

## BAB V

### HASIL ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### A. Morfologi Sungai

Perhitungan ini akan menjelaskan langkah-langkah perhitungan hidrometri dan menentukan tipe morfologi Sungai Progo. Contoh perhitungan diambil dari data pada lokasi Kebon Agung I.

##### 1. Perhitungan Hidrometri

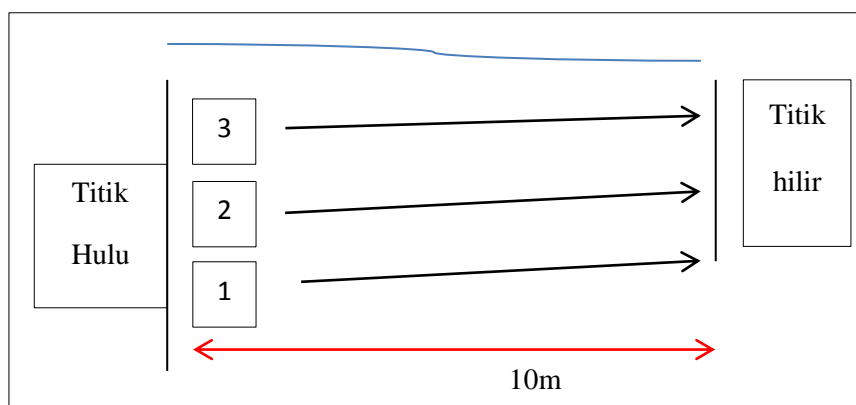
###### a. Kecepatan aliran

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

Tabel 5.1 Hasil pengukuran dilapangan titik 2 Sungai Progo Hilir

aliran	
$L = \text{jarak (m)}$	$t = \text{waktu (d)}$
10	10,39
10	9,79
10	10,7

*Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)*



Gambar 5.1 Ilustrasi pengambilan data kecepatan aliran



Gambar 5.2 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 :

$$\text{Aliran} = \left( \frac{10}{10,39} + \frac{10}{9,79} + \frac{10}{10,7} \right)$$

$$V \text{ permukaan} = \left( \frac{0,96+1,02+0,94}{3} \right)$$

$$= 0,973 \text{ m/detik}$$

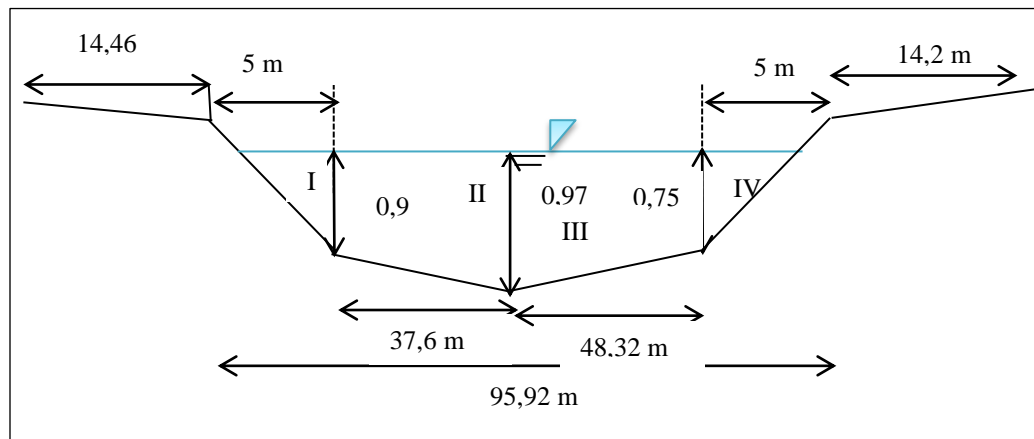
Setelah kecepatan permukaan sungai diketahui kemudian dikalikan faktor koreksi  $C$  untuk memperoleh kecepatan yang mewakili penampang yang ditinjau. Nilai  $C$  yang dipakai adalah 0,90 diambil dari rata-rata dari nilai 0,85-0,95.

$$V \text{ rata-rata Aliran} = 0,973 \cdot 0,90$$

$$= 0,876 \text{ m/detik}$$

b. Luas penampang basah aliran sungai

Dari pengukuran di lapangan pada lokasi Jembatan Kebon Agung I diperoleh data sebagai berikut: kedalaman aliran bagian kanan = 0,56 m, kedalaman aliran bagian tengah = 0,97 m, kedalaman aliran bagian kiri = 0,8 lebar dasar saluran = 92,92 m.



Gambar 5.3 Sketsa Penampang Melintang Sungai Progo titik Jembatan Kebon Agung I

Contoh perhitungan luas penampang aliran segmen Jembatan Kebon Agung I:

$$\begin{aligned} \text{Luas Segmen I : } A &= \frac{\text{Alas} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{0,9 \times 5}{2} \\ &= 2,25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Segmen II : } A &= \frac{\text{Jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(0,9+0,97) \times 37,6}{2} \\ &= 35,16 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Segmen III : } A &= \frac{\text{Jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(0,75+0,97) \times 48,32}{2} \\ &= 41,55 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{0,75 \times 5}{2}$$

$$= 1,88 \text{ m}^2$$

Total luas penampang sungai adalah  $80,84 \text{ m}^2$

c. Debit

$$Q = A \times V \dots\dots\dots \text{persamaan (3.5)}$$

dengan :

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

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

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

$$Q = A \cdot V$$

$$= 80,84 \times 0,876$$

$$= 70,82 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan hidrometri Sungai Progo selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran.

2. Analisis perhitungan morfologi segmen Kebon Agung I

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

$$= \frac{109,37}{95,92}$$

$$= 1,140 \text{ (Tipe A, F,G)}$$

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

$$= \frac{95,92}{0,97}$$

$$= 98,89 \text{ (Tipe D)}$$

c. Menghitung kemiringan sungai (*Slope*)

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

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

$$= \frac{86}{100} \times 100\%$$

$$= 0,086 \% \rightarrow (\text{Tipe DA})$$

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

Dari grafik analisis ukuran butiran pada titik segmen Kebon Agung I, diketahui nilai D-50 = 0,60 mm, jadi yang disimpulkan bahwa material dasar permukaan yang dominan adalah material pasir yang berukuran kurang lebih 0,60 mm, sehingga morfologi Sungai Progo untuk segmen Kebon Agung I adalah tipe D<sub>5</sub>, hasil perhitungan Morfologi Sungai Progo selengkapnya dapat di lihat pada tabel 5.2

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	Kebon Agung II	108,56	90,28	1,7	1,19	A,F,G	53,44	D
2	Kebon Agung I	109,37	95,92	0,97	1,140	A, F, G	98,89	D
3	Jembatan Bantar	113,56	105,28	2,5	1,08	A, F, G	42,112	D

