0,0125 \times n_T \text{ rata-rata} + 0,3 \\ &= 0,0125 \times 0,4136 + 0,3 \\ &= 0,3052 \end{aligned}$$

- m. Jadi nilai porositas pada titik Dusun Blibis adalah 0,3052 (30,52%)

Tabel hasil perhitungan porositas pada titik Dusun Blibis.

d maksimal	0,0125
d minimal	0,000075
Batas atas	70,955
Batas bawah	44,925
d_{50}/d_g	0,002
d puncak/ d peak	0,0018
<i>Gamma</i>	0,358
<i>beta</i>	0,379
sigma	1,9047
porositas	0,3052

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

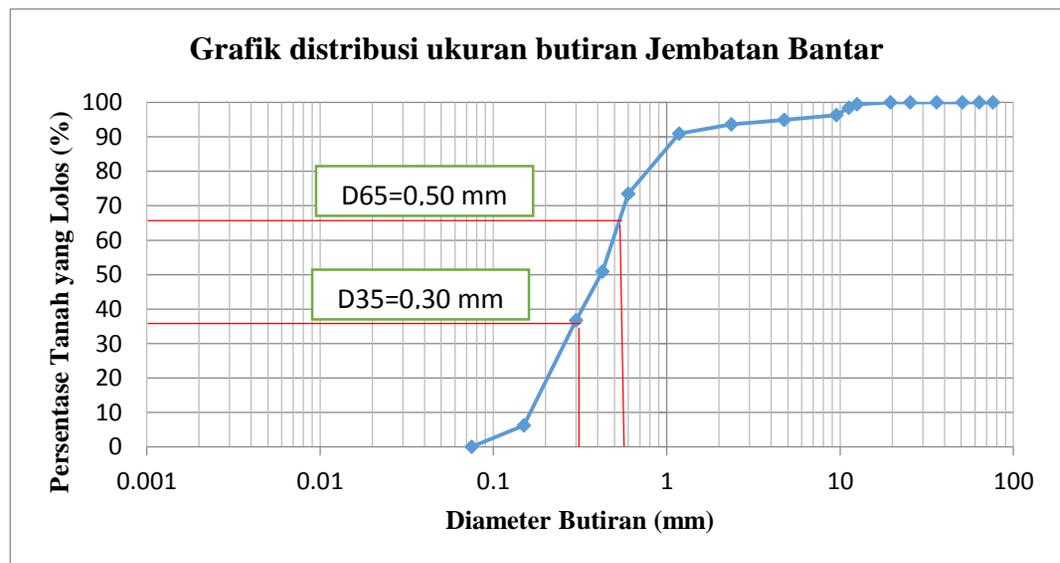
LAMPIRAN 4
PERHITUNGAN ANGKUTAN SEDIMEN

1. Segmen 1 Jembatan Bantar

Perhitungan angkutan sedimen pada titik Jembatan Bantar.

Diketahui :

- Debit aliran (Q) = 72,32 m³/detik
- Lebar aliran sungai = 105,28 meter
- Kemiringan sungai (S) = 0,0063
- Viskositas air (μ) = 1,00x10⁻⁶ m²/s
- Rapat massa rata-rata sedimen dasar sungai $\rho_{f_s} = 2650$ kg/m³
- Dengan $d_{35} = 0,30$ mm dan $d_{65} = 0,50$ mm dari grafik distribusi ukuran butiran.



D_{35} dan D_{65} pada grafik distribusi ukuran butiran pada titik Jembatan Bantar

- g. Gradasi ukuran butiran hasil analisis saringan.

Tabel analisis saringan pada titik Jembatan Bantar

Interval ukuran butiran (mm)	Ukuran butiran rata-rata (mm)	% Material
12,5 – 4,75	9,54	5,04 %
2,36 – 0,425	1,14	44,03 %
0,3 – 0,075	0,175	50,87 %

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

Nilai Rb' yaitu jari-jari hidrolis akibat kekasaran butiran (*grain roughness*) terlebih dahulu harus ditentukan. Rb' dapat ditentukan dengan cara coba-coba menurut metode Einstein-Babrossa (1952). Sehingga hasil hitungan debit aliran yang didasarkan Rb' nilainya sama atau mendekati dengan debit aliran yang diketahui.

Contoh Angkutan Sedimen dasar titik Jembatan Bantar

Dimisalkan, $Rb' = 0,242$ m

- a. Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran :

$$U_0' = \sqrt{gRb'S}$$

dengan :

U_0' = kecepatan gesek akibat kekasaran butiran.

g = percepatan gravitasi.

