BAB V

HASIL ANALISIS 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 titik 1 Jembatan Srandakan.

1. Perhitungan hidrometri

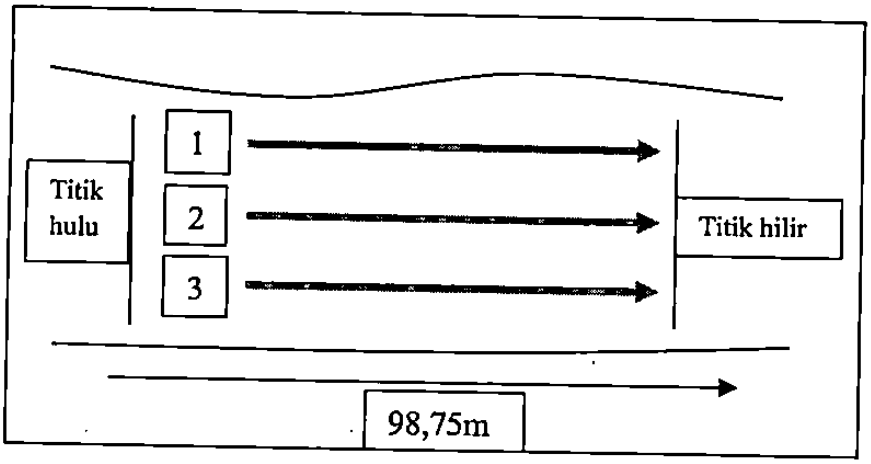
a. Kecepatan aliran

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

Tabel 5.1 Hasil pengukuran di lapangan titik 1 Sungai Progo Hilir

Aliran	
L= jarak (m)	t= waktu (d)
10	30,14
10	27,29
10	28,69

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2014)



Gambar 5.1 Pengambilan data kecepatan aliran

Kecepatan Aliran, $V = \frac{L}{T}$ .....Persamaan 4.1

dengan:

V = kecepatan aliran (m/detik)

L = jarak (m)

T = waktu (detik)

Contoh perhitungan kecepatan aliran pada Sungai Progo :

Aliran $= \left(\frac{10}{30{,}14} + \frac{10}{27{,}29} + \frac{10}{28{,}69}\right)$

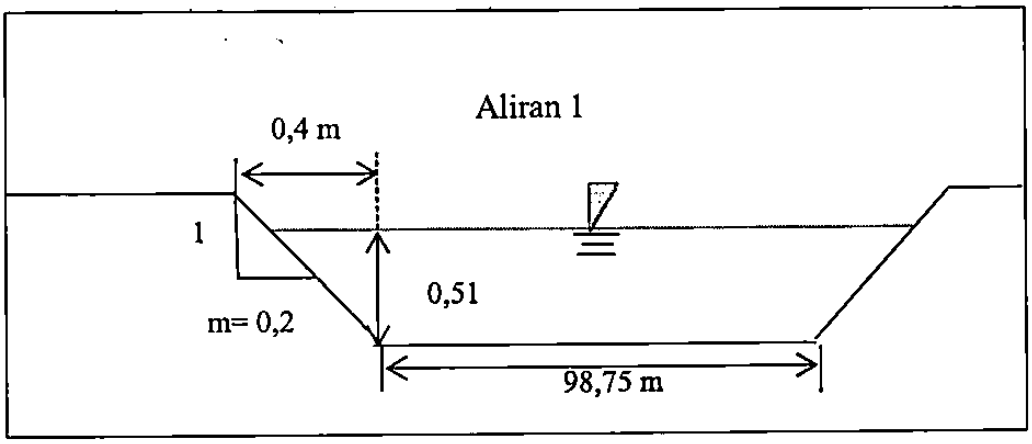
V permukaan $= \left(\frac{0{,}33 + 0{,}36 + 0{,}34}{3}\right)$

$= 0{,}35$ *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 [illegible]

b. Luas penampang basah aliran sungai

Dari pengukuran di lapangan pada titik di Sungai Progo hilir diperoleh data sebagai berikut: kedalaman aliran = 0,51 m, Lebar dasar saluran = 98,75 m, dan kemiringan tebing (vertikal : horizontal) aliran 1 adalah 0,2.



Gambar 5.2 Sketsa Penampang melintang Sungai Progo hilir titik 1

Contoh perhitungan luas penampang aliran segmen Sungai Progo:

Aliran 1: $A = h\,(b + m \times h)$

$= 0{,}51\ (98{,}75 + (0{,}4/0{,}51) \times 0{,}51)$

$= 50{,}56\ m^2$

c. Debit

Persamaan 4.2

Hasil perhitungan hidrometri Sungai Progo hilir pada titik 1, titik 2 dan titik 3 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

2. Analisis perhitungan morfologi

a. Menghitung *Entrenchment Ratio*

Aliran 1, *Entrenchment Ratio*$=\frac{Lebar\ aliran\ banjir(Wfpa)}{Lebar\ aliran\ sungai(Wbkf)}$

$$= \frac{106{,}50}{98{,}75}$$

= 1,07 (Tipe sungai A, F, G)

b. Menghitung *Width/Depth Ratio (W/D Ratio)*

Aliran 1, *Width/Depth Ratio* $=\frac{Lebar\ aliran\ sungai(Wbkf)}{kedalaman\ aliran(Dbkf)}$

$$= \frac{98{,}75}{0{,}51}$$

= 193,62 (Tipe sungai D)

c. Menghitung kemiringan sungai *(slope)*

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

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

$$= \frac{232{,}88}{100} \times 100\%$$

= 2,3288 % = 0,02388 (Tipe sungai D, A)

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

Dari grafik analisis ukuran butiran pada titik 1 (Sungai Progo), diketahui nilai D-50 = 0,88 mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa material dasar permukaan yang dominan adalah material pasir berukuran kurang lebih 0,88 mm, Sehingga morfologi Sungai Progo Hilir pada Titik 1 (Jembatan Srandakan) adalah sungai tipe D5b. Hasil perhitungan Morfologi Sungai Progo Hilir selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3.

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

No	*Titik*	Lebar Aliran Banjir (m)	Lebar Aliran Sungai (m)	Kedalaman Aliran (m)	*Entrenchement Ratio*		*W/D Ratio*	
					Nilai	Klasifikasi	Nilai	Klasifikasi
1	Jembatan Srandakan	106,50	98,75	0,51	1,07	C, D, E	193,62	D
2	Dsn Singgelo Kec. Srandakan	95,72	88,72	0,49	1,079	B	181,061	D
3	Dsn Blibis Kec. Srandakan	91,68	76,18	0,39	1,023	A, F, G	195,333	D

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 Morfologi Sungai
		Elevasi (m)	Panjang (m)	Nilai (%)		Ukuran (mm)	Klasifikasi	
1	Jembatan Srandakan	232,88	100	0,0238	DA	0,88	Pasir	$D5_b$
2	Dsn Singgelo Kec. Srandakan	253,505	100	0,0253	DA	0,50	Pasir	$D5_b$
3	Dsn Blibis Kec. Srandakan	324,11	100	0,0324	DA	0,60	Pasir	E5

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2014)

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 5.14. Sedangkan contoh perhitungan pada titik 2 dan titik 3 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8 dan Lampiran 9. Contoh perhitungan porositas material dasar sungai di titik 1

