

## BAB V

### HASIL ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### A. Morfologi Sungai

Perhitungan ini akan menjelaskan langkah-langkah perhitungan hidrometri dan menentukan tipe morfologi Sungai Progo Hilir. Contoh perhitungan diambil dari data pada titik 2 jembatan Srandakan.

##### 1. Perhitungan Hidrometri

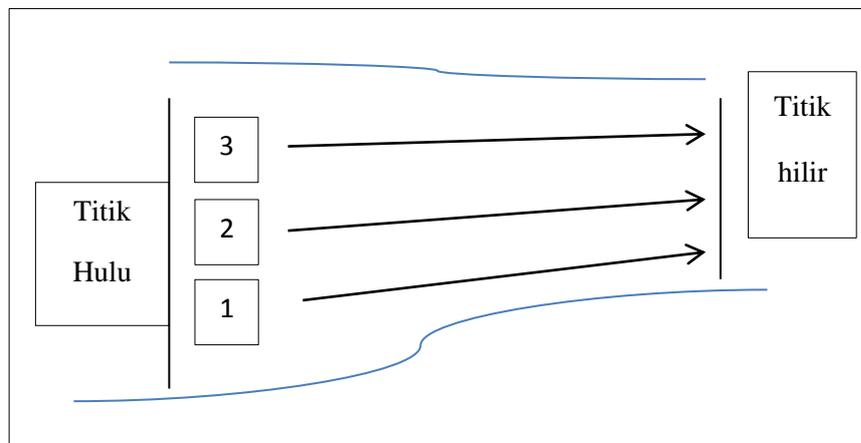
###### a. Kecepatan aliran

Pengukuran hidrometri pada penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data kecepatan aliran ( $v$ ), debit aliran ( $Q$ ) dan angkutan sedimen. Data pengukuran dilapangan Sungai Progo Hilir di tampilkan pada Tabel 5.1 :

Tabel 5.1 Hasil pengukuran dilapangan Sungai Progo Hilir segmen 2 Jembatan Srandakan.

Aliran I		Aliran II		Aliran III	
Jarak (m)	Waktu (det)	Jarak (m)	Waktu (det)	Jarak (m)	Waktu (det)
6	9,10	6	6,05	6	11,36
6	9,66	6	6,87	6	12,12
6	8,64	6	6,03	6	40,14

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)



Gambar 5.1 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 jembatan Srandakan :

$$\begin{aligned} \text{Aliran I} \quad V &= \left( \frac{6}{9,10} + \frac{6}{9,66} + \frac{6}{8,64} \right) / 3 \\ &= \left( \frac{0,659 + 0,621 + 0,694}{3} \right) \\ &= 0,658 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aliran II} \quad V &= \left( \frac{6}{6,05} + \frac{6}{6,87} + \frac{6}{6,03} \right) / 3 \\ &= \left( \frac{0,991 + 0,873 + 0,995}{3} \right) \\ &= 0,953 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aliran III} \quad V &= \left( \frac{6}{11,36} + \frac{6}{12,12} + \frac{6}{10,14} \right) / 3 \\ &= \left( \frac{0,528 + 0,495 + 0,591}{3} \right) \\ &= 0,538 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

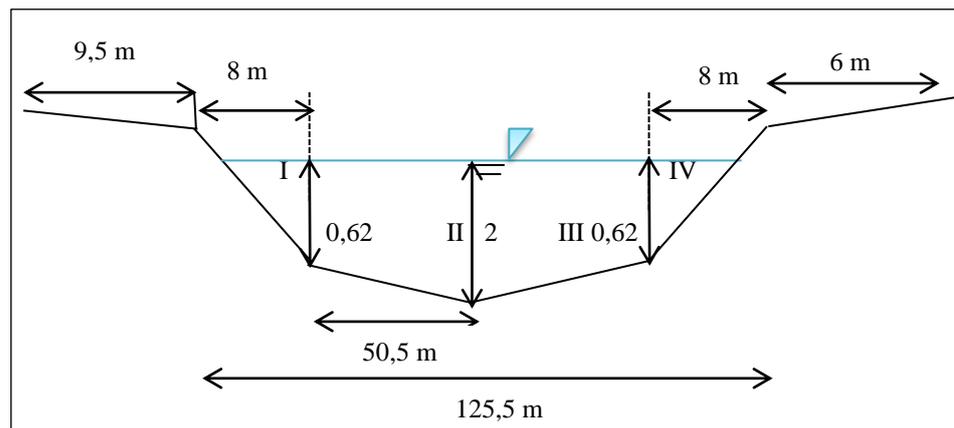
$$\begin{aligned} \text{Rata-rata aliran} &= \left( \frac{\text{aliran 1} + \text{aliran 2} + \text{aliran 3}}{3} \right) \\ &= \left( \frac{0,658 + 0,953 + 0,538}{3} \right) \\ &= 0,716 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

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.

$$\text{Rata-rata aliran } V = 0,716 \text{ m/detik} \times 0,90 = 0,644 \text{ m/detik}$$

b. Luas penampang basah aliran sungai

Dari pengukuran di lapangan pada Sungai Progo Hilir segmen jembatan Srandakan diperoleh data sebagai berikut : lebar dasar saluran = 125,5 m, kedalaman aliran kiri= 0,62 m, tengah= 2 m, dan aliran kanan= 0,62.



Gambar 5.2 Sketsa penampang melintang segmen Srandakan.

