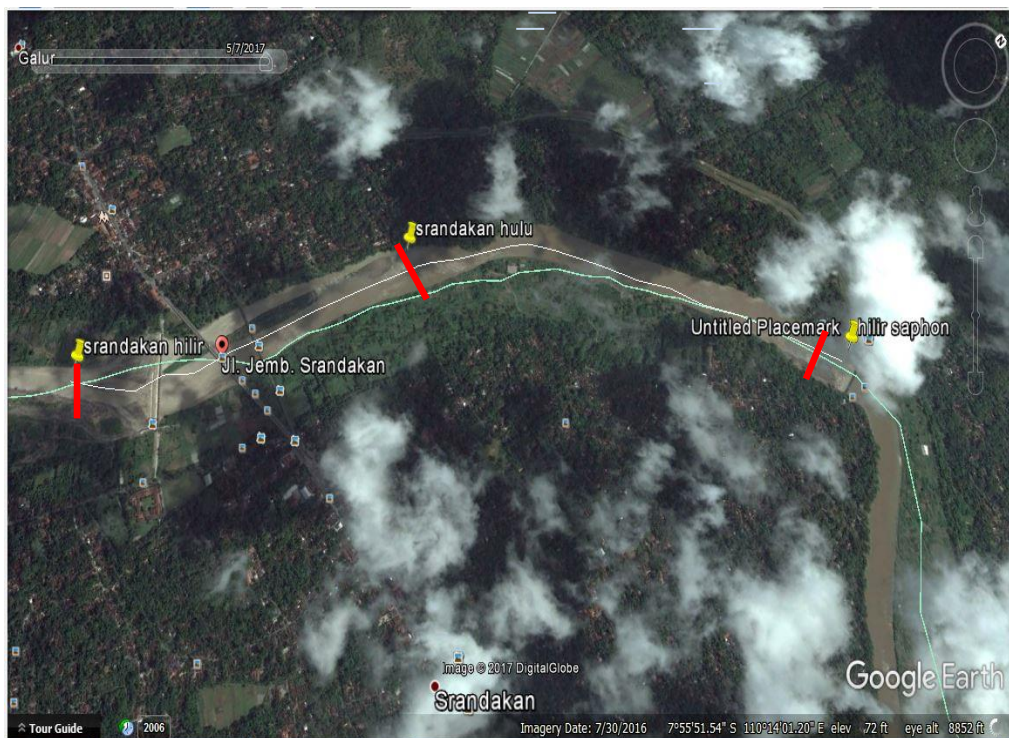


## BAB V

### HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dari pengambilan data primer di lapangan selanjutnya dilakukan analisa hidrolika yang terjadi pada Pias Sungai Progo yang diteliti. Hal ini dilakukan dalam supaya mendapatkan informasi tentang elevasi muka air, kecepatan aliran, volume sedimen yang dibawa, dan kondisi dasar Sungai Progo pada Pias Jembatan Srandakan.

Analisa pada studi ini dibuat dari penelusuran dan pengambilan langsung di lapangan dari potongan melintang dasar Sungai selama 17 tahun terakhir. Analisa yang dilakukan dengan mengambil sampel sedimen dari Pias Jembatan Srandakan antara lain dari Hulu Jembatan Srandakan dan Hilir Jembatan Srandakan.



*Sumber : Google Earth*

Gambar 5.1 Lokasi Penelitian dari Sapon - Srandakan

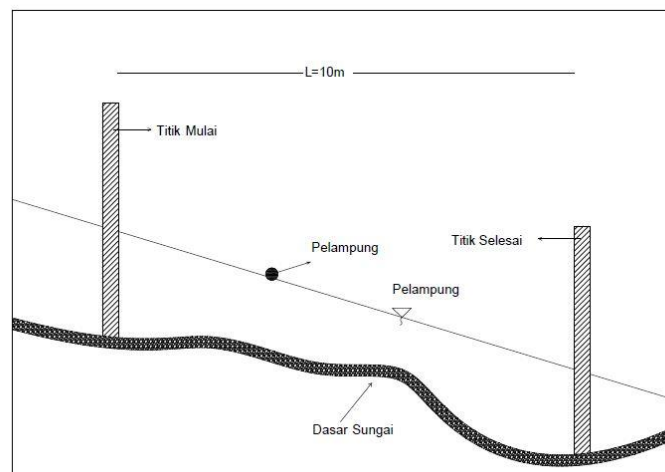
## A. Hidrometri Sungai

Pada perhitungan ini akan menjelaskan tentang cara perhitungan hidrometri Sungai Progo . Contoh perhitungan akan diambil dari satu data tinjau di Pias Hulu Jembatan Srandakan (Brosot) pada tanggal 12 April 2017.

### 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 di Sungai Progo Pias Hilir Jembatan Sapon ditampilkan dalam tabel 5.1:



Gambar 5.2 Pengambilan data kecepatan aliran di Hilir Jembatan Sapon (12 April 2017).

$$\text{Kecepatan Aliran, } v = \frac{L}{t}$$

Keterangan :

$v$  = Kecepatan aliran (m/detik)

$L$  = Jarak (m)

$t$  = Waktu (detik)

## 1) Perhitungan Kecepatan Aliran Pias Jembatan Sapon Hilir 12 April 2017

$$\text{Aliran sisi 1} = 0,549 \text{ m/detik}$$

$$\text{Aliran tengah} = 0,836 \text{ m/detik}$$

$$\text{Aliran sisi 2} = 0,877 \text{ m/detik}$$

$$v \text{ Permukaan} = \left( \frac{0,549 + 0,836 + 0,877}{3} \right) = 0,754 \text{ m/detik}$$

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, (dipakai 0,90)

$$\begin{aligned} V \text{ rata-rata Aliran} &= 0,754 \times 0,90 \\ &= 0,678 \text{ m/detik.} \end{aligned}$$

Tabel 5.1 hasil pengukuran kecepatan aliran di Pias hilir Jembatan Sapon (Jembatan Sapon 12 April 2017)

<b>Sapon Hilir</b>	<b>Kecepatan m/s</b>
Sisi 1 (10 m)	0,549
Tengah (10 m)	0,836
Sisi 2 (10 m)	0,877
<b>Rata-rata</b>	<b>0,754</b>
<b>V rata-rata aliran</b>	<b>0,678</b>

*Sumber : Hasil Analisis Penelitian 2017*

## 2) Perhitungan Kecepatan Aliran Pias Jembatan Srandakan Hulu 12 April 2017 :

$$\text{Aliran sisi 1} = 0,714 \text{ m/detik}$$

$$\text{Aliran tengah} = 0,357 \text{ m/detik}$$

$$\text{Aliran sisi 2} = 0,616 \text{ m/detik}$$

$$v \text{ Permukaan} = \left( \frac{0,714 + 0,357 + 0,616}{3} \right) = 0,562 \text{ m/detik}$$

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, (dipakai 0,90)

$$\begin{aligned} V \text{ rata-rata Aliran} &= 0,562 \times 0,90 \\ &= 0,506 \text{ m/detik.} \end{aligned}$$

Tabel 5.2 Hasil pengukuran kecepatan aliran di Pias hulu Jembatan Srandakan (Jembatan Srandakan 12 April 2017)

<b>Sradakan Hulu</b>	<b>Kecepatan m/s</b>
Sisi 1 (10 m)	0,714
Tengah (10 m)	0,357
Sisi 2 (10 m)	0,616
<b>Rata-rata</b>	<b>0,562</b>
<b>V rata-rata aliran</b>	<b>0,506</b>

*Sumber : Hasil Analisis Penelitian 2017*

3) Perhitungan Kecepatan Aliran Pias Jembatan Srandakan Hilir 12 April 2017:

$$\text{Aliran sisi 1} = 0,977 \text{ m/detik}$$

$$\text{Aliran tengah} = 0,368 \text{ m/detik}$$

$$\text{Aliran sisi 2} = 0,538 \text{ m/detik}$$

$$v \text{ Permukaan} = \left( \frac{0,977 + 0,368 + 0,538}{3} \right) = 0,628 \text{ m/detik}$$

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, (dipakai 0,90)

$$\begin{aligned} V \text{ rata-rata Aliran} &= 0,627 \times 0,90 \\ &= 0,565 \text{ m/detik.} \end{aligned}$$

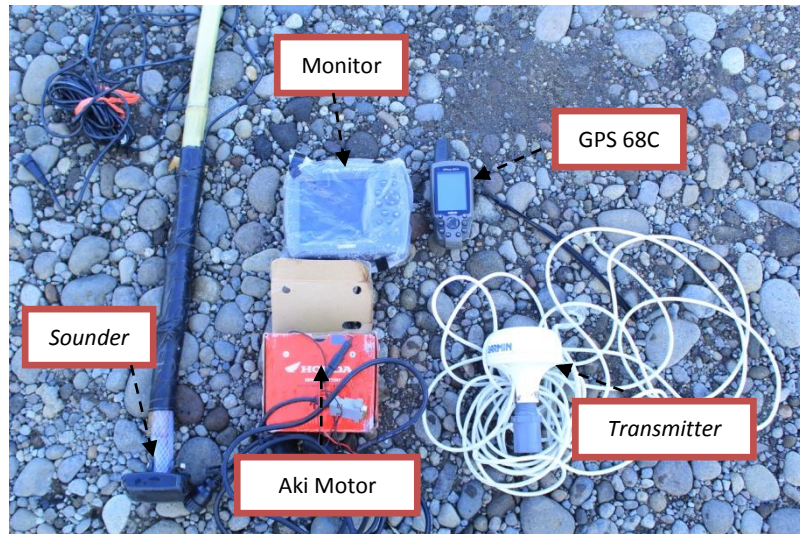
Tabel 5.3 hasil pengukuran kecepatan aliran di Pias Srandakan Hilir (Jembatan Srandakan 12 April 2017)

<b>Sradakan Hulu</b>	<b>Kecepatan m/s</b>
Sisi 1 (10 m)	0,977
Tengah (10 m)	0,368
Sisi 2 (10 m)	0,538
<b>Rata-rata</b>	<b>0,627</b>
<b>V rata-rata aliran</b>	<b>0,565</b>

*Sumber : Hasil Analisis Penelitian 2017*

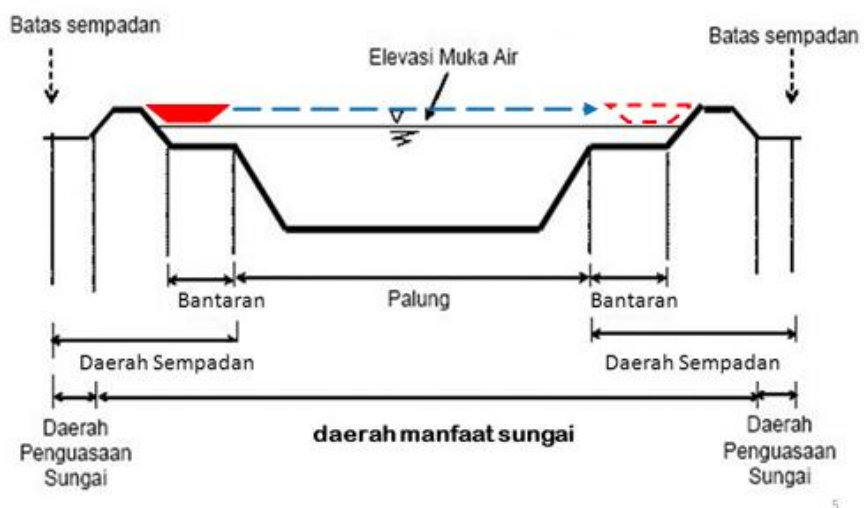
b. Cara mengukur penampang melintang tiap Pias

Pengukuran untuk menentukan kedalaman penampang pada sungai digunakan alat *Echo Sounding* yang dipinjam dari Laboratorium Hidrologi Fakultas Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada yang terdiri dari Monitor *Garmin 178Sunder*, GPS (*Transmitter*) *Garmin*, dan *Sunder*. Untuk menghidupkan alat tersebut digunakan aki motor sebagai pemasok listrik yang dapat digunakan di area terbuka dan mudah dibawa dengan tas punggung untuk memudahkan pada saat *Crossing*.



Gambar 5.3 Echo Sounding

Alat Echo Sounding tersebut dirangkai menjadi satu kesatuan, setelah siap maka alat tersebut bisa langsung digunakan setelah monitor menyala. Cara pengambilannya dengan membawa alat tersebut dari tepi satu ke tepi di sebrangnya untuk crossing data arah melintang sungai. Alat ini dengan otomatis akan menangkap data kedalaman ketika *Sounder* dimasukkan kedalam aliran air sungai, akan tetapi *transmitter* harus menangkap minimal 4 satelit. Cara pengukuran dan penggunaan alat untuk crossing bisa dilihat seperti pada gambar 5.4.



Gambar 5.4 Cara Pengukuran lebar dan kedalaman.

