

BAB V
HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Tipe Morfologi Sungai

Perhitungan berikut ini akan menjelaskan langkah-langkah analisis hitungan hidrometri dari Kali Putih kemudian menentukan jenis atau tipe morfologinya. Digunakan rumus menurut teori Dave Rosgen (1996) untuk menentukan tipe morfologi Kali Putih dan untuk angkutan sedimen dasar digunakan teori menurut Einstein (1950). Contoh perhitungan dipakai data dari titik I yaitu di jembatan Desa Sirahan.

1. Perhitungan Hidrometri

a. Kecepatan Aliran

Berdasarkan hasil pengambilan data kecepatan aliran di lapangan diperoleh data yang ditampilkan pada Tabel 5.1 di bawah ini

Tabel 5.1 Hasil pengukuran di jembatan Sirahan

Aliran Pinggir kiri		Aliran tengah		Aliran pinggir kanan	
Jarak (m)	Waktu (s)	Jarak (m)	Waktu (s)	Jarak (m)	Waktu (s)
5	7.69	5	5.27	5	7.54
5	7.83	5	5.22	5	7.15
5	7.52	5	5.27	5	7.24

Sumber : Hasil penelitian 2017

Untuk hasil pengukuran pada titik I dan III dapat dilihat pada lampiran

$$\text{Kecepatan aliran (V)} = \frac{L}{t} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

V = kecepatan aliran

L = Jarak

t = waktu

Contoh perhitungan kecepatan aliran di titik tinjauan I jembatan Sirahan

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata kecepatan aliran pinggir kiri } V &= \frac{L}{t} \\
 &= \frac{\left(\frac{5}{7.69} + \frac{5}{7.83} + \frac{5}{7.52}\right)}{3} \\
 &= \frac{0.650 + 0.638 + 0.664}{3} \\
 &= 0,651 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata kecepatan aliran tengah } V &= \frac{L}{t} \\
 &= \frac{\left(\frac{5}{5.27} + \frac{5}{5.22} + \frac{5}{7.27}\right)}{3} \\
 &= \frac{0.948 + 0.957 + 0.948}{3} \\
 &= 0,951 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata kecepatan aliran pinggir kiri } V &= \frac{L}{t} \\
 &= \frac{\left(\frac{5}{7.54} + \frac{5}{7.15} + \frac{5}{7.24}\right)}{3} \\
 &= \frac{0.663 + 0.699 + 0.690}{3} \\
 &= 0.674 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Hasil tersebut di atas adalah perhitungan kecepatan aliran di permukaan, sehingga untuk mendapatkan kecepatan penampang aliran terlebih dahulu dikalikan dengan factor koreksi (C), nilai C berkisar Antara 0.85 – 0,95. Pada perhitungan ini ditetapkan besarnya nilai factor koreksi sebesar 0,90 yaitu nilai rata-rata dari factor koreksi.

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan aliran pinggir kiri } V &= 0,651 \text{ m/s} \times 0,90 \\
 &= 0,585 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan aliran tengah } V &= 0,951 \text{ m/s} \times 0,90 \\
 &= 0,855 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

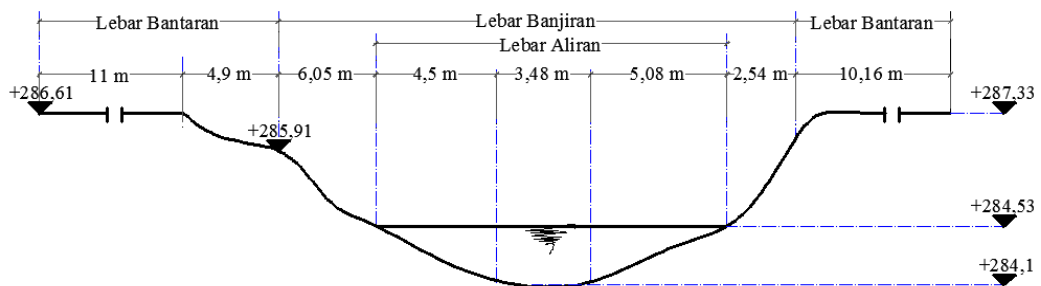
$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran pinggir kiri } V &= 0,674 \text{ m/s} \times 0,90 \\ &= 0,606 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Sehingga rata-rata kecepatan aliran pada titik tinjauan I ialah

$$\begin{aligned} V \text{ rata-rata} &= (0,585 \text{ m/s} + 0,855 \text{ m/s} + 0,606 \text{ m/s})/3 \\ &= 0,682 \text{ m/s} \end{aligned}$$

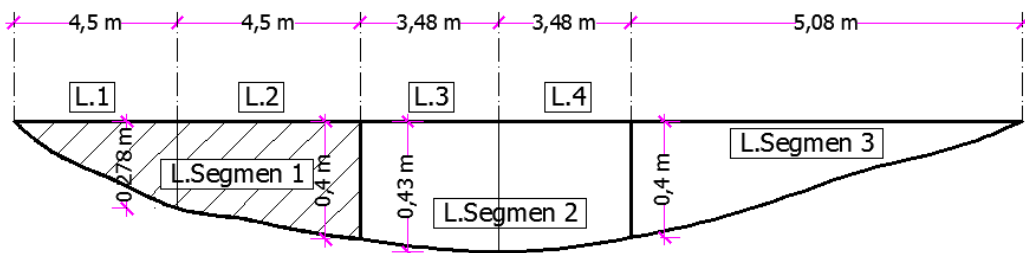
b. Luas Penampang Basah Aliran Sungai

Berdasarkan data hasil pengukuran di lapangan diperoleh data Sketsa penampang sungai dapat dilihat pada Gambar 5.1, contoh perhitungan luas penampang aliran pada titik tinjauan I Jembatan Sirahan.