Contoh perhitungan luas penampang aliran segmen Srandakan.

$$\begin{aligned} \text{Luas Segmen I : } A &= \frac{\text{Alas} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{8 \times 0,62}{2} \\ &= 2,48 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Segmen II : } A &= \frac{\text{Jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(0,62+2) \times 50,5}{2} \\ &= 66,15 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Luas Segmen III : } A = \frac{\text{Jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2}$$

$$= \frac{(2+0,62) \times 59}{2}$$

$$= 77,29 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Segmen IV: } A = \frac{\text{Alas} \times \text{tinggi}}{2}$$

$$= \frac{8 \times 0,62}{2}$$

$$= 2,48 \text{ m}^2$$

Total luas penampang sungai adalah  $148,4 \text{ m}^2$

c. Debit

$$Q = A \times V$$

dengan :

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

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

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

$$Q = A \cdot V$$

$$= 148,4 \times 0,644$$

$$= 95,57 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan hidrometri Sungai Progo pada segmen 1, segmen 2 dan segmen 3 dapat dilihat pada lampiran 7

## 2. Analisis perhitungan morfologi

a. Menghitung *Entrenchment Ratio*.

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

$$= \frac{141}{125,5}$$

$$= 1,123 \quad (\text{tipe sungai A,F dan G})$$

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

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

$$= \frac{125,5}{1,08}$$

$$= 116,20 \quad (\text{tipe sungai D})$$

c. Menghitung kemiringan sungai (*slope*)

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

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

$$= \frac{31}{100} \times 100 \%$$

$$= 0,31\% = 0,0031 \quad (\text{tipe sungai DA} < 0,5\%)$$

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

Dari tabel analisis ukuran butiran pada segmen jembatan Srandakan, Diketahui nilai D-50= 1,05 mm, jadi dapat disimpulkan bahwa material dasar permukaan yang dominan adalah material lanau berukuran kurang lebih 1,05 mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa morfologi Sungai Progo Hilir pada tinjauan jembatan Srandakan adalah sungai tipe F5b.

Tabel 5.2 Hasil perhitungan *Entrenchement Ratio* dan *W/D Ratio* Sungai Progo

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 5.3 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)

### B. Porositas

Hasil analisis perhitungan untuk nilai porositas pada titik 1, titik 2, dan titik 3 dapat dilihat pada Tabel 5.4 sampai dengan Tabel 5.12. sedangkan contoh perhitungan pada titik 2 dan titik 3 selengkapanya dapat dilihat pada Lampiran 8 dan lampiran 9.

➤ **Sebagai contoh perhitungan porositas material dasar Sungai di pilih segmen ke 2, Jembatan Srandakan.**

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

$$\begin{aligned}
 P_{sj} \text{ (proporsi) kelas 1} &= \frac{\% \text{ kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{5,29}{100} \\
 &= 0,0529
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter butiran kelas 1} &= \sqrt{dd1 \times dd2} \\
 &= \sqrt{0,000075 \times 0,00015} \\
 &= 0,00011 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.4. Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada segmen 2 Jembatan Srandakan.

$gs\ d(j) = \sqrt{dd(j) \cdot dd(j+1)}$		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
1		2	3	4		5	6
$d(1)$	0,00011	0,0529	5,29	$dd(1)$	0,000075	5,29	0,075
$d(2)$	0,00021	0,0311	3,111	$dd(2)$	0,00015	8,410	0,15
$d(3)$	0,00036	0,0197	1,97	$dd(3)$	0,0003	10,371	0,3
$d(4)$	0,00050	0,0677	6,772	$dd(4)$	0,00043	17,143	0,425
$d(5)$	0,00084	0,1454	14,545	$dd(5)$	0,0006	31,668	0,6
$d(6)$	0,00167	0,1546	15,46	$dd(6)$	0,00118	47,148	1,18
$d(7)$	0,00334	0,2630	26,30	$dd(7)$	0,00236	73,447	2,36
$d(8)$	0,00672	0,1168	11,68	$dd(8)$	0,00475	85,128	4,75
$d(9)$	0,01030	0,0425	4,259	$dd(9)$	0,00952	89,387	9,52
$d(10)$	0,01183	0,0518	5,182	$dd(10)$	0,0112	94,569	11,2
$d(11)$	0,01545	0,0542	5,42	$dd(11)$	0,0125	100	12,5
					0,0191		

Dengan :