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Kemiringan Dasar Sungai/*Slope*, Material Dominan (d50), dan Tipe Morfologi Sungai Progo

No	Titik	Kemiringan dasar sungai/slope			klasifikasi	Material Dominan (D50)		Tipe Sungai Morfologi
		Elevasi (m)	Panjang (m)	Nilai (%)		Ukuran (mm)	Klasifikasi	
1	Kebon Agung II	91	100	0,091	DA	0,60	Pasir	F5 <sub>b</sub>
2	Kebon Agung I	86	100	0,086	DA	0,67	Pasir	F5 <sub>b</sub>
3	Jembatan Bantar	63	100	0,063	DA	0,97	pasir	F5 <sub>b</sub>

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

Dari hasil analisis tipe Morfologi sungai menurut Rosgen (1996), didapatkan hasil pada titik 1 yaitu tipe morfologi F5<sub>b</sub> yaitu sungai yang memiliki satu aliran dan mempunyai lebar yang besar dengan kedalaman yang tidak terlalu dalam, selain itu pada titik 1 memiliki pasir sebagai sedimen dasar sungai

dominannya serta memiliki kemiringan sungai yang curam. Pada titik 2 memiliki tipe morfologi F5<sub>b</sub> yang sama dengan titik 1 yaitu sungai yang memiliki satu aliran dan mempunyai lebar yang besar dengan kedalaman yang tidak terlalu dalam dan memiliki pasir sebagai sedimen dasar sungainya serta memiliki kemiringan sungai yang curam. Pada titik 3 sungai memiliki tipe morfologi F5<sub>b</sub> yaitu sungai yang memiliki satu aliran dan mempunyai lebar yang besar dengan kedalaman yang dalam dan memiliki pasir sebagai sedimen dasar sungainya serta memiliki kemiringan sungai yang lebih landai dari pada di titik 1 dan titik 2. Berikut ini merupakan perbandingan antara hasil analisis 2017 dengan hasil analisis 2013. Seperti yang terdapat pada tabel 5.4 sampai tabel 5.8.

Tabel 5.4 Perbandingan *Entrenchment Ratio*

No	Titik	<i>Entrenchment Ratio</i> (2017)		<i>Entrenchment Ratio</i> (2013)	
		Nilai	Tipe	Nilai	Tipe
1	Kebon Agung II	2,49	C, D, E	1,19	A, F, G
2	Kebon Agung I	1,502	B	1,14	A, F, G
3	Jembatan Bantar	1,088	A, F, G	1,08	A, F, G

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2013) dan (2017)

Tabel 5.5 Perbandingan *Width/Depth Ratio*

No	Titik	<i>W/D Ratio</i> (2017)		<i>W/D Ratio</i> (2013)	
		Nilai	Tipe	Nilai	Tipe
1	Kebon Agung II	118,8	D	53,44	D
2	Kebon Agung I	197,8	D	98,89	D
3	Jembatan Bantar	198,1	D	42,11	D

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2013) dan (2017)

Tabel 5.6 Perbandingan Kemiringan Sungai/slope

No	Titik	Kemiringan dasar sungai/slope (2017)		Kemiringan dasar sungai/slope (2013)	
		Nilai (%)	Tipe	Nilai (%)	Tipe
1	Kebon Agung II	0,064	DA	0,091	DA
2	Kebon Agung I	0,039	DA	0,086	DA
3	Jembatan Bantar	0,19	DA	0,063	DA

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2013) dan (2017)

Tabel 5.7 Perbandingan Diamter butiran dominan (d50)

No	Titik	Material (D50) (2013)		Material (D50) (2017)	
		Ukuran (mm)	Material	Ukuran (mm)	Material
1	Kebon Agung II	1,8	Pasir	0,60	Pasir
2	Kebon Agung I	0,5	Pasir	0,67	Pasir
3	Jembatan Bantar	1,7	pasir	0,97	pasir

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2013) dan (2017)

Tabel 5.8 Perbandingan Tipe morfologi Sungai Progo Hilir

No	Titik	Tipe sungai Morfologi (2013)	Tipe sungai Morfologi (2017)
1	Kebon Agung II	C5 <sub>b</sub>	F5 <sub>b</sub>
2	Kebon Agung I	B5	F5 <sub>b</sub>
3	Jembatan Bantar	F5 <sub>b</sub>	F5 <sub>b</sub>

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2013) dan (2017)

Terdapat perubahan tipe morfologi antara tahun 2017 dengan tahun 20123 hal ini bisa disebabkan karena aliran air sungai berubah hal ini mengakibatkan berubahnya penampang sungai, selain itu juga bisa disebabkan karena sedimen

yang mengalir sungai tersebut, karena sedimen yang mengalir merupakan faktor penting yang mempengaruhi perubahan tipe morfologi sungai.

### B. Porositas

Hasil analisis perhitungan untuk nilai porositas pada titik 1, titik 2 dan titik 3 dapat dilihat pada Tabel 5.4 sampai Tabel 5.12. Sedangkan contoh perhitungan pada titik 1 dan titik 3 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4. Contoh perhitungan porositas material dasar sungai di segmen Kebon Agung I.

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

$$\begin{aligned} P_{sj} \text{ (proporsi) kelas 1} &= \frac{\% \text{ komulatif}}{100} \\ &= \frac{6,766}{100} \\ &= 0,0676 \end{aligned}$$

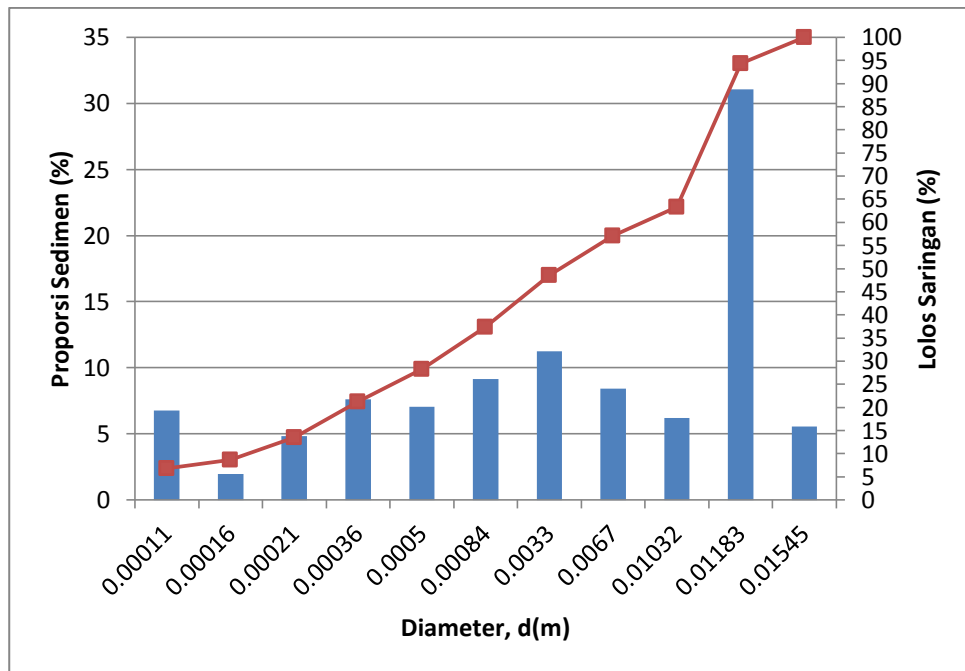
$$\begin{aligned} \text{Diameter butiran kelas 1} &= \sqrt{(dd_1 \times dd_2)} \\ &= \sqrt{(0,000075 \times 0,00015)} \\ &= 0,00011 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 5.9. Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada titik Kebon Agung I