Diameter butiran kelas 1 = $\sqrt{(dd_1 \times dd_2)}$

$= \sqrt{(0{,}000075 \times 0{,}00015)}$

$= 0{,}00011\ m$

Tabel 5.4. Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada Titik 1 Jembatan Srandakan

1	2	3	4	5	6	7	8
d(1)	0,00011	0.0289	2.89	*dd(1)*	0.000075	2.89	0.075
d(2)	0,00016	0.0834	8.34	*dd(2)*	0.00015	11.23	0.15
d(3)	0,00023	0.073	7.30	*dd(3)*	0.000177	18.53	0.177
d(4)	0,00036	0.0073	0.73	*dd(4)*	0.0003	19.26	0.3
d(5)	0,00050	0.0243	2.43	*dd(5)*	0.00043	21.69	0.425
d(6)	0,00084	0.035867	3.59	*dd(6)*	0.0006	25.28	0.6
d(7)	0,00167	0.064133	6.41	*dd(7)*	0.00118	31.69	1.18
d(8)	0,00334	0.048067	4.81	*dd(8)*	0.00235	36.50	2.35
d(9)	0,00672	0.0696	6.96	*dd(9)*	0.00475	43.46	4.75
d(10)	0,01100	0.401267	40.13	*dd(10)*	0.00952	83.59	9.52
d(11)	0,01557	0.0738	7.38	*dd(11)*	0.0127	90.97	12.7
d(12)	0,02203	0.0903	9.033	*dd(12)*	0.0191	100.00	19.1