Diameter saringan = kolom 1,5 dan 8

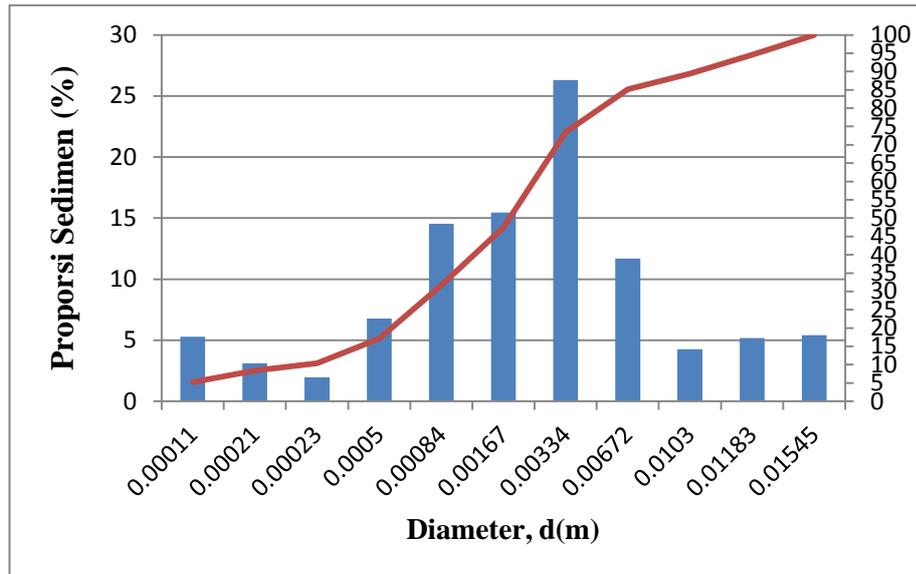
*Representative gradasi* = kolom 2

Proportion fs = kolom 3

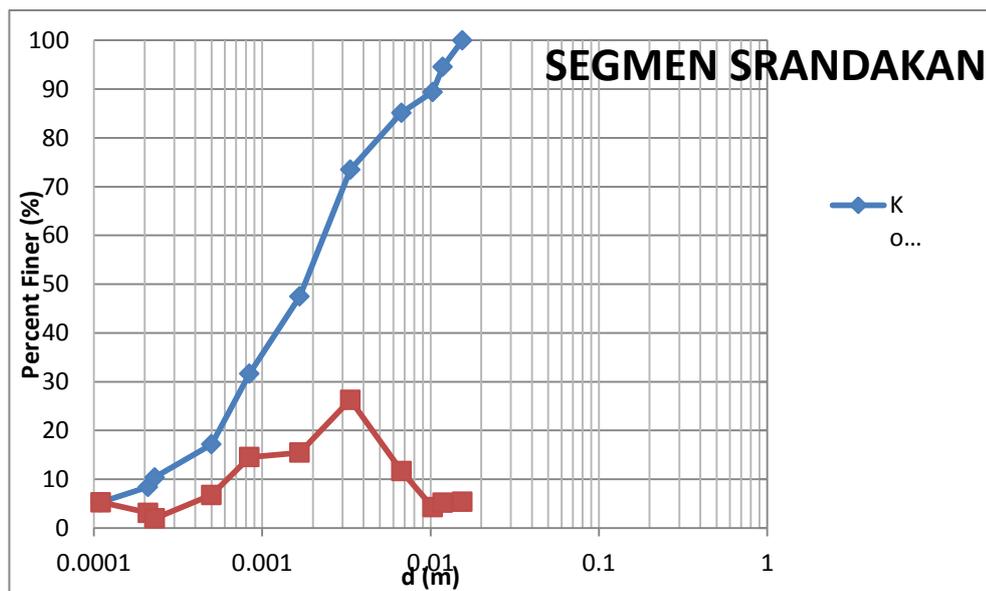
Proportion fs (%) = kolom 4

*j-th grain size* = kolom 6

kumulatif distribusi ukuran butiran = kolom 7



Gambar 5.3 Grafik distribusi ukuran butiran dan kolom proporsi persentase sedimen pada segmen 2 Jembatan Srandakan.



Gambar 5.4 Grafik Diameter dominan ( $d_{50}$ ) dan diameter puncak ( $d_{peak}$ ) pada segmen 2 Jembatan Srandakan.

- b. Tipe distribusi ukuran butiran ditentukan berdasarkan nilai parameter  $\gamma$  dan  $\beta$  (gamma dan beta)

$$\gamma = \frac{\log d_{max} - \log d_{50}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \dots \dots \dots \text{Persamaan 3.7}$$

$$\beta = \frac{\log d_{max} - \log d_{peak}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \dots \dots \dots \text{Persamaan 3.8}$$

dengan :

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

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

$d_{\max}$  = diameter maksimal

$d_{\min}$  = diameter minimal

$d_{50}$  = diameter tengah

$d_{\text{peak}}$  = diameter puncak

$$\begin{aligned}\gamma &= \frac{\log d_{\max} - \log d_{50}}{\log d_{\max} - \log d_{\min}} \\ &= \frac{\log 0,0254 - \log 0,0018}{\log 0,0254 - \log 0,000075} \\ &= 0,379\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{\log d_{\max} - \log d_{\text{peak}}}{\log d_{\max} - \log d_{\min}} \\ &= \frac{\log 0,0254 - \log 0,0016}{\log 0,0254 - \log 0,000075} \\ &= 0,402\end{aligned}$$

Dari nilai parameter  $\gamma$  dan  $\beta$  (*gamma* dan *beta*) dan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3.21 maka kemudian dapat diketahui jenis distribusi ukuran butiran berdasarkan diagram hubungan antara  $\gamma$  dan  $\beta$  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 ( $d_{\text{mean}}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}d_{\text{mean}} &= (d_j \times p_{sj}) \\ &= (0,00011 \times 0,0529) \\ &= 0,000006\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}d_{\text{mean total}} &= (\sum d_{\text{mean}}) \\ &= 0,004\end{aligned}$$

- d. Menghitung Ln (diameter fraksi 1)

$$\text{Ln}(d_j) = \text{Ln}(0,00011)$$

$$= -9,1150$$

e. Menghitung  $Ln$  (diameter median)

$$Ln(d) = Ln(0,004)$$

$$= -5,5214$$

f. Standar deviasi ( $\sigma L$ )

$$\sigma L d_j = Ln(d_j) - Ln(d)^2 \cdot psj$$

$$= Ln(-9,1150) - Ln(-5,5214))^2 \cdot 0,0529$$

$$= 0,6831$$

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 Tabel 5.5

Tabel 5.5. Hasil perhitungan Standar Deviasi pada segmen 2 Jembatan Srandakan.

no	$(d \text{ mean})$ $= dj \times psj$	$d$	$dj$	$psj$	$d \text{ mean}$	$Ln(dj)$	$Ln(d)$	$\sigma_L d_j = ((ln(dj) - (ln(d))^2) \times psj$
1	0,000006	$d1$	0,00011	0,0529	0,004	-9,1150	- 5,52	0,683
2	0,000006	$d2$	0,00021	0,0311	0,004	-8,470	- 5,52	0,271
3	0,000004	$d3$	0,00023	0,0197	0,004	-8,340	- 5,52	0,157
4	0,000034	$d4$	0,00050	0,0677	0,004	-7,600	- 5,52	0,293
5	0,00012	$d5$	0,00084	0,1454	0,004	-7,0821	- 5,52	0,355
6	0,00026	$d6$	0,00167	0,1546	0,004	-6,395	- 5,52	0,118
7	0,00088	$d7$	0,00334	0,2630	0,004	-5,702	- 5,52	0,009
8	0,00078	$d8$	0,00672	0,1168	0,004	-5,003	- 5,52	0,031
9	0,00044	$d9$	0,01030	0,0425	0,004	-4,576	- 5,52	0,038
10	0,0006	$d10$	0,01183	0,0518	0,004	-4,437	- 5,52	0,060
11	0,00084	$d11$	0,01545	0,0542	0,004	-4,170	- 5,52	0,099
Jumlah	0,004		0,0512	1		-70,89		2,114