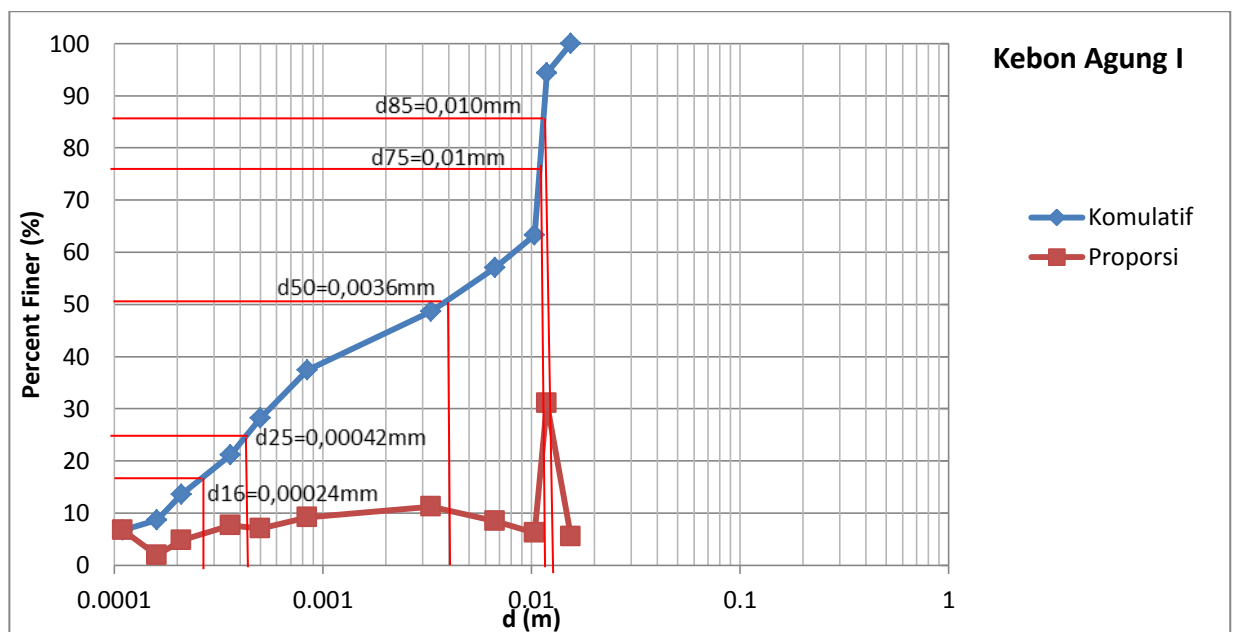
$gs \ d(j) = \sqrt{(dd(j) \times dd(j+1))}$		Proporsi $fs(j)$	Proporsi $fs(j) (\%)$	j-th ukuran butir $dd(j+1) = d(j)^2 / dd(j)$ (m)		Kumulatif distribusi Ukuran Butiran (%)	Diameter saringan
$d(1)$	0,00011	0,0677	6,77	$dd(1)$	0,000075	6,77	0,075
$d(2)$	0,00016	0,0195	1,95	$dd(2)$	0,00015	8,72	0,15
$d(3)$	0,00021	0,0483	4,83	$dd(3)$	0,0003	13,55	0,3
$d(4)$	0,00036	0,0763	7,63	$dd(4)$	0,000425	21,18	0,425
$d(5)$	0,00050	0,0705	7,05	$dd(5)$	0,0006	28,23	0,6
$d(6)$	0,00084	0,0914	9,14	$dd(6)$	0,00118	37,37	1,18
$d(7)$	0,0033	0,1125	11,25	$dd(7)$	0,00236	48,62	2,36
$d(8)$	0,0067	0,0844	8,44	$dd(8)$	0,00475	57,06	4,75
$d(9)$	0,01032	0,621	6,21	$dd(9)$	0,00952	63,27	9,52
$d(10)$	0,01183	0,3106	31,06	$dd(10)$	0,0112	94,33	11,2
$d(11)$	0,01545	0,0555	5,55	$dd(11)$	0,0125	100	12,5

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)





Gambar 5.4 Grafik distribusi ukuran butiran dan kolom proporsi persentase sedimen pada titik Kebon Agung I



Gambar 5.5 Grafik Diameter dominan ( $D_{16}$ ,  $D_{25}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{75}$ ,  $D_{85}$ ) pada titik Kebon Agung I

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

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

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

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

$d_{peak}$  = diameter puncak

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{\log d_{max} - \log d_{50}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \\ &= \frac{\log 0,0125 - \log 0,0036}{\log 0,0125 - \log 0,000075} \\ &= 0,2433 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{\log d_{max} - \log d_{peak}}{\log d_{max} - \log d_{min}} \\ &= \frac{\log 0,0125 - \log 0,0030}{\log 0,0125 - \log 0,000075} \\ &= 0,2790 \end{aligned}$$

Dari hasil parameter  $\gamma$  dan  $\beta$  (*gamma* dan *beta*) dan grafik yang di tunjukkan pada Gambar 3.20 . 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 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 :

$$\begin{aligned} d_{mean} &= (d_j \times p_{sj}) \\ &= (0,00011 \times 0,0677) \\ &= 0,000007 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} d_{mean} \text{ total} &= (\Sigma d_{mean}) \\ &= 0,0120 \end{aligned}$$

- d. Menghitung  $Ln$  (diameter fraksi 1)

$$\begin{aligned} Ln (d_j) &= Ln ( 0,00011) \\ &= -9,12 \end{aligned}$$

- e. Menghitung  $Ln$  (diameter median)

$$\begin{aligned} Ln (d) &= Ln (0,0120) \\ &= - 4,42 \end{aligned}$$

- f. Standar Deviasi ( $\sigma_L$ )

$$\begin{aligned} \sigma_L d_j &= (Ln (d_j) - Ln (d))^2 \cdot P_{sj} \\ &= (Ln (-9,12) - Ln (- 4,74))^2 \cdot 0,0677 \\ &= 1,2988 \end{aligned}$$