S = slope/kemiringan dasar saluran

$$\begin{aligned} U_0' &= \sqrt{9,81 \times 0,242 \times 0,0063} \\ &= 0,1223 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Tebal lapisan *sub-viscous* :

$$\delta' = \frac{11,6 \nu}{\mu_0}$$

dengan :

δ' = tebal lapisan *sub viscous*

μ = *viskositas/kekentalan* air.

U_0' = kecepatan gesek akibat kekesaran butiran

$$\delta' = \frac{11,6 \times 1,00 \times 10^{-6}}{0,1223}$$

$$= 0,000095 \text{ m}$$

Diketahui $K_s = d_{65} = 5 \times 10^{-4}$

$$\frac{k_s}{\delta'} = \frac{d_{65}}{\delta'}$$

dengan :

k_s = kekasaran butiran.

δ = tebal lapisan *sub viscous*

$$\frac{k_s}{\delta'} = \frac{5 \times 10^{-4}}{0,000095}$$

$$= 5,2632$$

Dari Gambar 3.15 Untuk nilai $k_s / \delta' = 5,2632$ diperoleh nilai faktor koreksi pengaruh *viskositas* $x = 1,2$

- b. Kecepatan aliran rata-rata (V) dapat dihitung dengan persamaan logaritmik :

$$V = 5,75 \cdot \mu \cdot \text{Log} \left(\frac{12,27 R b' x}{k_s} \right)$$

$$= 5,75 \times 0,1223 \log\left(\frac{12,27 \times 0,242 \times 1,2}{5 \times 10^{-4}}\right)$$

$$= 2,7094 \text{ m/detik}$$

c. Intensitas aliran Ψ :

Dimana dari data distribusi ukuran butiran $d_{35} = 3 \times 10^{-4}$

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} = \frac{d_{35}}{S \cdot R_b'}$$

$$= 1,65 \times \frac{3 \times 10^{-4}}{0,0063 \times 0,242}$$

$$= 0,3247$$

Dari Gambar grafik 3.16 Einstein dan Barbrissa (1952) Nilai $\Psi = 0,3247$

diperoleh nilai $\frac{V}{U'} = 100$

$$\frac{V}{U'} = 100 \quad u_o'' = \frac{2,7094}{100} = 0,0271 \text{ m/detik.}$$

Dimana u_o'' adalah kecepatan gesek akibat pengaruh konfigurasi dasar (*Shape roughness*). Jari-jari hidraulik akibat konfigurasi dasar diperoleh dengan cara sebagai berikut :

$$u_o'' \sqrt{g R_b''} \longrightarrow R_b'' = \frac{(u_o'')^2}{g \cdot S} = \frac{(0,0271)^2}{9,81 \times 0,0063} = 0,0119 \text{ m}$$

d. Jari-Jari total diperoleh sebagai berikut :

$$R_b = R_b' + R_b''$$

$$= 0,242 + 0,0119$$

$$= 0,2094 \text{ m}$$

$$R_b = \frac{Bh}{B+2h} = 0,2539 \frac{101,62h}{101,62+2h}$$

$$= 0,2103$$

$$\text{Cara mencari nilai } h = 0,2539 = \frac{105,28h}{105,28h+2h}$$

$$26,7306 + 0,5078 h = 105,28 h$$

$$26,7306 = 105,28 h - 0,5078 h$$

$$26,7306 = 104,7722 h$$

$$h = 0,2551 \text{ m}$$

e. Kontrol hitungan debit.

$$Q = A.V = (b \times h \times V)$$

$$= 105,28 \times 0,2551 \times 2,7094$$

$$= 72,7661 \text{ m}^3/\text{detik} \approx 72,32 \text{ m}^3/\text{detik}$$

f. Dengan berdasarkan nilai Rb' yang benar selanjutnya dapat dilakukan perhitungan angkutan sedimen menurut Einstein (1950), sebagai berikut :

Intensitas aliran :

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d}{S.Rb} = 1,65 \frac{d}{0,0063 \times 0,242} = 1082,2511 \text{ d}$$

g. Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran :

$$Uo' = \sqrt{g \cdot R_b' \cdot S}$$

$$= \sqrt{9,81 \times 0,242 \times 0,0063}$$

$$= 0,1223 \text{ m/detik}$$

Tebal lapisan *sub viscous*.

