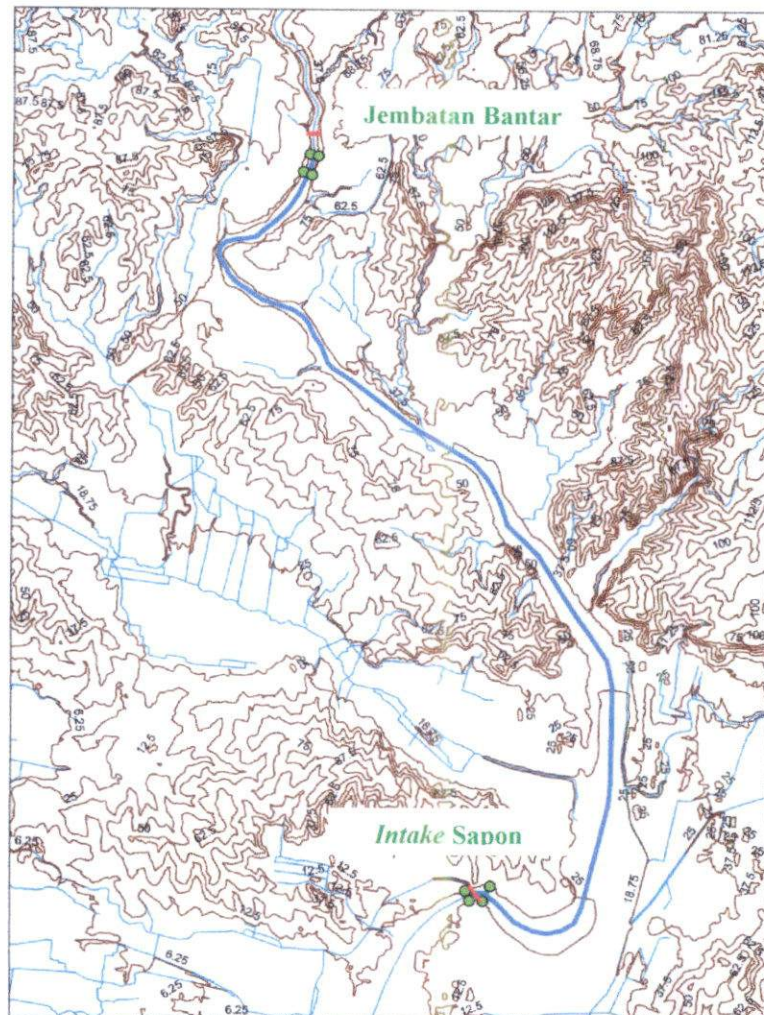


## BAB V

### HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data primer yang telah dilakukan langkah selanjutnya menganalisa hidrolika yang terjadi pada pias yang telah ditentukan . Hal ini dilakukan dalam upaya mendapatkan informasi tentang elevasi muka air, kecepatan aliran, volume sedimen yang dibawa, dan kondisi dasar Sungai Progo pada pias Jembatan Bantar - *Intake Sapon*.



Gambar 5.1 Pias Jembatan Bantar – Intake Sapon.

### A. Hidrometri Sungai

Semua data hidrometri yang peroleh tidak hanya menggunakan metode analisis juga dibantu dengan beberapa *software* demi melengkapi data yang ada diantaranya Aquaveo Surface Water Modeling System v10.1.8 dan ArcGIS 10.1. Contoh perhitungan akan diambil dari satu data tinjau di pias Jembatan Bantar sebagai hulu - *Intake* Sapon sebagai Hilir.

#### 1. Pengolahan 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 proyeksi koordinat UTM (Universal Transverse Mercator). Adapun langkah pembuatan model sungai dengan menggunakan *software* Aquaveo Surface 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*.

Tabel 5.1 Data koordinat pias Jembatan Bantar

| Index | Koordinat, X | Koordinat, Y | Kedalaman, Z | Keterangan |
|-------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 144   | 415466       | 9135188      | 0.5 m        | Tepi Kiri  |
| 146   | 415474       | 9135188      | 0.9 m        |            |
| 147   | 415476       | 9135187      | 0.8 m        |            |
| 148   | 415483       | 9135187      | 0.8 m        |            |
| 149   | 415497       | 9135185      | 1.6 m        |            |
| 150   | 415516       | 9135182      | 1.6 m        |            |

|     |        |         |       |                |
|-----|--------|---------|-------|----------------|
| 151 | 415525 | 9135184 | 1.6 m |                |
| 152 | 415544 | 9135188 | 2.0 m |                |
| 153 | 415555 | 9135195 | 2.2 m |                |
| 154 | 415563 | 9135200 | 2.3 m |                |
| 155 | 415566 | 9135201 | 1.6 m |                |
| 156 | 415566 | 9135201 | 1.4 m |                |
| 157 | 415565 | 9135201 | 0.7 m | Tepi Kanan     |
| 157 | 415565 | 9135201 | 0.7 m | Tepi Kanan II  |
| 158 | 415564 | 9135201 | 1.4 m |                |
| 159 | 415562 | 9135199 | 2.2 m |                |
| 160 | 415561 | 9135200 | 2.2 m |                |
| 161 | 415545 | 9135199 | 2.0 m |                |
| 162 | 415528 | 9135196 | 2.2 m |                |
| 163 | 415521 | 9135194 | 1.6 m |                |
| 164 | 415520 | 9135192 | 1.2 m |                |
| 165 | 415511 | 9135186 | 1.8 m |                |
| 166 | 415499 | 9135177 | 1.5 m |                |
| 167 | 415485 | 9135174 | 0.8 m |                |
| 168 | 415471 | 9135177 | 0.6 m |                |
| 169 | 415467 | 9135176 | 0.9 m |                |
| 170 | 415466 | 9135176 | 1.3 m |                |
| 171 | 415465 | 9135178 | 0.5 m | Tepi Kiri II   |
| 197 | 415469 | 9135227 | 1.3 m | Tepi Kiri III  |
| 198 | 415470 | 9135227 | 1.2 m |                |
| 199 | 415480 | 9135228 | 1.4 m |                |
| 200 | 415483 | 9135228 | 2.2 m |                |
| 201 | 415484 | 9135228 | 2.4 m |                |
| 202 | 415487 | 9135227 | 2.6 m |                |
| 203 | 415510 | 9135210 | 3.1 m |                |
| 204 | 415516 | 9135206 | 2.3 m |                |
| 205 | 415517 | 9135206 | 1.5 m |                |
| 206 | 415520 | 9135205 | 1.2 m |                |
| 207 | 415522 | 9135204 | 2.0 m |                |
| 208 | 415525 | 9135204 | 2.6 m |                |
| 209 | 415526 | 9135204 | 2.5 m |                |
| 210 | 415545 | 9135205 | 2.1 m |                |
| 211 | 415556 | 9135207 | 1.9 m |                |
| 212 | 415565 | 9135213 | 1.4 m |                |
| 213 | 415565 | 9135213 | 1.2 m | Tepi Kanan III |
| 214 | 415565 | 9135214 | 1.6 m | Tepi Kanan IV  |
| 215 | 415557 | 9135221 | 1.8 m |                |

|     |        |         |       |              |
|-----|--------|---------|-------|--------------|
| 216 | 415551 | 9135231 | 2.3 m |              |
| 217 | 415542 | 9135235 | 2.4 m |              |
| 218 | 415537 | 9135234 | 2.2 m |              |
| 219 | 415532 | 9135226 | 2.7 m |              |
| 220 | 415530 | 9135222 | 3.6 m |              |
| 221 | 415529 | 9135219 | 4.2 m |              |
| 222 | 415529 | 9135218 | 4.3 m |              |
| 223 | 415528 | 9135216 | 4.6 m |              |
| 224 | 415527 | 9135213 | 3.9 m |              |
| 225 | 415525 | 9135210 | 3.0 m |              |
| 226 | 415523 | 9135210 | 2.7 m |              |
| 227 | 415519 | 9135208 | 1.8 m |              |
| 228 | 415516 | 9135208 | 2.1 m |              |
| 229 | 415510 | 9135207 | 2.9 m |              |
| 230 | 415498 | 9135202 | 2.5 m |              |
| 231 | 415495 | 9135201 | 2.1 m |              |
| 232 | 415488 | 9135202 | 1.5 m |              |
| 233 | 415480 | 9135207 | 0.9 m |              |
| 234 | 415473 | 9135218 | 1.2 m |              |
| 235 | 415469 | 9135226 | 1.0 m |              |
| 236 | 415468 | 9135230 | 0.6 m | Tepi Kiri IV |