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 Kebon Agung I dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.10. Hasil perhitungan Standar Deviasi pada titik Kebon Agung I

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	0,000007	$d1$	0,00011	0,0677	0,0120	-9,12	- 4,42	1,2988
2	0,000003	$d2$	0,00016	0,0195	0,0120	-8,74	- 4,42	0,3639
3	0,000010	$d3$	0,00021	0,0483	0,0120	-8,46	- 4,42	0,7883
4	0,000027	$d4$	0,00036	0,0763	0,0120	-7,93	- 4,42	0,9400
5	0,000035	$d5$	0,00050	0,0705	0,0120	-7,60	- 4,42	0,7129
6	0,000077	$d6$	0,00084	0,0914	0,0120	-7,08	- 4,42	0,6467
7	0,000371	$d7$	0,0033	0,1125	0,0120	-5,71	- 4,42	0,1872
8	0,000565	$d8$	0,0067	0,0844	0,0120	-5,00	- 4,42	0,0284
9	0,006409	$d9$	0,01032	0,621	0,0120	-4,57	- 4,42	0,0140
10	0,003674	$d10$	0,01183	0,3106	0,0120	-4,44	- 4,42	0,0001
11	0,000857	$d11$	0,01545	0,0555	0,0120	-4,17	- 4,42	0,0035
Jumlah	0,0120		0,04978			-72,82	sigma	4,9838

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.

$$\text{Batas atas} = 57,02, \text{ diameter} = 0,00236$$

$$\text{Batas bawah} = 47,54, \text{ diameter} = 0,00475$$

$$\begin{aligned} d_{50} &= d_{\text{batas bawah}} + \left( \frac{50 - \text{batas bawah}}{\text{batas atas} - \text{batas bawah}} \right) \cdot (d_{\text{batas atas}} - \text{batas bawah}) \\ &= 0,00475 + \left( \frac{50 - 47,54}{57,02 - 47,54} \right) \cdot (0,00236 - 0,00475) \\ &= 0,00964 \end{aligned}$$

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

$$d_{\text{puncak}} / d_{\text{peak}} = 0,0030$$

- 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

$$\begin{aligned} n_T (16\%) &= \frac{\text{Ln} (f(0,00024))}{\text{Ln} \left( \frac{\log 0,0002 - \log 0,000075}{\log 0,0125 - \log 0,000075} \right)} \\ &= 0,3517 \end{aligned}$$

- 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.

$$\begin{aligned} n_T &= \frac{n_T(16\%) + n_T(25\%) + n_T(50\%) + n_T(75\%) + n_T(85\%)}{5} \\ &= \frac{n_T(0,3517) + n_T(0,2857) + n_T(0,4036) + n_T(1,3768) + n_T(2,0968)}{5} \\ &= 0,9029 \end{aligned}$$

- 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 :

$$\begin{aligned} \gamma &= 0,0125 \times n_T \text{ rata-rata} + 0,3 \\ &= 0,0125 \times 0,9029 + 0,3 \\ &= 0,3113 \end{aligned}$$

1. Jadi nilai porositas pada titik Kebon Agung I adalah 0,3113 (31,13%)

Tabel 5.11 Hasil perhitungan Porositas pada titik Kebon Agung I

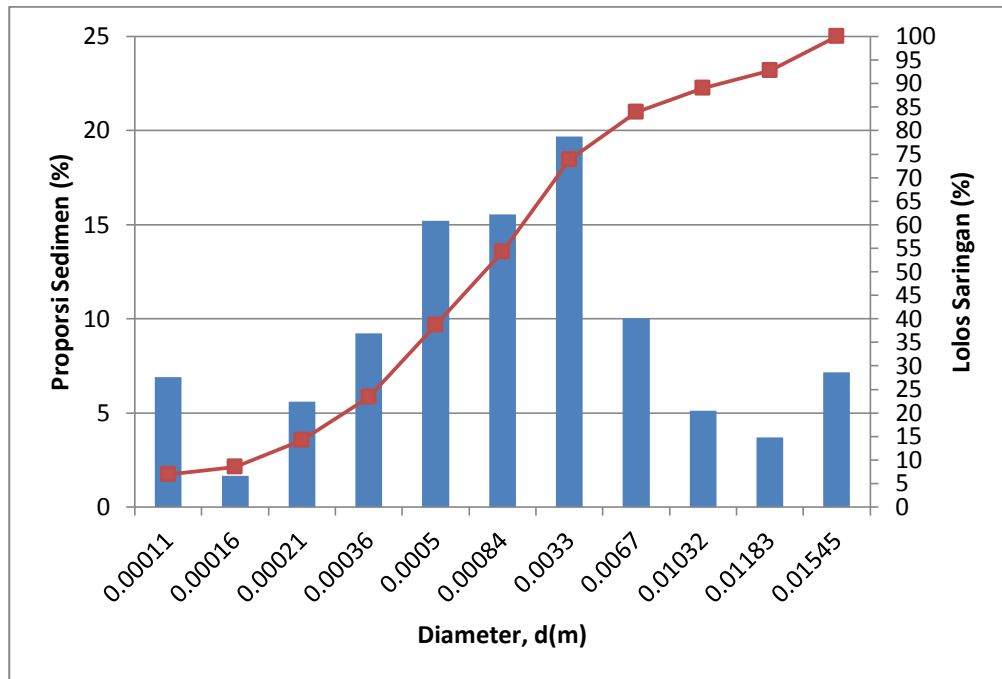
Diameter maksimal ( $d_{\text{mak}}$ )	0,012500
Diameter maksimal ( $d_{\text{min}}$ )	0.000075
Batas atas	57,02
Batas bawah	47,02
Diameter dominan ( $d_{50}$ )	0,0036
Diameter puncak ( $d$ peak)	0,0030
$\text{Gamma } (\gamma)$	0,2433
$\text{beta } (\beta)$	0,2790
Sigma ( $\sigma_L$ )	4,9838
Porositas ( $\lambda$ )	0,3113