Gambar 5.1 Sketsa penampang aliran titik tinjauan I

Dengan menggunakan pendekatan matematis, penampang aliran dibagi menjadi beberapa potongan kecil. Sehingga didapat luas penampang basah aliran sungai pada titik tinjauan I.



Gambar 5.2 Pembagian segmen penampang aliran

Berdasarkan gambar diatas maka luas penampang basah aliran dapat diketahui dengan pendekatan sebagai berikut:

- Luas 1

Bagian ini diasumsikan berbentuk segitiga, sehingga luas pada segmen 1 ialah

$$\begin{aligned} L1 &= 0.5a \times T \\ &= 0,5 \times 0,2785 \text{ m} \times 2,086 \text{ m} \\ &= 0,290 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas 2

Bagian ini diasumsikan berbentuk trapezium, sehingga luas pada segmen 2 ialah

$$\begin{aligned} L2 &= (d1 + d2) \times T \times 0.5 \\ &= (0,278 + 0,398) \times 2,414 \times 0,5 \\ &= 0,815 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehinga luas pada segmen 1 menjadi

$$\begin{aligned} \text{Luas Segmen 1} &= L.1 + L.2 \\ &= 0,290 \text{ m}^2 + 0,815 \text{ m}^2 \\ &= 1,105 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas 3

Bagian ini diasumsikan berbentuk trapezium, sehingga luas pada segmen 3 ialah

$$\begin{aligned} L3 &= (d1 + d2) \times T \times 0.5 \\ &= (0,278 + 0,434) \times 1,740 \times 0,5 \\ &= 0,619 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas 4

Bagian ini diasumsikan berbentuk trapesium, sehingga luas pada segmen 4 ialah

$$\begin{aligned} L4 &= (d1 + d2) \times T \times 0.5 \\ &= (0,434 + 0,4) \times 1,740 \times 0,5 \\ &= 0,725 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga luas pada segmen 2 menjadi

$$\begin{aligned} \text{Luas segmen 2} &= L3 + L.4 \\ &= 0,619 \text{ m}^2 + 0,725 \text{ m}^2 \\ &= 1,344 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Luas segmen 3

Bagian ini diasumsikan berbentuk trapesium, sehingga luas pada segmen 5 ialah

$$\begin{aligned} L \text{ segmen 3} &= 0,5a \times T \\ &= 0,5 \times 0,4 \times 5,08 \\ &= 1,016 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga total luas penampang pada titik tinjauan I merupakan jumlah keseluruhan dari luas masing-masing segmen yang telah dihitung di atas.

$$\begin{aligned} L_{\text{total}} &= L.\text{segmen 1} + L.\text{segmen 2} + L.\text{segmen 3} \\ &= 1,105 \text{ m}^2 + 1,344 \text{ m}^2 + 1,016 \text{ m}^2 \\ &= 3,465 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- c. Debit pada titik tinjauan.

$$Q = A.V \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan:

Q = debit aliran

A = luas penampang basah aliran

V = kecepatan aliran

Contoh perhitungan debit pada tinjauan I di jembatan Sirahan, desa Sirahan, Magelang, Jawa Tengah.

$$\begin{aligned} Q &= A.V \\ &= 3.465 \text{ m}^2 \times 0,682 \text{ m/detik} \\ &= 2,363 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan hidrometri untuk titik tinjauan II dan III selengkapnya dapat dilihat pada lampiran. Nilai kecepatan rata-rata, luas penampang aliran, dan debit pada setiap titik tinjauan di tampilkan pada Tabel 5.2 seperti berikut ini.

Tabel 5.2 Nilai kecepatan, luas penampang basah dan debit Kali Putih

Lokasi	Kecepatan Rata-rata aliran (m/detik)	Luas penampang basah aliran (m ²)	Debit aliran (m ³ /detik)
Jembatan Sirahan	0,682	3,465	2,363
Blongkeng - Putih	0,477	21,33	10,178
Putih - Progo	1,145	55,009	62,985

Sumber : Analisis hasil penelitian 2017

2. Analisis Perhitungan Morfologi

contoh hitungan untuk analisis perhitungan morfologi diunakan data dari titik tinjauan I, jembatan desa Sirahan.