Diameter saringan = kolom 1,5 dan 8

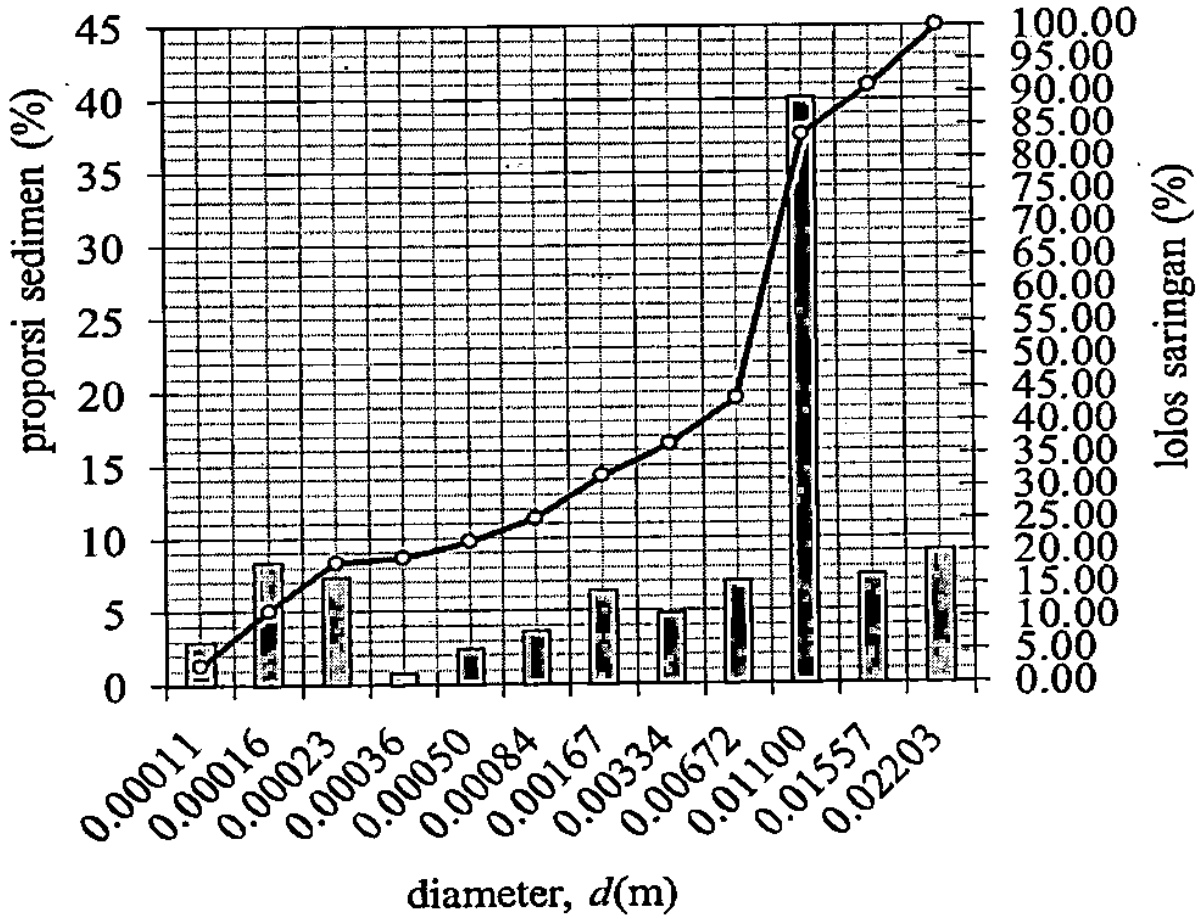
Representative gradasi = kolom 2

Proportion fs = kolom 3

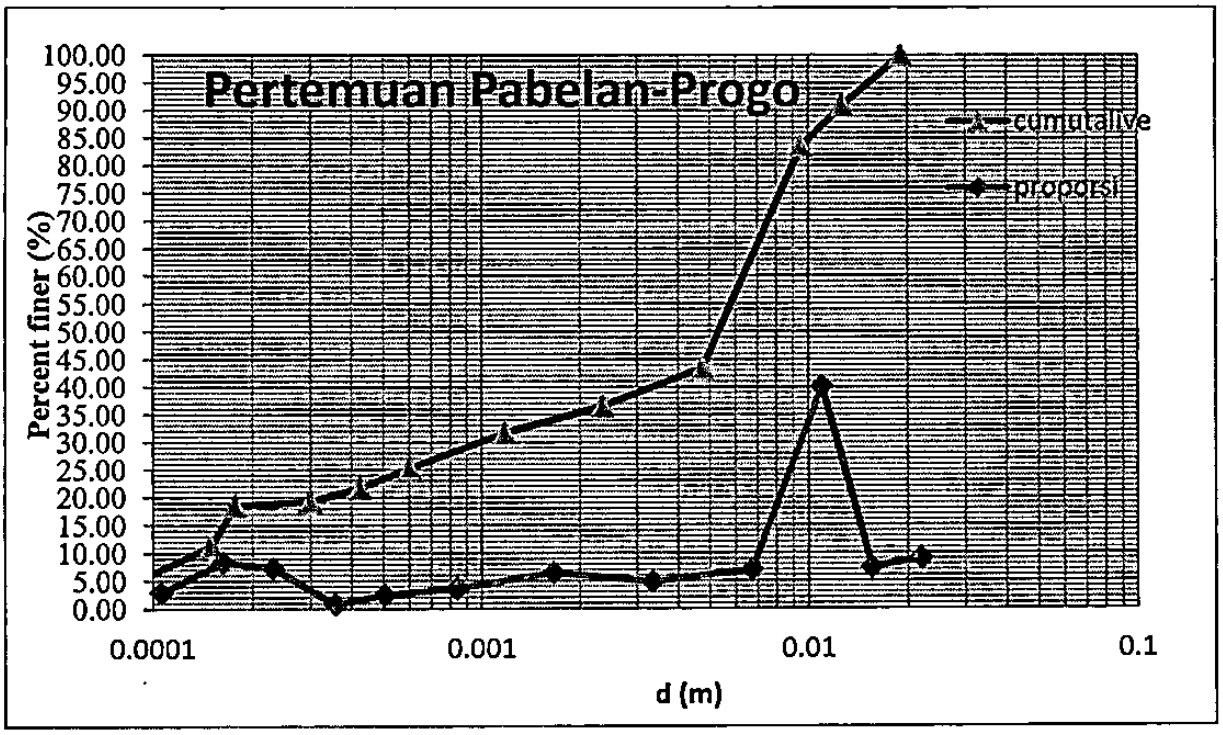
Proportion fs (%) = kolom 4

j-th grain size = kolom 6

Komulatif distribusi ukuran butiran (%) = kolom 7



Gambar 5.3 Grafik distribusi ukuran butiran dan kolom proporsi



Gambar 5.4 Grafik Diameter dominan (d_{50}) dan diameter puncak (d_{peak}) pada titik 1 Jembatan Srandakan

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

$$\gamma = \frac{\log d_{max} - \log d_{50}}{\log d_{max} - \log d_{min}}$$ .....Persamaan 4.3

$$\beta = \frac{\log d_{max} - \log d_{peak}}{\log d_{max} - \log d_{min}}$$ .....Persamaan 4.4

dengan :

γ = (gama) parameter untuk menentukan jenis/tipe distribusi ukuran butir.

$$= \frac{log 0{,}00191 - log\ 0{,}000868}{log 0{,}00191 - log\ 0{,}000075}$$

$= 0{,}5581$

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

$$= \frac{log 0{,}00191 - log\ 0{,}00084}{log 0{,}00191 - log\ 0{,}000075}$$

$=0{,}5639$

Dari nilai parameter γ dan β (*gamma* dan *betta*) dan grafik yang ditunjukan pada Gambar 3.13 maka kemudian dapat diketahui jenis distribusi ukuran butiran berdasarkan diagram hubungan antara γ dan β dengan indikasi tipe distribusi M Talbot, log normal, anti Talbot. Dari diagram tersebut diketahui bahwa jenis distribusi ukuran butirnya adalah Log normal. Tipe distribusi ukuran butir Log Normal, adalah yang sering terjadi jika material dasar sungai didominasi butiran seragam berupa material kasar dan material halus.

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

$d_{mean} = (dj\ x\ psj)$

$= (0{,}00011 \text{ x } 0{,}0289)$

$= 0{,}000003$

Dengan menggunakan persamaan yang sama kemudian dihitung diameter

d. Menghitung Ln(diameter fraksi 1)

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

= -9,1514

e. Menghitung *Ln* (diameter median)

Ln (d) = *Ln*(0,0084)

= -4,78367

f. Standar deviasi (σ_L)

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

$=(Ln(-9,1514)-Ln(-4,78367))^2 \cdot 0,0289$

= 0,5507

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 1 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 11.

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

Batas atas = 58,96, diameter = 0,00118

Batas bawah = 42,32, diameter = 0,0006

$d_{50} = d\ b_{bawah} + \left(\frac{50 - b\ bawah}{b\ atas - b\ bawah}\right).(d\ b_{atas} - d\ b_{bawah})$

$\frac{50-42,32}{}$

h. Nilai d_{puncak}/d_{peak} diambil dari proporsi terbanyak pada distribusi ukuran butiran.

d_{puncak}/d_{peak} = 0,000840

i. Hasil total standar deviasi ($\sigma_L d_j$) seluruh fraksi adalah 1,8958, Maka untuk mencari hasil akhir porositas menggunakan ketentuan:

γ = 0,1561 jika 1 < σ

γ = 0,1561 jika 1< 1,8958

γ = 0,1561

Maka nilai porositas pada sungai Progo di titik 1 Jembatan Srandakan adalah 0,1561. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6.

Tabel 5.5 .Hasil Perhitungan Standar Deviasi pada Titik 1 Jembatan Srandakan

no	*dj x psj (d mean)*	*d*	*dj*	*psj*	*dmean*	*ln(dj)*	*ln(d)*	*((ln (dj)-(ln(d))^2)x psj*
1	*0.000003*	*d1*	*0.00011*	*0.0289*	*0.0084*	*-9.1514*	*-4.78367*	*0.5507*
2	*0.000014*	*d2*	*0.00016*	*0.0834*	*0.0084*	*-8.7221*	*-4.78367*	*1.2936*
3	*0.000017*	*d3*	*0.00023*	*0.0730*	*0.0084*	*-8.3755*	*-4.78367*	*0.9418*
4	*0.000003*	*d4*	*0.00036*	*0.0073*	*0.0084*	*-7.9376*	*-4.78367*	*0.0729*
5	*0.000012*	*d5*	*0.00050*	*0.0243*	*0.0084*	*-7.5910*	*-4.78367*	*0.1918*
6	*0.000030*	*d6*	*0.00084*	*0.0359*	*0.0084*	*-7.0804*	*-4.78367*	*0.1892*
7	*0.000107*	*d7*	*0.00167*	*0.0641*	*0.0084*	*-6.3978*	*-4.78367*	*0.1671*
8	*0.000161*	*d8*	*0.00334*	*0.0481*	*0.0084*	*-5.7015*	*-4.78367*	*0.0405*
9	*0.000468*	*d9*	*0.00672*	*0.0696*	*0.0084*	*-5.0020*	*-4.78367*	*0.0033*
10	*0.004412*	*d10*	*0.01100*	*0.4013*	*0.0084*	*-4.5103*	*-4.78367*	*0.0300*
11	*0.001149*	*d11*	*0.01557*	*0.0738*	*0.0084*	*-4.1621*	*-4.78367*	*0.0285*
12	*0.0019897*	*d12*	*0.02203*	*0.0903*	*0.0084*	*-3.8155*	*-4.78367*	*0.0847*
Jumlah	*0.0084*		*0.06253*	*1*		*-2.77211*	*sigma*	*1.8958*

Tabel 5.6. Hasil Perhitungan Porositas pada Titik 1 Jembatan Srandakan

d maksimal	0.019100	
d minimal	0.000075	
Batas bawah	42.32000	
batas atas	58.96000	
d 50/dg	0.000868	
d puncak/*d peak*	0.000840	
Gama	0.5581	log normal
Beta	0.5639	
sigma	1.89583	
porositas	0.15610	