$$\delta' = \frac{11,6 \cdot v}{U'}$$

$$= \frac{11,6 \times 1,00 \times 10^{-6}}{0,1112}$$

$$= 0,000095 \text{ m}$$

$$\frac{ks}{\delta'} = \frac{d_{65}}{\delta'}$$

$$\frac{k_s}{\delta'} = \frac{5 \times 10^{-4}}{0,000095}$$

$$= 5,2632$$

Dari Gambar 3.25, diperoleh nilai x (factor koreksi pengaruh *viskositas*)
 $= 1,2$

$$\Delta = \frac{d_{65}}{x}$$

$$\Delta = \frac{5 \times 10^{-4}}{1,2}$$

$$= 0,00042 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta}{\delta'} = \frac{0,00042}{0,000095}$$

$$= 5,2632 > 1,8 \quad x = 0,77 \times \Delta$$

$$= 0,77 \times 0,00042$$

$$= 0,000323$$

$$\left[\frac{\beta}{\beta x} \right]^2 = \left[\frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \cdot x/\Delta)} \right]^2$$

$$= \left[\frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \times 0,000323/0,00042)} \right]^2$$

$$= 1,2645$$

Untuk fraksi ukuran butiran, $d_1 = 9,54 \text{ mm} = 0,00954 \text{ m}$

$$\frac{d_1}{X} = \frac{0,00954}{0,000323} = 29,5356$$

Untuk $\frac{d_1}{X} = 29,5356$ dari Gambar 3.27, diperoleh nilai *hiding factor* $\xi = 1,0$

$$\frac{ks}{\delta'} = \frac{d65}{\delta'} = \frac{5 \times 10^{-4}}{0,000095}$$

$$= 5,2632$$

Dari Gambar grafik 3.28 Diperoleh nilai koreksi gaya angkat (Y) = 0,5

- h. Intensitas aliran yang telah dikoreksi dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$\Psi_{,i}' = \xi_1 \cdot Y_1 \cdot \left[\frac{\beta}{\beta x} \right]^2 \cdot \Psi_d$$

$$= 1 \times 0,5 \times 1,2645 \times 1082,2511 \times 0,00954$$

$$= 6,5278$$

- i. Dari Gambar Einstein 3.29, untuk $\Psi_{,i}' = 6,5278$, diperoleh nilai $\theta = 0,8$
Selanjutnya besaran angkutan sedimen dasar untuk fraksi butiran d_1 adalah :

$$(i_b q_b) = i_b \cdot \theta \cdot \gamma_s \cdot (g \cdot d_1)^{2/3} \cdot \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right)^{1/2}$$

$$= 0,0504 \times 0,8 \times (2650/9,81) \times (9,81 \times 0,00954)^{3/2} (1,65)^{1/2}$$

$$= 0,400558 \text{ Kg/m.detik.}$$

Untuk fraksi ukuran butiran , $d_2 = 1,14 \text{ mm} = 0,00114 \text{ m}$

$$\frac{d_2}{X} = \frac{0,00114}{0,000323} = 3,529 \text{ dari Gambar 3.27, diperoleh nilai } \textit{hiding factor} \xi =$$

1

$$\frac{d65}{\delta'} = 5,2632 \text{ dari Gambar 3.28 diperoleh nilai koreksi gaya angkat } Y = 0,5$$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

$$\Psi_{,i}' = \xi_1 \cdot Y_1 \cdot \left[\frac{\beta}{\beta x} \right]^2 \cdot \Psi_{,i}'$$

$$= 1 \times 0,5 \times 1,2645 \times 1082,2511 \times 0,00114$$

$$= 0,7801$$

Untuk $\Psi_{,i}' = 0,7801$ dari Gambar 3.29, diperoleh nilai $\theta_i = 0$ selanjutnya besar angkutan sedimen untuk fraksi butiran d_2 .

$$\begin{aligned} (i_b q_b)_1 &= i_b \cdot \theta_i \cdot \gamma_s \cdot (g \cdot d_1)^{2/3} \cdot \left(\frac{Y^s - Y}{\gamma}\right)^{1/2} \\ &= 0,4403 \times 5 \times (2650/9,81) \times (9,81 \times 0,00114)^{3/2} (1,65)^{1/2} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Untuk fraksi ukuran butiran, $d_3 = 0,175 \text{ mm} = 0,00018 \text{ m}$

$$\frac{d_3}{x} = \frac{0,00018}{0,000323} = 0,5573 \text{ dari Gambar 3.27, diperoleh nilai } \textit{hiding factor } \xi = 3$$