a. Menghitung *Enterchment Ratio*

$$\text{Enterchment Ratio} = \frac{\text{Lebar aliran banjir } (W_{fpa})}{\text{Lebar aliran sungai } (W_{bkf})} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Enterchment Ratio titik I} &= \frac{24,11}{13,06} \\ &= 1,846 \text{ (tipe sungai B)} \end{aligned}$$

Sungai tipe B merupakan saluran dengan kemiringan yang sedikit curam dan sedikit miring, memiliki aliran cukup deras serta tingkat erosi rendah. Untuk analisis hitungan *Enterchment Ratio* pada titik tinjauan II dan III dapat di lihat pada lampiran. Nilai *Enterchment Ratio* untuk masing-masing titik tinjauan dapat di lihat pada tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 penentuan tipe aliran Kali Putih berdasarkan nilai *Enterchment Ratio*

Lokasi	Lebar aliran banjir (m)	Lebar aliran Sungai (m)	<i>Enterchment Ratio</i>	
			Nilai	Klasifikasi
Jembatan Sirahan	24,11	13,06	1,846	B
Blongkeng - Putih	43,4	38	1,142	A, F, G
Putih - Progo	140,76	80,38	1,751	B

Sumber : Analisis hasil penelitian 2017

b. Menghitung *width/dept Ratio*

$$\text{Width/depth Ratio} = \frac{\text{Lebar aliran sungai } (W_{bkf})}{\text{kedalaman aliran } (D_{bkf})} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\begin{aligned} \text{Width/dept Ratio titik I} &= \frac{13,06 \text{ m}}{0,43 \text{ m}} \\ &= 30,37 \text{ (tipe sungai D,A)} \end{aligned}$$

Untuk analisis hitungan *width/dept Ratio* pada titik tinjauan II dan III dapat di lihat pada lampiran. Nilai *width/dept Ratio* untuk masing-masing titik tinjauan dapat di lihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 penentuan aliran Kali Putih berdasarkan nilai *Width/depth Ratio*

Lokasi	Lebar aliran sungai (m)	Kedalaman aliran (m)	<i>width/dept Ratio</i>	
			Nilai	Klasifikasi
Jembatan Sirahan	13,06	0,43	30,37	D,A
Blongkeng - Putih	38	0,78	48,71	D
Putih - Progo	80,38	1,2	66,98	D

Sumber : Analisis hasil penelitian 2017

- c. Menghitung kemiringan sungai (*slope*)

Contoh hitungan kemiringan digunakan data dari titik tinjauan I .

$$\begin{aligned}
 \text{Kemiringan aliran} &= \frac{\text{elevasi atas} - \text{elevasi bawah}}{\text{jarak}} \times 100\% \dots\dots(3.3) \\
 &= \frac{284,1 - 213,3}{3660} \times 100\% \\
 &= 1,934 \% \text{ (Tipe sungai C, E, F)}
 \end{aligned}$$

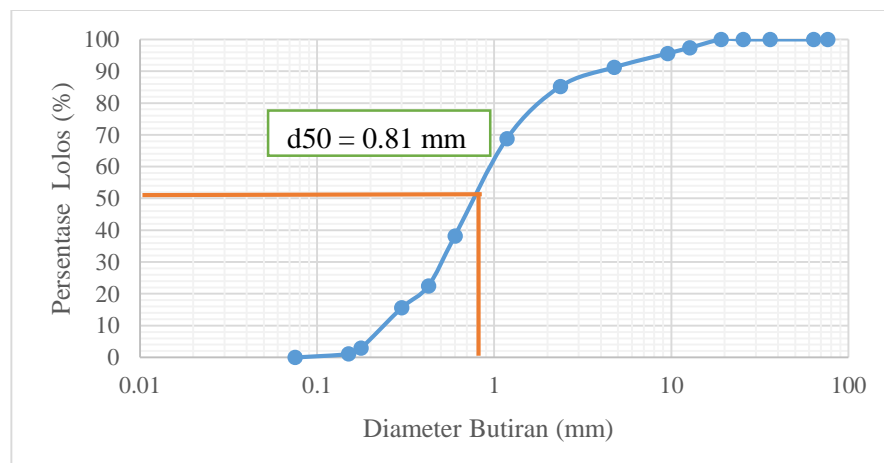
- d. Data analisis ukuran butiran di laboratorium,

Berikut ini hasil pengujian sampel sedimen yang dilakukan di laboratorium untuk sampel sedimen dari titik tinjauan I di sajikan dalam Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Data hasil analisis saringan sampel sedimen di Jembatan Sirahan

lokasi asal sampel	jembatan sirahan				
jenis sampel	pasir sungai				
berat sampel	500 gr				
tanggal pengujian	6-April-17				
lokasi pengujian	Laboraturium Teknik UMY				
Analisis distribusi saringan					
Diameter(mm)	Berat				
	tertahan (gr)	tertahan (%)	komulatif (gr)	komulatif (%)	lolos (%)
76.2	-				100
63.5	-				100
36.1	-				100
25.4		0			100
19.1					100
12.7	13.19	2.638	13.19	2.638	97.362
9.52	8.9	1.78	22.09	4.418	95.582
4.75	21.82	4.364	43.91	8.782	91.218
2.36	30.19	6.038	74.1	14.82	85.18
1.18	81.9	16.38	156	31.2	68.8
0.6	153.17	30.634	309.17	61.834	38.166
0.425	78.41	15.682	387.58	77.516	22.484
0.3	34.59	6.918	422.17	84.434	15.566
0.177	63.29	12.658	485.46	97.092	2.908
0.15	9.11	1.822	494.57	98.914	1.086
0.075	5.43	1.086	500	100	0
jumlah	500				