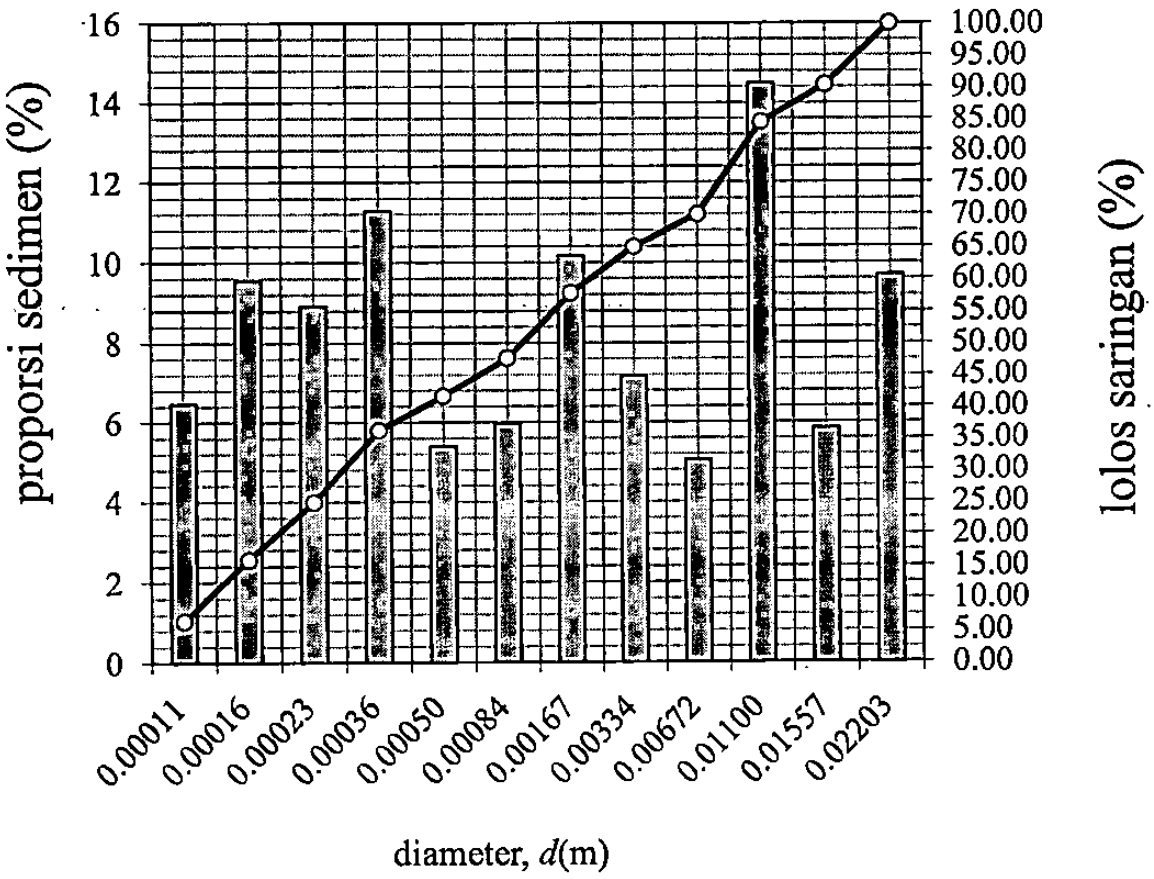
Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2014)

Tabel 5.7. Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada Titik 2 Dsn Singgelo Kec.Srandakan

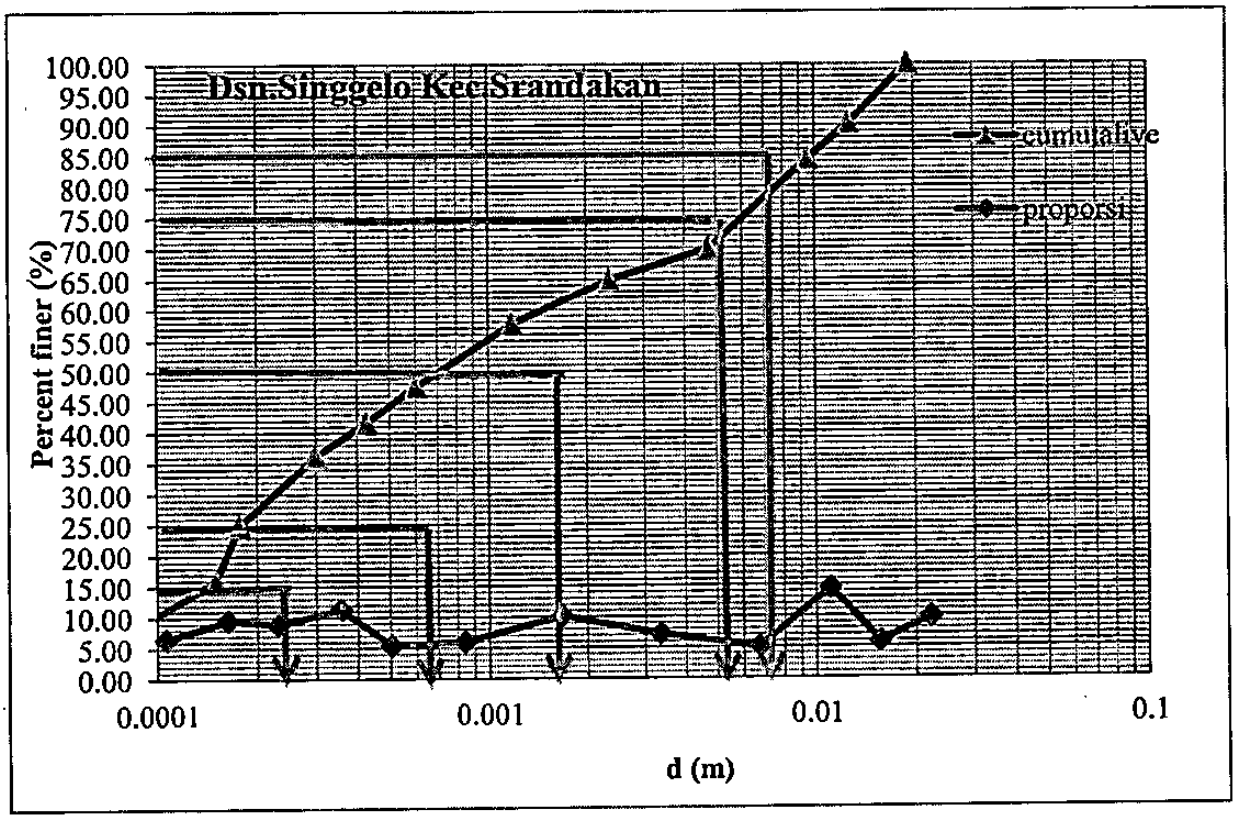
1	2	3	4	5	6	7	8
d(1)	0.00011	0.064667	6.466667	*dd(1)*	0.000075	6.47	0.075
d(2)	0.00016	0.0954	9.54	*dd(2)*	0.00015	16.01	0.15
d(3)	0.00023	0.089133	8.91	*dd(3)*	0.000177	24.92	0.177
d(4)	0.00036	0.1128	11.28	*dd(4)*	0.0003	36.20	0.3
d(5)	0.00050	0.053933	5.39	*dd(5)*	0.00043	41.59	0.425
d(6)	0.00084	0.059733	5.97	*dd(6)*	0.0006	47.57	0.6
d(7)	0.00167	0.101733	10.17	*dd(7)*	0.00118	57.74	1.18
d(8)	0.00334	0.071733	7.17	*dd(8)*	0.00235	64.91	2.35
d(9)	0.00672	0.050467	5.05	*dd(9)*	0.00475	69.96	4.75
d(10)	0.01100	0.144933	14.49	*dd(10)*	0.00952	84.45	9.52
d(11)	0.01557	0.058467	5.85	*dd(11)*	0.0127	90.30	12.7
d(12)	0.02203	0.097	9.7000	*dd(12)*	0.0191	100.00	19.1
					0.0254		