Tabel 5.2 Data koordinat pias Intake Sapon

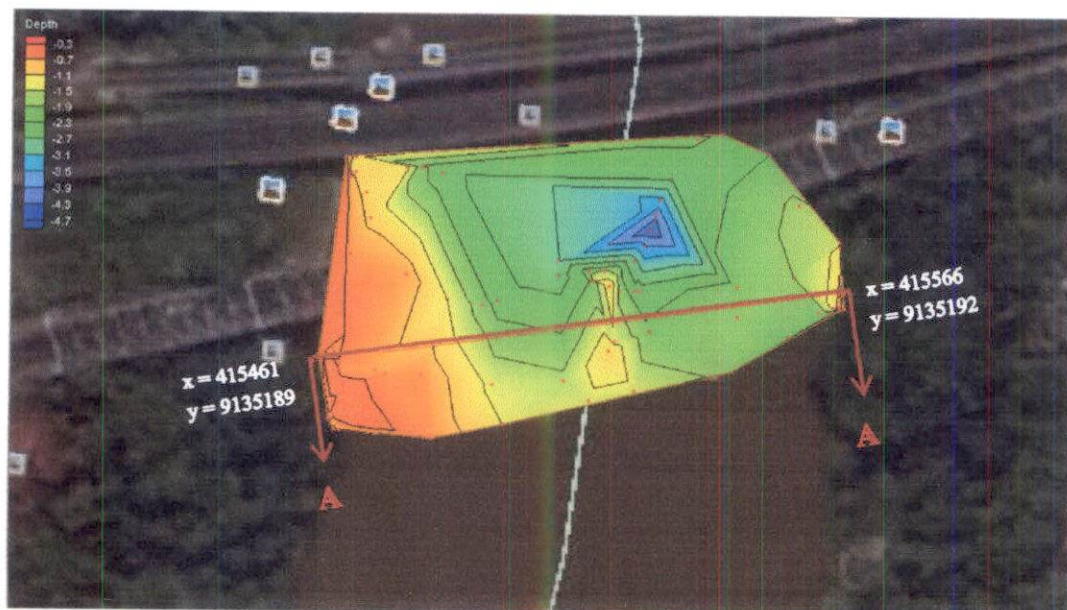
| Index | Koordinat, X | Koordinat, Y | Kedalaman, Z | Keterangan |
|-------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 1     | 418120       | 9124085      | 1.1 m        | Tepi Kiri  |
| 2     | 418119       | 9124085      | 2.1 m        |            |
| 3     | 418118       | 9124084      | 3.3 m        |            |
| 4     | 418118       | 9124083      | 4.4 m        |            |
| 5     | 418118       | 9124083      | 4.2 m        |            |
| 6     | 418117       | 9124079      | 5.2 m        |            |
| 7     | 418117       | 9124077      | 5.8 m        |            |
| 8     | 418117       | 9124076      | 5.9 m        |            |
| 9     | 418117       | 9124065      | 5.3 m        |            |
| 10    | 418114       | 9124060      | 5.5 m        |            |
| 11    | 418109       | 9124057      | 4.6 m        |            |
| 12    | 418107       | 9124056      | 4.6 m        |            |
| 13    | 418095       | 9124049      | 5.2 m        |            |
| 14    | 418094       | 9124048      | 4.9 m        |            |

|     |        |         |       |               |
|-----|--------|---------|-------|---------------|
| 15  | 418090 | 9124047 | 4.4 m |               |
| 16  | 418080 | 9124040 | 3.7 m |               |
| 17  | 418079 | 9124040 | 3.6 m |               |
| 18  | 418073 | 9124036 | 3.2 m |               |
| 19  | 418064 | 9124030 | 2.6 m |               |
| 20  | 418050 | 9124024 | 1.6 m |               |
| 21  | 418050 | 9124023 | 0.8 m |               |
| 22  | 418050 | 9124023 | 0.8 m | Tepi Kanan    |
| 33  | 418089 | 9124001 | 2.6 m | Tepi Kanan II |
| 34  | 418090 | 9124001 | 2.6 m |               |
| 35  | 418095 | 9124003 | 3.2 m |               |
| 36  | 418095 | 9124004 | 3.4 m |               |
| 37  | 418099 | 9124011 | 3.3 m |               |
| 38  | 418104 | 9124030 | 4.1 m |               |
| 39  | 418107 | 9124043 | 4.7 m |               |
| 40  | 418108 | 9124045 | 4.3 m |               |
| 41  | 418110 | 9124047 | 4.7 m |               |
| 42  | 418112 | 9124053 | 4.3 m |               |
| 43  | 418115 | 9124067 | 4.9 m |               |
| 44  | 418126 | 9124074 | 4.4 m |               |
| 45  | 418133 | 9124074 | 4.1 m |               |
| 46  | 418134 | 9124074 | 4.8 m |               |
| 47  | 418135 | 9124074 | 3.6 m |               |
| 48  | 418135 | 9124074 | 3.0 m |               |
| 49  | 418134 | 9124074 | 2.3 m |               |
| 50  | 418135 | 9124074 | 2.3 m |               |
| 51  | 418134 | 9124074 | 1.9 m | Tepi Kiri II  |
| 109 | 418136 | 9124072 | 2.2 m | Tepi Kiri III |
| 110 | 418136 | 9124072 | 3.3 m |               |
| 111 | 418136 | 9124072 | 3.4 m |               |
| 112 | 418137 | 9124071 | 3.1 m |               |
| 113 | 418139 | 9124068 | 3.8 m |               |
| 114 | 418140 | 9124064 | 3.7 m |               |
| 115 | 418139 | 9124060 | 3.9 m |               |
| 116 | 418139 | 9124057 | 4.5 m |               |
| 117 | 418137 | 9124051 | 4.3 m |               |
| 118 | 418131 | 9124047 | 4.8 m |               |
| 119 | 418122 | 9124044 | 4.4 m |               |
| 120 | 418111 | 9124041 | 4.6 m |               |
| 121 | 418102 | 9124038 | 4.4 m |               |
| 122 | 418097 | 9124036 | 4.2 m |               |

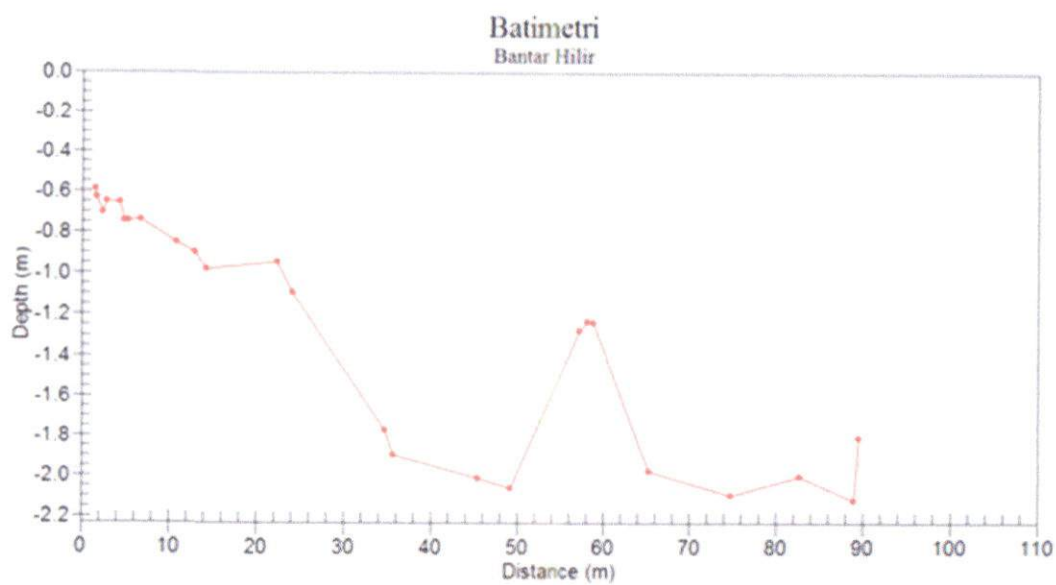
|     |        |         |       |                |
|-----|--------|---------|-------|----------------|
| 123 | 418094 | 9124035 | 3.8 m |                |
| 124 | 418087 | 9124033 | 3.3 m |                |
| 125 | 418075 | 9124028 | 2.7 m |                |
| 126 | 418067 | 9124024 | 2.1 m |                |
| 127 | 418059 | 9124017 | 2.3 m | Tepi Kanan III |
| 134 | 418097 | 9123995 | 3.4 m | Tepi Kanan IV  |
| 135 | 418097 | 9123994 | 3.4 m |                |
| 136 | 418101 | 9123994 | 2.9 m |                |
| 137 | 418103 | 9123994 | 3.8 m |                |
| 138 | 418104 | 9123994 | 4.2 m |                |
| 139 | 418105 | 9123993 | 3.8 m |                |
| 140 | 418110 | 9123996 | 3.5 m |                |
| 141 | 418113 | 9124021 | 4.1 m |                |
| 142 | 418113 | 9124022 | 4.0 m |                |
| 143 | 418118 | 9124047 | 4.5 m |                |
| 144 | 418125 | 9124072 | 5.0 m |                |
| 145 | 418126 | 9124073 | 4.8 m |                |
| 146 | 418129 | 9124073 | 4.1 m |                |
| 147 | 418129 | 9124073 | 4.1 m | Tepi Kiri IV   |

- d. Penggabungan dan pembuatan kontur pada setiap titik koordinat dengan *Display Option – Scater – 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 *cross section* pada *Map Data – Default Coverage* klik kanan pilih *Type – Observation*. Untuk hasil analisis pilih *Display – Plot Wizard – Observation Type – Finish*.

Hasil data berupa *cross section* dengan *software Aquaveo Surface Water Modeling System v10.1.8* ditunjukkan pada Gambar 5.1 digunakan untuk mengetahui luasan, keliling, kedalaman rata-rata dan kedalaman maksimum penampang basah. Data tersebutlah yang menjadi dasar analisis dengan metode empiris.



Gambar 5.2 Cross section A-A pias Jembatan Bantar menggunakan Aquaveo Surface Water Modeling System v10.1.8.