Untuk $\frac{d_{65}}{\delta'} = 5,2632$ dari Gambar 3.28, diperoleh nilai koreksi gaya angkat $Y = 0,5$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

$$\begin{aligned} \Psi_{,i}' &= \xi_1 \cdot Y_1 \cdot \left[\frac{R}{R_{sx}}\right]^2 \cdot \Psi_{,i}' \cdot d \\ &= 3 \times 0,5 \times 1,2645 \times 1082,2511 \times 0,00018 \\ &= 0,3695 \end{aligned}$$

Untuk $\Psi_{,i}' = 0,3695$ dari Gambar 3.29, diperoleh nilai $\theta_i = 8$ Selanjutnya besar angkutan sedimen suspensi untuk fraksi butiran d_1 .

$$\begin{aligned} (i_b q_b) &= i_b \cdot \theta_i \cdot \gamma_s \cdot (g \cdot d_1)^{2/3} \cdot \left(\frac{Y^s - Y}{\gamma}\right)^{1/2} \\ &= 0,5087 \times 0 \times (2650/9,81) \times (9,81 \times 0,00018)^{3/2} (1,65)^{1/2} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Tabel nilai selengkapnya untuk menghitung angkut sedimen

	D(mm)	I _b (%)	R _b '	$\Psi_{,i}'$	d/x	ξ	Y	$\Psi_{,i}'$	θ_i	(i _B q _B)(Kg/ms)
1	0.00954	0.0504	0,242	6,177786	29,5356	1	0,5	6,0065	0,4	4,00558x10 ⁻⁴

2	0.00114	0.4403	0,242	0,738226	3,529	1	0,5	0,7178	5	0
3	0.00018	0.5087	0,242	0,116562	0,5573	3	0,5	0,3399	8	0
									Σ	$4,00558 \times 10^{-4}$

Jadi besar angkutan sedimen pada titik Jembatan Bantar :

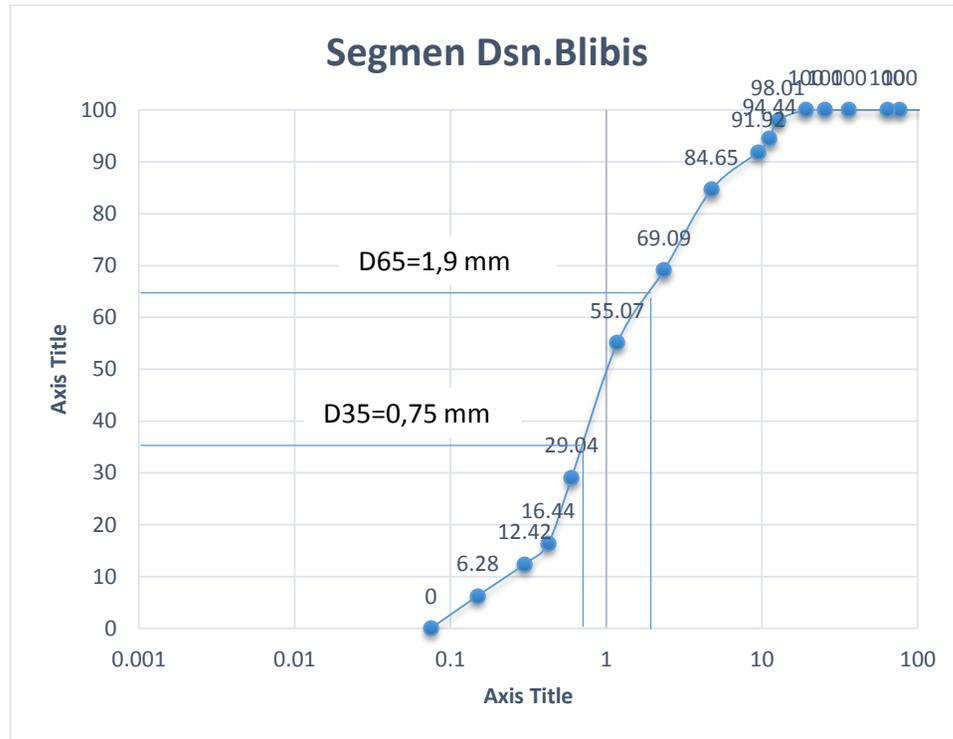
$$\begin{aligned}
 Q_B &= (\Sigma i_b q_b) \times 60 \text{detik} \times 60 \text{menit} \times 24 \text{jam} \times B \\
 &= 4,00558 \times 10^{-4} \times 60 \times 60 \times 24 \times 105,28 \\
 &= 3643,552475 \\
 &= 3,6435 \text{ ton/hari}
 \end{aligned}$$