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
komulatif distribusi ukuran butiran (%)	= kolom 7



Gambar 5.5 Gambar grafik distribusi ukuran butiran dan kolom



Gambar 5.6 Diameter dominan (d_{50}) dan diameter puncak (d_{peak}) pada

Tabel 5.8. Hasil Perhitungan Standar Deviasi Pada Titik 2 Dsn. Singgelo Kec. Srandakan

no	*dj x psj (d mean)*	*d*	*dj*	*psj*	*dmean*	*ln(dj)*	*ln(d)*	*((ln (dj)-(ln(d))^2)x psj*
1	0.000007	*d1*	0.00011	0.0647	0.0055	-9.1514	-5.193975	1.0128
2	0.000016	*d2*	0.00016	0.0954	0.0055	-8.7221	-5.193975	1.1875
3	0.000021	*d3*	0.00023	0.0891	0.0055	-8.3755	-5.193975	0.9022
4	0.000040	*d4*	0.00036	0.1128	0.0055	-7.9376	-5.193975	0.8491
5	0.000027	*d5*	0.00050	0.0539	0.0055	-7.5910	-5.193975	0.3099
6	0.000050	*d6*	0.00084	0.0597	0.0055	-7.0804	-5.193975	0.2126
7	0.000169	*d7*	0.00167	0.1017	0.0055	-6.3978	-5.193975	0.1474
8	0.000240	*d8*	0.00334	0.0717	0.0055	-5.7015	-5.193975	0.0185
9	0.000339	*d9*	0.00672	0.0505	0.0055	-5.0020	-5.193975	0.0019
10	0.001594	*d10*	0.01100	0.1449	0.0055	-4.5103	-5.193975	0.0678
11	0.000911	*d11*	0.01557	0.0585	0.0055	-4.1621	-5.193975	0.0623
12	0.0021365	*d12*	0.02203	0.0970	0.0055	-3.8155	-5.193975	0.1843
Jumlah	0.0055		0.06253	1		-2.77211	*sigma*	2.2262

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2014)

Tabel 5.9. Hasil Perhitungan Porositas pada Titik 2 Dsn. Singgelo Kec. Srandakan

d maksimal	0.019100
d minimal	0.000075
Batas bawah	40.04000
batas atas	60.84000
d 50/dg	0.001740
d puncak/d peak	0.011000
Gama	0.4324 Talbot
Beta	0.0996
sigma	2.22624
porositas	0.29109

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2014)

Tabel 5.10. Hasil Perhitungan Proporsi Porositas pada Titik 3 Dsn. Blibis Kec. Srandakan

1	2	3	4	5	6	7	8
d(1)	0.00011	0.060267	6.03	*dd(1)*	0.000075	6.03	0.075
d(2)	0.00016	0.118067	11.8067	*dd(2)*	0.00015	17.83	0.15
d(3)	0.00023	0.0498	4.98	*dd(3)*	0.000177	22.81	0.177
d(4)	0.00036	0.0614	6.14	*dd(4)*	0.0003	28.95	0.3
d(5)	0.00050	0.026667	2.67	*dd(5)*	0.00043	31.62	0.425
d(6)	0.00084	0.023133	2.31	*dd(6)*	0.0006	33.93	0.6
d(7)	0.00167	0.161667	16.17	*dd(7)*	0.00118	50.10	1.18
d(8)	0.00334	0.200267	20.03	*dd(8)*	0.00235	70.13	2.35
d(9)	0.00672	0.094267	9.43	*dd(9)*	0.00475	79.55	4.75
d(10)	0.01100	0.143867	14.39	*dd(10)*	0.00952	93.94	9.52
d(11)	0.01557	0.0446	4.46	*dd(11)*	0.0127	98.40	12.7
d(12)	0.02203	0.016	1.6000	*dd(12)*	0.0191	100.00	19.1
					0.0254		

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2014)

dengan:

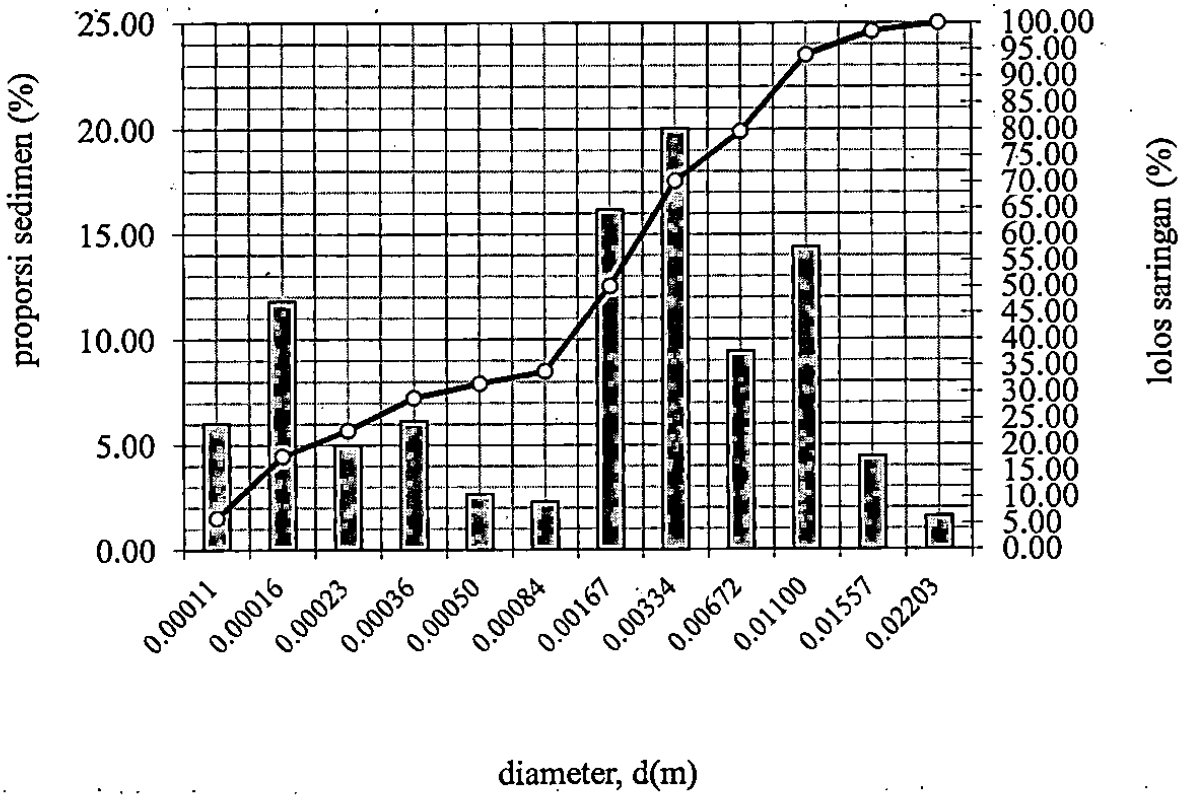
Diameter saringan = kolom 1,5 dan 8

Representative gradasi = kolom 2

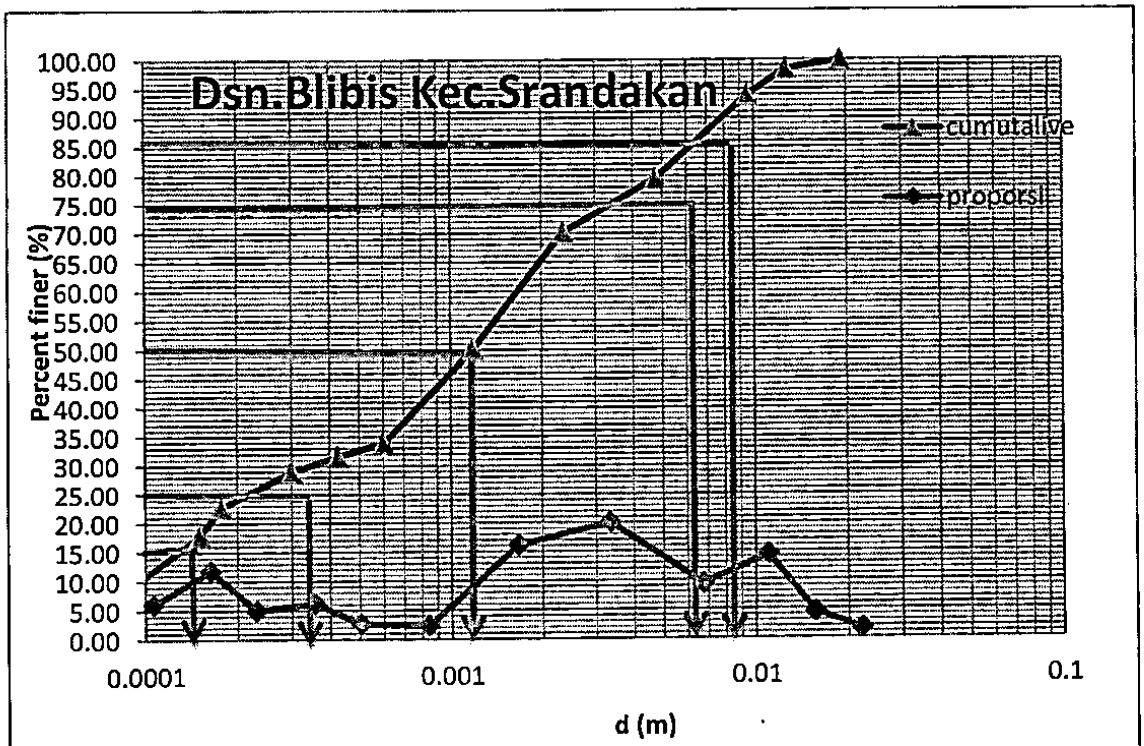
Proportion fs = kolom 3

Proportion fs (%) = kolom 4

j-th grain size = kolom 6



Gambar 5.7 Gambar grafik distribusi ukuran butiran dan kolom proporsi persentase sedimen pada Titik 3 Dsn.Blibis Kec. Srandakan



Gambar 5.8 Diameter dominan (d_{50}) dan diameter puncak (d_{peak}) pada Titik 3 Dsn.Blibis Kec.Srandakan

Tabel 5.11. Hasil Perhitungan Standar Deviasi pada Titik 3 Dsn.Blibis Kec.Srandakan

no	*dj x psj (d mean)*	*d*	*dj*	*psj*	*dmean*	*ln(dj)*	*ln(d)*	*((ln (dj)-(ln(d))^2)x psj*
1	*0.000006*	*d1*	*0.00011*	*0.0603*	*0.0043*	*-9.1514*	*-5.45074*	*0.8254*
2	*0.000019*	*d2*	*0.00016*	*0.1181*	*0.0043*	*-8.7221*	*-5.45074*	*1.2635*
3	*0.000011*	*d3*	*0.00023*	*0.0498*	*0.0043*	*-8.3755*	*-5.45074*	*0.4260*
4	*0.000022*	*d4*	*0.00036*	*0.0614*	*0.0043*	*-7.9376*	*-5.45074*	*0.3797*
5	*0.000013*	*d5*	*0.00050*	*0.0267*	*0.0043*	*-7.5910*	*-5.45074*	*0.1222*
6	*0.000019*	*d6*	*0.00084*	*0.0231*	*0.0043*	*-7.0804*	*-5.45074*	*0.0614*
7	*0.000269*	*d7*	*0.00167*	*0.1617*	*0.0043*	*-6.3978*	*-5.45074*	*0.1450*
8	*0.000669*	*d8*	*0.00334*	*0.2003*	*0.0043*	*-5.7015*	*-5.45074*	*0.0126*
9	*0.000634*	*d9*	*0.00672*	*0.0943*	*0.0043*	*-5.0020*	*-5.45074*	*0.0190*
10	*0.001582*	*d10*	*0.01100*	*0.1439*	*0.0043*	*-4.5103*	*-5.45074*	*0.1273*
11	*0.000695*	*d11*	*0.01557*	*0.0446*	*0.0043*	*-4.1621*	*-5.45074*	*0.0741*
12	*0.0003524*	*d12*	*0.02203*	*0.0160*	*0.0043*	*-3.8155*	*-5.45074*	*0.0428*
Jumlah	*0.0043*		*0.06253*	*1*		*-2.77211*	*sigma*	*1.8705*

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2014)

Tabel 5.12. Hasil Perhitungan Porositas pada Titik 3 Dsn.Blibis Kec.Srandakan

d maksimal	0.019100
d minimal	0.000075
Batas bawah	41.12000
batas atas	61.56000
d 50/dg	0.001360
d puncak/*d peak*	0.011000
Gama	0.4769 Talbot
Beta	0.0996
sigma	1.87053
porositas	0.29108

C. Angkutan Sedimen

Contoh perhitungan angkutan sedimen pada titik 1 Jembatan Srandakan.

Diketahui:

a. Debit aliran (*Q*), = 15,93 $m^3/detik$

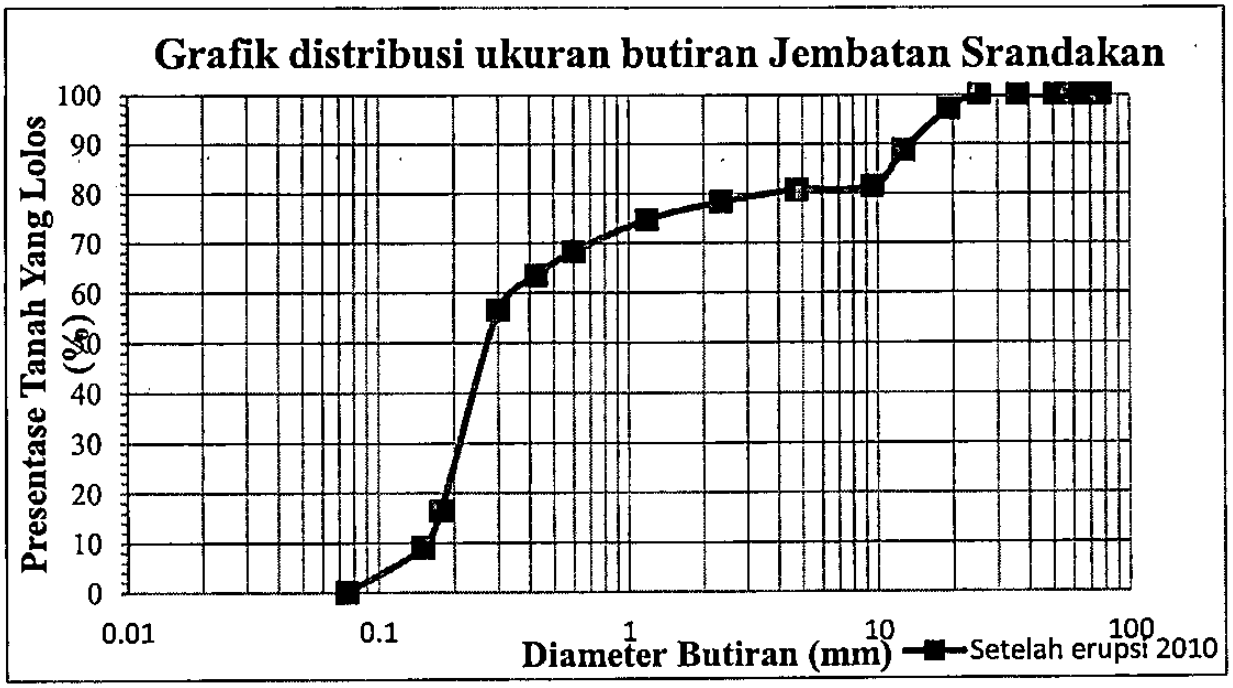
b. Lebar aliran sungai, = 98,75 m

c. Kemiringan dasar (*S.*), = 0,02328

d. *Viskositas* air (μ) = $1{,}00\times10^{-6}\ m^2/s$

e. Rapat massa rata-rata sedimen dasar sungai, $\rho\int_s$ = 2650 kg/m^3

f. Dengan d_{35} = 0,23 mm dan d_{65} = 0,46 mm dari grafik distribusi ukuran butiran.



Gambar 5.9 D_{35} dan D_{65} pada grafik distribusi ukuran butir pada Titik 1

g. Gradasi ukuran butir hasil analisis saringan.

Tabel 5.13 Analisis saringan pada titik 1 Jembatan Srandakan.

Interval ukuran butiran (mm)	Ukuran butiran rata-rata (mm)	% Material
19,1 – 4,75	11,52	19,26%
2,35 – 0,425	1,14	17,24%
0,3 – 0,075	0,18	63,5%

Sumber: Hasil Analisis Penelitian (2014)

Nilai Rb' yaitu jari-jari hidrolik 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 1 Sungai Progo Hilir :

Dimisalkan, $Rb' = 0{,}13$ m

a. Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran:

$u_*' = \sqrt{gR'S}$ Persamaan 3.30

Tebal lapisan *sub-viscous*:

$$\delta = \frac{11{,}6\mu}{u_{\circ}^{'}} \quad \text{.....Persamaan 3.31}$$

dengan:

δ' = tebal lapisan *sub viscous*.

μ = *viskositas*/kekentalan air.

U_0' = kecepatan gesek akibat kekasaran butiran.

$$\delta' = \frac{11{,}6 \times 1{,}00 \times 10^{-3}}{0{,}0550}$$

$$= 0{,}2109 \text{ m}$$

Diketahui $k_s = d_{65} = 0{,}46 \times 10^{-3}$

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

dengan:

ks = kekasaran butiran.

δ = tebal lapisan *sub viscous*.

$$\frac{ks}{\delta'} = \frac{0{,}46 \times 10^{-3}}{0{,}2109}$$

$$= 0{,}002$$

[illegible] (δ') = 0,002 diperoleh nilai faktor koreksi

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

$$V = 5{,}75u_o^{'} \log\left(\frac{12{,}27Rb'x}{k_s}\right) \text{.....Persamaan 3.32}$$

dengan:

V = kecepatan aliran rata-rata.

Rb' = jari-jari hidrolik.

x = faktor koreksi pengaruh *viskositas.*

k_s = d_{65} (kekasaran butiran).

$$V = 5{,}75 \times 0{,}0550 \log\left(\frac{12{,}27 \times 0{,}13 \times 0{,}8}{0{,}46 \times 10^{-3}}\right)$$

= 1,0888 *m/detik*

c. Intensitas aliran Ψ:

Dimana dari data distribusi ukuran butiran d_{35} = 0,23 x 10^{-3}

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d_{35}}{SRb'} \text{.....Persamaan 3.33}$$

dengan:

Ψ' = intensitas aliran.

γ_s = berat spesifik air.

γ = berat spesifik sedimen.

d_{35} = parameter angkutan.

Rb' = jari-jari hidrolik.

S = *slope*/kemiringan dasar saluran

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\frac{d_{35}}{SRb'} = 1{,}65\frac{0{,}23\times10^{-3}}{0{,}00238\times0{,}13}$$

$$= 1{,}2265$$

Dari gambar grafik 3.18 Einstein dan Barbrossa (1952) untuk $\Psi' = 1{,}2265$ diperoleh nilai $V/u'' = 40$

$$\frac{V}{u_0''} = 10 \rightarrow u_0'' = \frac{1{,}0888}{40} = 0{,}0272 m/\det ik$$

Dimana u_0'' adalah kecepatan gesek akibat pengaruh konfigurasi dasar (*Shape roughness*). Jari-jari hidraulik akibat konfigurasi dasar diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$u_0''\sqrt{g}Rb''S \rightarrow Rb'' = \frac{(u_0'')^2}{g.S} = \frac{0{,}0272^2}{9{,}81\times0{,}00238} = 0{,}0316\text{m}$$

dengan:

S = kemiringan dasar.

g = gravitasi.

Rb''=jari-jari hidrolik untuk penyimpangan saluran.

u'' = kecepatan gesek akibat konfigurasi dasar.

d. Jari-jari total diperoleh cara sebagai berikut:

$Rb = Rb' + Rb''$ …… Persamaan 3.34

dengan:

Rb = jari-jari hidrolik total.

Rb' = jari-jari hidrolik rencana/coba-coba.

$Rb \quad = 0{,}13 + 0{,}0115$

$\quad = 0{,}1616$ m

Tinggi saluran di hitung dengan persamaan:

$$Rb = \frac{bh}{b+2h} \quad \text{.....Persamaan 3.35}$$

dengan:

Rb= jari-jari hidrolik total.

b = lebar sungai/saluran.

h = tinggi saluran.

$$R_b = 0{,}1616 \frac{98{,}75h}{98{,}75+2h}$$

$= (h = 0{,}1583$ m)

e. Kontrol hitungan debit:

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

Intensitas aliran:

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d_1}{SRb'} \quad \text{.....Persamaan 3.37}$$

dengan:

Ψ' = intensitas aliran.

γ_s = berat spesifik air.

γ = berat spesifik sedimen.

d_{35} = parameter angkutan.

Rb = jari-jari hidrolik.

S = *slope*/kemiringan dasar saluran.

Intensitas aliran:

$$\Psi' d = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} = 1{,}65 \frac{d}{S.Rb} = 1{,}65 \frac{d}{0{,}00238 \times 0{,}13} = 1226{,}56.d$$

g. 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.