Pengukuran menggunakan *Echo Sounding* dilakukan dengan menenggelamkan Sonar kedalam air kira-kira sedalam 40 cm dan lakukan pengukuran dengan melintasi tepi satu ke tepi selanjutnya yang membawa alat harus terus memonitoring monitor untuk menjaga apakah alat tersebut merekam data yang sedang di *crossing* atau tidaknya seperti pada gambar 5.5.



Gambar 5.5 Penggunaan alat pada saat *Crossing*.

c. Pembuatan Penampang Melintang

Perangkat lunak ini merupakan perangkat pemetaan yang digunakan untuk pembuatan model sungai. Data batimetri lapangan yang telah diexport dari *EchoSounder* ke *MapSource* dipilah berupa koordinat x,y dan kedalaman yang disesuaikan dengan kondisi sebenarnya dengan menggunakan sistem proyeksikoordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*). Adapun langkah pembuatan model sungai dengan menggunakan *software AquaveoSurface Water Modeling System v10.1.8* adalah sebagai berikut :

- a. Membuat lembar kerja baru dengan membuka *software*.
- b. Buka data yang telah dipisahkan berupa koordinat x , y dan z untuk kedalaman berbentuk \*.txt dengan *File – Open – Use Import Wizard – Next - Finish*.
- c. Masukkan peta yang berasal dari *Google Earth* yang telah diberikan *marking* dengan *File – Open – \*.jpg – Ok* sesuaikan dengan koordinat asli

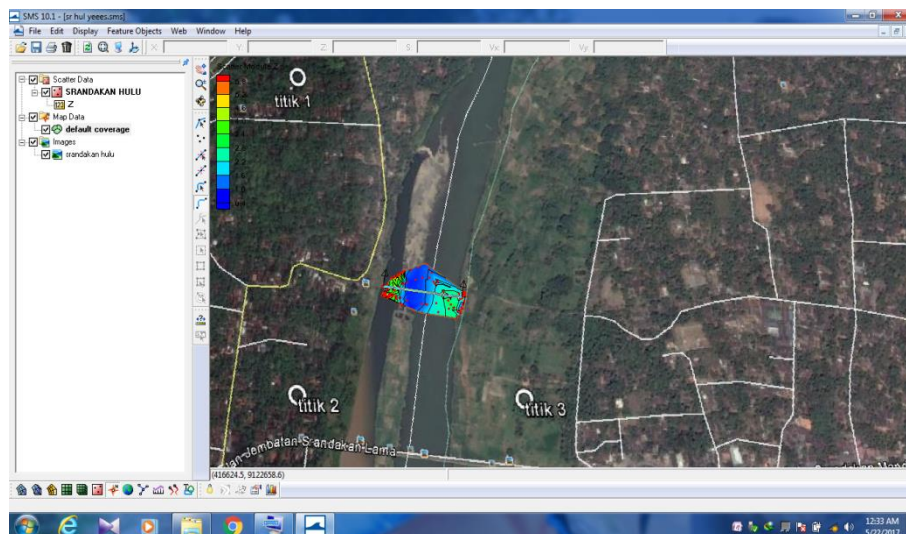
- dengan *Provide World Coordinates – Ok* masukkan koordinat sesuai marking pada gambar kemudian *Ok*.
- d. Penggabungan pembuatan kontur pada setiap titik koordinat dengan *Display Option – Scatter – checklist Countour* untuk setting *Countour* dengan *Countour – Countour Method – Color Fill and Linear*.
  - e. Lakukan pemotongan melintang pada kontur dengan memilih pada *Statusbar – Icon Map Module* pilih *icon Select Feature Point* lakukan pemotongan.
  - f. Analisis *crosssection* pada *MapData – DefaultCoverage* klik kanan pilih *Type – Observation*. Untuk hasil analisis pilih *Display – PlotWizard – ObservationType – Finish*.

Hasil data berupa *crosssection* dengan software *Aquaveo Surface Water Modeling System v10.1.8* Dari hasil *crossing* di lapangan menggunakan *Echo Sounding* data yang didapatkan masih dalam bentuk data yang belum di olah maka selanjutnya diolah di software SMS untuk mendapatkan bentuk *crossing* yang sudah dilakukan. Setelah itu dapat kita plotting di gambar yang didapatkan dari *Google Earth* maka hasil yang didapatkan seperti pada gambar 5.5 sampai 5.7.

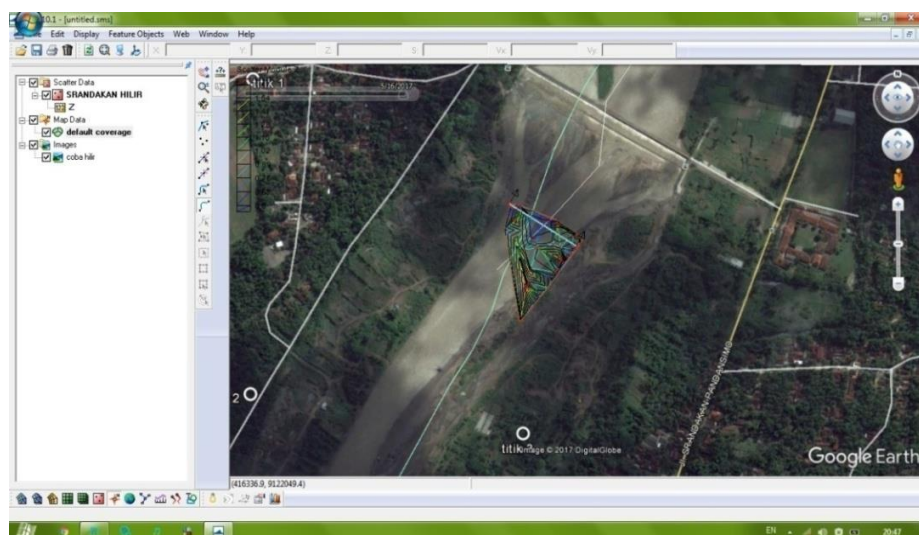


Gambar 5.6 Hasil *Crossing* yang dimasukkan dalam hasil potretan *Google Earth*  
Hilir Jembatan Sapon





Gambar 5.7 Hasil *Crossing* yang dimasukkan dalam hasil potretan *Google Earth* Hulu Jembatan Srandakan



Gambar 5.8 Hasil *Crossing* yang dimasukkan dalam hasil potretan *Google Earth* Hilir Jembatan Srandakan.

d. Menentukan Kemiringan dengan *ArcGis*

Penentuan *Slope* atau kemiringan elevasi dari satu Pias ke Pias lainnya sangat diperlukan dalam perhitungan angkutan sedimen. Pada pengambilan data untuk menentukan *Slope* yang digunakan penelitian ini menggunakan data dari Peta RBI untuk menentukan Elevasi titik koordinat lapangan. Cara untuk menentukan elevasi pada tiap koordinat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Elevasi Koordinat} = \text{Elv. Besar} - \left(\frac{X}{Y}\right) * (\text{Elv. Besar} - \text{Elv. Kecil})$$

Dengan :

X = pengukuran dari titik A – B

Y = pengukuran dari titik A – C

Contoh perhitungan :

Dengan skala 1:1, jadi 1 cm di gambar adalah 1 m di lapangan.

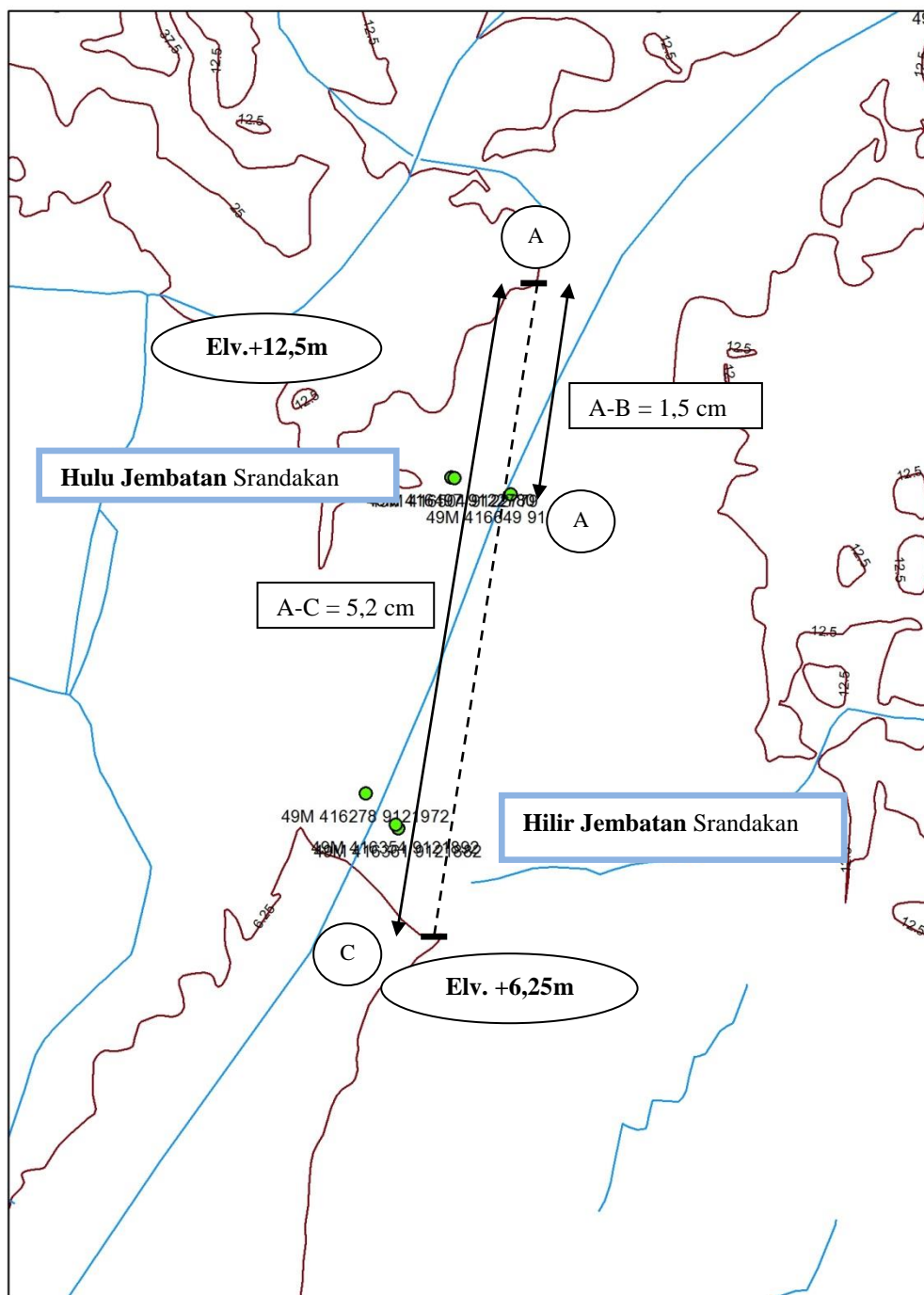
$$\begin{aligned} \text{Elevasi Koordinat} &= 12,5 - \left(\frac{1,5}{5,2}\right) * (12,5 - 6,25) \\ &= +10,7 \text{ cm} = +10,7 \text{ m} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk menghitung koordinat dasar *bedload* maka diambil data elevasi kordinat terdekat dengan kordinat data kedalaman yang terdalam. Untuk pias Srandakan diketahui jika elevasi paling dekat adalah kordinat elevasi tepi kiri sebesar +11,72 m sedangkan kedalaman paling dalam berada pada nilai 2,034 m.

$$\text{Elevasi } \textit{bedload} = 11,72 - 2,034 = +9,686 \text{ m}$$

Maka di dapatkan elevasi *bedload* sebesar +9,686 m.

Cara pengukuran menggunakan potongan elevasi dari peta RBI.