2. Segmen 3 Dusun Blibis-Srandakan.

Perhitungan angkutan sedimen pada segmen 3 Dusun.Blibis

Diketahui :

- a. Debit aliran (Q) = 138,5 m³/detik
- b. Lebar saluran sungai = 123 meter
- c. Kemiringan sungai = 0,0023
- d. Viskositas air = 1,00x10⁻⁶ m²/s
- e. Rapat massa rata-rata sedimen dasar sungai $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$
- f. Dengan $d_{35} = 0,75 \text{ mm}$ dan $d_{65} = 1,9 \text{ mm}$ dari grafik distribusi ukuran butiran.



D₃₅ dan D₆₅ pada grafik distribusi ukuran butiran pada titik Dsn.Blibis

g. Gradasi ukuran butiran hasil analisis saringan.

Tabel analisis saringan pada titik blibis.

Interval ukuran butiran (mm)	Ukuran butiran rata-rata (mm)	% Material
12,5-4,75	9,54	15,34
2,36-0,425	1,14	68,21
0,3-0,075	0,175	16,42

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

Nilai Rb' yaitu jari-jari hidrolis akibat kekasaran butiran (*grain roughness*) terlebih dahulu harus ditentukan. Rb' dapat ditentukan dengan cara coba-coba menurut metode Einstein-Babrossa (1952). Sehingga hasil hitungan debit aliran yang didasarkan Rb' nilainya sama atau mendekati dengan debit aliran yang diketahui.

Contoh Angkutan Sedimen dasar titik Blibis.

Dimisalkan, $Rb' = 0,395$ m

- a. Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran :

$$U_0' = \sqrt{gRb'S}$$

dengan :

U_0' = kecepatan gesek akibat kekasaran butiran.

g = percepatan gravitasi.

S = slope/kemiringan dasar saluran

$$\begin{aligned} U_0' &= \sqrt{9,81 \times 0,395 \times 0,0023} \\ &= 0,0944 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Tebal lapisan *sub-viscous* :

$$\delta' = \frac{11,6 \nu}{\mu_0}$$

dengan :

δ' = tebal lapisan *sub viscous*

μ = viskositas/kekentalan air.

U_0' = kecepatan gesek akibat kekesaran butiran

$$\delta' = \frac{11,6 \times 1,00 \times 10^{-6}}{0,0944}$$

$$= 0,000122 \text{ m}$$

Diketahui $K_s = d_{65} = 1,9 \times 10^{-3}$

$$\frac{k_s}{\delta'} = \frac{d_{65}}{\delta'}$$

dengan :

k_s = kekasaran butiran.

δ = tebal lapisan *sub viscous*

$$\frac{k_s}{\delta'} = \frac{1,9 \times 10^{-3}}{0,000122}$$

$$= 15,46$$

Untuk nilai $k_s/\delta' = 15,46$ diperoleh nilai factor koreksi pengaruh *viskositas*

$$x = 1,0$$

b. Kecepatan aliran rata-rata (V) dapat dihitung dengan persamaan logaritmik:

$$\begin{aligned} V &= 5,75 \cdot \Psi \cdot \text{Log} \left(\frac{Rb'x}{k_s} \right) \\ &= 5,75 \times 0,0944 \log \left(\frac{12,27 \times 0,395 \times 1,0}{1,9 \times 10^{-3}} \right) \\ &= 1,894 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

c. Intensitas aliran Ψ :

Dimana dari data distribusi ukuran butiran $d_{35} = 0,75 \times 10^{-3}$

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} = \frac{d_{35}}{S \cdot Rb'}$$

$$= 1,65 \times \frac{0,75 \times 10^{-3}}{0,0023 \times 0,395}$$

$$= 1,362$$

Nilai $\Psi = 1,362$ dari Gambar 3.15, diperoleh nilai $\frac{V}{U'} = 27$

$$\frac{V}{U'} = 27 \longrightarrow U'' = 1,894 / 27 = 0,0684 \text{ m/detik.}$$

$$U'' = \sqrt{g \cdot R_b'' \cdot S}$$

$$R_b'' = \frac{U''}{g S} = \frac{0,0684^2}{9,81 \times 0,0023} = 0,2079 \text{ m}$$