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.

$$\text{Batas atas} = 73,447 > \text{Diameter} = 0,00236$$

$$\text{Batas bawah} = 47,148 > \text{Diameter} = 0,00118$$

$$\begin{aligned} d_{50} &= d_{\text{batas bawah}} + \left( \frac{50 - \text{batas bawah}}{\text{batas atas} - \text{batas bawah}} \right) \cdot (d_{\text{batas atas}} - d_{\text{batas bawah}}) \\ &= 0,00118 + \left( \frac{50 - 47,148}{73,447 - 47,148} \right) \cdot (0,00236 - 0,00118) \\ &= 0,0013 \text{ m.} \end{aligned}$$

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

$$d_{\text{puncak}} / d_{\text{peak}} = 0,0016$$

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

$$n_T(x\%) = \frac{\text{Ln}(f(dx\%))}{\text{Ln}\left(\frac{\log dx\% - \log d_{\min}}{\log d_{\max} - \log d_{\min}}\right)} \dots\dots\dots \text{persamaan 3.10}$$

dengan :

$$n_T = \text{angka Talbot}$$

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

$$\begin{aligned} n_T(16\%) &= \frac{\text{Ln}(f(dx\%))}{\text{Ln}\left(\frac{\log dx\% - \log 0,000075}{\log 0,0125 - \log 0,000075}\right)} \\ &= \frac{\text{Ln}(f(0,00036\%))}{\text{Ln}\left(\frac{\log 0,00036\% - \log 0,000075}{\log 0,0125 - \log 0,000075}\right)} \\ &= 6,7074 \% = \frac{6,7074}{16} \times 100\% = 0,419 \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned} n_T &= \frac{n_T(16\%) + n_T(25\%) + n_T(50\%) + n_T(75\%) + n_T(85\%)}{5} \\ &= \frac{n_T(0,419) + n_T(0,336) + n_T(0,265) + n_T(0,263) + n_T(0,443)}{5} \\ &= 0,345 \end{aligned}$$

- 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 :

$$\begin{aligned} \gamma &= 0,0125 \times n_T \text{ rata-rata} + 0,3 \\ &= 0,0125 \times 0,345 + 0,3 \\ &= 0,3034 \end{aligned}$$

- l. Jadi nilai porositas pada titik jembatan Srandakan adalah 0,3034 (30,34%)

Tabel 5.6 Hasil perhitungan Porositas pada segmen 2 Jembatan Srandakan.

$d$ maksimal	0,0125
$d$ minimal	0,000075
Batas atas	73,44
Batas bawah	47,148
$d_{50}/d_g$	0,0018
$d$ puncak/ $d$ peak	0,0016
$\Gamma$	0,379
$\beta$	0,402
$\sigma$	2,114
porositas	0,3034

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

➤ **Hasil perhitungan porositas material dasar sungai pada segmen 1 Jembatan Bantar.**

Tabel 5.7. Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada segmen 1 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