Gambar 5.9 Pengukuran Elevasi menggunakan peta RBI

Tabel 5.4 Data Elevasi kedalaman *Bedload* dan jarak antar pias

No	Nama Pias	Elevasi aliran (meter)		Jarak (meter)
		kiri	kanan	
1	Hilir Jembatan Sapon	12,5	12,5	1660
2	Jembatan Srandakan	11,72	10,7	

Sumber : Hasil Perhitungan Elevasi Interpolasi ArcGis

Dari data diatas kita bisa mendapatkan nilai *Slope* dengan contoh perhitungan dibawah ini :

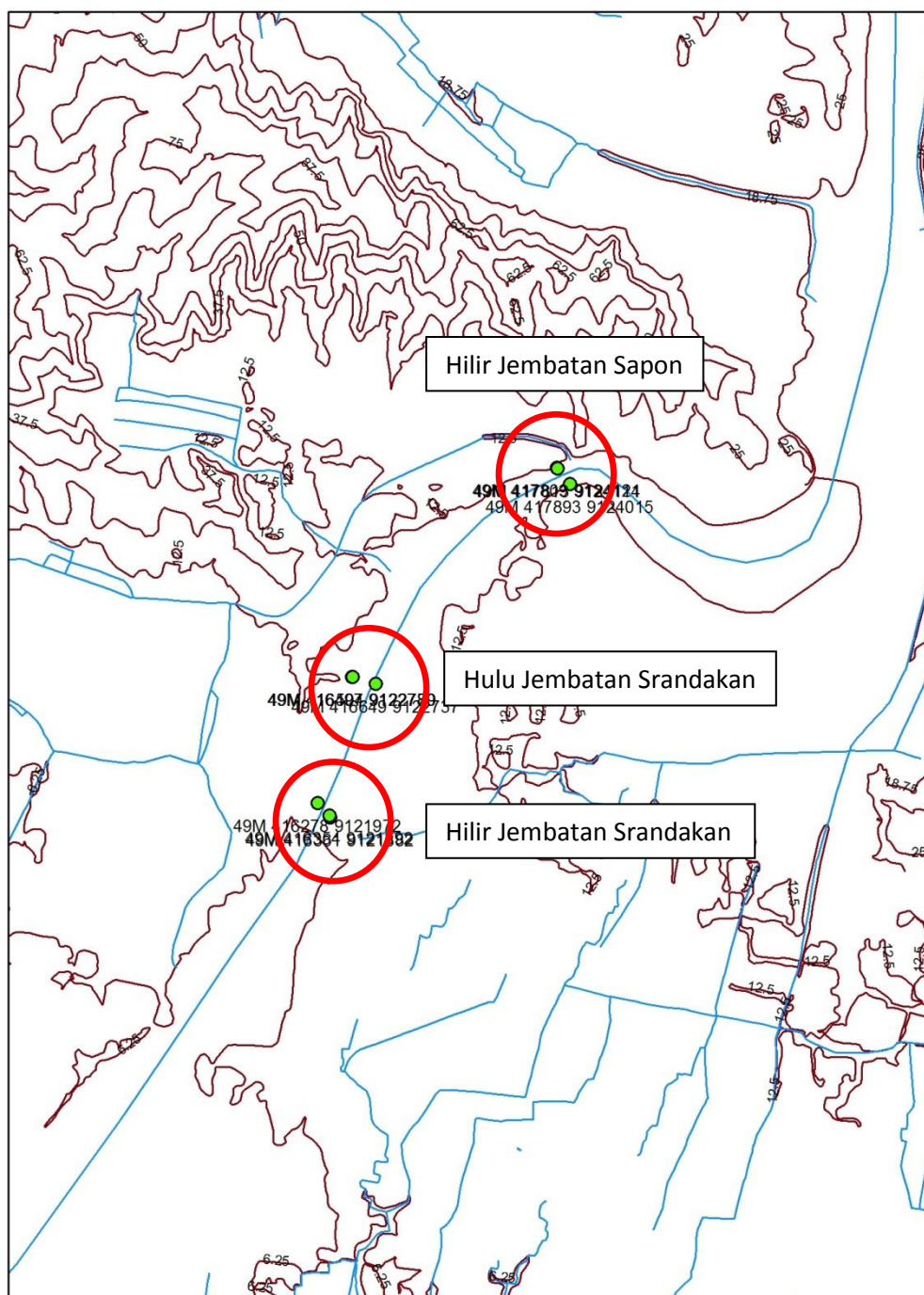
$$Slope = \frac{Elv.Hulu Jembatan Srandakan - Elv.Hilir Jembatan Srandakan}{Jarak antar pias}$$

$$Slope = \frac{12,5 - 11,72}{1660} = 0,00047$$

$$Slope = \frac{12,5 - 10,7}{1660} = 0,00108$$

$$Rata-rata = \frac{0,00047 + 0,00108}{2} = 0,0007771$$

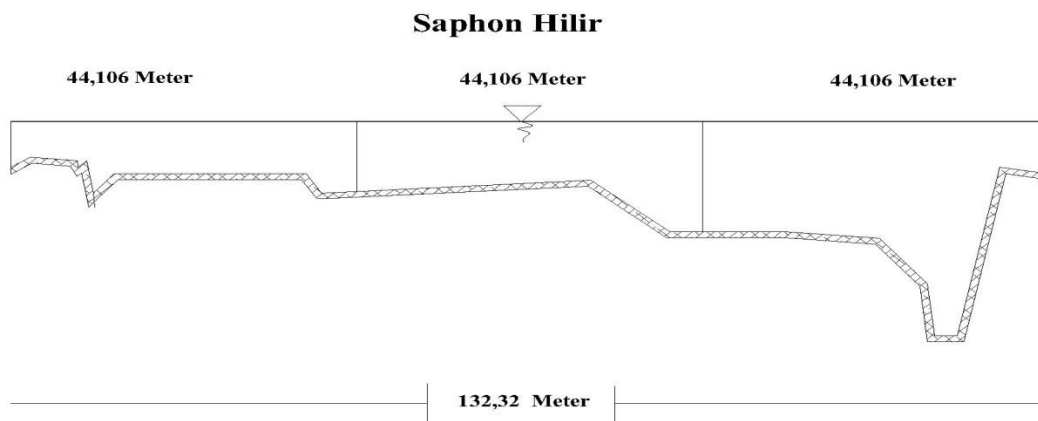
Maka *Slope* yang didapatkan di Pias Jembatan Srandakan 0.000777.



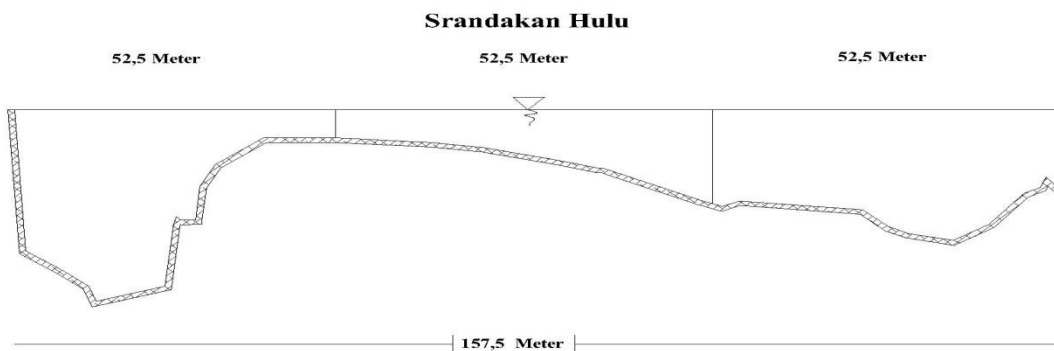
Sumber : Peta RBI DIY

Gambar 5.10 Lokasi *Crossing* penampang melintang di tiap pias.

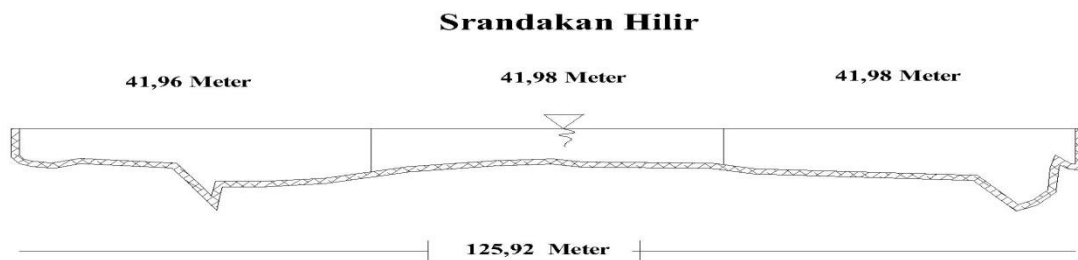
Penampang melintang hasil pengukuran dari setiap Pias bisa dilihat pada



Gambar 5.11 Penampang Melintang kedalaman Pias Hilir Jembatan Sapon



Gambar 5.12 Penampang Melintang kedalaman Pias Hulu Jembatan Srandakan



Gambar 5.13 Penampang Melintang kedalaman Pias Hilir Jembatan Srandakan

e. Luas penampang basah

1) Pada aliran Sungai Pias Hilir Jembatan Sapon

Tabel 5.5 Hasil pengukuran lapangan Pias Hilir Jembatan Sapon

Elevasi = +12,5 m

x	y	Kedalaman (m)	Kedalaman - Elevasi (m)	Jarak (m)
417885	9124000	0,7	11,80	0,00
417886	9124000	0,5	12,00	2,53
417886	9124001	0,6	11,90	6,02
417886	9124000	0,7	11,80	0,07
417887	9124001	0,6	11,90	1,09
417891	9124009	1,1	11,40	0,85
417891	9124013	0,8	11,70	2,63
417884	9124036	0,8	11,70	6,02
417874	9124053	0,8	11,70	2,15
417863	9124070	0,8	11,70	16,30
417855	9124081	1,1	11,40	1,99
417851	9124092	0,9	11,60	34,32
417840	9124101	1,7	10,80	10,05
417839	9124102	1,7	10,80	14,72
417836	9124104	1,8	10,70	12,00
417823	9124111	2,5	10,00	6,12
417815	9124114	3,3	9,20	0,91
417813	9124114	3,3	9,20	2,89
417807	9124116	0,7	11,80	5,42

417805	9124115	0,8	11,70	6,24
				132,32

Sumber : Hasil Analisis Penelitian 2017

Dari pengukuran di lapangan diperoleh data sebagai berikut :

Kedalaman aliran terdalam : 3,3 m

Kedalaman rata-rata : 1,26 m

Lebar dasar saluran : 132,32 m

Kemiringan tebing : 0,000777108 m

Luas Penampang basah, (A) : 164,5335 m<sup>2</sup>

Keliling basah saluran, (P) : 267,3476 m

2) Pada aliran Sungai Pias Hulu Jembatan Srandakan

Tabel 5.6 Hasil pengukuran lapangan Pias Hulu Jembatan Srandakan

Elevasi = +11,72 m

x	y	Kedalaman (m)	Kedalaman - Elevasi (m)	Jarak (m)
416491	9122747	3,35	8,37	0,99
416492	9122748	3,4	8,32	0,72
416493	9122748	3,77	7,95	5,11
416493	9122749	4,09	7,63	4,33
416495	9122750	3,77	7,95	1,13
416497	9122752	2,5	9,22	10,37
416504	9122761	2,34	9,38	1,27
416505	9122762	2,42	9,30	0,44
416508	9122764	2,35	9,37	0,6
416510	9122766	1,73	9,99	2,28
416512	9122767	1,63	10,09	0,67
416512	9122767	1,17	10,55	2,34
416519	9122772	0,6	11,12	7,28
416521	9122772	0,6	11,12	10,77
416523	9122773	0,7	11,02	14,41
416530	9122776	0,8	10,92	7,66
416547	9122781	1,09	10,63	12
416561	9122785	1,25	10,47	5,54
416576	9122785	1,25	10,47	0,58
416584	9122777	1,29	10,43	0,99
416587	9122772	1,94	9,78	13,96
416589	9122770	2,06	9,66	3,01



416604	9122744	2,07	9,65	2,57
416616	9122723	2,26	9,46	18,61
416630	9122705	2,5	9,22	3,89
416635	9122708	2,4	9,32	2,94
416635	9122708	2,79	8,93	6,81
416639	9122717	2,51	9,21	5,35
416642	9122724	1,85	9,87	5,65
416643	9122723	1,66	10,06	2,45
416644	9122723	1,44	10,28	0,87
416643	9122723	1,52	10,20	1,92
				157,5

*Sumber : Hasil Analisis Penelitian 2017*

Dari pengukuran di lapangan diperoleh data sebagai berikut :

- Kedalaman aliran terdalam : 3,77 m
- Kedalaman rata-rata : 2,034 m
- Lebar dasar saluran : 157,5 m
- Kemiringan tebing : 0,00077108 m
- Luas Penampang basah, (A) : 284,8 m<sup>2</sup>
- Keliling basah saluran, (P) : 318,9596 m

### 3) Pada aliran Sungai Pias Hilir Jembatan Srandakan

Tabel 5.7 Hasil pengukuran lapangan Pias Hilir Jembatan Srandakan

Elevasi = +11,7 m

x	y	Kedalaman (m)	Kedalaman - Elevasi (m)	Jarak (m)
416275	9121959	0,56	11,14	0
416280	9121953	0,58	11,12	0,24
416281	9121952	0,62	11,08	0,35
416292	9121938	0,63	11,07	1,07
416308	9121928	0,65	11,05	0,98
416314	9121919	0,56	11,14	1,14
416314	9121910	0,65	11,05	3,42
416306	9121879	1,05	10,65	11,52
416304	9121873	1,27	10,43	2,75
416301	9121858	1	10,70	1,43
416299	9121850	1	10,70	0,46

416298	9121847	0,85	10,85	5,64
416291	9121803	0,72	10,98	7,32
416288	9121793	0,6	11,10	10,04
416288	9121793	0,57	11,13	10,48
416288	9121793	0,63	11,07	6,78
416288	9121794	0,65	11,05	3,44
416288	9121794	0,76	10,94	15,49
416291	9121798	0,88	10,82	5,25
416298	9121806	1,44	10,26	26,42
416305	9121817	1,42	10,28	4,91
416313	9121824	1,36	10,34	0,38
416317	9121830	1,16	10,54	1,31
416323	9121838	0,75	10,95	1,84
416333	9121847	0,71	10,99	0,34
416341	9121861	0,52	11,18	0,48
416346	9121872	0,5	11,20	0,11
416350	9121877	0,66	11,04	1,77
416357	9121887	0,67	11,03	0,55
				<b>125,92</b>

*Sumber : Hasil Analisis Penelitian 2017*

Dari pengukuran di lapangan diperoleh data sebagai berikut :

- Kedalaman aliran terdalam : 1,44 m
- Kedalaman rata-rata : 0,809 m
- Lebar dasar saluran : 125,92 m
- Kemiringan tebing : 0,000777108 m
- Luas Penampang basah, (A) : 96,84 m<sup>2</sup>
- Keliling basah saluran, (P) : 127,58 m

## B. Berat Jenis Sedimen

Berat jenis sedimen didefinisikan secara umum sebagai perbandingan antara berat volume butiran tanah dan berat volume air pada temperatur 4°C (Muntohar, 2009).Maka dilakukan pengujian sedimen di Laboratorium Teknik Sipil Muhammadiyah dengan menggunakan alat-alat pengujian Berat Jenis Sedimen.