Sumber: Analisis hasil penelitian 2017



Gambar 5.3 Grafik distribusi ukuran butiran pada titik I

Pada perhitungan analisis saringan yang disajikan pada grafik di atas didapat nilai $D_{50} = 0,81$ mm. maka berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan morfologi Kali Putih pada titik tinjauan I, termasuk kriteria B₅.

Untuk data analisis saringan dan grafik distribusi butiran pada titik tinjauan II dan III dapat di lihat pada Lampiran. Klasifikasi tipe morfologi untuk masing-masing titik di tampilkan pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Nilai *slope* dan jenis material dominan D_{50} .

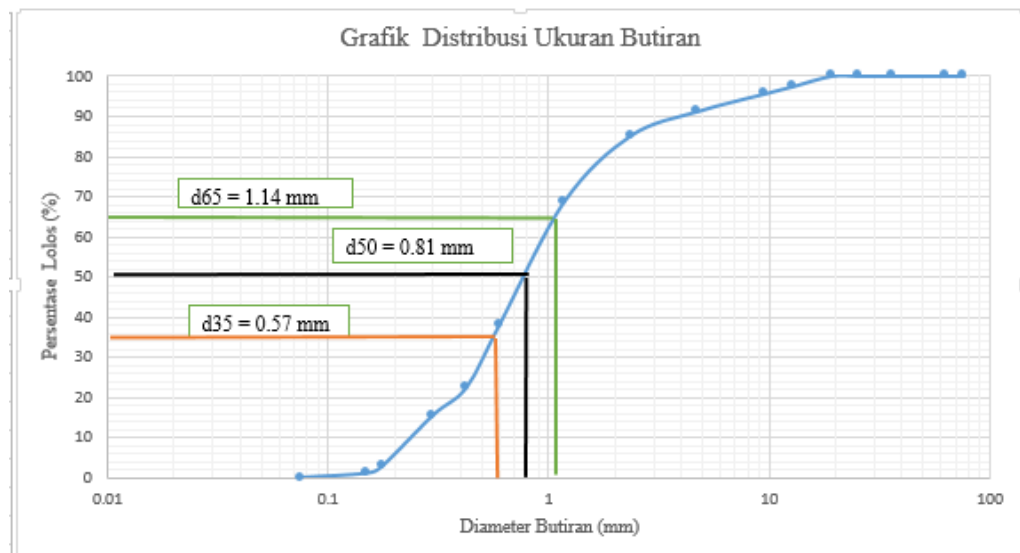
Lokasi	Kemiringan dasar sungai				Material D_{50}	
	Elv. A (m)	Elv. B (m)	Jarak (km)	Nilai (%)	Ukuran (mm)	Tipe butiran
Desa Sirahan blongkeng putih	284,1	213,3	3,66	1,93	0,81	Pasir
Blongkeng putih progo	213,3	195,6	1,05	1,68	0,52	Pasir

Sumber : analisis hasil penelitian 2017

B. Angkutan Sedimen

Pada contoh perhitungan angkutan sedimen digunakan data pada titik tinjauan I di jembatan desa Sirahan. Diketahui data sebagai berikut:

- Debit aliran (Q), $= 2.363 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Lebar aliran sungai, $= 13,06 \text{ m}$
- Kemiringan dasar (S) $= 1,934 \%$
- Viskositas air (μ) $= 1 \times 10^{-6}$
- Rapat masa rata-rata sedimen, (ρ_s) $= 2560 \text{ kg/m}^3$
- Dengan nilai $d_{35} = 0,57 \text{ mm}$ dan $d_{65} = 1,14 \text{ mm}$ dari grafik distribusi butiran.



Gambar 5.4 Grafik distribusi ukuran butiran pada titik tinjauan I (Jembatan desa Sirahan)

g. Gradasi ukuran butiran hasil analisis saringan

Nilai interval ukuran untuk masing-masing fraksi pada hasil analisis saringan sampel sedimen di titik tinjauan I di tampilkan seperti pada Tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5.7 Analisis saringan pada titik tinjauan I, (Jembatan Sirahan)

Interval ukuran butiran (mm)	Ukuran butiran rata-rata (mm)	% material
19,1 – 4,75	11, 454	2,195
2,36 – 0,425	1,141	17,183
0,3 – 0,075	0,175	28,105

Sumber: analisis hasil penelitian 2017

Untuk gradasi butiran hasil analisis saringan, pada sampel yang diambil di titik tinjauan II dan III dapat di lihat pada lampiran.

Mencari nilai R_b' dengan cara coba-coba, sehingga hitungan debit aliran yang dihitung dengan nilai R_b' asumsi, nilainya sama atau mendekati nilai debit aliran yang diketahui.