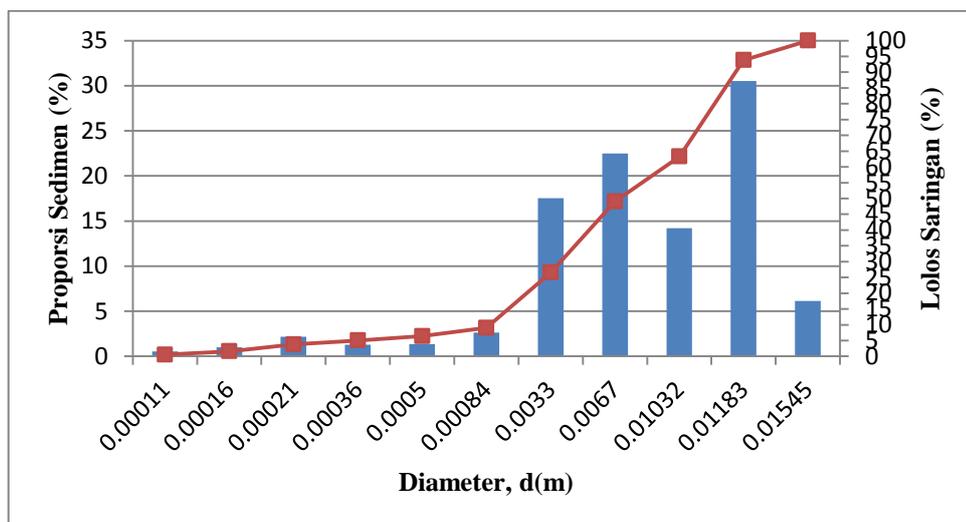
Representative gradasi = kolom 2

Proportion fs = kolom 3

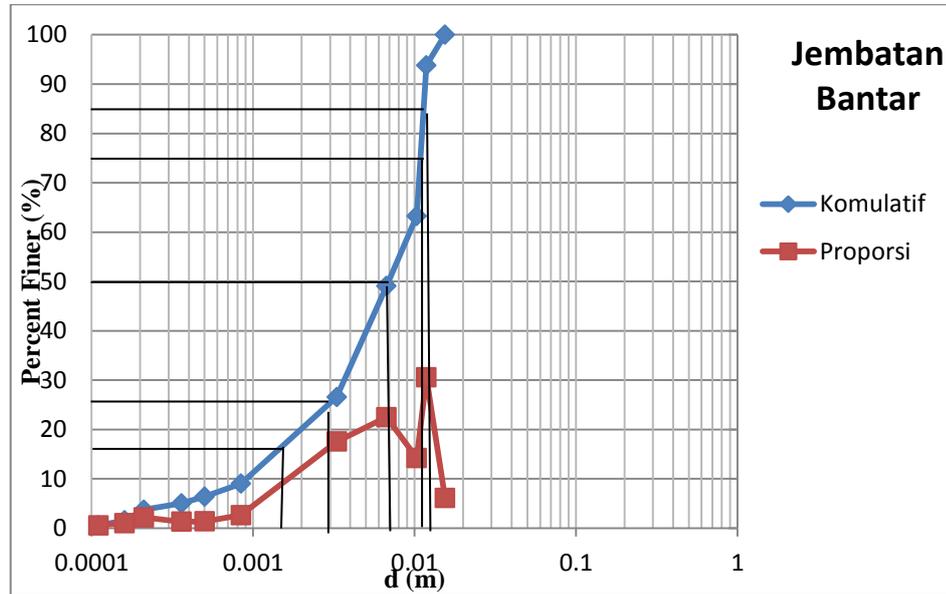
Proportion fs (%) = kolom 4

$j$ -th grain size = kolom 6

kumulatif distribusi ukuran butiran = kolom 7



Gambar 5.5 Grafik distribusi ukuran butiran dan kolom proporsi persentase sedimen pada segmen 1 Jembatan Bantar



Gambar 5.6. Grafik Diameter dominan ( $d_{50}$ ) dan Diameter puncak ( $d_{peak}$ ) pada segmen 1 Jembatan Bantar

Tabel 5.8. Hasil perhitungan Standar Deviasi pada segmen 1 Jembatan Bantar

no	$(d \text{ mean})$ $= d_j \times p_{sj}$	$d$	$d_j$	$p_{sj}$	$d \text{ mean}$	$\ln(d_j)$	$\ln(d)$	$\sigma_1 d_j = ((\ln(d_j) - \ln(d))^2) \times p_{sj}$
1	0,0000006	$d_1$	0,00011	0,0055	0,0068	-9,12	- 4,99	0,0938
2	0,000001	$d_2$	0,00016	0,0102	0,0068	-8,74	- 4,99	0,1434
3	0,000006	$d_3$	0,00021	0,0217	0,0068	-8,46	- 4,99	0,2613
4	0,000004	$d_4$	0,00036	0,0130	0,0068	-7,93	- 4,99	0,1124
5	0,000006	$d_5$	0,00050	0,0136	0,0068	-7,60	- 4,99	0,0926
6	0,000022	$d_6$	0,00084	0,0262	0,0068	-7,08	- 4,99	0,1144
7	0,000579	$d_7$	0,0033	0,1755	0,0068	-5,71	- 4,99	0,0910
8	0,000151	$d_8$	0,0067	0,2250	0,0068	-5,00	- 4,99	0,00002
9	0,001465	$d_9$	0,01032	0,1420	0,0068	-4,57	- 4,99	0,0250
10	0,003613	$d_{10}$	0,01183	0,3054	0,0068	-4,44	- 4,99	0,0924
11	0,000947	$d_{11}$	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)

Tabel 5.9 Hasil perhitungan Porositas pada segmen 1 Jembatan Bantar

$d$ maksimal	0,012500
$d$ minimal	0.000075
Batas atas	62,58,
Batas bawah	49,10
$d_{50}/d_g$	0,0063
$d$ puncak/ $d$ peak	0,0055
$\Gamma$	0,1339
$\beta$	0,6105
sigma	1,0675
porositas	0,3138

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

➤ Hasil perhitungan porositas material dasar sungai pada segmen 3 Dsn.Blibis (Muara)

Tabel 5.10. Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada Segmen Dsn.Blibis

$gs d(j) = \sqrt{dd(j) \cdot dd(j+1)}$		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
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