Tabel 5.8 Spesifikasi tanah berdasarkan berat jenis

Jenis Tanah	Berat Jenis
Sand (Pasir)	2,65 – 2,67
Silty sand (Pasir Berlanau)	2,67 – 2,70
Inorganic Clay (Lempung Inorganik)	2,70 – 2,80
Soil with mica or iron	2,75 – 3,00
Gambut	<2,00
Humus Soil	1,37
Gravel	>2,70

Sumber : Wesky, 1997

1. Perhitungan Berat Jenis Sedimen Pias Jembatan Sapon Hilir :

$$G_s = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_1).t_1 - (w_3 - w_2).t_2}$$

$$G_s = \frac{(40 - 30)}{(78,78 - 30).1 - (85 - 40).1}$$

$$= 2,65$$

2. Perhitungan Berat Jenis Sedimen Pias Jembatan Srandakan Hulu :

$$G_s = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_1).t_1 - (w_3 - w_2).t_2}$$

$$G_s = \frac{(39,3 - 29,3)}{(79,4 - 29,3).1 - (85,66 - 39,3).1}$$

$$= 2,67$$

3. Perhitungan Berat Jenis Sedimen Pias Jembatan Srandakan Hulu :

$$G_s = \frac{(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_1) \cdot t_1 - (w_3 - w_2) \cdot t_2}$$

$$G_s = \frac{(39,3 - 29,3)}{(79,3 - 29,3) \cdot 1 - (85,66 - 39,3) \cdot 1}$$

$$= 2,69$$

Karakteristik sedimen pada Pias Sapon Hilir, Srandakan Hulu, dan Srandakan Hilir menurut spesifikasi jenis tanah berdasarkan berat (Wesky, 1997) adalah jenis pasir dan dalam sampel sedimen pun terlihat secara fisik berpasir dan berbatu.

### C. Klasifikasi Distribusi Ukuran Butiran

Pengujian Distribusi Ukuran Butiran digunakan untuk menentukan diameter dan jenis butiran pada sampel tiap Pias. Maka dari itu diperlukan pengujian Distribusi Ukuran Butiran di Laboratorium menggunakan *Shave Shake machine* dan Saringan.

1. Pada Pias Hilir Jembatan Sapon berat sampel asli memiliki berat 2,8 Kg. Setelah di oven dan disaring memiliki data sebagai berikut :

Tabel 5.9 Tabel Data distribusi ukuran butiran pada Pias Hilir Jembatan Sapon

Ukuran	Berat tertahan (gr)	% berat tertahan (%)	% berat tertahan kumulatif (%)	% berat lolos kumulatif (%)
3''	0	0	0	100
2''	610	32.45	32.45	67.55
1 1/2''	95	5.05	37.50	62.50
1''	360	19.15	56.65	43.35
7/8''	120	6.38	63.03	36.97
5/7''	0	0	63.03	36.97
7/16''	0	0	63.03	36.97
5/16''	0	0	63.03	36.97
4	0	0	63.03	36.97
8	5	0.27	63.30	36.70
16	5	0.27	63.56	36.44
30	5	0.27	63.83	36.17
50	35	1.86	65.69	34.31
60	265	14.10	79.79	20.21
80	170	9.04	88.83	11.17
100	90	4.79	93.62	6.38
120	35	1.86	95.48	4.52

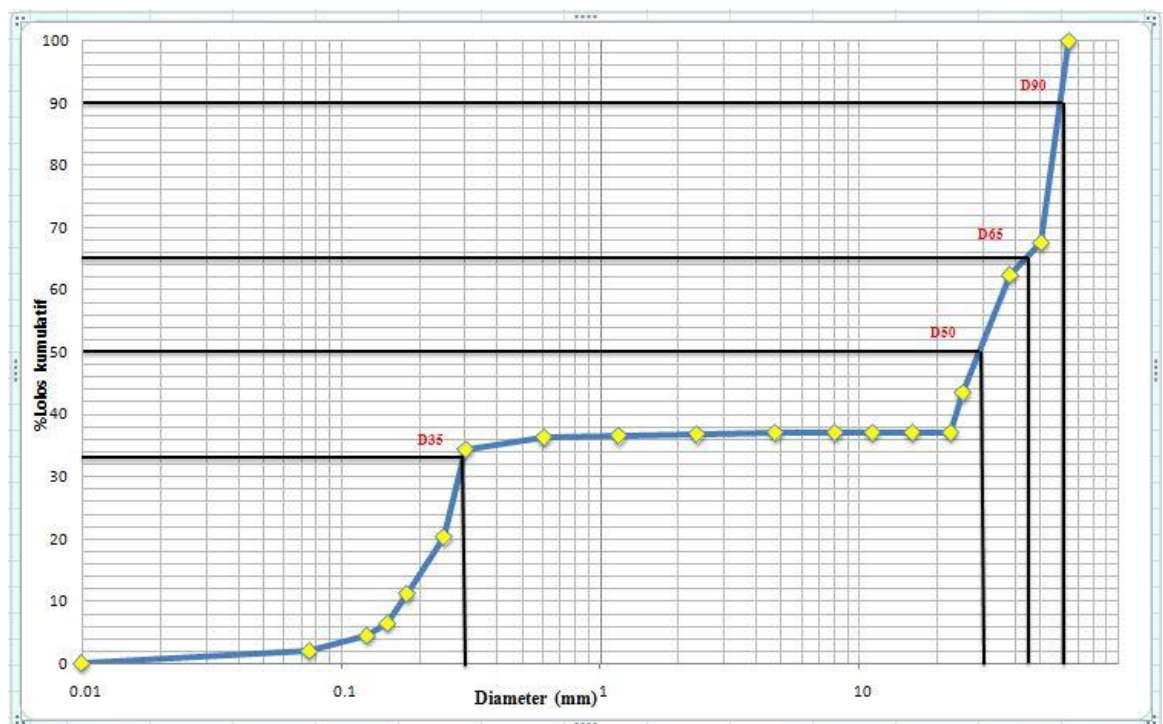
200	45	2.39	97.87	2.13
pan	40	2.13	100	0.00
Total	1880			

Sumber : Hasil Analisis Penelitian di Laboratorium Jalan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (24 April 2017)

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{\% Berat tertahan} &= \frac{W_i}{W} \times 100\% \\ &= \frac{610}{1880} \times 100\% \\ &= 32,45\% \end{aligned}$$

Untuk mengetahui ukuran butiran dapat dilihat dari Grafik dibawah ini :



Gambar 5.14 Grafik Distribusi Ukuran Sedimen Pias Hilir Jembatan Sapon

Dari Grafik diatas didapatkan nilai ukuran diameter yang diperlukan sebagai berikut :

$$D_{35} = 0,4$$

$$D_{50} = 14$$

$$D_{65} = 15,5$$

$$D_{90} = 17$$

2. Pada PiasHuluJembatanSrandakanberat sampel asli memiliki berat 3,6 Kg. Setelah dioven dan disaring memiliki data sebagai berikut :

Tabel 5.10 Tabel data distribusi ukuran butiran pada PiasHulu JembatanSrandakan

Ukuran	Berat tertahan (gr)	% berat tertahan(%)	% berat tertahan kumulatif (%)	% berat lolos kumulatif (%)
3''	0	0	0	100
2''	1165	32,54	32,54	67,46
1 1/2''	665	18,57	51,11	48,89
1''	430	12,01	63,12	36,88
7/8''	35	0,98	64,1	35,9
5/7''	15	0,42	64,52	35,48
7/16''	25	0,7	65,22	34,78
5/16''	20	0,56	65,78	34,22
4	30	0,83	66,61	33,39
8	40	1,11	67,72	32,28
16	75	2,09	69,81	30,19
30	320	8,94	78,75	21,25
50	360	10,05	88,8	11,2
60	125	3,5	92,3	7,7
80	155	4,33	96,63	3,37
100	40	1,12	97,75	2,25
120	30	0,84	98,59	1,41
200	35	0,98	99,57	0,43
pan	15	0,43	100	0
<b>Total</b>	<b>3580</b>			

Sumber : Hasil Analisis Penelitian di Laboratorium Jalan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (24 April 2017)

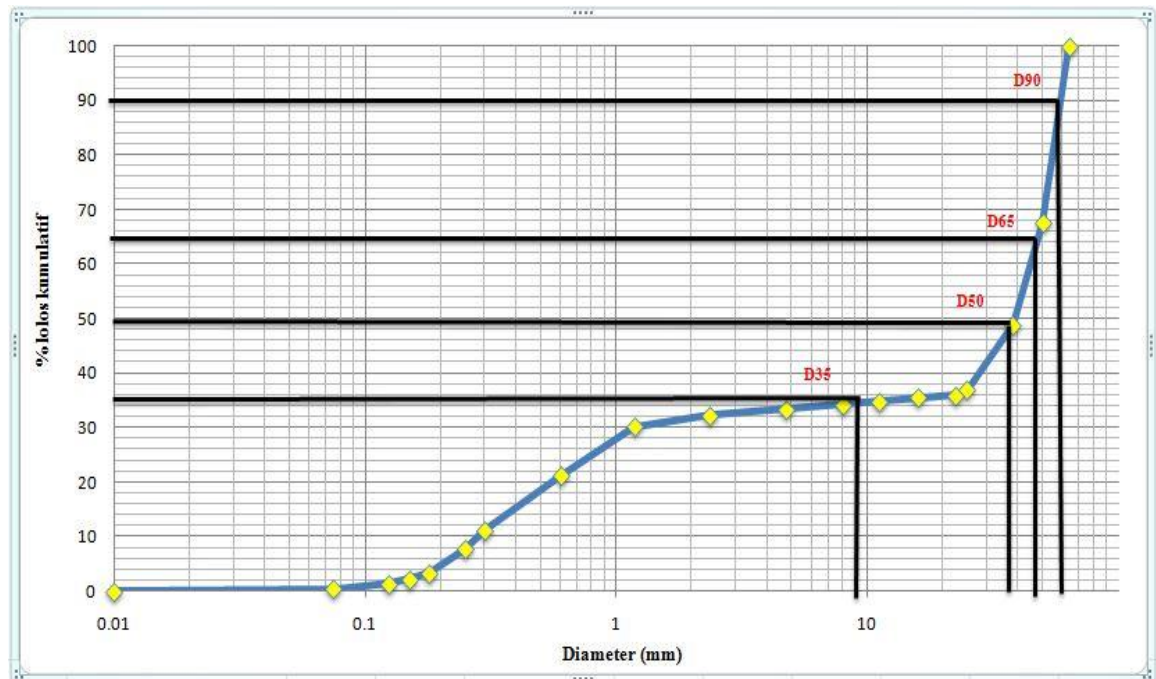
Contoh perhitungan :

$$\% \text{ Berat tertahan} = \frac{W_i}{W} \times 100\%$$

$$= \frac{1165}{3580} \times 100\%$$

$$= 32,54\%$$

Untuk mengetahui ukuran butiran dapat dilihat dari Grafik dibawah ini :



Gambar 5.15 Grafik Distribusi Ukuran Sedimen Pias Hulu Jembatan Srandakan

Dari Grafik diatas didapatkan nilai ukuran diameter yang diperlukan sebagai berikut :

$$D_{35} = 9,8$$

$$D_{50} = 15$$

$$D_{65} = 16$$

$$D_{90} = 17$$

3. Pada Pias Hilir Jembatan Srandakan berat sampel asli memiliki berat 3,156 Kg. Setelah dioven dan disaring memiliki data sebagai berikut :

Tabel 5.11 Tabel data distribusi ukuran butiran pada Pias Hilir Jembatan Srandakan

Ukuran	Berat tertahan (gr)	% berat tertahan (%)	% berat tertahan kumulatif (%)	% berat lolos kumulatif (%)
3''	0	0	0	100