Contoh besarnya angkutan sedimen dasar pada titik tinjauan I, Jembatan Sirahan. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, didapat nilai $R_b' = 0,075 m$

a. Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran:

$$U_0' = \sqrt{g \cdot R_b' \cdot S} \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan:

U_0' = kecepatan gesek akibat kekasaran butiran

g = percepatan gravitasi

S = kemiringan dasar saluran (*slope*)

$$U_0' = \sqrt{9,81 \times 0,075 \times 0,0193}$$

$$= 0,111 \text{ m/detik}$$

Tebal lapisan *sub-viscous*

$$\delta = \frac{11,6 \mu}{U_0'} \dots\dots\dots(3.9)$$

keterangan:

δ = tebal lapisan *sub-viscous*

μ = kekentalan air (*viskositas*)

U_0' = kecepatan gesek akibat kekasaran butiran

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{11,6 \times 1,00 \times 10^{-6}}{0,111928707} \\ &= 0,0000972 \text{ m}\end{aligned}$$

Diketahui $k_s = D_{65} = 1,14 \times 10^{-3}$

$$\frac{k_s}{\delta} = \frac{D_{65}}{\delta} \dots\dots\dots(3.9a)$$

Keterangan:

k_s = Kekasaran butiran

δ = tebal lapisan *sub-viscous*

$$\frac{k_s}{\delta} = \frac{1,14 \times 10^{-3}}{0,0000972} = 11,723$$

Berdasarkan gambar 3.14, untuk nilai $\frac{k_s}{\delta} = 11,723$ didapat nilai faktor koreksi

pengaruh viskositas $x = 1$.

b. Kecepatan aliran rata-rata dihitung dengan persamaan 3.14 berikut ini.

$$V = 5,75 U_0' \log \left(\frac{12,27 Rb' X}{k_s} \right) \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan :

V = kecepatan aliran rata-rata

Rb' = jari-jari hidraulik

X = factor koreksi pengaruh *viskositas*

k_s = d_{65} (kekasaran butiran)

$$\begin{aligned}V &= 5,75 \times 0,119 \log \left(\frac{12,27 \times 0,075 \times 1}{1,14 \times 10^{-3}} \right) \\ &= 1,993 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

c. Intensitas aliran Ψ :

Dimana dari data distribusi butiran $d_{35} = 0,57 \times 10^{-3}$

$$\Psi = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{d_{35}}{S.Rb'} \dots\dots\dots(3.11)$$

dengan:

Ψ = intensitas aliran

γ_s = berat spesifik sedimen

γ = berat spesifik air

d_{35} = parameter angkutan

$$\begin{aligned}
 R_b' &= \text{jari-jari hidraulik} \\
 S &= \text{slope / kemiringan dasar saluran} \\
 \Psi &= \frac{2650 - 1000}{1000} \cdot \frac{0,57 \times 10^{-3}}{0,0193 \times 0,075} \\
 &= 0,648397104
 \end{aligned}$$

Dari gambar grafik 3.12 Einstein dan Barbrossa (1952) untuk $\Psi = 0,648$,
 Didapat nilai $\frac{V}{u''} = 72$

$$\frac{V}{u''} = 72, \text{ maka } U_0'' = \frac{1,99391}{72} = 0,0276 \text{ m/detik}$$

Dimana U_0'' adalah kecepatan gesek akibat pengaruh konfigurasi dasar (*shape roughness*). Sehingga jari-jari hidraulik akibat konfigurasi dasar dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 R_b'' &= \frac{(U_0'')^2}{g \times S} = \frac{0,0276932^2}{9,81 \times 0,01934} \\
 &= 0,00404 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Jari-jari total diperoleh dengan persamaan berikut ini.

$$R_b = R_b' + R_b'' \dots\dots\dots(3.13a)$$

dengan:

$$\begin{aligned}
 R_b &= \text{jari-jari hidraulik total} \\
 R_b' &= \text{jari-jari hidraulik asumsi awal} \\
 R_b'' &= \text{jari-jari hidraulik akibat pengaruh konfigurasi dasar} \\
 R_b &= 0,075 + 0,00404 \\
 &= 0,0790 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi saluran dihitung dengan persamaan berikut ini

$$R_b = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(3.13b)$$

dengan:

$$\begin{aligned}
 R_b &= \text{jari-jari hidraulik total} \\
 A &= \text{lebar saluran/sungai (dalam h)} \\
 P &= \text{keliling basah saluran} \\
 h &= \text{tinggi saluran}
 \end{aligned}$$

sehingga, $0,0790 = \frac{12,424 h}{13,0176}$, dengan perhitungan sedemikian rupa diperoleh

nilai $h = 0,0828 \text{ m}$

- e. kontrol hiungan debit digunakan persamaan seperti berikut ini

$$Q = A.V = (b \times h \times U) \dots\dots\dots(3.14)$$

dengan:

Q = debit aliran

A = luas penampang

U = kecepatan aliran akibat konfigurasi dasar

B = lebar aliran

h = tinggi saluran

$$Q = 13,06 \times 0,0828 \times 1,993$$

$$= 2,0516 \text{ m}^3/\text{detik} \Rightarrow 2,363 \text{ m}^3/\text{detik}$$

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

$$\Psi = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{d_1}{S.R_b'} \dots\dots\dots(3.15)$$

dengan:

Ψ = intensitas aliran

γ_s = berat spesifik sedimen

γ = berat spesifik air

d_{35} = parameter angkutan

R_b' = jari-jari hidraulik

S = *slope / kemiringan dasar saluran*

Intensitas aliran:

$$\Psi' d = \frac{2650 - 1000}{1000} \cdot \frac{d_1}{0.01934 \times 0,075} = 1,65 \times \frac{0,0115}{0.01934 \times 0,075} = 13,101$$

Berdasarkan gambar 3.11, untuk nilai $\frac{k_s}{\delta} = 13,1010$ didapat nilai faktor

koreksi pengaruh viskositas $x = 1$.

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

$$\Delta = \frac{1,14 \times 10^{-3}}{1}$$

$$= 0,00114 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta}{\delta} = \frac{0,00114}{0,0000972}$$

$$\begin{aligned}
 &= 13,1010 > 1,8 \Rightarrow x = 0,77 \cdot \Delta \\
 &= 0,77 \times 0,00114 \\
 &= 0,000878 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left[\frac{\beta}{\beta x} \right]^2 &= \left[\frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \cdot \frac{x}{\Delta})} \right]^2 \dots\dots\dots(3.17) \\
 &= \left[\frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \cdot \frac{0,000878}{0,00114})} \right]^2 = 1,2644
 \end{aligned}$$

Untuk fraksi butiran $d1 = 11,517 \text{ mm} = 0,011517 \text{ m}$

$$\frac{d1}{x} = \frac{0,0115}{0,000878} = 13,120$$

Untuk $\frac{d1}{x} = 13,120$ dari gambar 3.13, didapat nilai *hiding factor* $\zeta = 1$

$$\frac{k_s}{\delta} = \frac{D_{65}}{\delta}$$

Keterangan:

k_s = Kekasaran butiran

δ = tebal lapisan *sub-viscous*

$$\begin{aligned}
 \frac{k_s}{\delta} &= \frac{1,14 \times 10^{-3}}{0,0000972} \\
 &= 11,723
 \end{aligned}$$

11,723 > 5 maka dari gambar 3.14 diperoleh nilai koreksi gaya angkat (Y) = 0,5

g. Intensitas aliran yang telah dikoreksi dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\Psi_{oi}' = \zeta_1 Y_1 \left[\frac{\beta}{\beta x} \right]^2 \Psi \dots\dots\dots(3.17a)$$

Dengan:

Ψ_{oi}' = intensitas aliran yang telah dikoreksi

ζ_1 = factor koreksi *hiding factor*

Y_1 = factor koreksi terhadap koefisien gaya angkat.

$$\Psi_{oi}' = 1 \times 0,5 \times 1,2644 \times 13,101$$

$$= 8,282$$

Dari grafik Einstein pada gambar 3.15 untuk nilai $\Psi_{oi}' = 8,282$ didapat nilai $\theta = 0,168$. Selanjutnya besarnya angkutan sedimen dasar untuk fraksi d1 dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$(i_b q_b)_1 = i_b \theta_1 \rho_s (g d_1)^{3/2} \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right)^{1/2} \dots \dots \dots (3.18)$$

dengan:

q_b = besarnyan angkutan sedimen dasar

i_{b1} = fraksi angkutan dasar berukuran d1

g = gravitasi

d_1 = ukuran butiran rata-rata d1

$$\begin{aligned} (i_b q_b)_1 &= 0,0219 \times 0,168 \times \left(\frac{2650}{9,81 \times 1000} \right) \times (9,81 \times 0,0151)^{3/2} \times (1,65)^{1/2} \\ &= 0,0000486 \text{ kg/m.detik} \end{aligned}$$

Untuk fraksi $d_2 = 1,141 \text{ mm} = 0,00114 \text{ m}$

$$\frac{d_2}{x} = \frac{0,00114}{0,000878} = 1,296, \text{ maka didapat nilai } \textit{hiding factor} \zeta = 1,2$$

Untuk $\frac{D_{65}}{\delta} = 11,723 > 5$, maka diperoleh nilai koreksi gaya angkat $Y = 0,5$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

$$\Psi_{oi}' = \zeta_1 Y_1 \left[\frac{\beta}{\beta x} \right]^2 \Psi$$

$$= 1,2 \times 0,5 \times 1,264 \times 1,294$$

$$= 0,982$$

untuk nilai $\Psi_{oi}' = 0,98213$ didapat nilai $\theta = 8,2$, Selanjutnya besarnya angkutan sedimen dasar untuk fraksi d2 dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} (i_b q_b)_1 &= i_b \theta_1 \rho_s (g d_1)^{3/2} \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right)^{1/2} \\ &= 0,171 \times 8,2 \times \left(\frac{2650}{9,81 \times 1000} \right) \times (9,81 \times 0,00114)^{3/2} \times (1,65)^{1/2} \\ &= 0,000557 \text{ Kg/m.detik} \end{aligned}$$