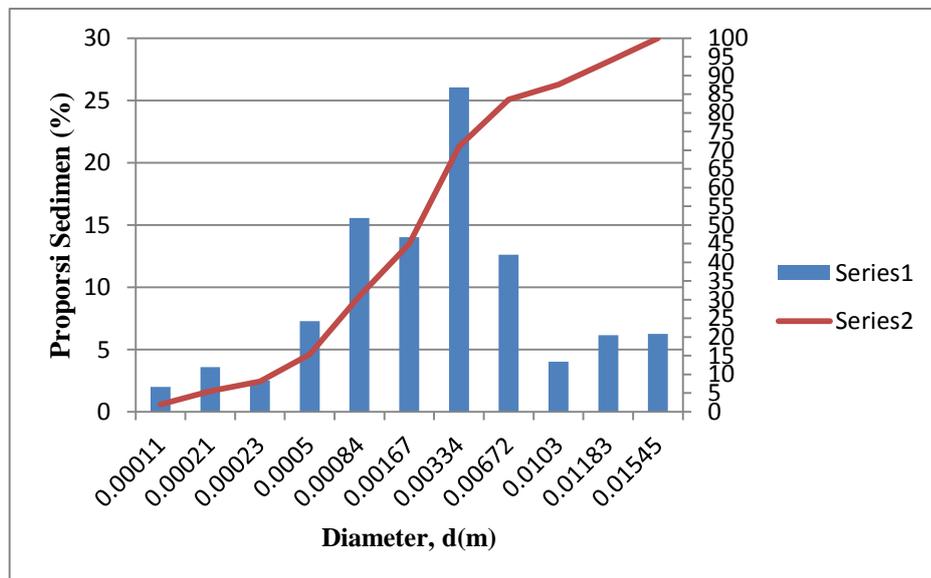
*Representative gradasi* = kolom 2

Proportion  $f_s$  = kolom 3

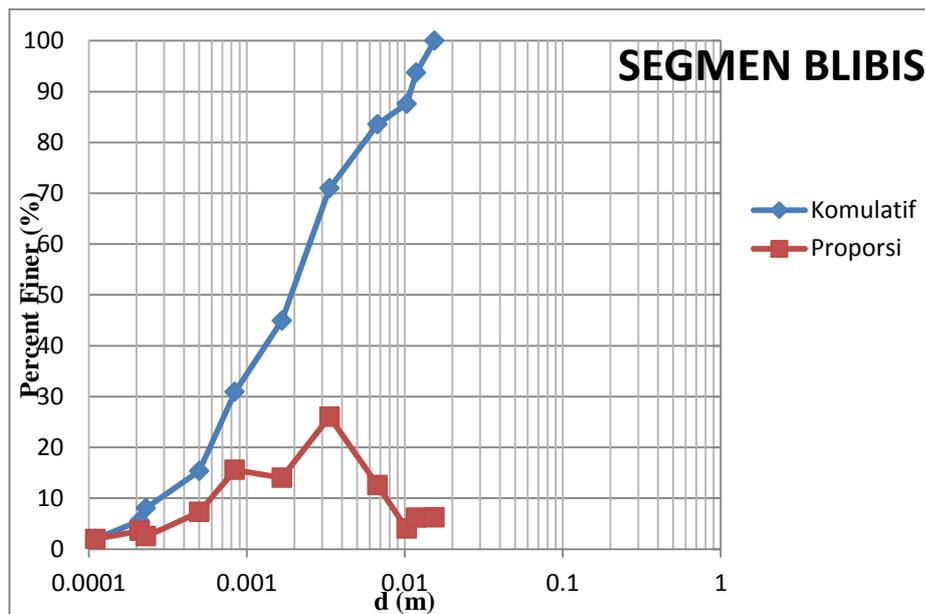
Proportion  $f_s$  (%) = kolom 4

*j-th grain size* = kolom 6

kumulatif distribusi ukuran butiran = kolom 7



Gambar 5.7 Grafik distribusi ukuran butiran dan kolom proporsi persentase sedimen pada segmen 3 Dsn.Blibis.



Gambar 5.8 Grafik Diameter dominan ( $d_{50}$ ) dan diameter puncak ( $d_{peak}$ ) pada segmen 3 Dsn. Blibis.

Tabel 5.11. Hasil perhitungan Standar Deviasi pada segmen 3 Dusun Blibis.

no	$(d \text{ mean})$ $= dj \times psj$	$d$	$dj$	$psj$	$d \text{ mean}$	$\ln(dj)$	$\ln(d)$	$\sigma_1 d_j = ((\ln(dj) - \ln(d))^2) \times psj$
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)

Tabel 5.12 Hasil perhitungan Porositas pada segmen ke 3 Dusun Blibis.

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

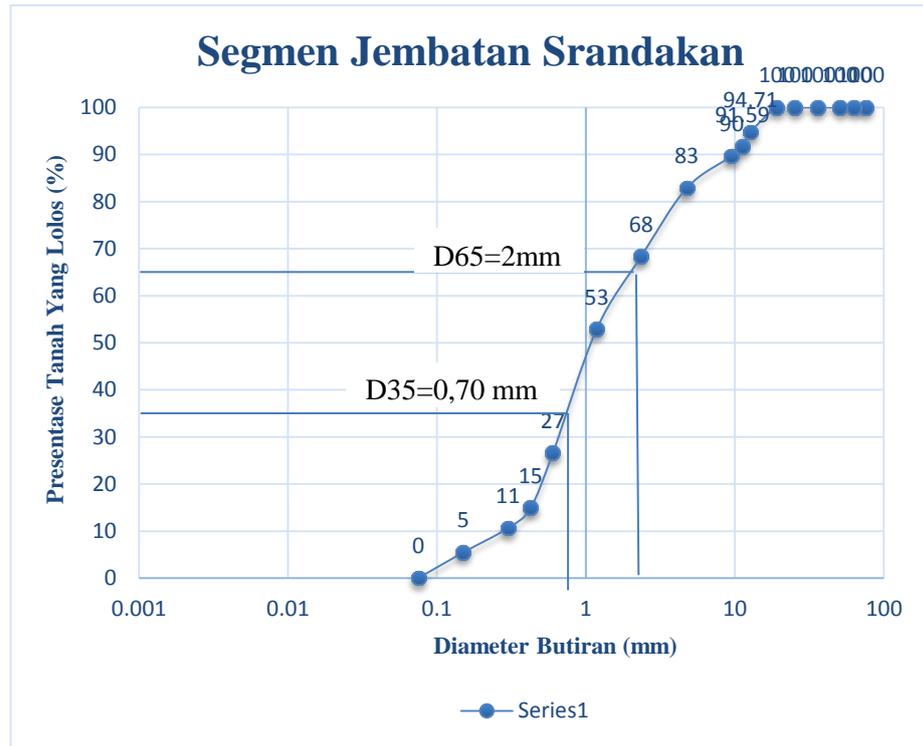
Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

### C. Angkutan Sedimen

Contoh perhitungan angkutan sedimen pada titik Jembatan Srandakan.

Diketahui :

- a. Debit aliran (*Q*) = 95,57 m<sup>3</sup>/detik
- b. Lebar aliran sungai = 125,5 meter
- c. Kemiringan sungai = 0,0031
- d. Viskositas air = 1,00x10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s
- e. Rapat massa rata-rata sedimen dasar sungai  $\rho \int_s = 2650 \text{ kg/m}^3$
- f. Dengan *d*<sub>35</sub> = 0,70 mm dan *d*<sub>65</sub> = 2 mm dari grafik distribusi ukuran butiran.



Gambar 5.9  $D_{35}$  dan  $D_{65}$  pada grafik distribusi ukuran butiran pada titik Jembatan Srandakan.

g. Gradasi ukuran butiran hasil analisis saringan.

Tabel 5.13 Analisis saringan pada titik jembatan Srandakan. .

Interval ukuran butiran (mm)	Ukuran butiran rata rata (mm)	% material
12,7 - 4,75	9,54	17,14 %
2,35 - 0,425	1,14	67,98 %
0,3 - 0,075	0,175	14,86 %

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.