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

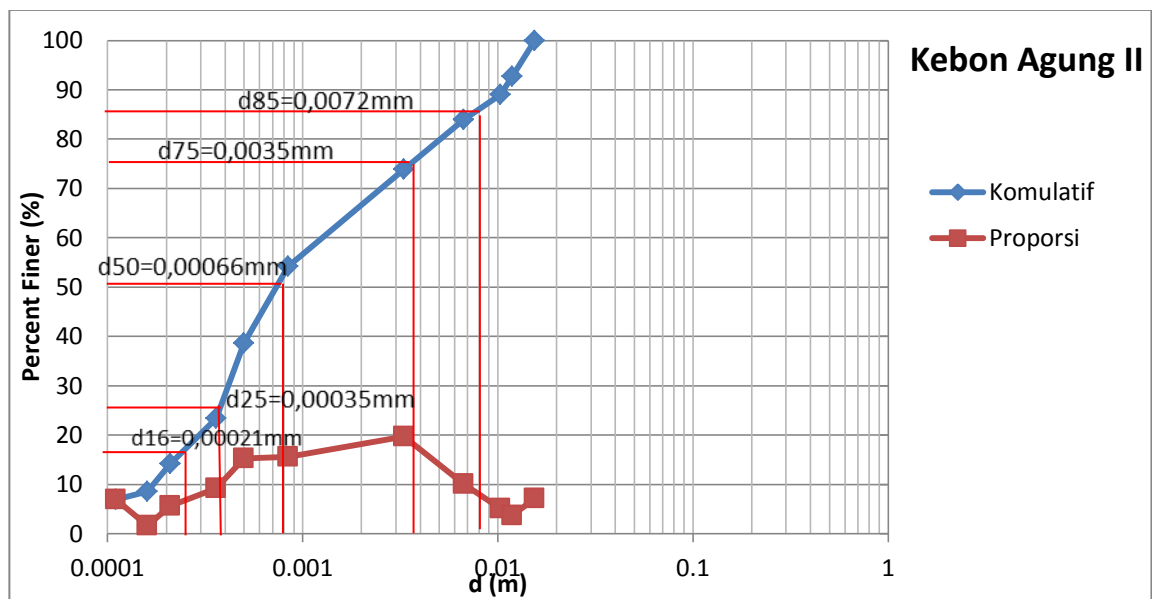
Tabel 5.12. Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada titik Kebon Agung II

$gs d(j) = \sqrt{dd(j) \cdot dd(j+1)}$		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	0,0691	6,91	$dd(1)$	0,000075	6,91	0,075
$d(2)$	0,00016	0,0165	1,65	$dd(2)$	0,00015	8,56	0,15
$d(3)$	0,00021	0,0561	5,61	$dd(3)$	0,0003	14,17	0,3
$d(4)$	0,00036	0,0923	9,23	$dd(4)$	0,000425	23,4	0,425
$d(5)$	0,00050	0,1522	15,22	$dd(5)$	0,0006	38,62	0,6
$d(6)$	0,00084	0,1556	15,56	$dd(6)$	0,00118	54,18	1,18
$d(7)$	0,0033	0,1969	19,69	$dd(7)$	0,00236	73,87	2,36
$d(8)$	0,0067	0,1003	10,03	$dd(8)$	0,00475	83,9	4,75
$d(9)$	0,01032	0,0511	5,11	$dd(9)$	0,00952	89,01	9,52
$d(10)$	0,01183	0,0371	3,71	$dd(10)$	0,0112	92,71	11,2
$d(11)$	0,01545	0,0715	7,15	$dd(11)$	0,0125	100	12,5

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)



Gambar 5.6 Grafik distribusi ukuran butiran dan kolom proporsi persentase sedimen pada titik Kebon Agung II



Gambar 5.7 Grafik Diameter dominan ( $D_{16}$ ,  $D_{25}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{75}$ ,  $D_{85}$ ) pada titik Kebon Agung II

Tabel 5.13. Hasil perhitungan Standar Deviasi pada titik Kebon Agung II

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	0,000007	$d1$	0,00011	0,0691	0,0036	-9,12	- 5,63	0,8416
2	0,000002	$d2$	0,00016	0,0165	0,0036	-8,74	- 5,63	0,1596
3	0,000012	$d3$	0,00021	0,0561	0,0036	-8,46	- 5,63	0,4493
4	0,000033	$d4$	0,00036	0,0923	0,0036	-7,93	- 5,63	0,4883
5	0,000035	$d5$	0,00050	0,1522	0,0036	-7,60	- 5,63	0,5907
6	0,000076	$d6$	0,00084	0,1556	0,0036	-7,08	- 5,63	0,3272
7	0,000650	$d7$	0,0033	0,1969	0,0036	-5,71	- 5,63	0,0001
8	0,000672	$d8$	0,0067	0,1003	0,0036	-5,00	- 5,63	0,0398
9	0,000527	$d9$	0,01032	0,0511	0,0036	-4,57	- 5,63	0,0574
10	0,000439	$d10$	0,01183	0,0371	0,0036	-4,44	- 5,63	0,0525
11	0,001105	$d11$	0,01545	0,0715	0,0036	-4,17	- 5,63	0,1524
Jumlah	0,0036		0,04978			-72,82	sigma	3,1589

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

Tabel 5.14 Hasil perhitungan Porositas pada titik Kebon Agung II

Diameter maksimal ( $d_{\text{mak}}$ )	0,012500
Diameter maksimal ( $d_{\text{min}}$ )	0,000075
Batas atas	54,02
Batas bawah	38,00
Diameter dominan ( $d_{50}$ )	0,00066
Diameter puncak ( $d \text{ peak}$ )	0,00055
$\text{Gamma } (\gamma)$	0,5749
$\text{beta } (\beta)$	0,6105
Sigma ( $\sigma_L$ )	3,1589
Porositas ( $\lambda$ )	0,3039

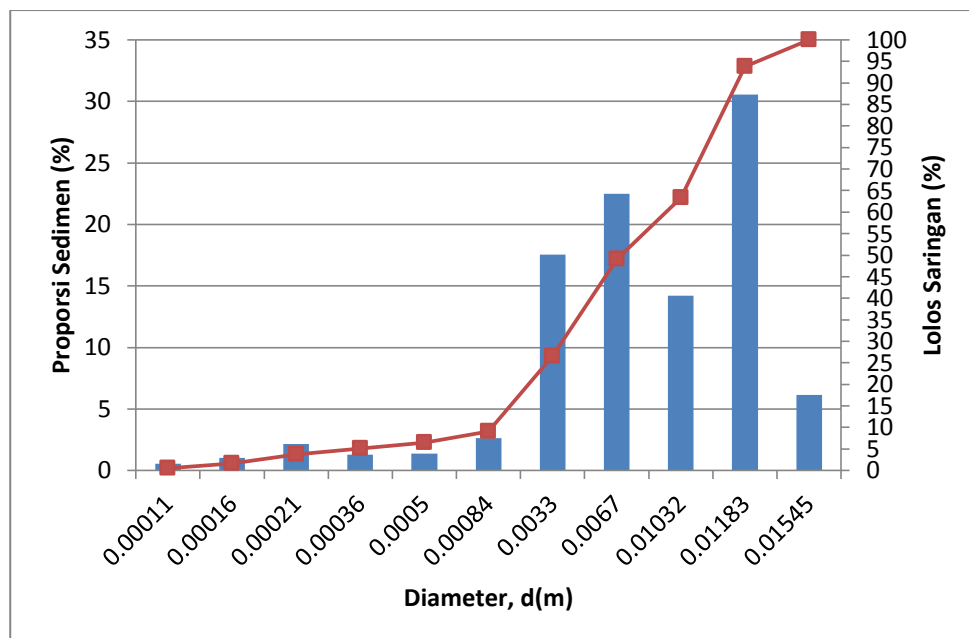
Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)