2"	440	14,2	14,21	85,79
1 1/2"	955	30,85	45,06	54,94
1"	570	18,42	63,48	36,52
7/8"	115	3,71	67,19	32,81
5/7"	40	1,3	68,49	31,51
7/16"	45	1,45	69,94	30,06
5/16"	15	0,48	70,42	29,58
4	35	1,13	71,55	28,45
8	30	0,97	72,52	27,48
16	50	1,61	74,13	25,87
30	210	6,78	80,91	19,09
50	215	6,95	87,86	12,14
60	70	2,26	90,12	9,88
80	125	4,04	94,16	5,84
100	55	1,77	95,93	4,07
120	45	1,45	97,8	2,2
200	60	1,94	99,32	0,68
pan	20	0,66	100	0
<b>total</b>	<b>3095</b>			

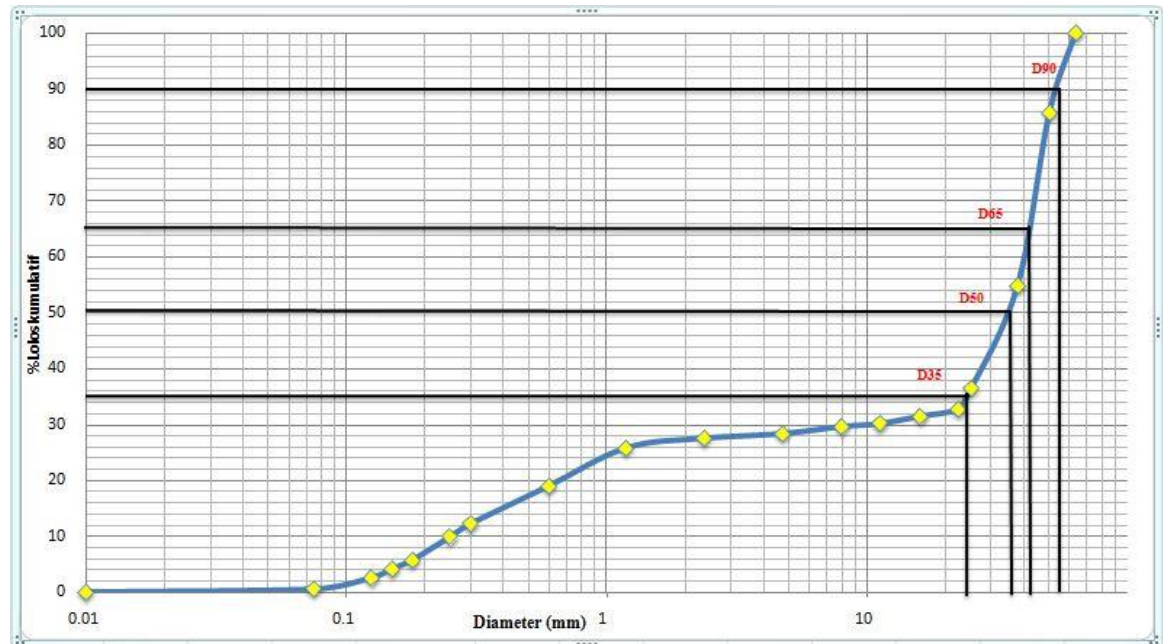
*Sumber : Hasil Analisis Penelitian di Laboratorium Jalan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (24 April 2017)*

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Berat tertahan} &= \frac{W_i}{W} \times 100\% \\
 &= \frac{440}{3095} \times 100\% \\
 &= 14,21\%
 \end{aligned}$$



Untuk mengetahui ukuran butiran dapat dilihat dari Grafik dibawah ini :



Gambar 5.16 Grafik Distribusi Ukuran Sedimen Pias Hilir Jembatan Srandakan

Dari Grafik diatas didapatkan nilai ukuran diameter yang diperlukan sebagai berikut :

$$D_{35} = 13$$

$$D_{50} = 15$$

$$D_{65} = 16$$

$$D_{90} = 17,5$$

Maka didapat data dari setiap Pias untuk diameter ukuran butiran sebagai berikut:

Tabel 5.12 Data Diameter ukuran butiran tiap Pias

Pias	D <sub>35</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>65</sub> (mm)	D <sub>90</sub> (mm)
Pias Sapon Hilir	0,4	14	15,5	17
Pias Srandakan Hulu	9,8	15	16	17
Pias Srandakan Hilir	13	15	16	17,5

Sumber : Hasil Analisis Penelitian di Laboratorium Jalan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (24 April 2017)

#### D. Analisis Perhitungan Angkutan Sedimen

Pada penelitian ini Analisis perhitungan sedimen menggunakan 3 (tiga) metode yaitu metode *Meyer-Peter Muller*, *Einstein* dan *Frijlink*. Dari ketiga metode tersebut hasil perhitungannya akan dibandingkan dan yang mendekati dari pengukuran dilapangan yang pernah dilakukan pada tahun 2000. Berikut ini contoh analisis perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode *Meyer-Peter Muller*, *Einstein* dan *Frijlink* pada PiasHilirJembatanSapon ke PiasHuluJembatanSrandakan.

##### 1. Persamaan *Meyer - Peter and Muller*.

Diketahui:

Debit aliran ( Q )	= 111,55 m <sup>3</sup> /det
Lebar Sungai ( l )	= 132.32 m
Kemiringan / Slope ( S )	= 0.000777108
Viscositas kekentalan air ( μ )	= 8,53 × 10 <sup>-7</sup> m <sup>2</sup> /det (27°C)
Rapat massa sedimen dasar ( ρ )	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
Gravitasi( g )	= 9,81 m/det
d <sub>90</sub>	= 17 mm

a. Mencari nilai jari – jari hidraulik:

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

Dengan:

R = Jari – jari hidraulik.

A = Luas penampang aliran.

P = Keliling basah aliran

$$A = 164,5335 \text{ m}^2$$

$$P = 267,3476 \text{ m}$$

$$R = \frac{164,5335}{267,3476}$$

$$= 0,615 \text{ m}$$

b. Mencari *Ripple Factor*:

$$\mu = \left( \frac{k_s}{k_{s'}} \right)^{3/2}$$

Dengan:

$\mu$  = Ripple Factor

$k_s$  = Nilai kehilangan tenaga akibat bentuk dasar Sungai.

$k_s'$  = Nilai kehilangan tenaga akibat gesekan dengan butiran.

$$k_s = \frac{v}{Rb^{2/3}I^{1/2}}$$

$$= \frac{0,68}{0,615^{2/3} \times 0,000777108^{1/2}}$$

$$= 33,62 \text{ m/det}$$

$$k_s' = \frac{26}{d_{90}^{1/6}}$$

$$= \frac{26}{0,017^{1/6}}$$

$$= 51,27 \text{ m/det}$$

$$\mu = \left( \frac{33,62}{51,27} \right)^{3/2}$$

$$= 0,53$$

c. Menghitung nilai angkutan sedimen dasar;

$$\text{Nilai } \frac{Q_s}{Q} = R = 0,615 \text{ m}$$

$$\gamma_w \frac{Q_s}{Q} \left( \frac{k_s}{k_s'} \right)^{3/2} hI = 0,047 (\gamma_s - \gamma_w) d_m + 0,25 \frac{\gamma_w^{1/3}}{g} (T_b)^{2/3}$$

$$1 \times 0,615 \times 0,53^{3/2} \times 1,24 \times 0,000777 = 0,047 \times 1,65 \times (15 \times 10^{-3}) + 0,25 \left( \frac{1}{9,81} \right)^{1/3} \times (T_b)^{2/3}$$

$$0,000444 = 0,001086 + 0,116784 \times (T_b)^{2/3}$$

$$T_b = 0,000536 \text{ ton/m.det}$$

$$T_b = 132,32 \times 0,000536$$

$$= 0,070965 \text{ ton/det}$$

$$\text{Dalam 1 hari} = 24 \times 60 \times 60 \times 0,070965$$

$$= 811,3043 \text{ ton/hari}$$

$$= 811,3043 / 1,65 = 514,3563 \text{ m}^3/\text{hari}$$

## 2. Persamaan *Einstein*

Diketahui :

$$\text{Debit aliran (Q),} \quad = 164,53 \times 0,68 = 111,55 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Lebar aliran Sungai,} \quad = 132,32 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan saluran,} \quad = 0.000777108$$

$$\text{Viscositas kekentalan air ( } \mu \text{ )} = 8.53 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{det (27}^\circ\text{C)}$$

$$\text{Rapat massa rata-rata sedimen dasar Sungai, } \rho = 2650 \text{ kg/m}^3$$

Dengan  $D_{35}=0,4\text{mm}$  dan  $D_{65} = 15,5\text{mm}$  dari Grafik distribusi ukuran butiran sampel HilirSapon. Nilai  $R_b'$  yaitu jari-jari hidrolik akibat kekasaran butiran (*grain roughness*) terlebih dahulu, nilai  $R_b'$  ditentukan dari hasil perbandingan luas per keliling atau bisa ditentukan dengan cara coba-coba menurut *Einstein – Barbossa* (1952). Sehingga hasil hitungan debit aliran yang didasarkan  $R_b'$  nilainya sama atau mendekati dengan debit aliran yang diketahui. Data  $R_b'$  yang digunakan pada hitungan ini menggunakan data hasil perbandingan luas per keliling data yang di dapatkan di lapangan.

Contoh Angkutan sedimen dasar di Pias Hilir Jembatan Sapon ke Hulu Jembatan Srandakan.

$R_b' = 0,316 \text{ m}$  (memakai  $R_b$  coba-coba untuk mendapatkann debit lapangan yang sama dengan debit hitungan)

a) Kecepatan gesek akibat kekerasan butiran:

$$U' = \sqrt{g R_b' I}$$

Keterangan :

$U'$  = kecepatan gesek akibat kekasaran butiran.

$g$  = percepatan gravitasi.

$S$  = *slope*/ kemiringan dasar saluran.

$$U' = \sqrt{9,81 \times 0,316 \times 0,000777} = 0,049 \text{ m/detik}$$

Tebal lapisan *sub-viscous*:

Dengan :

$\delta'$  = Tebal lapis *sub-viscositas*

$u$  = *Viscositas* atau kekentalan air.

$u'$  = Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran.

$$\begin{aligned}\delta' &= \frac{11,6 u}{u'} \\ \delta' &= \frac{11,6 \times 5 \times 5,53 \times 10^{-7}}{0,049} \\ &= 0,000211 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Menentukan faktor koreksi pengaruh *viscositas* ( $x$ )

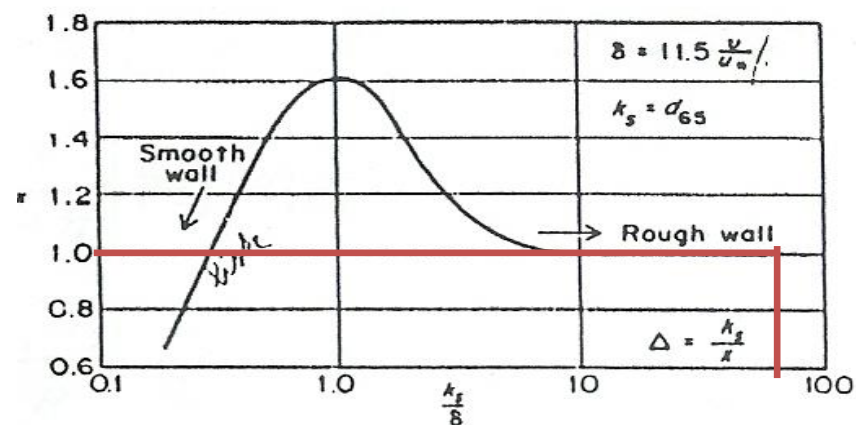
$$\frac{K_s}{\delta'} = \frac{d_{65}}{\delta'}$$

Dengan :

$K_s$  = Nilai kekasaran butiran

$\delta'$  = tebal lapis *sub-viscositas*

$$\frac{K_s}{\delta'} = \frac{15,5 \times 10^{-3}}{0,000211} = 73,6063$$



Gambar 5.17 Grafik  $k_s/\delta'$

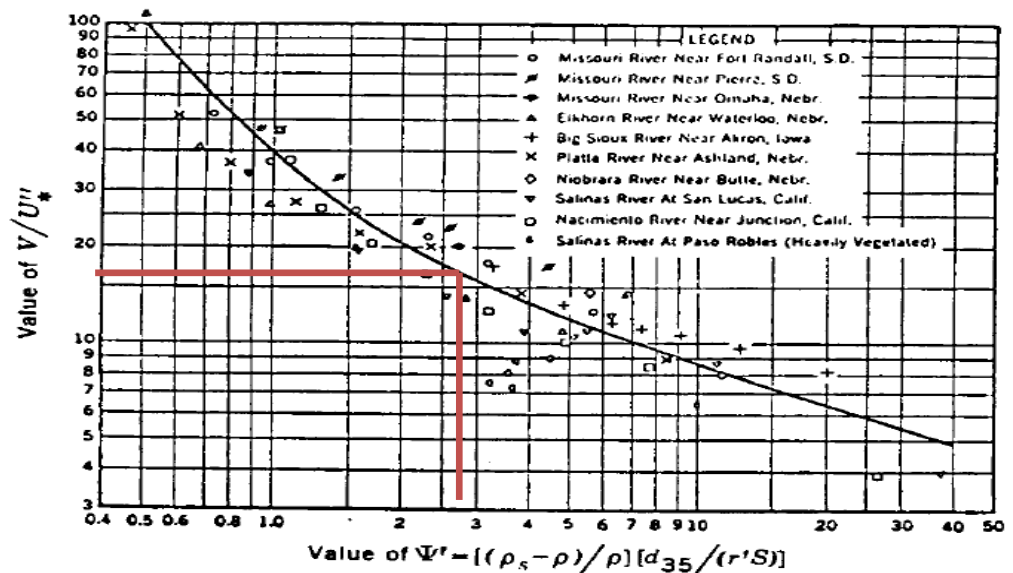
Dari Grafik diatas didapat untuk nilai  $k_s/\delta' = 73,6063$  diperoleh nilai faktor koreksi pengaruh *viscositas*  $x = 1$ .