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

$$\frac{d_3}{x} = \frac{0,000175}{0,000878} = 0,199, \text{ maka didapat nilai } \textit{hiding factor} \zeta = 34$$

Untuk $\frac{D_{65}}{\delta} = 11,723 > 5$, maka diperoleh nilai koreksi gaya angkat $Y = 0,5$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

$$\Psi_{oi} = \zeta_1 Y_1 \left[\frac{\beta}{\beta x} \right]^2 \Psi$$

$$= 34 \times 0,5 \times 1,264 \times 0,199$$

$$= 4,291$$

untuk nilai $\Psi_{oi} = 4,291$ didapat nilai $\theta = 1,1$ Selanjutnya besarnya angkutan sedimen dasar untuk fraksi d3 dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} (ibqb)_1 &= ib \theta_1 \rho_s (gdI)^{3/2} \left(\frac{Y_s - Y}{\gamma} \right)^{1/2} \\ &= 0,281 \times 1,1 \times \left(\frac{2650}{9,81 \times 1000} \right) \times (9,81 \times 0,00,114)^{3/2} \times (1,65)^{1/2} \\ &= 0,00000766 \text{ Kg/m.detik} \end{aligned}$$

Setelah besar angkutan sedimen dasar untuk masing-masing ukuran butiran rata-rata diperoleh selanjutnya dijumlahkan untuk diperoleh besar angkutan sedimen dasar untuk seluruh fraksi.

$$\begin{aligned} (ibqb)_{\text{total}} &= (ibqb)_1 + (ibqb)_2 + (ibqb)_3 \\ &= 0,0000486 + 0,000557 + 0,00000766 \\ &= 0,000613 \text{ Kg/m.detik} \end{aligned}$$

Jadi besar angkutan sedimen pada titik tinjauan I adalah:

$$\begin{aligned} q_B &= (\sum ibqb) \times 60 \text{ detik} \times 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam} \times B \\ &= 0,000613 \times 60 \times 60 \times 24 \times 13,06 \\ &= 692,146 \text{ kg/hari} \\ &= 0,692 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

Berikut ini nilai data aliran pada titik tinjauan I di Jembatan Sirahan yang di tampilkan pada Tabel 5.8 dan data hasil analisis angkutan sedimen untuk titik tinjauan I di sajikan pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.8 Data aliran pada segmen Jembatan Sirahan

Data di titik I	Nilai	Satuan
Rb'	0,075	m
g	9,81	m/detik
Q	2,363	$m^3/deti$ k
B	13,06	m
S	0,01934	%
μ	0,000001	
ρ_s	2650	Kg/m^3
D35	0,00057	m
D65	0,00114	m

Sumber : hasil penelitian 2017

Tabel 5.9 Hasil analisis angkutan sedimen pada titik tinjauan I

No	d (mm)	I_b (%)	R_b'	$\Psi 1'$	$\frac{d}{x}$	ζ	Y	Ψ_{si}	$\Theta.i$	$(i_b q_b) i$ (kg/m.detik)
1	0,0115	2,991	0,075	13,10	13,12	1	0,5	8,282	0,168	0.0000486
2	0,00114	17,18	0,075	1,294	1,296	1,2	0,5	0,982	8,2	0,000557
3	0,000175	28,10	0,075	0,199	0,199	34	0,5	4,291	1,1	0.00000766
Σ										0,000613
Besarnya angkutan sedimen										0,692 ton/hari

Sumber : data analisis hasil penelitian 2017

Terdapat perubahan jumlah angkutan sedimen pada tahun 2017 dengan 2013, hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu debit, kemiringan saluran, lebar saluran dan diameter dasar saluran. Angkutan sedimen yang terjadi di titik tinjauan I pada tahun 2017 yaitu sebesar 0,692 ton/hari. Sedangkan pada tahun 2013 diperoleh besarnya angkutan sedimen perhari yaitu 0.0175 ton/hari.

Untuk hasil angkutan sedimen pada titik tinjauan II dan III dapat dilihat pada lampiran

C. Degradasi/Agradasi

Penambangan pasir pada titik yang di tinjau diabaikan, sehingga langkah-langkah perhitungan yang dilakukan ialah sebagai berikut:

1. Perhitungan debit sedimen perbulan (Q_s)
 - a. Mencari nilai kekasaran saluran (nilai *manning*)

Diketahui data hidrometri di titik I dan II, di sajikan pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 data perhitungan hidrometri titik I dan II

Data perhitungan hidrometri	Titik I (Jembatan Sirahan)	Titik II (Blongkeng-putih)
Luas (A), m ²	3,464	21,33
Keliling penampang basah (P), m	13,0176	38,059
Luas penampang basah dalam "d"	12,424	42,977
<i>sloope</i>	0,01934	0,0168
Kecepatan aliran rata-rata (V), m/detik	0,682	0,477
Debit, (Q), m ³ /detik	2,363	10,178
Lebar aliran (B), m	13,6	38
D ₅₀ , mm	0,54	0,52
Gravitasi, (g), m/s ²	9,81	9,81
Berat jenis sedimen (γ_s), kg/m ³	2650	2650
Berat jenis air (γ), kg/m ³	1000	1000