Gambar 5.3 Batimetri cross section A-A pias Jembatan Bantar



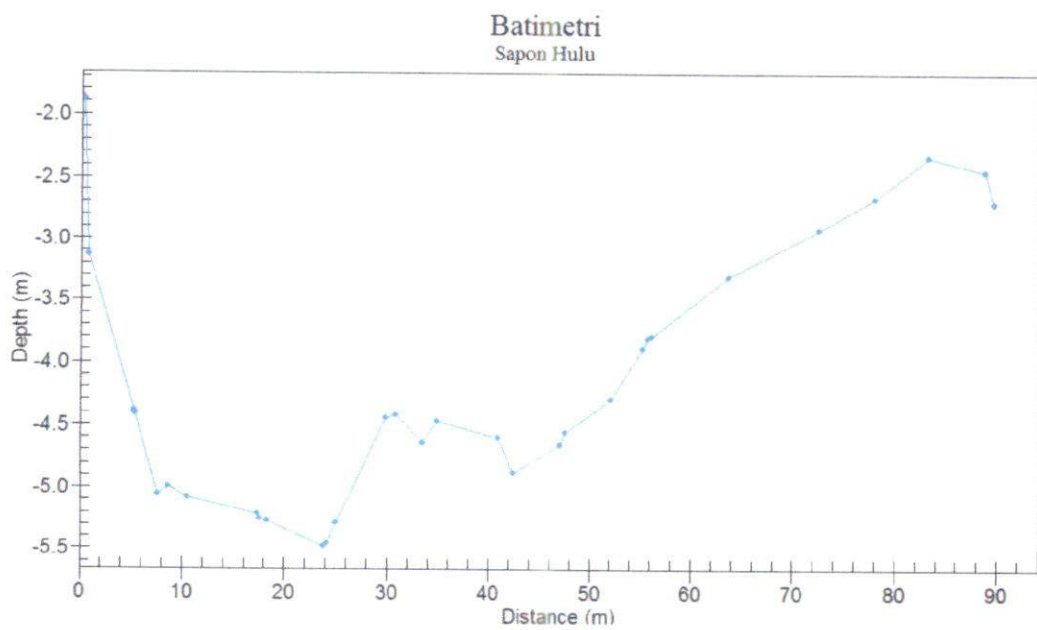


Tabel 5.3 Data olahan cross section A-A pias Jembatan Bantar

| Jarak (m)   | Kedalaman (m) |
|-------------|---------------|
| X           | Y             |
| 0           | -0.588089515  |
| 1.682109183 | -0.62812745   |
| 2.453488549 | -0.705227067  |
| 2.909777578 | -0.649166658  |
| 4.40218499  | -0.653868186  |
| 4.849629297 | -0.744722221  |
| 5.402681578 | -0.742979941  |
| 6.758193083 | -0.738709663  |
| 10.91079612 | -0.850179333  |
| 12.97765232 | -0.899999976  |
| 14.25618837 | -0.979247655  |
| 22.4468556  | -0.945000009  |
| 24.12042802 | -1.093416058  |
| 34.73047401 | -1.771691028  |
| 35.74279976 | -1.892553208  |
| 45.49556897 | -2.011454481  |
| 49.18871961 | -2.059264291  |
| 57.23291839 | -1.279699283  |
| 58.121245   | -1.230760348  |
| 58.89463406 | -1.23723222   |
| 65.29666941 | -1.972852024  |
| 74.91696881 | -2.094002718  |
| 82.80551993 | -2            |
| 89.05272775 | -2.120155067  |
| 89.58998533 | -1.805122226  |



Gambar 5.4 Cross section B-B pias Intake Sapon menggunakan Aquaveo Surface Water Modeling System v10.1.8.



Gambar 5.5 Batimetri cross section B-B pias Intake Sapon

Tabel 5.4 Data olahan cross section B-B pias Intake Sapon

| Jarak (m)   | Kedalaman (m) |
|-------------|---------------|
| X           | Y             |
| 0           | -1.845090934  |
| 0.381395785 | -1.877474643  |
| 0.800014036 | -3.132546987  |
| 5.30648039  | -4.388053391  |
| 5.316843585 | -4.399294401  |
| 5.331104684 | -4.403305151  |
| 5.33947095  | -4.406601051  |
| 5.344607911 | -4.407610093  |
| 7.621835298 | -5.053486709  |
| 8.645607951 | -4.988817733  |
| 10.47715387 | -5.085056616  |
| 17.33695962 | -5.209328929  |
| 17.52997372 | -5.252594766  |
| 18.28810014 | -5.270441177  |
| 23.74153799 | -5.483378605  |
| 24.09743259 | -5.454947265  |
| 24.95456451 | -5.285231822  |
| 29.86742425 | -4.444252829  |
| 30.78328264 | -4.42105348   |
| 33.47228121 | -4.643137264  |
| 34.81949366 | -4.465519185  |
| 40.89174473 | -4.602140343  |
| 42.41219462 | -4.879953     |
| 47.0750554  | -4.656742502  |
| 47.5369992  | -4.558533288  |
| 52.10405756 | -4.294266486  |
| 55.18057673 | -3.888584007  |
| 55.6874633  | -3.810383752  |
| 56.07995442 | -3.790030161  |
| 63.61470541 | -3.299999952  |
| 72.47358473 | -2.920170267  |
| 77.87596565 | -2.661322393  |
| 83.16036959 | -2.329477552  |
| 88.6363408  | -2.446588601  |
| 89.54661255 | -2.707791818  |
| 89.57433215 | -2.70007675   |

Dari data pada tabel 5.2 dan 5.3 didapatkan kedalaman rata-rata, lebar, jarak serta luasan dan keliling yang diolah pada *AutoCAD* dengan hasil dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.5 Data olahan tiap pias

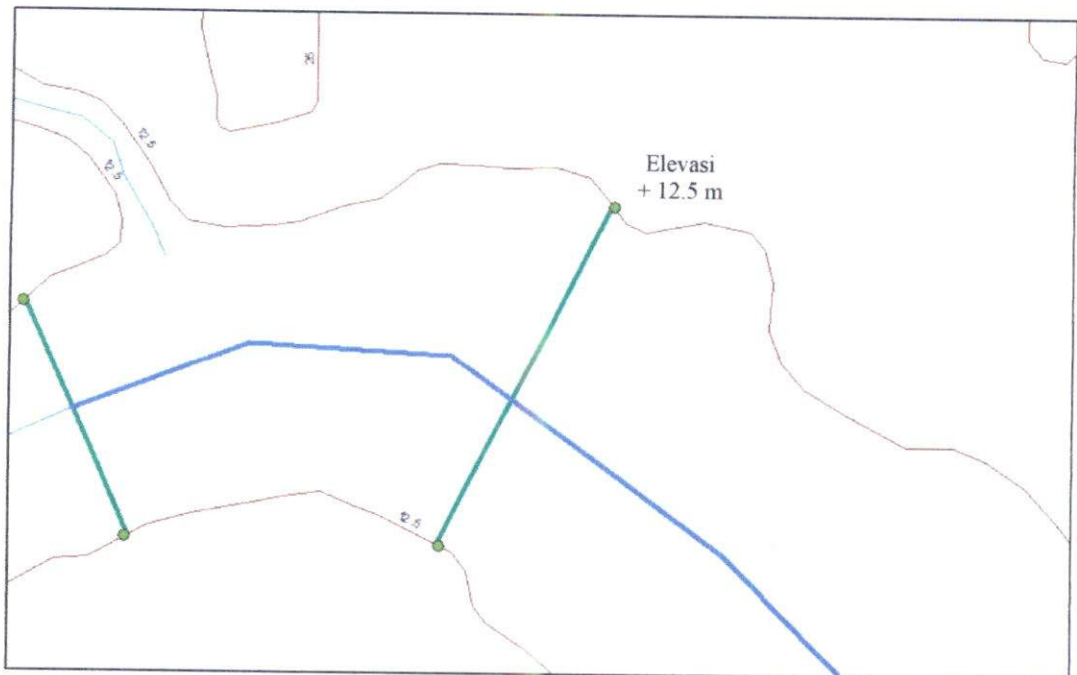
| Pias            | Kedalaman Rata-rata, h (m) | Lebar, l (m) | Luas, A (m <sup>2</sup> ) | Keliling, P (m) |
|-----------------|----------------------------|--------------|---------------------------|-----------------|
| Jembatan Bantar | 1.3                        | 89.59        | 139.053                   | 91.813          |
| Intake Sapon    | 4.1                        | 89.57        | 194.506                   | 181.454         |

## 2. Pengolahan Slope

Perangkat lunak pemetaan yang digunakan untuk pembuatan model sungai pada penelitian ini adalah *software* ArcGIS versi 10.1. Koordinat sungai yang didapat pada *cross section* dibuat trace yang bersal dari data peta RBI. Adapun langkah pembuatan model sungai dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.1 adalah sebagai berikut :

- a. Membuat lembar kerja baru dengan memilih menu *File – New*.
- b. Memasukkan data topologi dari peta RBI dalam bentuk *shapefile* melalui menu *File – Add Data*.
- c. Melakukan trace sungai dengan cara membuat garis *polyline* disepanjang aliran sungai melalui menu *Editor – Start Editing – Construction Tools – Line*.
- d. Menyimpan *polyline* hasil trace melalui menu *Editor – Save Edit* dan mengakhiri pekerjaan trace dengan menu *Editor – Stop Editing*.

Pembuatan model geometri sungai dengan *software* ArcGIS ditunjukkan pada Gambar 5.3. Setelah geometri selesai di buat, selanjutnya melakukan pengukuran jarak antar pias untuk keperluan *sloope* aliran.



Gambar 5.8 Elevasi pias Intake Sapon

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

$$Slope = \frac{Elv.1 - Elv.2}{Jarak}$$

$$Slope = \frac{37,5 - 12,5}{16426} = 0,0015$$

### 3. Perhitungan Hidrometri

Pengukuran hidrometri dilakukan untuk mendapatkan data kecepatan aliran ( $v$ ), debit aliran ( $Q$ ), dan angkutan sedimen pada pias Jembatan Bantar - *Intake Sapon*.