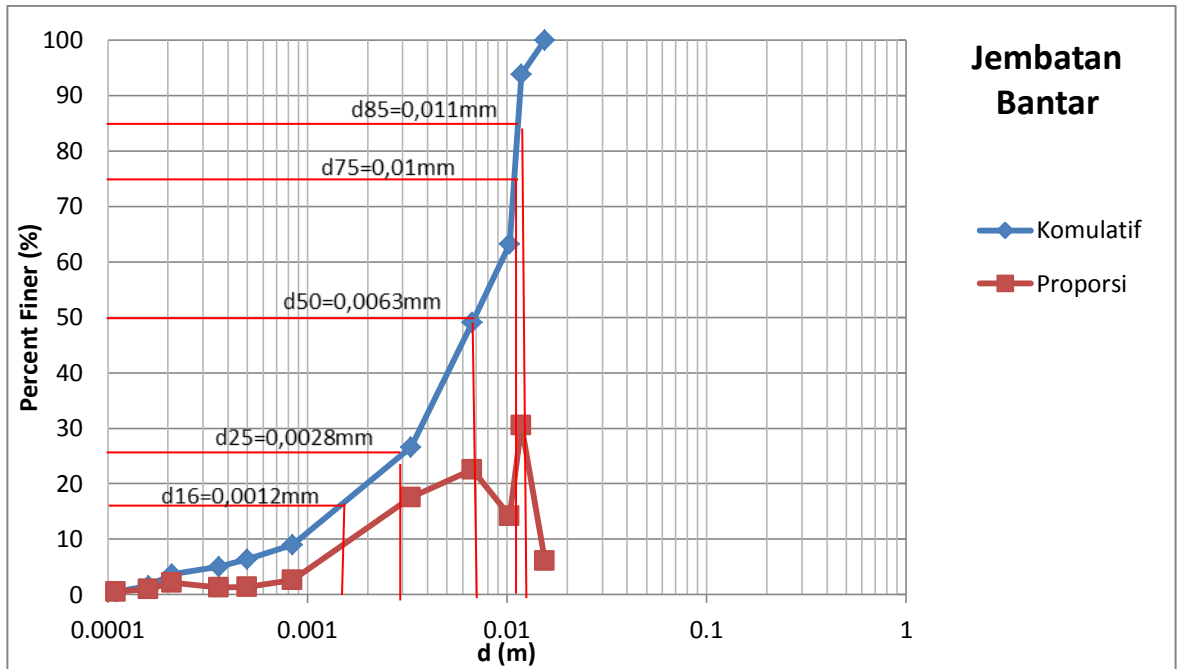
Tabel 5.15. Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada titik Jembatan bantar

$d(j)$	$gs d(j) = \sqrt{dd(j) * dd(j+1)}$	Proporsi $fs(j)$	Proporsi $fs(j) (%)$	j-th ukuran butir $dd(j+1) = d(j)^2 / dd(j)$ (m)		Komulatif distribusi Ukuran Butiran (%)	Diameter saringan
				$dd(j)$	$dd(j+1)$		
$d(1)$	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)



Gambar 5.8 Grafik distribusi ukuran butiran dan kolom proporsi persentase sedimen pada titik Jembatan Bantar



Gambar 5.9. Grafik Diameter dominan ( $D_{16}$ ,  $D_{25}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{75}$ ,  $D_{85}$ ) pada titik Jembatan Bantar

Tabel 5.16. Hasil perhitungan Standar Deviasi pada titik Jembatan Bantar

no	$(d \text{ mean}) = d_j \times p_{sj}$	$d$	$d_j$	$p_{sj}$	$d \text{ mean}$	$\ln(d_j)$	$\ln(d)$	$\sigma_{1d_j} = ((\ln(d_j) - (\ln(d))^2) \times p_{sj}$
1	0,0000006	$d1$	0,00011	0,0055	0,0068	-9,12	- 4,99	0,0938
2	0,000001	$d2$	0,00016	0,0102	0,0068	-8,74	- 4,99	0,1434
3	0,000006	$d3$	0,00021	0,0217	0,0068	-8,46	- 4,99	0,2613
4	0,000004	$d4$	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)

Tabel 5.17 Hasil perhitungan Porositas pada titik Jembatan Bantar

Diameter maksimal ( $d_{\text{mak}}$ )	0,012500
Diameter maksimal ( $d_{\text{min}}$ )	0.000075
Batas atas	62,58,
Batas bawah	49,10
Diameter dominan ( $d_{50}$ )	0,0063
Diameter puncak ( $d$ peak)	0,0055
$\text{Gamma } (\gamma)$	0,1339
$\text{beta } (\beta)$	0,6105
Sigma ( $\sigma_L$ )	1,0675
Porositas ( $\lambda$ )	0,3138

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2017)

Tabel 5.18 Perbandingan Hasil Perhitungan Porositas

No	Titik	Porositas % ( $\lambda$ ) (2013)	Porositas % ( $\lambda$ ) (2017)
1	Kebon Agung II	27,76	30,39
2	Kebon Agung I	15,61	31,13
3	Jembatan Bantar	28	31,38

Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2013) dan (2017)

Kesimpulan dari hasil perhitungan pada tahun 2013 dan 2017 mengalami perubahan karena berapa faktor dari material dasar sungai yang mengalami penurunan permukaan dasar sungai (Degradasi).