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

$$\begin{aligned} v &= 5,75u' \log \left( \frac{12,27 Rb'x}{Ks} \right) \\ &= 5,75 \times 0,049 \log \left( \frac{12,27 \times 0,316 \times 1}{15,5 \times 10^{-3}} \right) \\ &= 0,677 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

c) Intensitas aliran  $\Psi$ , dimana dari data distribusi ukuran butiran  $d_{35}=0,0004$

$$\begin{aligned} \Psi' &= \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d_{35}}{S Rb'} \\ \Psi' &= \frac{2,65 - 1}{1} \frac{0,0004}{0,000777 \times 0,316} \\ \Psi' &= 2,69 \end{aligned}$$



Gambar 5.18 Grafik Intensitas aliran dan kecepatan gesek aliran

Dari Grafik diatas Einstein dan Barbossa (1952) untuk  $\Psi' = 2,69$  diperoleh nilai  $v/u'' = 17$

$$\frac{v}{U''} = u'' \rightarrow u'' = \frac{0,68}{17} = 0,03988 \text{ m/detik}$$

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

$$u'' = \sqrt{g Rb'' S Rb''} = \frac{u''^2}{g S} = \frac{0,03988}{9,81 \times 0,000777} = 0,20865 \text{ m}$$

Jari-jari total diperoleh cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Rb &= Rb' + Rb'' \\ Rb &= 0,316 + 0,20865 \\ &= 0,525 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi saluran di asumsikan sama dengan Rb, maka  $Rb = h$ .  $Rb = h = 0,316 \text{ m}$ .

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

Intensitas aliran:

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

$$d_{35} = 0,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \Psi' &= \frac{2,65 - 1}{1} \frac{0,0004}{0,000777 \times 0,316} \\ &= 2,69 \end{aligned}$$

Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran:

$$\begin{aligned} U' &= \sqrt{g Rb' S} \\ &= \sqrt{9,81 \times 0,316 \times 0,000777} \\ &= 0,049 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Tebal lapisan *sub viscous*

$$\begin{aligned} \delta' &= \frac{11,6 u}{u'} \\ \delta' &= \frac{11,6 (8,535 \times 10^{-7})}{0,049} \\ \delta' &= 0,0002 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\frac{Ks}{\delta'} = \frac{0,0155}{0,0002} = 76,8853$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{d_{65}}{x} \\ &= \frac{0,0155}{1} = 0,0155 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta}{\delta'} = \frac{0,0155}{0,0002} = 76,8853 \text{ m}$$

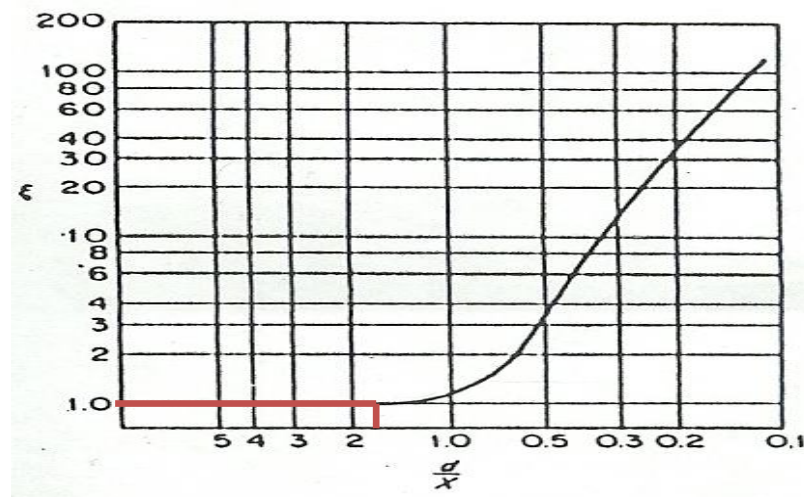
$$\frac{\Delta}{\delta'} > 1,8 \quad x = 0,77 \times \Delta \text{ batau} \quad \frac{\Delta}{\delta'} < 1,8 \quad x = 1,39 \times \delta'$$

Karena  $\frac{\Delta}{\delta'} = 76,8853 \text{ m} > 1,8$  maka dipakai nilai = 0,77

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } x &= 0,77 \times 0,0155 \\ &= 0,01194 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk fraksi butiran  $d_1 = 21,9 \text{ mm} = 0,0219 \text{ m}$

$$\frac{d_1}{x} = \frac{0,0219}{0,01194} = 1,8376$$



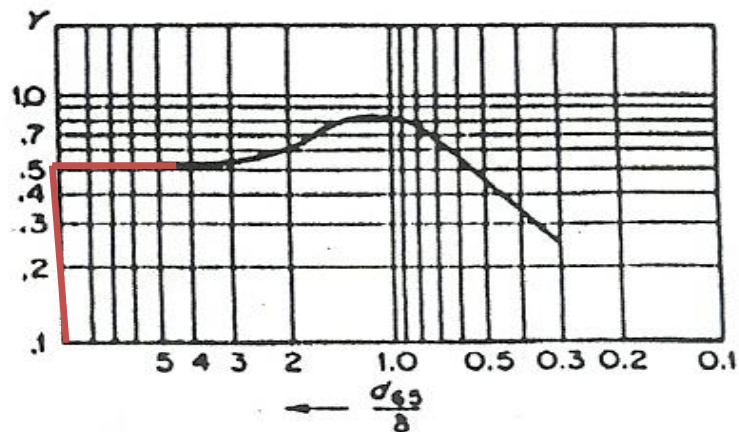
Gambar 5.19 Grafik  $\frac{d}{x}$

Untuk  $\frac{d_1}{x} = 1,8376$  dari Grafik, diperoleh nilai *hiding factor*  $\xi = 1$

$$\frac{Ks}{\delta'} = \frac{d_{65}}{\delta'} = \frac{0,0155}{0,0002} = 76,8853$$



Grafik koreksi gaya angkat



Gambar 5.20 Grafik koreksi gaya angkat(Y)

Dari Grafik diperoleh nilai koreksi gaya angkat(Y) = 0,5

Intensitas aliran yang dikoreksi

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

$$\left[\frac{\beta}{\beta x}\right]^2 = \left[\frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \frac{0,01194}{0,0155})}\right]^2$$

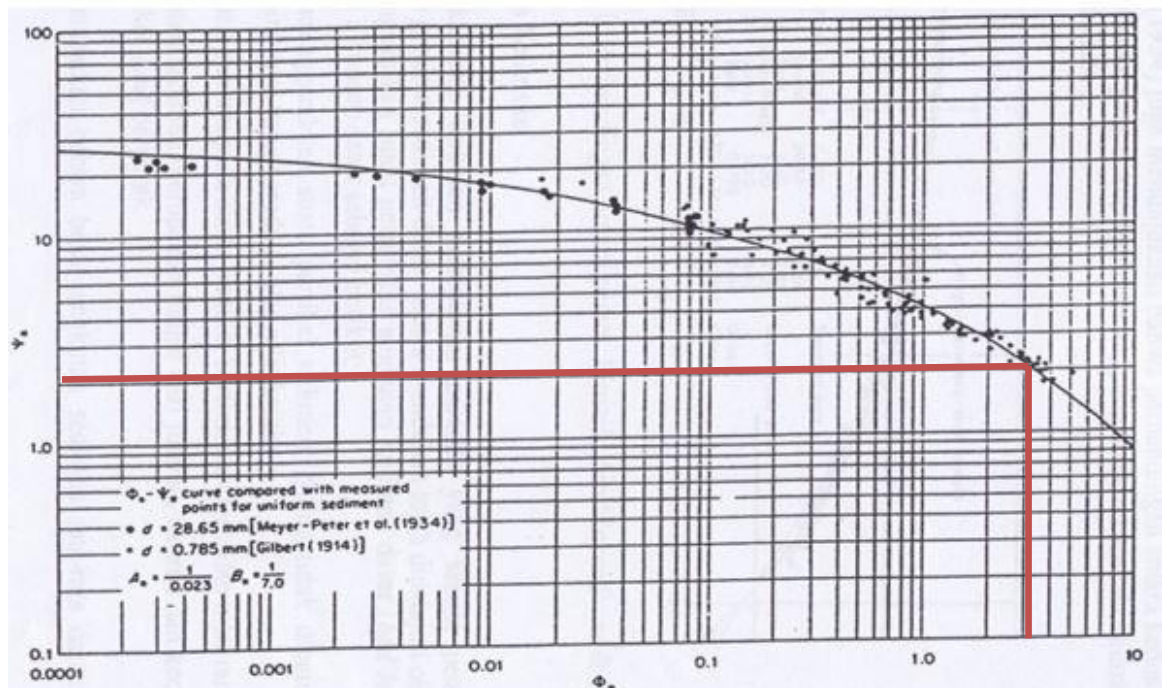
$$= 1,2645$$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\Psi'_{o1} = \xi_1 Y_1 \left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 \Psi'$$

$$\Psi'_{o1} = 1 \times 0,5 \times 1,2645 \times 2,69$$

$$= 1,6992$$



Gambar 5.21 Grafik intensitas aliran yang sudah dikoreksi

Dari Grafik *Einstein* untuk nilai  $\Psi_* = 1,6692$ , nilai  $\theta$  diperoleh 3.

Selanjutnya besar angkutan sedimen dasar untuk fraksi butiran berukuran  $D_1$  adalah: 21,9 mm.

$$(i_b q_b)_1 = i_b \Phi_{o1} \rho_s (g d_1)^{\frac{3}{2}} \left( \frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$(i_b q_b)_1 = \left( \frac{34,312}{100} \right) \times 3,2 \times \left( \frac{2650}{9,81} \right) \times (9,81 \times 0,0219)^{3/2} (1,65)^{1/2}$$

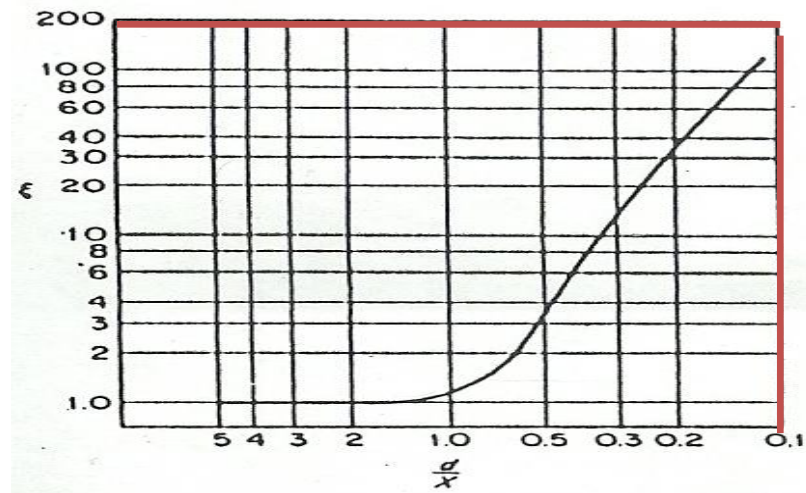
$$(i_b q_b)_1 = 0,030435278 \text{ kg/m.detik}$$

$$= (60 \times 60 \times 24 \times 0,030435278 \times 132,32) / (1000)$$

$$= 347,95 \text{ ton/hari}$$

Untuk fraksi ukuran butiran,  $D_2 = 1,11 \text{ mm} = 0,0011 \text{ m}$

$$\text{Untuk } \frac{d_2}{x} = \frac{0,0011}{0,01194} = 0,0930$$

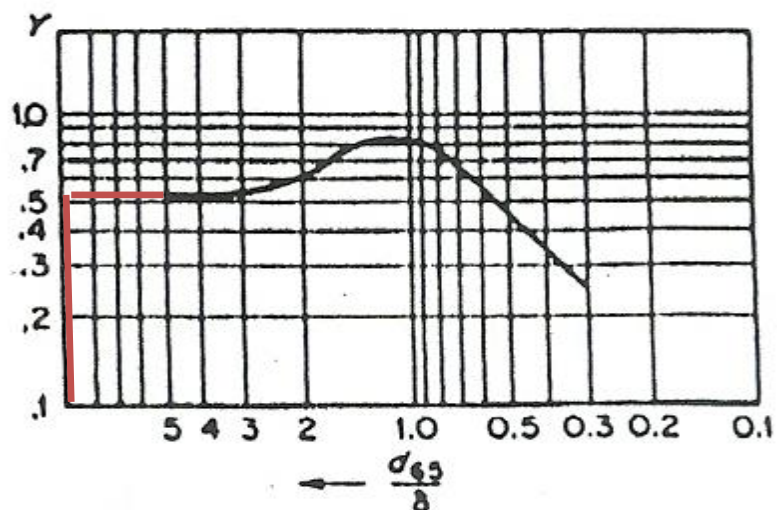


Gambar 5.22 Grafik  $\frac{d2}{x}$

Untuk  $\frac{d_{35}}{x} = \frac{0,0011}{0,01194} = 0,0930$  maka diperoleh nilai *hiding factor*  $\xi$  dari Grafik di atas dengan nilai  $\xi = 200$

$$\frac{Ks}{\delta r} = \frac{d_{65}}{\delta r} = \frac{0,0155}{0,0002} = 76,8853$$