#### a. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran menggunakan persamaan (3.1),  $v = \frac{L}{t}$

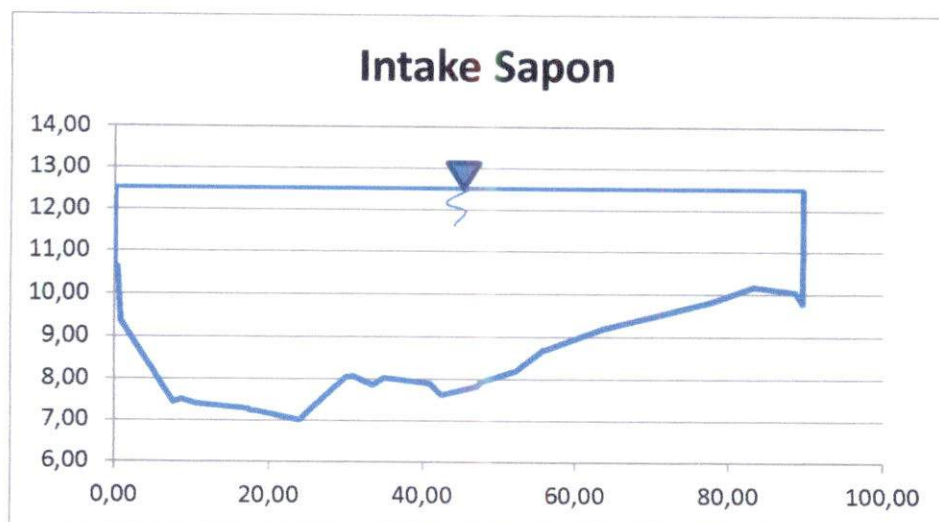
yang ditinjau. Nilai C yang dipakai adalah 0,90 diambil dari rata-rata dari nilai 0,85-0,95, (dipakai 0,90)

$$\begin{aligned} V \text{ rata-rata aliran} &= 0,81 \times 0,90 \\ &= 0,73 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Tabel 5.7 Hasil kecepatan aliran di pias Jembatan Bantar

| No                | Sesi | Kecepatan Aliran $v = l/t$ (m/s) |
|-------------------|------|----------------------------------|
| 1                 | I    | 0,47                             |
| 2                 | II   | 1,06                             |
| 3                 | III  | 0,91                             |
| Rata-rata         |      | 0,81                             |
| VRata-rata Aliran |      | 0,73                             |

Perhitungan pada Pias Sapon :



Gambar 5.10 Penampang melintang pias Intake Sapon.

Tabel 5.8 Data pengukuran kecepatan aliran pias Intake Sapon

| No | Sesi (s) | Waktu (s) |        |        |
|----|----------|-----------|--------|--------|
|    |          | 0-10m     | 10-20m | 20-30m |
| 1  | I        | 9,2       | 10,3   | 9,5    |
| 2  | II       | 7,4       | 10,4   | 7,7    |
| 3  | III      | 14,8      | 16     | 14,2   |

$$\text{Aliran Sesi I} = \left( \frac{10}{9,2} + \frac{10}{10,3} + \frac{10}{9,5} \right) : 3 = 1,04 \text{ m/s}$$

$$\text{Aliran Sesi II} = \left( \frac{10}{7,4} + \frac{10}{10,4} + \frac{10}{7,7} \right) : 3 = 1,20 \text{ m/s}$$

$$\text{Aliran Sesi III} = \left( \frac{10}{14,8} + \frac{10}{16} + \frac{10}{14,2} \right) : 3 = 0,67 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} v \text{ Permukaan} &= \left( \frac{0,47 + 1,06 + 0,91}{3} \right) \\ &= 0,97 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

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)

$$\begin{aligned} V \text{ rata-rata aliran} &= 0,97 \times 0,90 \\ &= 0,87 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Tabel 5.9 Hasil kecepatan aliran pias Intake Sapon

| No                | Sesi | Kecepatan Aliran $v = l/t$ (m/s) |
|-------------------|------|----------------------------------|
| 1                 | I    | 1,04                             |
| 2                 | II   | 1,20                             |
| 3                 | III  | 0,67                             |
| Rata-rata         |      | 0,97                             |
| VRata-rata Aliran |      | 0,87                             |

### 1. Analisis Ukuran Butiran

% berat tertahan pada saringan menggunakan persamaan (3.4),

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

Perhitungan sampel pada Pias Bantar :

Tabel 5.10 Data berat tertahan sampel sedimen pias Jembatan Bantar

Lokasi : Bantar

Tanggal Uji : 15 April 2017

Jenis Tanah : Undisturb

| NO    | Nomor Saringan<br>ASTM | Ukuran<br>Butiran (mm) | Berat Tertahan<br>Pada Saringan<br>(gr) |
|-------|------------------------|------------------------|---|
| 1     | 2-in                   | 50                     | 0                                       |
| 2     | 1.5-in                 | 38.1                   | 0                                       |
| 3     | 1-in                   | 25                     | 0                                       |
| 4     | 7/8-in                 | 22.4                   | 0                                       |
| 5     | 5/8-in                 | 16                     | 0                                       |
| 6     | 7/16-in                | 11.2                   | 5                                       |
| 7     | 5/16-in                | 8                      | 15                                      |
| 8     | No.4                   | 4.75                   | 60                                      |
| 9     | No.8                   | 2.36                   | 70                                      |
| 10    | No.16                  | 1.18                   | 35                                      |
| 12    | No.30                  | 0.6                    | 45                                      |
| 13    | No.50                  | 0.3                    | 39                                      |
| 14    | No.60                  | 0.25                   | 46                                      |
| 15    | No.80                  | 0.18                   | 140                                     |
| 16    | No.100                 | 0.15                   | 125                                     |
| 17    | No.120                 | 0.125                  | 80                                      |
| 18    | No.200                 | 0.075                  | 70                                      |
| 19    | Pan                    | 0.01                   | 45                                      |
| Total |                        |                        | 775                                     |



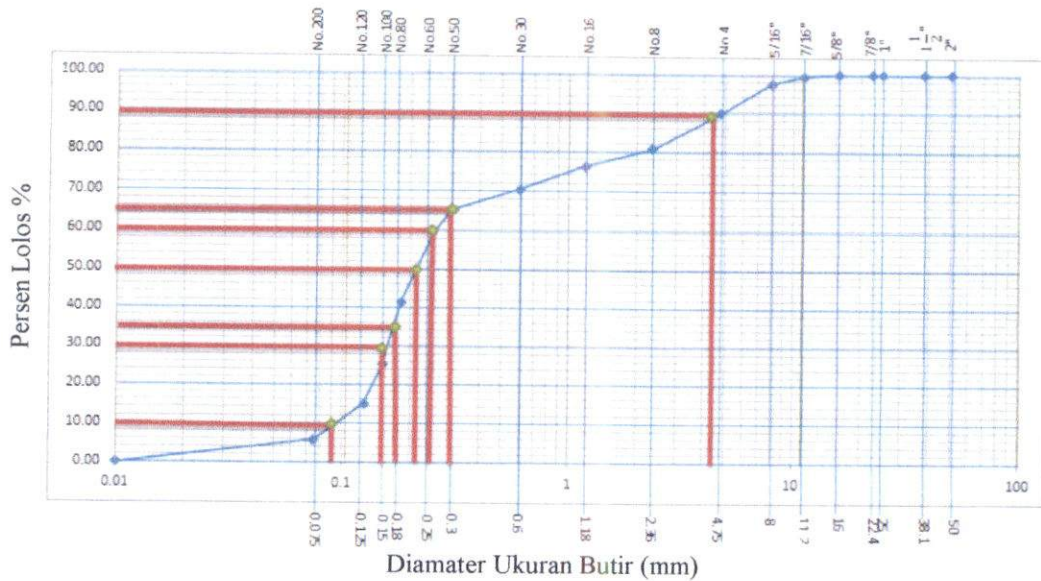
Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \% \text{ berat tertahan No. 7/16-in} &= \frac{0,5}{775} \times 100\% \\ &= 0,65\% \end{aligned}$$

Tabel 5.11 Analisis ukuran butiran sampel pias Jembatan Bantar

| NO    | Nomor Saringan ASTM | Ukuran Butiran (mm) | Berat Tertahan Pada Saringan (gr) | Berat Tertahan (%) | Persen Kumulatif Berat Tertahan (%) | Persen Lolos Saringan (%) |
|-------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1     | 2-in                | 50                  | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 2     | 1.5-in              | 38.1                | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 3     | 1-in                | 25                  | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 4     | 7/8-in              | 22.4                | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 5     | 5/8-in              | 16                  | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 6     | 7/16-in             | 11.2                | 5                                 | 0.65               | 0.65                                | 99.35                     |
| 7     | 5/16-in             | 8                   | 15                                | 1.94               | 2.58                                | 97.42                     |
| 8     | No.4                | 4.75                | 60                                | 7.74               | 10.32                               | 89.68                     |
| 9     | No.8                | 2.36                | 70                                | 9.03               | 19.35                               | 80.65                     |
| 10    | No.16               | 1.18                | 35                                | 4.52               | 23.87                               | 76.13                     |
| 12    | No.30               | 0.6                 | 45                                | 5.81               | 29.68                               | 70.32                     |
| 13    | No.50               | 0.3                 | 39                                | 5.03               | 34.71                               | 65.29                     |
| 14    | No.60               | 0.25                | 46                                | 5.94               | 40.65                               | 59.35                     |
| 15    | No.80               | 0.18                | 140                               | 18.06              | 58.71                               | 41.29                     |
| 16    | No.100              | 0.15                | 125                               | 16.13              | 74.84                               | 25.16                     |
| 17    | No.120              | 0.125               | 80                                | 10.32              | 85.16                               | 14.84                     |
| 18    | No.200              | 0.075               | 70                                | 9.03               | 94.19                               | 5.81                      |
| 19    | Pan                 | 0.01                | 45                                | 5.81               | 100                                 | 0.00                      |
| Total |                     |                     | 775                               |                    |                                     |                           |