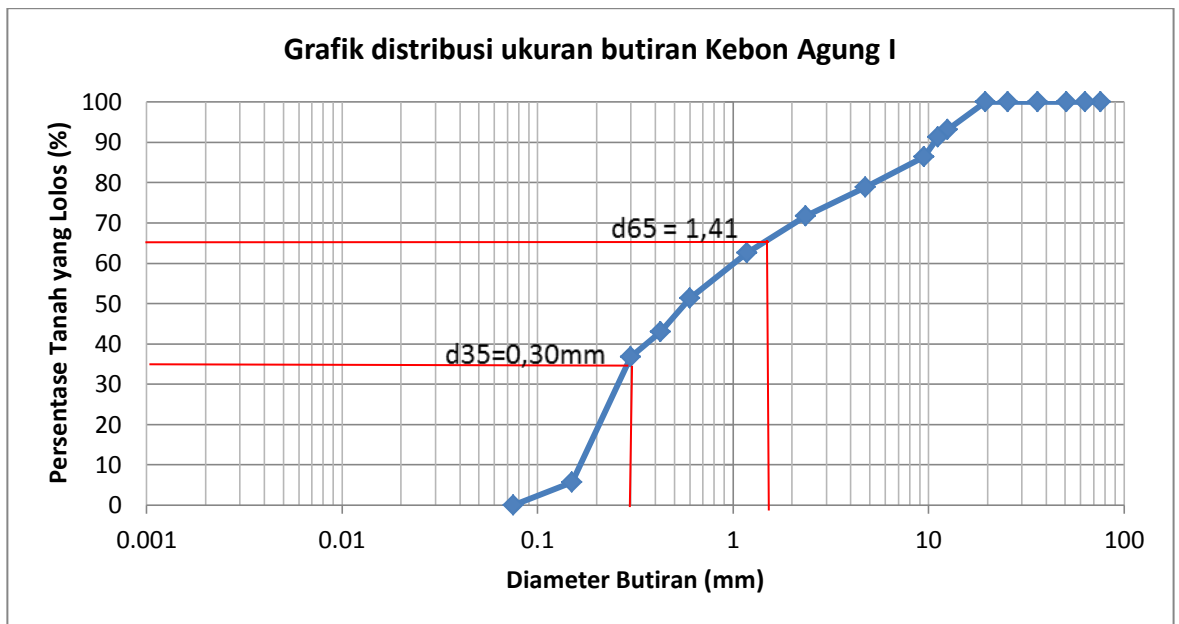
### C. Angkutan Sedimen

Hasil analisis perhitungan untuk nilai Angkutan Sedimen pada lokasi Kebon Agung II, dan lokasi di Jembatan Bantar dapat dilihat pada lampiran.

Contoh perhitungan angkutan sedimen pada titik Kebon Agung I

Diketahui :

- a. Debit aliran ( $Q$ ) = 70,82 m<sup>3</sup>/detik
- b. Lebar aliran sungai = 95,92 meter
- c. Kemiringan sungai ( $S$ ) = 0,0086
- d. Viskositas air ( $\mu$ ) = 1,00x10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s
- e. Rapat massa rata-rata sedimen dasar sungai  $\rho \int_s = 2650$  kg/m<sup>3</sup>
- f. Dengan  $d_{35} = 0,30$  mm dan  $d_{65} = 1,41$  mm dari grafik distribusi ukuran butiran.



Gambar 5.10  $D_{35}$  dan  $D_{65}$  pada grafik distribusi ukuran butiran pada titik Kebon Agung I

- g. Gradasi ukuran butiran hasil analisis saringan.

Tabel 5.19 Analisis saringan pada titik kebon Agung I.

Interval ukuran butiran (mm)	Ukuran butiran rata-rata (mm)	% Material
12,5 – 4,75	9,54	21,18%
2,36 – 0,425	1,14	35,88%
0,3 – 0,075	0,175	42,82%

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 Kebon Agung I.

Dimisalkan,  $Rb' = 0,252$  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

$$\begin{aligned} U_0' &= \sqrt{9,81 \times 0,252 \times 0,0086} \\ &= 0,1458 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Tebal lapisan *sub-viscous* :

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

dengan :

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

$\mu$  = viskositas/kekentalan air.

$U_0'$  = kecepatan gesek akibat kekesaran butiran

$$\begin{aligned} \delta' &= \frac{11,6 \times 1,00 \times 10^{-6}}{0,1458} \\ &= 0,000079 \text{ m} \end{aligned}$$

Diketahui  $K_s = d_{65} = 1,41 \times 10^{-3}$

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

dengan :

$k_s$  = kekasaran butiran.

$\delta$  = tebal lapisan *sub viscous*

$$\frac{k_s}{\delta'} = \frac{1,41 \times 10^{-3}}{0,000079}$$

$$= 17,8481$$

Dari Gambar 3.18 Untuk nilai  $k_s/\delta' = 17,8481$  diperoleh nilai faktor koreksi pengaruh *viskositas*  $x = 1,0$

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

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

$$= 5,75 \times 0,1458 \log \left( \frac{12,27 \times 0,252 \times 1,0}{1,41 \times 10^{-3}} \right)$$

$$= 2,8009 \text{ m/detik}$$

- c. Intensitas aliran  $\Psi$  :

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

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

$$= 1,65 \times \frac{3 \times 10^{-4}}{0,0086 \times 0,252}$$

$$= 0,2284$$

Dari Gambar grafik 3.19 Einstein dan Barbrissa (1952) Nilai  $\Psi = 0,2284$  diperoleh nilai  $\frac{V}{U'} = 100$

$$\frac{V}{U'} = 100 \quad u_o'' = \frac{2,8009}{100} = 0,0281 \text{ m/detik.}$$

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

$$u_o'' \sqrt{g R_b''} \rightarrow R_b'' = \frac{(u_o'')^2}{g.S} = \frac{(0,0281)^2}{9,81 \times 0,0086} = 0,0094 \text{ m}$$

d. Jari-Jari total diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_b &= R_b' + R_b'' \\ &= 0,252 + 0,0094 \\ &= 0,2614 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{Bh}{B+2h} = 0,2614 \frac{95,92h}{95,92+2h} \\ &= 0,2628 \end{aligned}$$

$$\text{Cara mencari nilai } h = 0,2614 = \frac{95,92h}{95,92h+2h}$$

$$25,0735 + 0,5228h = 95,92 h$$

$$25,0735 = 95,92 h - 0,5228 h$$

$$25,0735 = 95,3972 h$$

$$h = 0,2628 \text{ m}$$

e. Kontrol hitungan debit.

$$\begin{aligned} Q &= A.V = (b \times h \times V) \\ &= 95,92 \times 0,2628 \times 2,8009 \\ &= 70,6045 \text{ m}^3/\text{detik} \approx 70,82 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

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

Intensitas aliran :

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d}{S.R_b} = 1,65 \frac{d}{0,0086 \times 0,252} = 761,3511 \text{ d}$$

g. Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran :

$$\begin{aligned} U_o' &= \sqrt{g \cdot R_b' \cdot S} \\ &= \sqrt{9,81 \times 0,252 \times 0,0086} \\ &= 0,1458 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Tebal lapisan *sub viscous*.