Sumber: Data hasil penelitian 2017

Contoh perhitungan untuk gradasi/agradasi digunakan data di titik I sampai titik II

Mencari nilai Jari-jari hidraulik (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{3,464}{13,0176}$$

= 0,266 m , maka nilai kekasaran saluran ialah

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,682 = \frac{1}{n} \times 0,266^{2/3} \times 0,0193^{1/2}$$

$$n = 0,0843$$

b. Mencari kedalaman (d) perbulan

$$Q = V \times A$$

$$= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

$$= \frac{1}{0,0843} \times \left(\frac{12,424d}{13,017} \right)^{2/3} \times 0,01934^{1/2} \times 12,424d$$

$$2,363 = 19,853 d^2$$

$$D^2 = 0,119, D = 0,344 \text{ m} \Rightarrow 34,49 \text{ cm}$$

c. Mencari kecepatan

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,0843} \times \frac{12,424d}{13,0176} \times 0,0193^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,0843} \times \left(\frac{12,424 \times 0,3449}{13,0176} \right)^{2/3} \times 0,0193^{1/2}$$

$$= 0,786 \text{ m/s}$$

d. Mencari qs

Tegangan geser

$$\tau_0 = \gamma \times D \times S$$

Dimana :

γ = berat air per m³

d = kedalaman

S = kemiringan saluran

$$\tau_0 = 1000 \times 0,3449 \times 0,01934$$

$$= 6,6722 \text{ kg/m}^2$$

Sehingga q_s perbulan didapat dengan persamaan berikut

$$\begin{aligned}
 q_s &= 0,05 \times \gamma_s \times V^2 \times \left(\frac{d_{50}}{g \times \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right)} \right)^{1/2} \times \left(\frac{\tau_0}{g \times \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right)} \right)^{3/2} \\
 &= 0,05 \times 2560 \times 0,786^2 \times \left(\frac{0,00054}{9,81 \times \left(\frac{2650}{1000} - 1 \right)} \right)^{1/2} \times \left(\frac{6,6722}{9,81 \times \left(\frac{2650}{1000} - 1 \right)} \right)^{3/2} \\
 &= 0,0642 \text{ kg/detik.meter}
 \end{aligned}$$

e. Mencari debit sedimen Pertahun di titik I dan II

Q_s titik I = lebar Aliran x q_s

$$= 13,06 \times 0,0624$$

$$= 0,839 \text{ Kg/detik}$$

$$= 0,839 \text{ Kg/detik} \times 60 \text{ detik} \times 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 72520,812 \text{ kg/hari} \times 365 \text{ hari}$$

$$= 26470096,42 \text{ kg/tahun}$$

$$= 26470096,42 \text{ kg/tahun} \times \frac{1}{2650} \text{ kg/m}^3$$

$$= 9988,715 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Q_s titik II = lebar Aliran x q_s

$$= 38 \times 0,0368$$

$$= 1,402 \text{ Kg/detik}$$

$$= 1,402 \text{ Kg/detik} \times 60 \text{ detik} \times 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 121137,251 \text{ kg/hari} \times 365 \text{ hari}$$

$$= 44215096,86 \text{ kg/tahun}$$

$$= 44215096,86 \text{ kg/tahun} \times \frac{1}{2650} \text{ kg/m}^3$$

$$= 16684,942 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Debit sedimen (ΔQ) = $Q_{in} - Q_{out} = Q_s$ titik I – Q_s titik II

$$= 9988,715 - 16684,942$$

$$= - 6696,226 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

f. Mencari luas permukaan aliran dari titik I ke titik II

$$\text{Lebar aliran titik I (B1)} = 13,06 \text{ m}$$

$$\text{Lebar aliran titik II (B2)} = 38 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Antara titik I – II} = 3660 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan (A}_{\text{permukaan}}) &= \left(\frac{B1+B2}{2} \right) \times \text{jarak} \\ &= \left(\frac{13.06 + 38}{2} \right) \times 3660 \\ &= 93439,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Analisis perhitungan pada titik tinjauan

Degradasi/agradasi titik I sampai titik II ,

$$\text{Volume Sedimen} = \Delta Q = - 6696,226\text{m}^3/\text{tahun}$$

$$\begin{aligned} h &= \frac{\Delta Q}{A \text{ permukaan aliran}} \\ &= \frac{-6696,2658}{93439,8} \\ &= - 0,0716\text{m}/\text{tahun} \end{aligned}$$

Untuk degradasi/adegradasi yang terjadi di titik sepanjang titik I sampai Ke titik II yaitu sebesar -0,0716 m/tahun atau terjadi degradasi pada titik tersebut, dengan asumsi debit yang mengalir sepanjang tahun ialah debit yang dihitung berdasarkan pengambilan data pada tanggal 30 Maret 2017. Hal ini terjadi karena kecepatan aliran yang melewati titik I menuju Titik II relatif kencang.