Untuk mengetahui ukuran butiran dapat dilihat dari grafik dibawah ini :



Gambar 5.11 Grafik distribusi ukuran sedimen Pias Bantar

Dari grafik diatas didapatkan nilai ukuran diameter sebagai berikut :

$$D_{10} = 0,08 \text{ mm}$$

$$D_{35} = 0,15 \text{ mm}$$

$$D_{50} = 0,18 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0,21 \text{ mm}$$

$$D_{65} = 0,3 \text{ mm}$$

$$D_{90} = 4,6 \text{ mm}$$

Dari tabel 5.11 yang telah dikalsifikasikan menurut AGU pada tabel 3.1 didapatkan :

$$\begin{aligned} \% \text{ Kerikil} &= 100\% \text{ lolos} - \% \text{ lolos kerikil} \\ &= 100\% - 89,68\% \\ &= 19,35\% \end{aligned}$$

$$\% \text{ Pasir} = \% \text{lolos kerikil} - \% \text{lolos pasir}$$

$$= 89,68\% - 5,81\%$$

$$= 74,84\%$$

$$\% \text{ Lanau} = \% \text{lolos pasir} - \% \text{lolos lanau (pan)}$$

$$= 5,81\% - 0\%$$

$$= 5,81\%$$

$$\% \text{ Lempung} = \% \text{lolos lanau (pan)} - \% \text{lolos lempung}$$

$$= 0\% - 0\%$$

$$= 0\%$$

Perhitungan sampel pada Pias Sapon :

Tabel 5.12 Data berat tertahan sampel sedimen pias Intake Sapon

Lokasi : Sapon

Tanggal Uji : 15 April 2017

Jenis Tanah : Undisturb

| NO | Nomor Saringan<br>ASTM | Ukuran<br>Butiran (mm) | Berat Tertahan<br>Pada Saringan<br>(gr) |
|----|------------------------|------------------------|---|
| 1  | 2-in                   | 50                     | 0                                       |
| 2  | 1.5-in                 | 38.1                   | 0                                       |
| 3  | 1-in                   | 25                     | 0                                       |
| 4  | 7/8-in                 | 22.4                   | 0                                       |
| 5  | 5/8-in                 | 16                     | 0                                       |
| 6  | 7/16-in                | 11.2                   | 0                                       |
| 7  | 5/16-in                | 8                      | 0                                       |
| 8  | No.4                   | 4.75                   | 5                                       |
| 9  | No.8                   | 2.36                   | 5                                       |
| 10 | No.16                  | 1.18                   | 10                                      |
| 12 | No.30                  | 0.6                    | 15                                      |
| 13 | No.50                  | 0.3                    | 40                                      |
| 14 | No.60                  | 0.25                   | 80                                      |

|       |        |       |     |
|-------|--------|-------|-----|
| 15    | No.80  | 0.18  | 205 |
| 16    | No.100 | 0.15  | 150 |
| 17    | No.120 | 0.125 | 75  |
| 18    | No.200 | 0.075 | 40  |
| 19    | Pan    | 0.01  | 25  |
| Total |        |       | 650 |

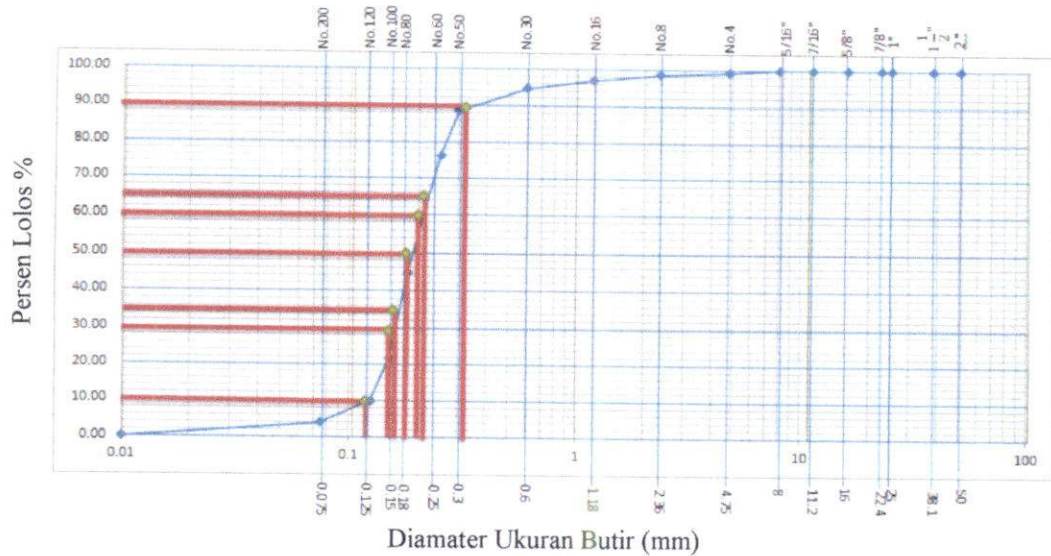
Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \% \text{ berat tertahan No.4} &= \frac{0,5}{775} \times 100\% \\ &= 0,77\% \end{aligned}$$

Tabel 5.13 Analisis ukuran butiran sampel pias Intake Sapon

| NO    | Nomor Saringan ASTM | Ukuran Butiran (mm) | Berat Tertahan Pada Saringan (gr) | Berat Tertahan (%) | Persen Kumulatif Berat Tertahan (%) | Persen Lolos Saringan (%) |
|-------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1     | 2-in                | 50                  | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 2     | 1.5-in              | 38.1                | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 3     | 1-in                | 25                  | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 4     | 7/8-in              | 22.4                | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 5     | 5/8-in              | 16                  | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 6     | 7/16-in             | 11.2                | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 7     | 5/16-in             | 8                   | 0                                 | 0                  | 0                                   | 100.00                    |
| 8     | No.4                | 4.75                | 5                                 | 0.77               | 0.77                                | 99.23                     |
| 9     | No.8                | 2.36                | 5                                 | 0.77               | 1.54                                | 98.46                     |
| 10    | No.16               | 1.18                | 10                                | 1.54               | 3.08                                | 96.92                     |
| 12    | No.30               | 0.6                 | 15                                | 2.31               | 5.38                                | 94.62                     |
| 13    | No.50               | 0.3                 | 40                                | 6.15               | 11.54                               | 88.46                     |
| 14    | No.60               | 0.25                | 80                                | 12.31              | 23.85                               | 76.15                     |
| 15    | No.80               | 0.18                | 205                               | 31.54              | 55.38                               | 44.62                     |
| 16    | No.100              | 0.15                | 150                               | 23.08              | 78.46                               | 21.54                     |
| 17    | No.120              | 0.125               | 75                                | 11.54              | 90.00                               | 10.00                     |
| 18    | No.200              | 0.075               | 40                                | 6.15               | 96.15                               | 3.85                      |
| 19    | Pan                 | 0.01                | 25                                | 3.85               | 100                                 | 0.00                      |
| Total |                     |                     | 650                               |                    |                                     |                           |

Untuk mengetahui ukuran butiran dapat dilihat dari grafik dibawah ini :



Gambar 5.12 Grafik distribusi ukuran sedimen pias Saphon

Dari grafik diatas didapatkan nilai ukuran diameter sebagai berikut :

$$D_{10} = 0,126 \text{ mm}$$

$$D_{35} = 0,16 \text{ mm}$$

$$D_{50} = 0,17 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0,19 \text{ mm}$$

$$D_{65} = 0,21 \text{ mm}$$

$$D_{90} = 0,31 \text{ mm}$$

Dari tabel 5.13 yang telah dikalsifikasikan menurut AGU pada tabel 3.1 didapatkan :

$$\begin{aligned} \% \text{ Kerikil} &= 100\% \text{ lolos} - \% \text{lolos kerikil} \\ &= 100\% - 99,23\% \\ &= 1,54\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Pasir} &= \% \text{lolos kerikil} - \% \text{lolos pasir} \\ &= 98,46\% - 3,85\% \\ &= 94,26\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Lanau} &= \% \text{lolos pasir} - \% \text{lolos lanau (pan)} \\ &= 3,85\% - 0\% \\ &= 3,85\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Lempung} &= \% \text{lolos lanau (pan)} - \% \text{lolos lempung} \\ &= 0\% - 0\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

## 2. Berat Jenis

Berat jenis sedimen didefinisikan secara umum sebagai perbandingan antara berat volume butiran tanah dan berat volume air pada temperatur 4°C (Muntohar, 2009).