d. Jari-Jari total diperoleh sebagai berikut :

$$R_b = R_b' + R_b''$$

$$= 0,395 + 0,2079 = 0,6029 \text{ m}$$

$$R_b = \frac{Bh}{B+2h} = \frac{130 h}{130+2h} = 0,6029 \text{ m} = h = 0,6088 \text{ m}$$

$$\text{Cara mencari nilai } h = 0,6029 = \frac{123 h}{123+2h}$$

$$74,15 + 1,20 h = 123 h$$

$$74,15 = 123 h - 1,20 h$$

$$74,15 = 121,8 h$$

$$h = 0,6088 \text{ m.}$$

e. Kontrol hitungan debit.

$$Q = A \cdot V = (B h V')$$

$$= 123 \cdot 0,6088 \cdot 1,894$$

$$= 138,49 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow 138,5 \text{ m}^3/\text{detik}$$

f. Dengan berdasarkan nilai R_b' yang benar, selanjutnya dilakukan

hitungan angkutan sedimen menurut Einstein (1950), sebagai berikut:

Intensitas aliran :

$$\Psi = \frac{\gamma s - \gamma}{\gamma} \frac{d}{s.R_b} = 1,65 \frac{d}{0,0023 \cdot 0,395} = d = \frac{1,65}{0,0023 \cdot 0,395} = 1816,18 \cdot d$$

g. Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran :

$$U'' = \sqrt{g \cdot R_b' \cdot S}$$

$$= \sqrt{9,81 \times 0,395 \times 0,0023} = 0,0944 \text{ m/detik}$$

Tebal lapisan *sub viscous*.

$$\delta' = \frac{11,6 \cdot v}{U'} = \frac{11,6 \times 1,00 \times 10^{-2}}{0,0944} = 0,000122 \text{ m}$$

$$\frac{k_s}{\delta'} = \frac{d_{65}}{\delta'} = \frac{1,9 \times 10^{-3}}{0,000122} = 15,462$$

$$\text{Nilai } \frac{k_s}{\delta'} = 15,462$$

Dari Gambar 3.14, diperoleh nilai x (faktor koreksi pengaruh viskositas) =

1,0.

Kekasaran dasar saluran

$$\Delta = \frac{d_{65}}{x} = \frac{1,9 \times 10^{-3}}{1,0} = 0,0019 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta}{\delta'} = \frac{0,0019}{0,000199} = 15,46 > 1,8 \rightarrow x = 0,77$$

$$= 0,77 \cdot 0,0019$$

$$= 0,00146 \text{ m.}$$

$$\left[\frac{\beta}{\beta x} \right]^2 = \left[\frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \cdot x/\Delta)} \right]^2 = \left[\frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \cdot 0,00146 / 0,0019)} \right]^2$$

$$= 1,2644$$

D₁ Untuk fraksi ukuran butiran, d₁ = 9,54 mm = 0,00954 m

$$\frac{d_1}{x} = \frac{0,00954}{0,00146} = 6,53$$

Untuk $\frac{d_1}{x} = 6,53$ dari Gambar 3.16, diperoleh nilai hiding factor $\xi = 1$

Untuk $\frac{d_{65}}{\delta'} = 15,46$ dari Gambar 3.17, diperoleh nilai koreksi gaya angkat Y =

0,5

h. Intensitas aliran yang telah dikoreksi dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned}\Psi_{,i}' &= \xi_1 \cdot Y_1 \cdot \left[\frac{\beta}{\beta_{sx}} \right]^2 \cdot \Psi_{,}' \\ &= 1 \cdot 0,5 \cdot 1,2644 \cdot 1816,18 \cdot d \\ &= 1 \cdot 0,5 \cdot 1,2644 \cdot 1816,18 \cdot 0,00954 \\ &= 10,954\end{aligned}$$

i. Dari gambar 3. 28 untuk $\Psi_{,i}' = 10,954$. Digunakan nilai $\theta = 0,08$. Selanjutnya besaran angkutan sedimen suspensi untuk fraksi butiran d_1 adalah :

$$\begin{aligned}(i_b q_b) &= i_b \cdot \theta \cdot \gamma_s \cdot (g \cdot d_1)^{2/3} \cdot \left(\frac{Y_s - Y}{Y} \right)^{1/2} \\ &= 0,1534 \cdot 0,08 \cdot 2650 / 9,81 \cdot (9,81 \cdot 0,00954)^{3/2} \cdot (1,65)^{1/2} \\ &= 0,000122 \text{ kg/m.detik}\end{aligned}$$