- Perhitungan angkutan Sedimen dasar dipilih segmen 3 Jembatan Srandakan, dan hasil perhitungan angkutan sedimen ke 3 segmen terdapat terdapat pada tabel 5.14 , 5.15 dan 5.16. Adapun hasil perhitungan segmen 1 dan 3 terdapat pada lampiran.

Dimisalkan,  $Rb' = 0,308$  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

$$\begin{aligned} U_0' &= \sqrt{9,81 \times 0,308 \times 0,0031} \\ &= 0,0967 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal lapisan } \textit{sub-viscous} : \delta' = \frac{11,6 v}{\mu \omega}$$

dengan :

$\delta'$  = tebal lapisan *sub viscous*

$\mu$  = viskositas/kekentalan air.

$U_0'$  = kecepatan gesek akibat kekesaran butiran

$$\begin{aligned} \delta' &= \frac{11,6 \times 1,00 \times 10^{-6}}{0,0967} \\ &= 0,00012 \text{ m} \end{aligned}$$

Diketahui  $K_s = d_{65} = 2 \times 10^{-3}$

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

dengan :

$ks$  = kekasaran butiran.

$\delta$  = tebal lapisan *sub viscous*

$$\frac{ks}{\delta'} = \frac{2 \times 10^{-3}}{0,00012}$$

$$= 16,68$$

Untuk nilai  $ks/\delta' = 16,68$ , pada gambar 3.19 diperoleh nilai factor koreksi pengaruh *viskositas*  $x = 1,0$

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

$$\begin{aligned} V &= 5,75 \cdot \mu \cdot \text{Log} \left( \frac{12,27 Rb'x}{ks} \right) \\ &= 5,75 \times 0,0967 \log \left( \frac{12,27 \times 0,308 \times 1,0}{2 \times 10^{-3}} \right) \\ &= 1,823 \text{ m/detik.} \end{aligned}$$

c. Intensitas aliran  $\Psi$  :

Dimana dari data distribusi ukuran butiran  $d_{35} = 0,70 \times 10^{-3}$

$$\begin{aligned} \Psi' &= \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} = \frac{d_{35}}{S \cdot Rb'} \\ &= 1,65 \times \frac{0,70 \times 10^{-3}}{0,0031 \times 0,308} \\ &= 1,209 \end{aligned}$$

Nilai  $\Psi = 1,209$  maka dari Gambar 3.20, diperoleh nilai  $\frac{V}{U'} = 32$

$$\frac{V}{U'} = 32$$

$$U'' = 1,823 / 32 = 0,057 \text{ m/detik}$$

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

$$R_b'' = \frac{U''}{g S} = \frac{0,057^2}{9,81 \cdot 0,0031} = 0,106 \text{ m.}$$

d. Jari-Jari total diperoleh sebagai berikut :

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

$$= 0,308 + 0,106 = 0,414 \text{ m}$$

$$R_b = \frac{Bh}{B+2h} = \frac{125,5 h}{125,5+2h} = 0,414 \text{ m} = h = 0,417$$

$$\text{Cara mencari nilai } h = 0,414 = \frac{125,5h}{125,5+2h}$$

$$51,95 + 0,828 h = 125,5 h$$

$$51,95 = 125,5 h - 0,828 h$$

$$51,95 = 124,67$$

$$h = 0,417$$

e. Kontrol hitungan debit.

$$Q = A.V = (B h V')$$

$$= 125,5 \cdot 0,417 \cdot 1,823$$

$$= 95,41 \text{ m}^3/\text{s} = 95,57 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

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

Intensitas aliran :

$$\Psi = \frac{\gamma s - \gamma}{\gamma} \frac{d}{S.R_b} = 1,65 \frac{d}{0,0031 \cdot 0,308} = d = \frac{1,65}{0,0031 \cdot 0,308} = 1728,11.d$$

g. Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran :

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

$$= \sqrt{9,81 \times 0,308 \times 0,0031} = 0,0967 \text{ m/s}$$

Tebal lapisan *sub viscous*.

$$\delta' = \frac{11,6 \cdot v}{U'} = \frac{11,6 \cdot 1,00 \times 10^{-6}}{0,0967} = 0,00012 \text{ m}$$

$$\frac{ks}{\delta'} = \frac{d_{65}}{\delta'} = \frac{0,0020}{0,00012} = 16,666$$

$$\text{Nilai } \frac{ks}{\delta'} = 16,666$$

Dari Gambar 3.19, diperoleh nilai  $x$  (faktor koreksi pengaruh viskositas) = 1,0.

Kekasaran dasar saluran

$$\Delta = \frac{d_{65}}{x} = \frac{0,0020}{1,0} = 0,002 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta}{\delta'} = \frac{0,002}{0,00016} = 16,666 > 1,8 \rightarrow x = 0,77$$

$$= 0,77 \cdot 0,002$$

$$= 0,00154 \text{ m}$$

$$\left[ \frac{\beta}{\beta x} \right]^2 = \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \cdot x/\Delta)} \right]^2 = \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \cdot 0,00154/0,002)} \right]^2$$

$$= 1,264477$$

D<sub>1</sub> Untuk fraksi ukuran butiran, d<sub>1</sub> = 9,54 mm = 0,00954 m.

$$\frac{d_1}{X} = \frac{0,00954}{0,00154} = 6,1948$$

Untuk  $\frac{d_1}{X} = 6,1948$  dari Gambar 3.21, diperoleh nilai hiding factor  $\xi = 1$

Untuk  $\frac{d_{65}}{\delta'} = 16,66$  dari Gambar 3.22, diperoleh nilai koreksi gaya angkat

$$Y = 0,5$$

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

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

$$= 1 \cdot 0,5 \cdot 1,264477 \cdot 1728,11 \cdot d_1$$

$$= 1 \cdot 0,5 \cdot 1,264477 \cdot 1728,11 \cdot 0,00954$$

$$= 10,423$$

i. Dari gambar 3.23 untuk  $\Psi_{i'} = 10,423$ , maka diperoleh nilai  $\theta = 0,08$   
Selanjutnya besaran angkutan sedimen suspensi untuk fraksi butiran d<sub>1</sub> adalah :