Perhitungan berat jenis menggunakan persamaan (3.5),

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

Perhitungan pada Pias Bantar :

Tabel 5.14 Kalibrasi berat jenis tanah sampel pias Jembatan Bantar

| NO | Uraian                          | Satuan | Bantar  |
|----|---------------------------------|--------|---------|
| 1  | Berat Piknometer Kosong (Wp)    | g      | 30      |
| 2  | Berat Piknometer + Air (Wpw,c)  | g      | 81      |
| 3  | Temperatur Dalam Piknometer (T) | °C     | 31.5    |
| 4  | Berat Volume Air (Xw,c)         |        | 0.99583 |
| 5  | Volume Piknometer (Vp)          | ml     | 51.21   |

|   |                                 |                    |       |
|---|---------------------------------|--------------------|-------|
| 4 | Berat Piknometer + air (Wpw,t)  | g                  | 78.78 |
| 5 | Temperatur Dalam Piknometer (T) | °C                 | 30    |
| 6 | Berat Jenis (Gs,t)              | ton/m <sup>3</sup> | 2.58  |
| 7 | Berat Jenis Pada T= 20°C        |                    | 2.58  |

$$G_s = \frac{(40-30)}{(78.78-30).1-(84.9-40).1}$$

$$= 2,58$$

Karakteristik sedimen pada Pias Bantar dan Pias Sapon menurut spesifikasi jenis tanah pada table 5.7 adalah jenis tanah pasir dan dalam sampel sedimen pun terlihat secara fisik berpasir.

### C. Analisis Angkutan Sedimen

Analisis perhitungan sedimen menggunakan 3 (dua) metode yaitu metode *Meyer-Peter Muller*, *Einstein* dan *Frijlink*. Dari ketiga metode tersebut hasil perhitungannya akan dibandingkan. Berikut ini analisis perhitungan angkutan sedimen menggunakan metode *Meyer-Peter Muller*, *Einstein* dan *Frijlink*.

Tabel 5.18 Data lapangan

| Lokasi       | Data                   | Satuan                 |
|--------------|------------------------|------------------------|
| Bantar       | Kecepatan, v           | 0.73 m/s               |
|              | Kedalaman rata-rata, h | 1.27 m                 |
|              | Lebar dasar, L         | 89.59 m                |
|              | Luas, A                | 139.053 m <sup>3</sup> |
|              | Keliling, P            | 91.813 m               |
|              | Berat jenis            | 2580 kg/m <sup>3</sup> |
| Sapon        | Kecepatan, v           | 0.87 m/s               |
|              | Kedalaman rata-rata, h | 4.10 m                 |
|              | Lebar dasar, L         | 89.57 m                |
|              | Luas, A                | 194.506 m <sup>3</sup> |
|              | Keliling, P            | 181.454 m              |
|              | Berat jenis            | 2560 kg/m <sup>3</sup> |
| Bantar-Sapon | Jarak Hulu - Hilir     | 16426 m                |
|              | $\rho$ air             | 1000 kg/m <sup>3</sup> |

$$\frac{2580}{1000} \times \frac{1,515}{1,27} \times 0,105 \times 1,27 \times 0,0015 = 0,047 \times \left( \frac{2580-1000}{1000} \right) \times (0,000235) + 0,25$$

$$\left( \frac{(1000/1000)}{9,81} \right)^{1/3} \times (T_b)^{2/3}$$

$$0,00024181 = 0,00001745 + 0,11678409 \times (T_b)^{2/3}$$

$$T_b = 0,00008421 \text{ t/m.det}$$

$$\text{Total } T_b = T_b \times 1$$

$$= 0,00008421 \times 89,59$$

$$= 0,00754395 \text{ t/s}$$

$$\text{Dalam 1 hari} = 24 \times 60 \times 60 \times 0,00754395 \text{ t/s}$$

$$= 651,797 \text{ t/s atau}$$

$$\text{Vol solid } \frac{T_b}{B_j} = \frac{651,797}{(2580-1000)/1000}$$

$$= 412,530 \text{ m}^3/\text{day}$$

Perhitungan pada Pias Sapon :

c. Mencari ripple factor dengan persamaan (3.10),

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

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

$$= \frac{0,73}{1,072^{2/3} \times 0,0015^{1/2}}$$

$$= 21,36 \text{ m/s}$$

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

$$= \frac{26}{0,0046^{1/6}}$$



$$= 63,57 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}\mu &= \left(\frac{15,1}{63,57}\right)^{3/2} \\ &= 0,194\end{aligned}$$

d. Menghitung nilai angkutan sedimen dasar dengan persamaan (3.11), nilai

$$\frac{Q_s}{Q} = \frac{R}{h}$$

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

$$\frac{2580}{1000} \times \frac{1,072}{1,27} \times 0,194 \times 1,27 \times 0,0015 = 0,047 \times \left(\frac{2580-1000}{1000}\right) \times (0,000235) + 0,25$$

$$\left(\frac{(1000/1000)}{9,81}\right)^{1/3} \times (T_b)^{2/3}$$

$$0,000316319 = 0,00001745 + 0,11678409 \times (T_b)^{2/3}$$

$$T_b = 0,00012946 \text{ t/m.det}$$

$$\begin{aligned}\text{Total } T_b &= T_b \times l \\ &= 0,00012946 \times 89,59 \\ &= 0,01159651 \text{ t/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dalam 1 hari} &= 24 \times 60 \times 60 \times 0,01159651 \text{ t/s} \\ &= 1001,939 \text{ t/s atau}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vol solid } \frac{T_b}{B_j} &= \frac{1001,939}{(2580-1000)/1000} \\ &= 634,138 \text{ m}^3/\text{day}\end{aligned}$$

## 2. Metode Einstein

Perhitungan pada Pias Bantar :

a. Kecepatan gesek akibat kekerasan butiran dengan persamaan (3.15),

$$u' = \sqrt{g R b' I}$$

$$= \sqrt{9,81 \times 1,515 \times 0,0015}$$

$$= 0,15 \text{ m/s}$$

Tebal lapisan sub-viscous dengan persamaan (3.16) dan nilai  $u'$  didapat pada tabel (3.1)

$$\delta' = \frac{11,6 u}{u'}$$

$$\delta' = \frac{11,6 \times 0,000000868}{0,15}$$

$$= 0,00007$$

Menentukan faktor koreksi pengaruh viskositas dengan persamaan (3.17)

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

$$\frac{Ks}{\delta'} = \frac{0,0003}{0,00007} = 4,48$$

Dari Gambar 3.7, untuk nilai  $\frac{Ks}{\delta'} = 4,48$  diperoleh nilai faktor koreksi pengaruh viskositas  $x = 1.1$ .

- b. Kecepatan aliran rata-rata dengan persamaan (3.17)

$$v = 5,75 u' \log \left( \frac{12,27 Rb' x}{Ks} \right)$$

$$= 5,75 \times 0,034 \log \left( \frac{12,27 \times 1,515 \times 1,1}{0,00004} \right)$$

$$= 4,18 \text{ m/s}$$

- c. Intensitas aliran dengan persamaan (3.18)

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

$$= \frac{2,58 - 1}{1} \frac{0,00018}{0,0015 \times 1,515}$$

$$= 0,12$$

Dari Gambar 3.8 Einstein dan Barbossa (1952) untuk  $\Psi' = 0,012$  diperoleh nilai  $v/u'' = 100$

$$\delta' = \frac{11,6 u}{u'}$$

$$\delta' = \frac{11,6 \times 0,000000868}{0,034}$$

$$= 0,000029$$

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

$$\frac{Ks}{\delta'} = \frac{0,0003}{0,000029} = 1,02$$

Dari Gambar 3.7, untuk nilai  $\frac{Ks}{\delta'} = 1,02$  diperoleh nilai faktor koreksi pengaruh viskositas  $x = 1,6$ .

$$v = 5,75 u' \log \left( \frac{12,27 Rb' x}{Ks} \right)$$

$$= 5,75 \times 0,034 \log \left( \frac{12,27 \times 0,079 \times 1,6}{0,0003} \right)$$

$$= 0,733 \text{ m/s}$$

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

$$= \frac{2,58 - 1}{1} \frac{0,00018}{0,0015 \times 0,079}$$

$$= 2,34$$

Dari Gambar 3.8 Einstein dan Barbossa (1952) untuk  $\Psi' = 0,006$  diperoleh nilai  $v/u'' = 18$ .

$$\frac{v}{u''} = u'' \rightarrow u'' = \frac{0,733}{18} = 0,04074 \text{ m/s}$$

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

$$u'' = \sqrt{g Rb'' S} \rightarrow Rb'' = \frac{u''^2}{g S} = \frac{0,04074^2}{9,81 \times 0,0015} = 0,11 \text{ m}$$

Jari-jari total diperoleh cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Rb &= Rb' + Rb'' \\
 &= 0,079 + 0,11 \\
 &= 0,19 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kontrol hitungan debit:

$$\begin{aligned}
 Q &= A \cdot v \\
 &= 139,053 \times 0,733 \\
 &= 101,97 \text{ m}^3/\text{s} = 101,46 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (mendekati)}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan angkutan sedimen menurut Einstein (1950), sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } \Delta &= \frac{d_{65}}{x} \\
 &= \frac{0,0003}{1,6} \\
 &= 0,00019 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk  $\frac{\Delta}{\delta'}$  dengan persamaan (3.24) dan (3.25),

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

$$\frac{\Delta}{\delta'} < 1,8 \quad x = 1,39 \times \delta$$

$$\frac{\Delta}{\delta'} = \frac{0,00019}{0,00029} = 0,64 \text{ m} < 1,8$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } x &= 1,39 \times 0,00029 \\
 &= 0,00041 \text{ m}
 \end{aligned}$$

e. Mencari angkutan sedimen

Fraksi  $d_1$

*Hiding factor* dengan persamaan (3.26)

$$\frac{d_i}{x} = \frac{d_1}{x}$$

$$= \frac{0,00468}{0,00041}$$

$$= 11,49$$

Untuk  $\frac{d_i}{x} = 11,49$  dari Gambar 3.19, diperoleh nilai *hiding factor* = 1

Mencari koreksi gaya angkat dengan persamaan (3.27)

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

$$= \frac{0,0003}{0,00029}$$

$$= 1,02$$

Dari Gambar 3.20 diperoleh nilai koreksi gaya angkat ( $Y$ ) = 0,8

Mencari intensitas aliran yang dikoreksi dengan persamaan (3.28) dan (3.29)

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

$$= \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(0,6 \cdot \frac{0,00041}{0,00019})} \right]^2$$

$$= 0,67$$

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d_1}{S R b'}$$

$$= \frac{2,58 - 1}{1} \frac{0,0046}{0,0015 \times 0,079}$$

$$= 61,52$$

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

$$= 1 \times 0,8 \times 0,67 \times 61,52$$

$$= 27,87$$

Dari Gambar (3.21) untuk nilai  $\Psi'_{o1} = 27,87$ , nilai  $\theta$  diperoleh 0,0002.