Grafik koreksi gaya angkat



Gambar 5.23 Grafik koreksi gaya angkat

Maka nilai  $Y = 0.5$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

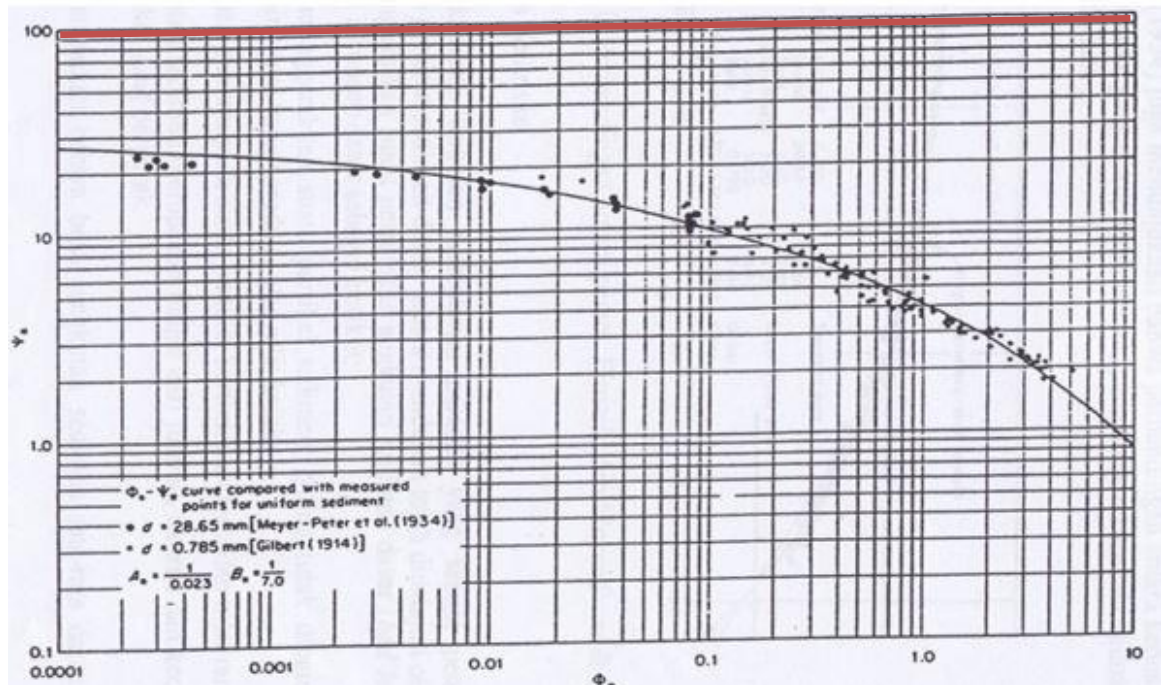
$$\left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 = \left(\frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \frac{x}{\Delta})}\right)^2$$

$$\left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 = \left[\frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \frac{0,011940}{0,0002})}\right]^2 = 1,2333$$

$$\Psi'_{o1} = \xi_2 Y_2 \left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 \Psi'$$

$$\Psi'_{o1} = 200 \times 0,5 \times 1,2333 \times 2,69$$

$$\Psi'_{o1} = 331,4612$$



Gambar 5.24 Grafik intensitas aliran yang dikoreksi pada  $d_2$

Untuk  $\Psi'_{o1} = 331,4612$ , diperoleh nilai  $\theta = 0$ . Selanjutnya besar angkutan sedimen untuk fraksi butiran **D2**.

$$(i_b q_b)_2 = i_b \Phi_{o1} \rho_s (g d_2)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$(i_b q_b)_2 = \left(\frac{27,94}{100}\right) \times 0 \times \left(\frac{2650}{9,81}\right) \times (9,81 \times 0,00111)^{3/2} (1,65)^{1/2}$$

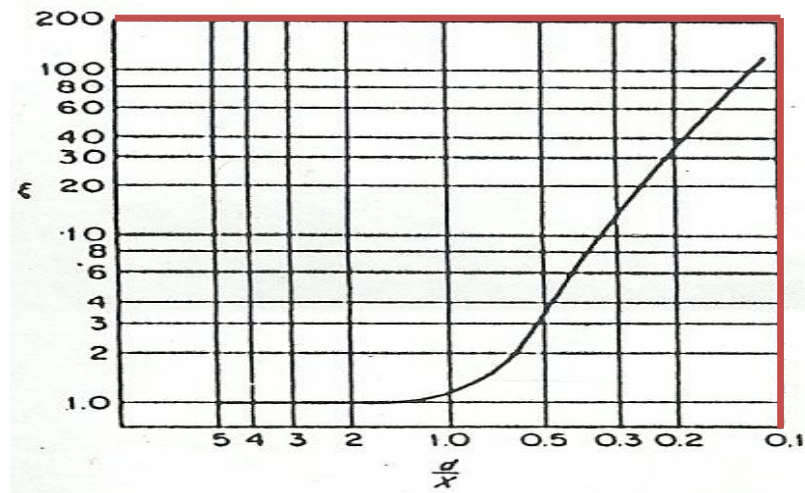
$$(i_b q_b)_2 = 0 \text{ kg/m.detik}$$

$$= (0 \times 60 \times 60 \times 24 \times 132,32) / 1000$$

$$= 0 \text{ ton/hari}$$

Untuk fraksi ukuran butiran,  $D_3 = 0.156 \text{ mm} = 0.000156 \text{ m}$

$$\frac{d_3}{x} = \frac{0.000156}{0,01194} = 0,0131$$



Gambar 5.25 Grafik  $\frac{d_3}{x}$

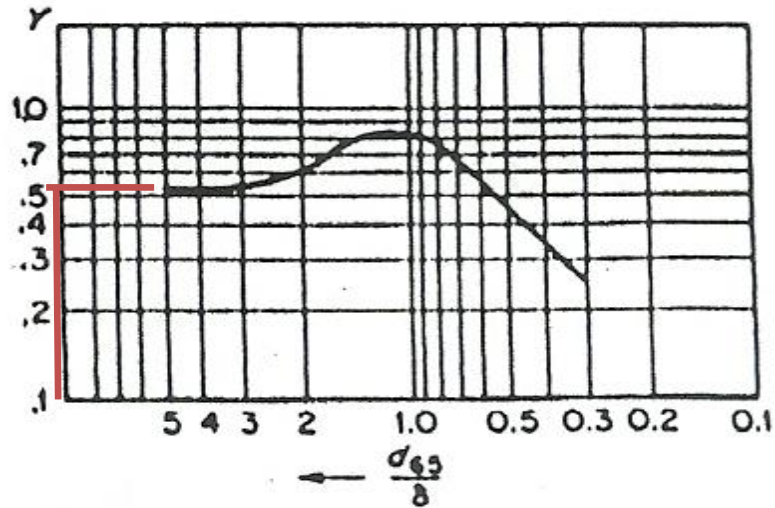
Untuk  $\frac{d_3}{x} = \frac{0.000156}{0,01194} = 0,0131$  maka diperoleh nilai *hiding factor*  $\xi$  dari

Grafik diatas = 200.

Koreksi gaya angkat, Y

$$\frac{K_s}{\delta r} = \frac{d_{65}}{\delta r} = \frac{0,00155}{0.0002} = 76,8853$$

Gaya koreksi gaya angkat



Gambar 5.26 Grafik koreksi gaya angkat

Maka nilai  $Y = 0.5$

Intensitas aliran yang telah dikoreksi

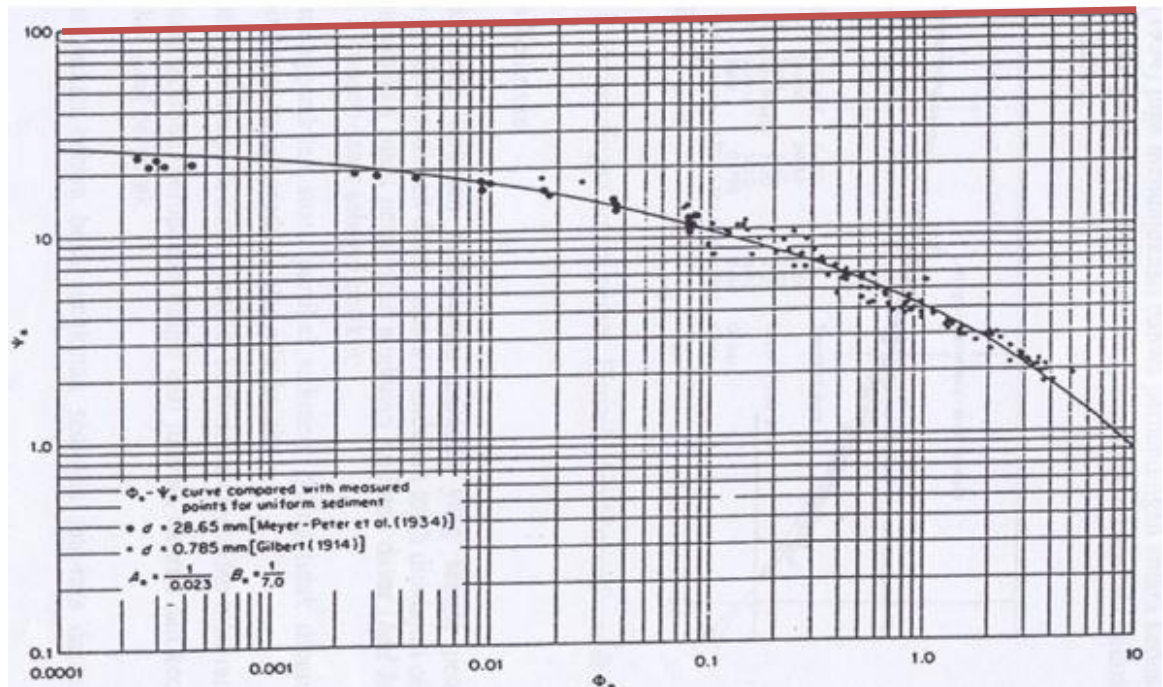
$$\left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 = \left(\frac{\log(10.6)}{\log(10.6 \frac{x}{\Delta})}\right)^2$$

$$\left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 = \left(\frac{\log(10.6)}{\log(10.6 \frac{0,01194}{0,0002})}\right)^2 = 1,2333$$

$$\Psi'_{o1} = \xi_3 Y_3 \left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 \Psi'$$

$$\Psi'_{o1} = 200 \times 0.5 \times 1,2333 \times 2,69$$

$$\Psi'_{o1} = 331,4612$$



Gambar 5.27 Grafik intensitas aliran yang sudah dikoreksi pada  $d_3$

Untuk  $\Psi'_{o1} = 331,4612$  dari Grafik diperoleh nilai  $\theta = 0$ . Selanjutnya besar angkutan sedimen untuk fraksi butiran  $d_3$ .