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

$$= \frac{11,6 \times 1,00 \times 10^{-6}}{0,1458}$$

$$= 0,000079 \text{ m}$$

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

$$\frac{ks}{\delta'} = \frac{1,41 \times 10^{-3}}{0,000079}$$

$$= 17,8481$$

Dari Gambar 3.18, diperoleh nilai  $x$  (factor koreksi pengaruh viskositas) = 1,0

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

$$\Delta = \frac{1,41 \times 10^{-3}}{1,0}$$

$$= 0,00141 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta}{\delta'} = \frac{0,00141}{0,000079}$$

$$= 17,8481 > 1,8$$

$$x = 0,77 \times \Delta$$

$$= 0,77 \times 0,00141$$

$$= 0,001087$$

$$\begin{aligned} \left[ \frac{\beta}{\beta x} \right]^2 &= \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \cdot x/\Delta)} \right]^2 \\ &= \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \times 0,001087/0,00141)} \right]^2 \\ &= 1,2645 \end{aligned}$$

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

$$\frac{d_1}{x} = \frac{0,00954}{0,001087} = 8,7764$$

Untuk  $\frac{d_1}{x} = 4,1334$  dari Gambar 3.20, diperoleh nilai *hiding factor*  $\xi =$

1,0

$$\frac{ks}{\delta'} = \frac{d_{65}}{\delta'} = \frac{1,41 \times 10^{-3}}{0,000079}$$



$$= 17,8481$$

Dari Gambar grafik 3.21 Diperoleh nilai koreksi gaya angkat ( $Y$ ) = 0,5

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

$$\begin{aligned}\Psi_{,i}' &= \xi_1 \cdot Y_1 \cdot \left[ \frac{\beta}{\beta x} \right]^2 \cdot \Psi_d \\ &= 1 \times 0,5 \times 1,2645 \times 761,3511 \times 0,00954 \\ &= 4,5922\end{aligned}$$

- i. Dari Gambar Einstein 3.22, untuk  $\Psi_{,i}' = 4,5922$ , diperoleh nilai  $\theta = 0,4$  Selanjutnya besaran angkutan sedimen dasar untuk fraksi butiran  $d_1$  adalah :

$$\begin{aligned}(i_b q_b) &= i_b \cdot \theta \cdot \gamma_s \cdot (g \cdot d_1)^{2/3} \cdot \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right)^{1/2} \\ &= 0,2118 \times 0,4 \times (2650/9,81) \times (9,81 \times 0,00954)^{3/2} (1,65)^{1/2} \\ &= 0,8417 \text{ Kg/m.detik.}\end{aligned}$$

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

$$\frac{d_2}{X} = \frac{0,00114}{0,001087} = 1,05 \text{ dari Gambar 3.20, diperoleh nilai } \textit{hiding factor}$$

$$\xi = 1,2$$

$$\begin{aligned}\frac{d_{65}}{\delta'} &= 17,8481 \text{ dari Gambar 3.21 diperoleh nilai koreksi gaya angkat } Y \\ &= 0,5\end{aligned}$$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

$$\begin{aligned}\Psi_{,i}' &= \xi_1 \cdot Y_1 \cdot \left[ \frac{\beta}{\beta x} \right]^2 \cdot \Psi_{,i}' \\ &= 1,2 \times 0,5 \times 1,2645 \times 761,3511 \times 0,00114 \\ &= 0,6585\end{aligned}$$

Untuk  $\Psi_{,i}' = 0,6585$  dari Gambar 3.22, diperoleh nilai  $\theta = 0$  selanjutnya besar angkutan sedimen untuk fraksi butiran  $d_1$ .

$$\begin{aligned}(i_b q_b)_1 &= i_b \cdot \theta \cdot \gamma_s \cdot (g \cdot d_1)^{2/3} \cdot \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right)^{1/2} \\ &= 0,3588 \times 0 \times (2650/9,81) \times (9,81 \times 0,00114)^{3/2} (1,65)^{1/2} \\ &= 0\end{aligned}$$

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

$$\frac{d_3}{x} = \frac{0,00018}{0,001087} = 0,1656 \text{ dari Gambar 3.20, diperoleh nilai } \textit{hiding}$$

$$\textit{factor } \zeta = 100$$

Untuk  $\frac{d_{65}}{\delta'} = 17,8481$  dari Gambar 3.21, diperoleh nilai koreksi gaya angkat  $Y = 0,5$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

$$\begin{aligned} \Psi_{,i}' &= \xi_{,1} \cdot Y_{,1} \cdot \left[ \frac{\beta}{\beta_{,x}} \right]^2 \cdot \Psi_{,}' \text{ d} \\ &= 100 \times 0,5 \times 1,2641 \times 761,3511 \times 0,00018 \\ &= 8,6618 \end{aligned}$$

Untuk  $\Psi_{,i}' = 8,6618$  dari Gambar 3.22, diperoleh nilai  $\theta_i = 0,12$

Selanjutnya besar angkutan sedimen suspensi untuk fraksi butiran  $d_1$ .

$$\begin{aligned} (i_{,b}q_{,b}) &= i_{,b} \cdot \theta_{,i} \cdot \gamma_{,s} \cdot (g \cdot d_1)^{2/3} \cdot \left( \frac{\gamma_{,s} - \gamma}{\gamma} \right)^{1/2} \\ &= 0,4282 \times 0,12 \times (2650/9,81) \times (9,81 \times 0,00018)^{3/2} (1,65)^{1/2} \\ &= 0,00132 \end{aligned}$$

Tabel 5.20 Nilai selengkapnya untuk menghitung angkut 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	0.2118	0.252	7,263289	8,7764	1	0,5	4,5922	0.4	8,417x10 <sup>-4</sup>
2	0.00114	0.3588	0.252	0,867940	1,05	1,2	0,5	0,6585	0	0
3	0.00018	0.4282	0.252	0,137043	0,1656	100	0,5	8,6618	0.12	1,32x10 <sup>-6</sup>
									<b>Σ</b>	8,4302x10 <sup>-4</sup>

Jadi besar angkutan sedimen Kebon Agung I:

$$\begin{aligned} Q_B &= (\Sigma i_{,b}q_{,b}) \times 60 \text{detik} \times 60 \text{menit} \times 24 \text{jam} \times B \\ &= 8,4302 \times 10^{-4} \times 60 \times 60 \times 24 \times 95,92 \\ &= 6986,518134 \\ &= 6,9865 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

Tabel 5.21 Perbandingan Angkutan Sedimen

No	Titik	Angkutan Sedimen (ton/hari) (2013)	Debit m <sup>3</sup> detik	Angkutan Sedimen (ton/hari) (2017)	Debit m <sup>3</sup> detik
1	Kebon Agung II	1,217	16,84	10,75	89,74
2	Kebon Agung I	0,68	22,80	6,99	70,82
3	Jembatan Bantar	1,79	22,64	3,64	72,32

*Sumber : Hasil Analisis Penelitian (2013) dan (2017)*

Hasil kesimpulan pada penelitian tahun 2017 terjadi pengendapan di sepanjang aliran sungai Kebon Agung II menuju Kebon Agung I sebesar 3,76 ton/hari dan Kebon Agung menuju aliran sungai di titik Jembatan Bantar terjadi pengendapan sebesar 3,35 ton/hari.