Mencari angkutan sedimen dasar untuk fraksi butiran di dengan persamaan (3.30)

$$\begin{aligned}(i_b q_b)_1 &= i_b \Phi_o \rho_s (g d_1)^{\frac{3}{2}} \left( \frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{29,7}{100} \times 0,0002 \times \left( \frac{2580}{9,81} \right) \times (9,81 \times 0,0046)^{3/2} \left( \frac{2580-1000}{1000} \right)^{1/2} \\ &= 0,000193 \text{ kg/m.s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dalam 1 hari} &= (24 \times 60 \times 60 \times l \times (i_b q_b)_1) / 1000 \\ &= (24 \times 60 \times 60 \times 89,59 \times 0,000193) / 1000 \\ &= 1,49 \text{ t/day, atau}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vol solid } (i_b q_b)_1 &= \frac{(i_b q_b)_1}{B_j} \\ &= \frac{1,49}{(2580-100)/1000} \\ &= 0,95 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Fraksi  $d_2$

*Hiding factor* dengan persamaan (3.26)

$$\begin{aligned}\frac{d_i}{x} &= \frac{d_2}{x} \\ &= \frac{0,00022}{0,00041} \\ &= 0,54\end{aligned}$$

Untuk  $\frac{d_i}{x} = 0,54$  dari Gambar 3.19, diperoleh nilai *hiding factor* = 2,5

Mencari koreksi gaya angkat dengan persamaan (3.27)

$$\begin{aligned}\frac{K_s}{\delta'} &= \frac{d_{65}}{\delta'} \\ &= \frac{0,0003}{0,00029} \\ &= 1,02\end{aligned}$$

Dari Gambar 3.20 diperoleh nilai koreksi gaya angkat( $Y$ ) = 0,8

Mencari intensitas aliran yang dikoreksi dengan persamaan (3.28) dan (3.29)

$$\begin{aligned} \left[ \frac{\beta}{\beta x} \right]^2 &= \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(0,6 \cdot \frac{x}{\Delta})} \right]^2 \\ &= \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(0,6 \cdot \frac{0,00041}{0,00019})} \right]^2 \\ &= 0,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Psi' &= \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d_2}{S R b'} \\ &= \frac{2,58 - 1}{1} \frac{0,00022}{0,0015 \times 0,079} \\ &= 2,89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Psi'_{o1} &= \xi_1 Y_1 \left( \frac{\beta}{\beta x} \right)^2 \\ &= 2,5 \times 0,8 \times 0,6 \times 2,506 \\ &= 3,27 \end{aligned}$$

Dari Gambar (3.21) untuk nilai  $\Psi'_{o1} = 3,27$ , nilai  $\theta$  diperoleh 1.5.

Mencari angkutan sedimen dasar untuk fraksi butiran di dengan persamaan (3.30)

$$\begin{aligned} (i_b q_b)_2 &= i_b \Phi_{o1} \rho_s (g d_2)^{\frac{3}{2}} \left( \frac{\rho - \rho_s}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{45,16}{100} \times 1,5 \times \left( \frac{2580}{9,81} \right) \times (9,81 \times 0,00022)^{\frac{3}{2}} \left( \frac{2580 - 1000}{1000} \right)^{1/2} \\ &= 0,022 \text{ kg/m.s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dalam 1 hari} &= (24 \times 60 \times 60 \times l \times (i_b q_b)_1) / 1000 \\ &= (24 \times 60 \times 60 \times 89,59 \times 0,022) / 1000 \\ &= 109,9 \text{ t/day, atau} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vol solid } (i_b q_b)_2 &= \frac{(i_b q_b)_1}{B_j} \\
 &= \frac{109,9}{(2580-100)/1000} \\
 &= 109,9 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Fraksi  $d_3$

*Hiding factor* dengan persamaan (3.26)

$$\begin{aligned}
 \frac{d_i}{x} &= \frac{d_3}{x} \\
 &= \frac{0,00007}{0,00041} \\
 &= 0,17
 \end{aligned}$$

Untuk  $\frac{d_i}{x} = 0,17$  dari Gambar 3.19, diperoleh nilai *hiding factor* = 45

Mencari koreksi gaya angkat dengan persamaan (3.27)

$$\begin{aligned}
 \frac{K_s}{\delta r} &= \frac{d_{65}}{\delta r} \\
 &= \frac{0,0003}{0,00029} \\
 &= 1,02
 \end{aligned}$$

Dari Gambar 3.20 diperoleh nilai koreksi gaya angkat( $Y$ ) = 0,8

Mencari intensitas aliran yang dikoreksi dengan persamaan (3.28) dan (3.29)

$$\begin{aligned}
 \left[ \frac{\beta}{\beta x} \right]^2 &= \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(0,6 \cdot \frac{x}{\Delta})} \right] \\
 &= \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(0,6 \cdot \frac{0,00041}{0,00019})} \right]^2 \\
 &= 0,57
 \end{aligned}$$

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d_3}{S R b'}$$



$$= \frac{2,58-1}{1} \frac{0,0007}{0,0015 \times 0,079}$$

$$= 0,92$$

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

$$= 45 \times 0,8 \times 0,6 \times 0,92$$

$$= 18,75$$

Dari Gambar (3.21) untuk nilai  $\Psi'_{o1} = 18,57$ , nilai  $\theta$  diperoleh 0,0018.

Mencari angkutan sedimen dasar untuk fraksi butiran di dengan persamaan (3.30)

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

$$= \frac{25,16}{100} \times 0,0018 \times \left(\frac{2580}{9,81}\right) \times (9,81 \times 0,0007)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{2580-1000}{1000}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,0000027 \text{ kg/m.s}$$

$$\text{Dalam 1 hari} = (24 \times 60 \times 60 \times l \times (i_b q_b)_1) / 1000$$

$$= (24 \times 60 \times 60 \times 89,59 \times 0,0000027) / 1000$$

$$= 0,0205 \text{ t/day, atau}$$

$$\text{Vol solid } (i_b q_b)_3 = \frac{(i_b q_b)_3}{B_j}$$

$$= \frac{0,0205}{(2580-100)/1000}$$

$$= 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$$

f. Mencari angkutan sedimen dengan persamaan (3.31)

$$(i_b q_b)_{\text{tot}} = (i_b q_b)_1 + (i_b q_b)_2 + (i_b q_b)_3$$

$$= 1,495 + 173,799 + 0,0205$$

$$= 175,315 \text{ t/day, atau}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vol solid } (i_b q_b)_3 &= \frac{(i_b q_b)_{\text{tot}}}{B_j} \\
 &= \frac{175,315}{(2580-100)/1000} \\
 &= 110,959 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pada Pias Sapon :

g. Kecepatan gesek akibat kekerasan butiran dengan persamaan (3.15),

$$\begin{aligned}
 u' &= \sqrt{g R b' l} \\
 &= \sqrt{9,81 \times 1,072 \times 0,0015} \\
 &= 0,127 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Tebal lapisan sub-viscous dengan persamaan (3.16) dan nilai  $u'$  didapat pada tabel (3.1)

$$\begin{aligned}
 \delta' &= \frac{11,6 u}{u'} \\
 \delta' &= \frac{11,6 \times 0,000000868}{0,127} \\
 &= 0,00008
 \end{aligned}$$

Menentukan faktor koreksi pengaruh viskositas dengan persamaan (3.17)

$$\begin{aligned}
 \frac{K_s}{\delta'} &= \frac{d_{65}}{\delta'} \\
 \frac{K_s}{\delta'} &= \frac{0,0003}{0,00008} = 3,77
 \end{aligned}$$

Dari Gambar 3.7, untuk nilai  $\frac{K_s}{\delta'} = 3,77$  diperoleh nilai faktor koreksi pengaruh viskositas  $x = 1.1$ .

h. Kecepatan aliran rata-rata dengan persamaan (3.17)

$$\begin{aligned}
 v &= 5,75 u' \log \left( \frac{12,27 R b' x}{K_s} \right) \\
 &= 5,75 \times 0,127 \log \left( \frac{12,27 \times 1,072 \times 1}{0,0003} \right)
 \end{aligned}$$

banjir. Dengan berdasarkan nilai  $Rb'$  yang benar yaitu menggunakan trial pada  $Rb$  agar debit ukur dan debit lapangan sama.