Untuk fraksi ukuran butiran , $d_2 = 1,14 \text{ mm} = 0,00114 \text{ m}$

$$\frac{d_2}{X} = \frac{0,00114}{0,00146} = 0,780$$

Untuk $\frac{d_2}{X} = 0,780$ dari Gambar 3.16 diperoleh nilai hiding factor $\xi = 1,4$

Untuk $\frac{d_{65}}{\delta'} = 15,46$ dari Gambar 3.17 , diperoleh nilai koreksi gaya angkat $Y = 0,5$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

$$\begin{aligned}\Psi_{,i}' &= \xi_1 \cdot Y_1 \cdot \left[\frac{\beta}{\beta_{sx}} \right]^2 \cdot \Psi_{,}' \\ &= 1,4 \cdot 0,5 \cdot 1,2644 \cdot 1816,18 \cdot d_2 \\ &= 1,4 \cdot 0,5 \cdot 1,2644 \cdot 1816,18 \cdot 0,00114 \\ &= 1,8326\end{aligned}$$

Untuk $\Psi_{,i}' =$ dari Gambar 3.28 , diperoleh nilai $\theta = 2,2$ selanjutnya besar angkutan sedimen untuk fraksi butiran d_2 .

$$\begin{aligned}
 (i_{bqb})_1 &= i_b \cdot \theta \cdot \gamma_s \cdot (g \cdot d_1)^{2/3} \cdot \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right)^{1/2} \\
 &= 0,6821 \cdot 2,2 \cdot 2650 / 9,81 \cdot (9,81 \cdot 0,00114)^{3/2} \cdot (1,65)^{1/2} \\
 &= 0,0006158 \text{ kg/m.detik}
 \end{aligned}$$

Untuk fraksi ukuran butiran, $d_3 = 0,175 \text{ mm} = 0,000175 \text{ m}$

$$\frac{d_3}{X} = \frac{0,000175}{0,00146} = 0,1196$$

Untuk $\frac{d_3}{X} = 0,1196$ dari Gambar 3.16, diperoleh nilai *hiding factor* $\xi = 100$

Untuk $\frac{d_{65}}{\delta'} = 15,462$ dari Gambar 3.17, diperoleh nilai koreksi gaya angkat

$Y = 0,5$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

$$\begin{aligned}
 \Psi_{,i}' &= \xi_1 \cdot Y_1 \cdot \left[\frac{R}{R_{SX}}\right]^2 \cdot \Psi_{,}' \\
 &= 100 \cdot 0,5 \cdot 1,2644 \cdot 1816,18 \cdot d_3 \\
 &= 100 \cdot 0,5 \cdot 1,2644 \cdot 1816,18 \cdot 0,000175 \\
 &= 20,094
 \end{aligned}$$

Dari gambar 3.28. Untuk $\Psi_{,i}' = 20,094$ maka digunakan nilai $\theta = 0,05$.

Selanjutnya besar angkutan sedimen suspensi untuk fraksi butiran d_3 .

$$\begin{aligned}
 (i_{bqb}) &= i_b \cdot \theta \cdot \gamma_s \cdot (g \cdot d_1)^{2/3} \cdot \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right)^{1/2} \\
 &= 0,1642 \cdot 0,005 \cdot 2650 / 9,81 \cdot (9,81 \cdot 0,000175)^{3/2} \cdot (1,65)^{1/2} \\
 &= 0,00000020 \text{ kg/m.detik}
 \end{aligned}$$

Tabel nilai selengkapnya untuk menghitung angkut sedimen.

No	D(mm)	I _b (%)	R _b '	Ψ _{,i} '	d/x	ξ	Y	Ψ _{,i} '	Θ.i	(i _{BQB}) (Kg/ms)
1	0,00954	0,15	0,395	17,32	6,52	1	0,5	10,95	0,08	1,2x10 ⁻⁴
2	0,00114	0,68	0,395	2,070	0,78	1,4	0,5	1,832	2,2	0,000615
3	0,000175	0,164	0,395	0,317	0,12	100	0,5	20,09	0,05	2 x 10 ⁻⁷