$$(i_b q_b)_3 = i_b \Phi_{o1} \rho_s (g d_3)^{\frac{3}{2}} \left( \frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$(i_b q_b)_3 = \left( \frac{68,627}{100} \right) \times 0 \times \left( \frac{2650}{9,81} \right) \times (9,81 \times 0,000156)^{3/2} (1,65)^{1/2}$$

$$(i_b q_b)_3 = 0 \text{ kg/m.detik}$$

$$= (0 \times 60 \times 60 \times 24 \times 132,32) / 10000$$

$$= 0 \text{ ton/hari}$$

Setelah besar angkutan sedimen dasar diperoleh maka dijumlahkan besar angkutan sedimen dasar seluruh fraksi, Jadi besar angkutan sedimen pada titik 1 adalah:

$$q_{btot} = \Sigma(i_b q_b)$$

$$q_{btot} = 347,95 + 0 + 0$$

$$q_{btot} = 347,95 \text{ ton/hari}$$

$$= 347,95/1,65 = 217,469 \text{ m}^3/\text{hari}$$

### 3. Metode *Frijlink*

Diketahui:

$$\text{Debit aliran ( Q )} = 111,55 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Lebar Sungai ( l )} = 132,32 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan / Slope ( S )} = 0,000777108$$

$$\text{Viscositas kekentalan air ( } \mu \text{ )} = 8,535 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{det (27}^\circ\text{C)}$$

$$\text{Rapat massa sedimen dasar ( } \rho \text{ )} = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Gravitas ( g )} = 9,81 \text{ m/det}$$

$$d_{50} = 14 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$d_{90} = 17 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\mu = \left( \frac{k_s}{k'_s} \right)^{3/2}$$

$$k_s = \frac{v}{Rb^{2/3}I^{1/2}}$$

$$= \frac{0.865}{0.615^{2/3} \times 0.0007771^{1/2}}$$

$$= 33,62 \text{ m/det}$$

$$k'_s = \frac{26}{d_{90}^{1/6}}$$

$$= \frac{26}{0.017^{1/6}}$$

$$= 51,27 \text{ m/det}$$

$$\mu = \left( \frac{33,62}{51,27} \right)^{3/2}$$

$$= 0,53$$

$$R = 0,615 \text{ m}$$

$$\Delta = \gamma_s - \gamma_w$$

$$= 2650 - 1000$$

$$= 1650$$

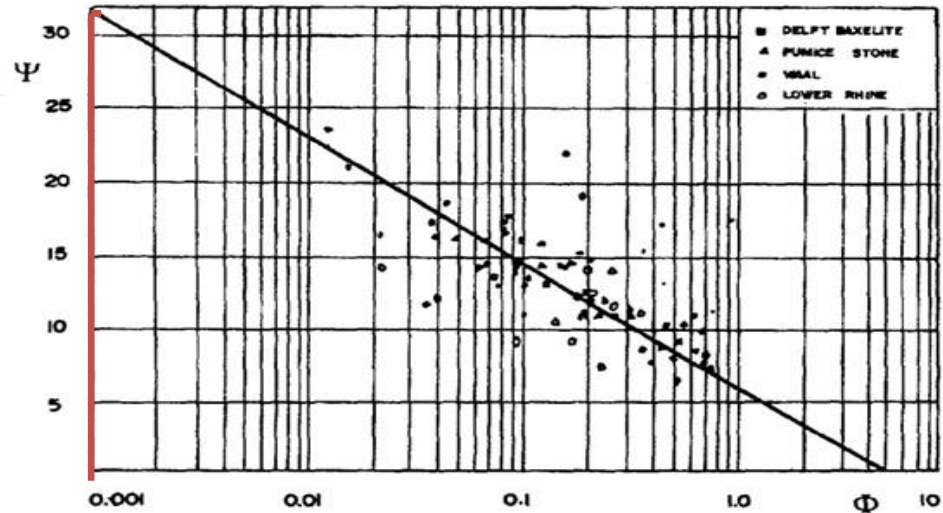
a. Mencari intensitas aliran:

$$\Psi = \frac{\Delta d_{50}}{\mu R I}$$



$$= \frac{\left(\frac{1650}{1000}\right) \times (14 \times 10^{-3})}{1.52 \times 0.615 \times 0.000777}$$

$$= 90,99$$



Gambar 5.28 Grafik angkutan sedimen untuk nilai pada persamaan *Frijlink*

Dengan nilai  $\Psi = 90,99$  maka dari dari Grafik diatas didapat nilai  $\Phi = 0.001$

b. Menghitung nilai angkutan sedimen:

$$T_b = \Phi d_{50} \sqrt{g \mu R I}$$

$$= 0.001 \times (14 \times 10^{-3}) \sqrt{9.81 \times 1.52 \times 0.615 \times 0.000777}$$

$$= 6,987 \times 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{m.det}$$

$$\text{Total } T_b = 132.32 \times (6,987 \times 10^{-7})$$

$$= 9,24478 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{det}$$

$$\text{Dalam 1 hari} = 24 \times 60 \times 60 \times 9,24478 \times 10^{-5}$$

$$= 9,24487 \text{ ton/hari}$$

$$= 9,24487 / 1,65$$

$$= 5,064 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

Hasil perhitungan angkutan sedimen dasar Sungai Progo Hilir pada Pias Hilir Jembatan Saponke Hulu Jembatan Srandakan dengan metode ini dapat dilihat pada Lampiran.

### E. Perbandingan Nilai Angkutan Sedimen

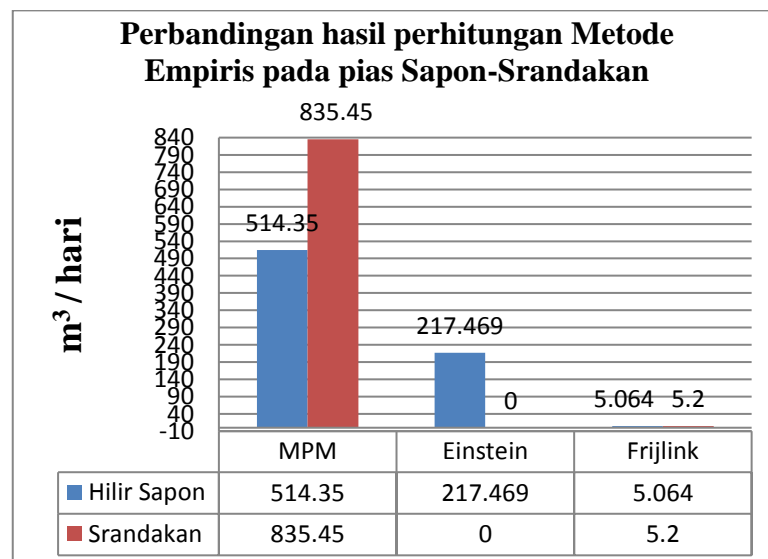
Dari hasil perhitungan dan analisis sedimen dengan tiga metode empiris yaitu Metode *Meyer-Peter* dan *Muller*, *Einstein* dan *Frijlink*. Hasil yang diperoleh mendekati dengan perhitungan lapangan adalah Metode *Einstein*. Dengan nilai perbandingan dapat dilihat pada tabel 5.13

Dilihat dari tabel diatas bisa dibandingkan jika metode *Einstein* paling mendekati dengan pengukuran di lapangan adalah *Einstein – Frijlink – Meyer-Peter* dan *Muller*. Dari hasil penelitian ini juga didapatkan gambar melintang dari setiap Pias, dimana Pias yang ditinjau adalah Pias Hilir Jembatan Sapon, Pias Hulu Jembatan Srandakan dan Pias Hilir Jembatan Srandakan dimana akan dibandingkan perubahan bentuk melintang tiap Pias dengan data dari penelitian sebelumnya pada tahun 2000.

Tabel 5.13 Perbandingan hitungan angkutan sedimen

Pias	Q (m <sup>3</sup> /det)	RUMUS (m <sup>3</sup> /hari)		
		MPM	<i>Einstein</i>	<i>Frijlink</i>
Hilir Sapon	111,55	514,356	217,469	5,064
Srandakan	144,11	835,45	0	5,2

Sumber : Perhitungan Rumus Empiris 2017



Gambar 5.29 Perbandingan hasil angkutan sedimen dari 3 persamaan

Hasil dari perhitungan 3 Metode Empiris yakni *Meyer-Peter and Muller* (MPM), *Einstein*, dan *Frijlink* didapatkan perbandingan nilai yang bermacam-macam dimana nilai MPM lebih besar dari pada *Frijlink* dan *Einstein*. Faktor yang menyebabkan perbedaan hasil yakni, perbedaan nilai Diameter yang digunakan pada saat perhitungan diantara diameter yang digunakan pada metode empiris yakni : pada perhitungan MPM menggunakan D90. Sedangkan pada *Einstein* memakai D35, D65, nilai Fraksi D1, D2, dan D3 dari analisis saringan. Dan untuk perhitungan *Frijlink* memakai D50, dan D90.

Hasil perhitungan yang didapatkan dari Srandakan lebih besar dibandingkan di Hilir Jembatan Sapon, perbandingan ini dikarenakan akibat debit yang terjadi lebih kecil dari debit aliran di Srandakan yakni Debit lapangan Sapon  $111.55 \text{ m}^3/\text{detik}$  sedangkan Debit Lapangan di Srandakan sebesar  $144,11 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Akan tetapi hasil yang didapatkan untuk metode *Einstein* sendiri tidak adanya angkutan sedimen di Pias Srandakan, jika dianalisis pada perhitungan ini memakai nilai D35, D65, dan Fraksi analisis ukuran butir yang nilai ukuran butirannya besar dan rata-rata pasir berbatu, tidak hanya itu pada pada perhitungan ini pun memakai radius hidrolis ( $R_b$ ) coba-coba sampai nilai debit hitungan mendekati debit lapangan. Hasil yang sangat mempengaruhi adalah ukuran diameter ukuran butiran, pada ukuran butiran sedimen di pias Sapon dan Srandakan memiliki nilai ukuran butiran yang besar dimana berbanding lurus dengan hasil yang didapatkan semakin besar ukuran butiran maka semakin kecil nilai yang didapatkan pada perhitungan *Einstein*.

Berbeda dengan MPM dan *Frijlink* yang mana semakin besar nilai ukuran butiran maka semakin besar juga hasil perhitungannya.

Tabel 5.14 Perubahan Fluktuasi pada pengikisan Struktur

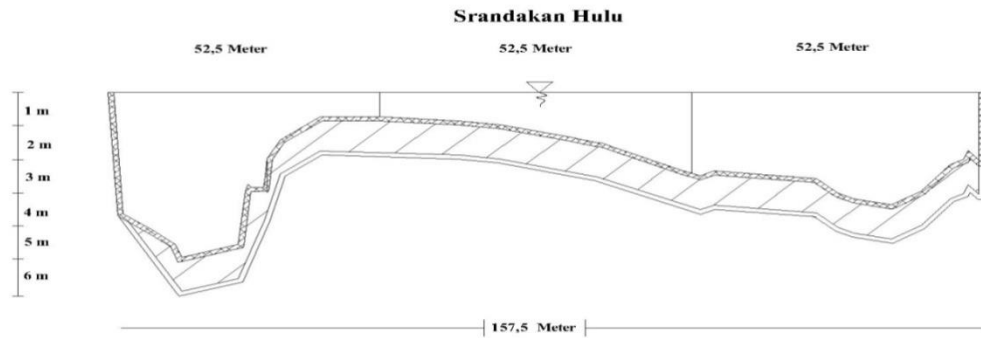
Struktur	Dasar Sungai pada 2000		Level Sebelumnya		Perbedaan		Perubahan per Tahun (cm/tahun)
	Terendah (El.m)	Rata-rata (El.m)	Tahun Observasi	Rata-rata (El.m)	Waktu(tahun)	Rata-rata (cm)	
Jembatan Srandakan	-0.295	6.00	1929	11.25	71	-525	-7.39 (1925-00)
Kamijoro	20.570	23.30	1930	21.68	70	+152	+2.17 (1930-00)
					6	-50	-8.33 (1924-30)
			1970	26.13	30	-293	-9.77 (1970-00)
					40	+445	+11.1 (1930-00)
Jembatan Bantar	34.650	36.30	1984	40.93	16	-463	-28.9 (1984-00)
Jembatan Kebonagung dan Groundsill	51.880	52.00	1982	57.60	18	-560	-31.1 (1982-00)

*Sumber : Consulting Service For MT. Merapi and MT. Semeru Volcanoic Disaster Countermeasures Project (phase II),2001.*

Akibat dari fenomena ini, perubahan pada dasar saluran sungai pun mengalami perubahan. Akibat dari gaya gesek material butiran yang bervariasi dan ukuran butiran dari tiap pias pun berbeda sehingga perubahan dasar sungai pun bervariasi.

Dari penelitian sebelumnya yakni pada Oktober tahun 2000 didapatkan ketinggian elevasi dasar rata-rata sungai Srandakan yakni Elv. +6 m dan dari hasil perhitungan didapatkan Elevasi aliran dasarsebesar Elv. +9,095, sedangkan kedalaman rata-rata dasar saluran Pias Srandakan sebesar 2,03 m, maka perubahan Elevasi dari tahun 2000 ke tahun 2017 didapatkan kenaikan elevasi 3,97 m hal ini bisa terjadi akibat banjir lahar dingin pada tahun 2010 yang membawa sedimen dari Sungai Progo Hulu ke Progo Hilir, terjadinya sedimentasi akibat adanya bangunan *Groundsill* di Hilir Jembatan Srandakan yang menahan sedimen tetap berada di bagian Hulu Jembatan Srandakan, bisa dilihat juga adanya pulau pulau kecil (sedimentasi) ditengah-tengah sungai hasil endapan sedimen yang tidak terbawa oleh

aliran. Kenaikan Elevasi dasar sungai bisa dilihat di Gambar 5.30. penampang melintang di pias Srandakan.



Gambar 5.30 Penampang Melintang di Pias Srandakan pada 12 April 2017

Perhitungan untuk Pias Hilir Jembatan Srandakan tidak dilakukan karena adanya Palung di dekat *Groundsill* yang mana hal ini tidak dapat di perkirakan kedalaman dan angkutan sedimen yang terbawa akibat gaya aliran yang sangat besar dan tidak adanya hitungan empiris untuk daerah yang melewati *Groundsill*.