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

$$= 0,1714 \cdot 0,08 \cdot 2650/9,81 \cdot (9,81 \cdot 0,00954)^{3/2} \cdot (1,65)^{1/2}$$

$$= 0,0000136 \text{ kg/ms.}$$

Untuk fraksi ukuran butiran , d<sub>2</sub> = 1,14 mm = 0,00114 m

$$\frac{d_2}{X} = \frac{0,00114}{0,00154} = 0,7402$$

Untuk  $\frac{d_2}{X} = 0,7402$  dari Gambar 3.21 diperoleh nilai hiding factor  $\xi = 1,5$

Untuk  $\frac{d_{65}}{\delta'} = 16,68$  dari Gambar 3.22, diperoleh nilai koreksi gaya

angkat Y = 0,5

Intensitas aliran yang telah dikoreksi



1	0,00954	0,17	0,308	16,48	6,194	1	0,5	10,42	0,08	0,0001362
2	0,00114	0,68	0,308	1,970	0,740	1,5	0,5	1,86	2	0,0005578
3	0,000175	0,14	0,308	0,302	0,113	100	0,5	19,12	0,05	$1,8 \times 10^{-7}$
<b>Σ</b>										0,0006942

Jadi besar angkutan sedimen:

$$\begin{aligned}
 Q_B &= (\sum i_b q_b) \times 60 \text{ detik} \times 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam} \times B \\
 &= 0,000694267 \times 60 \times 60 \times 24 \times 125,5 \\
 &= 7528,0759 \text{ kg / hari.} \\
 &= 7,53 \text{ Ton/hari.}
 \end{aligned}$$

➤ **Hasil perhitungan angkutan sedimen pada segmen 1 Jembatan Bantar.**

Tabel 5.15 Nilai selengkapnya hasil perhitungan angkutan sedimen.

	D(mm)	I <sub>b</sub> (%)	R <sub>b</sub> ,	Ψ <sub>i</sub> '	d/x	ξ	Y	Ψ <sub>i</sub> '	θ <sub>i</sub>	(i <sub>B</sub> Q <sub>B</sub> ) (Kg/ms)
1	0.00954	0.0504	0,242	6,177786	29,5356	1	0,5	6,0065	0,4	$4 \times 10^{-4}$
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
<b>Σ</b>										$4 \times 10^{-4}$

Jadi besar angkutan sedimen pada titik Jembatan Bantar adalah :

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

➤ Hasil perhitungan angkutan sedimen pada segmen 3 Dusun Blibis.

Tabel 5.16 Nilai selengkapnya hasil perhitungan angkutan sedimen.

No	D(mm)	I <sub>b</sub> (%)	R <sub>b</sub> '	Ψ <sub>i</sub> '	d/x	ξ	Y	Ψ <sub>i</sub> '	Θ.i	(i <sub>B</sub> Q <sub>B</sub> ) (Kg/ms)
1	0,00954	0,15	0,395	17,32	6,52	1	0,5	10,95	0,08	1,2x10 <sup>-4</sup>
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 <sup>-7</sup>
<b>Σ</b>										0,0007379

Jadi besar angkutan sedimen pada segmen Dusun Blibis adalah:

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

### PERBANDINGAN HASIL PENELITIAN TAHUN 2014 DAN 2017

Dari hasil analisis hitungan diketahui tipe morfologi sungai progo hilir pada tahun 2017 dan perbandingan dari hasil analisis pada tahun 2014 yang dilakukan oleh Ulil Amri sebagai berikut :

Tabel 5.17 *Entrenchement Ratio*

Lokasi	2014	Tipe	2017	Tipe
Jembatan Bantar	1,08	A,F,G	1,08	A,F,G
Jembatan Srandakan	1,07	A,F,G	1,123	A,F,G
Dusun Blibis	1,023	A,F,G	1,120	A,F,G

Tabel 5.18 *With / depth Ratio*

Lokasi	2014	Tipe	2017	Tipe
Jembatan Bantar	198	D	42,112	D
Jembatan Srandakan	193,6	D	116,2	D
Dusun Blibis	195,3	D	76,87	D

Tabel 5.19 Kemiringan Saluran / *slope*

Lokasi	2014	Tipe	2017	Tipe
Jembatan Bantar	0,19 %	DA	0,63%	DA
Jembatan Srandakan	0,023%	DA	0,31%	DA
Dusun Blibis	0,032%	DA	0,23%	DA

Tabel 5.20 Tabel diameter dominan D50

Lokasi	2014 (mm)	Tipe	2017 (mm)	Tipe
Jembatan Bantar	1,7	F5b	0,008	F5b
Jembatan Srandakan	0,88	D5b	1,05	F5b
Dusun Blibis	0,60	E5	1	F5b

Tabel 5.21 Tabel hasil porositas

Lokasi	2014	2017
Jembatan Bantar	28 %	31,38 %
Jembatan Srandakan	15,61%	30,34 %
Dusun Blibis	29,10%	30,52 %

Tabel 5.22 Tabel hasil angkutan sedimen

Lokasi	2014 ton/hari	Debit m <sup>2</sup> /s	2017 ton/hari	Debit m <sup>2</sup> /s
Jembatan Bantar	1,79	22,64	3,643	72,32
Jembatan Srandakan	1,428	15,93	7,530	95,57
Dusun Blibis	4,982	14,20	7,842	138,5

Jadi, dari beberapa tabel di atas menunjukkan hasil penelitian pada tahun 2014 dan 2017 mengalami perbedaan, hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya menurunnya permukaan dasar aliran sungai, dalam fenomena kali ini dapat disimpulkan bahwa pada Sungai Progo Hilir mengalami degradasi.