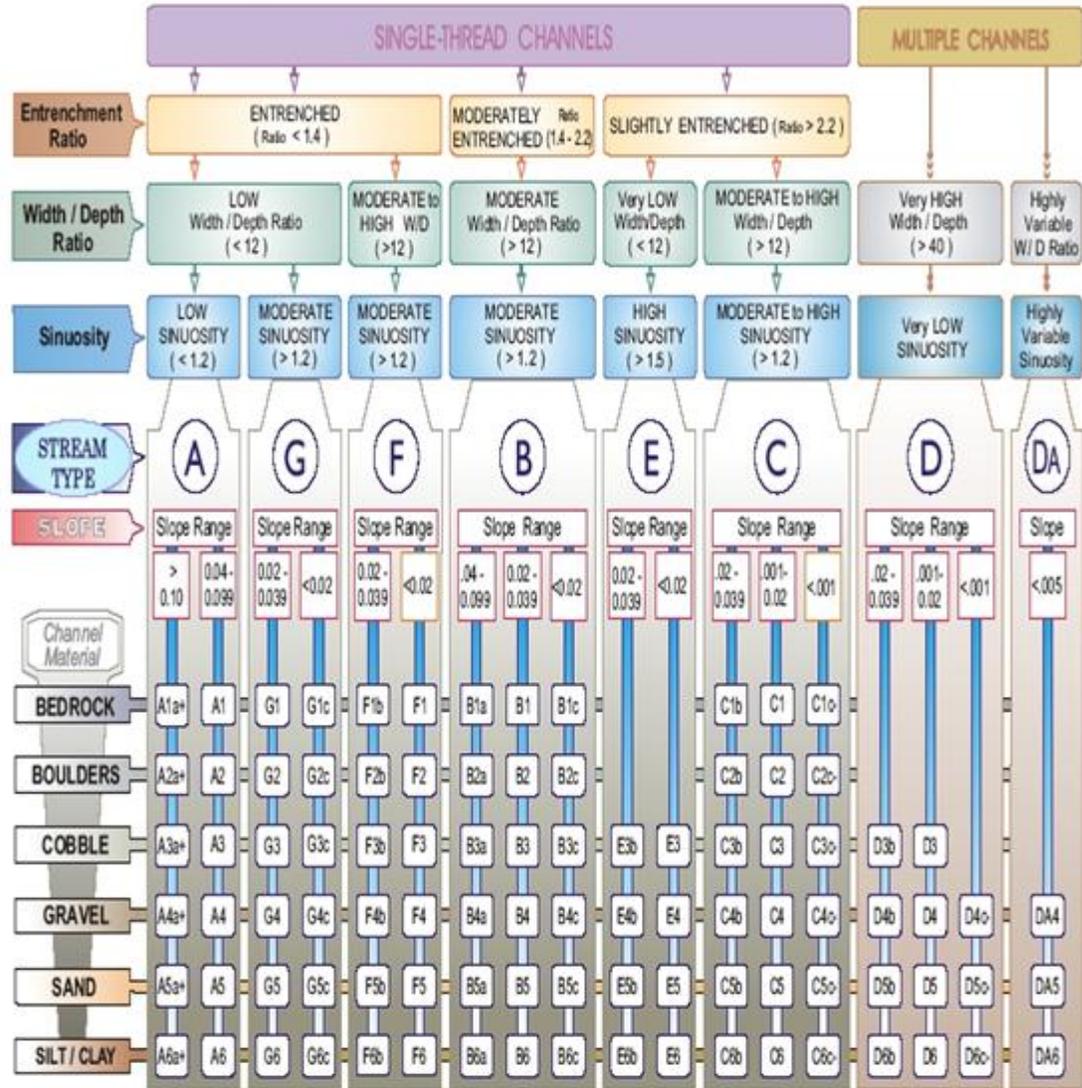
Σ	0,0007379
----------	-----------

Jadi besar angkutan sedimen:

$$\begin{aligned}
 Q_B &= (\Sigma q_b) \times 60 \text{ detik} \times 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam} \times B \\
 &= 0,000737934 \times 60 \times 60 \times 24 \times 123 \\
 &= 7842,1684 \text{ Kg / hari.} \\
 &= 7,842 \text{ Ton/hari.}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 5
TABEL KLASIFIKASI SUNGAI

The Key to the Rosgen Classification of Natural Rivers



KEY to the ROSGEN CLASSIFICATION of NATURAL RIVERS. As a function of the "continuum of physical variables" within stream reaches, values of *Entrenchment* and *Sinuosity* ratios can vary by +/- 0.2 units; while values for *Width / Depth* ratios can vary by +/- 2.0 units.

Klasifikasi sungai menurut Rosgen (1996)