$u_\circ'$ = $\sqrt{9{,}8 \times 0{,}13 \times 0{,}00238}$

$= 0{,}0550$ *m/detik*

Tebal lapisan *sub viscous*

$$\delta' = \frac{11{,}6v}{u_{\circ}'}$$

dengan:

δ' = tebal lapisan *sub viscous.*

μ = *viskositas*/kekentalan air.

U_0' = kecepatan gesek akibat kekasaran butiran.

$$\delta' = \frac{11{,}6 \times 1{,}00 \times 10^{-3}}{0{,}0550}$$

$= 0{,}2109$ m

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

dengan:

ks = kekasaran butiran.

δ = tebal lapisan *sub viscous.*

$$\frac{k_s}{\delta'} = \frac{0{,}46 \times 10^{-3}}{0{,}2109}$$

$= 0{,}002$

Dari Gambar 3.26, diperoleh nilai x (faktor koreksi pengaruh *viskositas*) =

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

$$\Delta = \frac{0{,}46 \times 10^{-3}}{0{,}8}$$

$$= 0{,}000575 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta}{\delta'} = \frac{0{,}000575}{0{,}2109}$$

$$= 0{,}0027 \qquad X = 0{,}77 \times \Delta$$

$$= 0{,}77 \times 0{,}000575 = 0{,}000442 \text{ m}$$

$$\left[\frac{ß}{ßx}\right]^2 = \left[\frac{\log(10{,}6)}{\log(10{,}6\,.\ X/\Delta}\right]^2$$

$$= \left[\frac{\log(10{,}6)}{\log(10{,}6\,.\ 0{,}000442/\ 0{,}000575)}\right]^2 = 1{,}2665$$

Untuk fraksi butiran d_1 = 11,52 *mm* = 0,001152 *m*

$$\frac{d_1}{x} = \frac{0{,}001152}{0{,}000442} = 2{,}74$$

Untuk $\frac{d1}{x}$ = 2,74, dari Gambar 3.26, diperoleh nilai *hiding factor* ξ = 1

dari grafik 3.27 diperoleh nilai koreksi gaya angkat (Y) = 0,5.

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

$$\psi_{oi}' = \xi_1 Y_1 \left(\frac{\beta}{\beta_x}\right)^2 \Psi d$$

dengan:

Ψ_{oi}' = intensitas aliran yang telah dikorekasi.

ξ_1 = faktor koreksi *hiding factor* (fungsi dari d/x).

Y_1 = faktor koreksi terhadap koefesien gaya angkat.

$$\psi_o i' = \xi_1 Y_1 \left(\frac{\beta}{\beta_x}\right)^2 \Psi d$$

$$\psi_o i' = 1 \times 0{,}5 \times 1{,}296 \times 1226{,}56 \times 0{,}001152$$

$$= 9{,}156$$

i. Dari grafik Einstein (3.18) untuk nilai Ψ_{o1} = 9,156 , nilai θ diperoleh 5.

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

$= 0{,}19 \times 0{,}17 \times (2650/9{,}81) \times (9{,}81 \text{ x } 0{,}001152)^{3/2} (1{,}65)^{1/2}$

$= 0{,}000122024$ Kg/m.detik.

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

$$\frac{d2}{X} = \frac{0{,}00114}{0{,}000442} = 2{,}57$$

Untuk $\frac{d2}{X} = 2{,}57$ dari Gambar 3.18, diperoleh nilai *hiding factor* $\xi = 1$

Untuk $\frac{d65}{\delta t} = 0{,}002$ dari Gambar 3.27, diperoleh niai koreksi gaya angkat Y

$= 0{,}5$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

$$\psi_{\circ} i' = \xi_2 Y_2 \left(\frac{\beta}{\beta_x} \right)^2 \Psi d$$

$= 1 \times 0{,}5 \times 1{,}296 \times 1226{,}56 \times 0{,}00114$

$= 0{,}906$

Untuk $\Psi_{,i}' = 0{,}906$ dari Gambar 3.28, diperoleh nilai $\theta = 4$. Selanjutnya besar angkutan sedimen untuk fraksi butiran d_2.

$$(i_b q_b)_2 = i_b \theta_2 \rho_s (g d_1)^{3/2} \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{1/2}$$

$= 0{,}17 \times 4 \times (2650/9{,}81) \times (9{,}81.0{,}00114)^{3/2} \times (1{,}65)^{1/2}$

$= 0{,}000254217$ Kg/m.detik.

Untuk fraksi ukuran butiran, $\mathbf{d_3} = 0{,}18\ mm = 0{,}00018\ m$

$$\frac{d3}{X} = \frac{0{,}00018}{0{,}000442} = 0{,}4$$

Untuk $\frac{d3}{X} = 0{,}4$ dari Gambar 3.26, diperoleh nilai *hiding factor* $\xi = 6$

Untuk $\frac{d65}{\delta\prime} = 0{,}002$ dari Gambar 3.27, diperoleh niai koreksi gaya angkat Y

= 0,5

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

$$\psi_o i' = \xi_3 Y_3 \left(\frac{\beta}{\beta_x}\right)^2 \Psi d$$

$$= 6 \times 0{,}5 \times 1{,}296 \times 1226{,}56 \times 0{,}00018$$

$$= 0{,}858$$

Untuk $\Psi_{,i}' = 0{,}858$ dari Gambar 3.21, diperoleh nilai $\theta = 4{,}5$

Selanjutnya besar angkutan sedimen untuk fraksi butiran d_3.

$$(i_b q_b)_3 = i_b \theta_3 \rho_s (g d_1)^{3/2} \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho}\right)^{1/2}$$

$$= 0{,}63 \times 4{,}5 \times (2650/9{,}81) \times (9{,}81.0{,}00018)^{3/2} \times (1{,}65)^{1/2}$$

= 1,6734 Kg/m.detik.

Setelah besar angkutan sedimen dasar diperoleh maka dijumlahkan besar angkutan sedimen dasar seluruh fraksi.

(ibq_b) total = $(ibq_b)_1 + (ibq_b)_2 + (ibq_b)_3$

= 0,000122024 + 0,000254217 + 1,6734

= 1,6737 Kg/m.detik.

Jadi besar angkutan sedimen pada titik 1 adalah:

q_B $= (\Sigma\, i_b q_b)\ x\ 60detik\ x\ 60menit\ x\ 24jam\ x\ B$

$= 1{,}6737\ x\ 60\ x\ 60\ x\ 24\ x\ 98{,}75$

$= 1428\ Kg/hari = 1{,}428$ton/hari

Tabel 5.14. Hasil Perhitungan Analisis Angkutan Sedimen Titik 1, Sungai Progo Hilir

Analisis Angkutan Sedimen Jembatan Srandakan										
No	d (mm)	*ib* (%)	Rb'	ψ1'	d/x	*ξi*	Y	ψ.i'	Θi	*(ibqb)i* (Kg/m.d)
1	0,01152	0,19	0,13	14,129	2,74	1	0,5	9,156	5	0,000122024
2	0,00114	0,17	0,13	1,398	2,57	1	0,5	0,906	4	0,000254217
3	0,00018	0,63	0,13	0,221	0,4	6	0,5	0,858	4,5	1,6734
Σ										1.6737