Maka,  $Rb_{\text{trial}} = 0,104$

Sehingga,

$$\begin{aligned} u' &= \sqrt{g Rb' l} \\ &= \sqrt{9,81 \times 0,104 \times 0,0015} \\ &= 0,039 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\delta' = \frac{11,6 u}{u'}$$

$$\delta' = \frac{11,6 \times 0,000000868}{0,039}$$

$$= 0,000026$$

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

$$\frac{Ks}{\delta'} = \frac{0,0003}{0,000026} = 1,17$$

Dari Gambar 3.7, untuk nilai  $\frac{Ks}{\delta'} = 1,17$  diperoleh nilai faktor koreksi pengaruh viskositas  $x = 1,6$ .

$$\begin{aligned} v &= 5,75 u' \log \left( \frac{12,27 Rb' x}{Ks} \right) \\ &= 5,75 \times 0,037 \log \left( \frac{12,27 \times 0,104 \times 1,6}{0,00015} \right) \\ &= 0,87 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Psi' &= \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d_{35}}{S Rb'} \\ &= \frac{2,58 - 1}{1} \frac{0,00018}{0,0015 \times 0,104} \\ &= 1,78 \end{aligned}$$

Dari Gambar 3.8 Einstein dan Barbrossa (1952) untuk  $\Psi = 1,78$  diperoleh nilai  $v/u'' = 25$

$$\frac{v}{u''} = u'' \rightarrow u'' = \frac{0,87}{23} = 0,0378 \text{ m/s}$$

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

$$u'' = \sqrt{g Rb'' S} \rightarrow Rb'' = \frac{u''^2}{g S} = \frac{0,0378^2}{9,81 \times 0,0015} = 0,095 \text{ m}$$

Jari-jari total diperoleh cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Rb &= Rb' + Rb'' \\ &= 0,104 + 0,095 \\ &= 0,199 \text{ m} \end{aligned}$$

Kontrol hitungan debit:

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot v \\ &= 194,506 \times 0,873 \\ &= 169 \text{ m}^3/\text{s} = 169,74 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (mendekati)} \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan angkutan sedimen menurut Einstein (1950), sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \Delta &= \frac{d_{65}}{x} \\ &= \frac{0,0003}{1,6} \\ &= 0,00019 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk  $\frac{\Delta}{\delta'}$  dengan persamaan (3.24) dan (3.25),

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

$$\frac{\Delta}{\delta'} < 1,8 \quad x = 1,39 \times \delta$$

$$\frac{\Delta}{\delta'} = \frac{0,00019}{0,00026} = 0,73 \text{ m} < 1,8$$

Maka,  $x = 1,39 \times 0,00026$

$$= 0,000356 \text{ m}$$

k. Mencari angkutan sedimen

Fraksi  $d_1$

*Hiding factor* dengan persamaan (3.26)

$$\begin{aligned} \frac{d_i}{x} &= \frac{d_1}{x} \\ &= \frac{0,0046}{0,000356} \\ &= 13,17 \end{aligned}$$

Untuk  $\frac{d_i}{x} = 13,17$  dari Gambar 3.19, diperoleh nilai *hiding factor* = 1

Mencari koreksi gaya angkat dengan persamaan (3.27)

$$\begin{aligned} \frac{Ks}{\delta'} &= \frac{d_{65}}{\delta'} \\ &= \frac{0,0003}{0,00026} \\ &= 1,17 \end{aligned}$$

Dari Gambar 3.20 diperoleh nilai koreksi gaya angkat( $Y$ ) = 0,8

Mencari intensitas aliran yang dikoreksi dengan persamaan (3.28) dan (3.29)

$$\begin{aligned} \left[ \frac{\beta}{\beta x} \right]^2 &= \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(0,6 \cdot \frac{x}{\Delta})} \right]^2 \\ &= \left[ \frac{\log(10,6)}{\log(0,6 \cdot \frac{0,000356}{0,00019})} \right]^2 \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Psi' &= \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d_1}{S R b'} \\ &= \frac{2,56 - 1}{1} \frac{0,0046}{0,0015 \times 0,104} \\ &= 46,23\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Psi'_{o1} &= \xi_1 Y_1 \left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 \\ &= 1 \times 0,8 \times 0,62 \times 46,23 \\ &= 22,89\end{aligned}$$

Dari Gambar (3.21) untuk nilai  $\Psi'_{o1} = 22,89$  nilai  $\theta$  diperoleh 0,001.

Mencari angkutan sedimen dasar untuk fraksi butiran di dengan persamaan (3.30)

$$\begin{aligned}(i_b q_b)_1 &= i_b \Phi_{o1} \rho_s (g d_1)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{29,7}{100} \times 0,001 \times \left(\frac{2580}{9,81}\right) \times (9,81 \times 0,0046)^{3/2} \left(\frac{2580 - 1000}{1000}\right)^{1/2} \\ &= 0,000966 \text{ kg/m.s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dalam 1 hari} &= (24 \times 60 \times 60 \times l \times (i_b q_b)_1) / 1000 \\ &= (24 \times 60 \times 60 \times 89,59 \times 0,000966) / 1000 \\ &= 7,473 \text{ t/day, atau}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vol solid } (i_b q_b)_1 &= \frac{(i_b q_b)_1}{B_j} \\ &= \frac{7,473}{(2560 - 100) / 1000} \\ &= 4,79 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Fraksi  $d_2$

*Hiding factor* dengan persamaan (3.26)

$$\frac{d_i}{x} = \frac{d_2}{x}$$

Mencari angkutan sedimen dasar untuk fraksi butiran di dengan persamaan (3.30)

$$\begin{aligned}(i_b q_b)_2 &= i_b \Phi_o \rho_s (g d_2)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{45,16}{100} \times 3 \times \left(\frac{2580}{9,81}\right) \times (9,81 \times 0,00022)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{2580-1000}{1000}\right)^{1/2} \\ &= 0,0449 \text{ kg/m.s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dalam 1 hari} &= (24 \times 60 \times 60 \times l \times (i_b q_b)_1) / 1000 \\ &= (24 \times 60 \times 60 \times 89,59 \times 0,0449) / 1000 \\ &= 347,538 \text{ t/day, atau}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vol solid } (i_b q_b)_2 &= \frac{(i_b q_b)_1}{B_j} \\ &= \frac{347,538}{(2560-100)/1000} \\ &= 222,781 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Fraksi  $d_3$

*Hiding factor* dengan persamaan (3.26)

$$\begin{aligned}\frac{d_i}{x} &= \frac{d_3}{x} \\ &= \frac{0,00007}{0,000356} \\ &= 0,197\end{aligned}$$

Untuk  $\frac{d_i}{x} = 0,197$  dari Gambar 3.19, diperoleh nilai *hiding factor* = 40

Mencari koreksi gaya angkat dengan persamaan (3.27)

$$\begin{aligned}\frac{Ks}{\delta'} &= \frac{d_{65}}{\delta'} \\ &= \frac{0,0003}{0,00019} \\ &= 1,173\end{aligned}$$

Dari Gambar 3.20 diperoleh nilai koreksi gaya angkat ( $Y$ ) = 0,8

Mencari intensitas aliran yang dikoreksi dengan persamaan (3.28) dan (3.29)

$$\begin{aligned} \left[\frac{\beta}{\beta x}\right]^2 &= \left[\frac{\log(10,6)}{\log(0,6 \cdot \frac{x}{\Delta})}\right]^2 \\ &= \left[\frac{\log(10,6)}{\log(0,6 \cdot \frac{0,000356}{0,00019})}\right]^2 \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Psi' &= \frac{Y_s - Y}{\gamma} \frac{d_3}{S R b'} \\ &= \frac{2,58 - 1}{1} \frac{0,0007}{0,0015 \times 0,104} \\ &= 0,69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Psi'_{o1} &= \xi_1 Y_1 \left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 \\ &= 40 \times 0,8 \times 0,63 \times 0,69 \\ &= 13,69 \end{aligned}$$

Dari Gambar (3.21) untuk nilai  $\Psi'_{o1} = 13,69$  nilai  $\theta$  diperoleh 0,04.

Mencari angkutan sedimen dasar untuk fraksi butiran di dengan persamaan (3.30)

$$\begin{aligned} (i_b q_b)_3 &= i_b \Phi_{o1} \rho_s (g d_3)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{25,16}{100} \times 0,04 \times \left(\frac{2580}{9,81}\right) \times (9,81 \times 0,0007)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{2580 - 1000}{1000}\right)^{1/2} \\ &= 0,000059 \text{ kg/m.s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dalam 1 hari} &= (24 \times 60 \times 60 \times l \times (i_b q_b)_1) / 1000 \\ &= (24 \times 60 \times 60 \times 89,59 \times 0,000059) / 1000 \\ &= 0,457 \text{ t/day, atau} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Vol solid } (i_b q_b)_3 &= \frac{(i_b q_b)_3}{Bj} \\
 &= \frac{0,457}{(2580-100)/1000} \\
 &= 0,293 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

1. Mencari angkutan sedimen dengan persamaan (3.31)

$$\begin{aligned}
 (i_b q_b)_{\text{tot}} &= (i_b q_b)_1 + (i_b q_b)_2 + (i_b q_b)_3 \\
 &= 57,486 + 1158,458 + 0,293 \\
 &= 355,468 \text{ t/day, atau}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vol solid } (i_b q_b)_3 &= \frac{(i_b q_b)_{\text{tot}}}{Bj} \\
 &= \frac{355,468}{(2580-100)/1000} \\
 &= 227,864 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

3. Metode Frijlink

Perhitungan pada Pias Bantar :

- a. Mencari ripple factor dengan persamaan (3.10) dengan *Strickler* dikarenakan nilai pada *Chezy* terdapat nilai kekasaran yang tidak terdapat pada data,

$$\begin{aligned}
 \mu &= \left( \frac{k_s}{k_s'} \right)^{3/2} \\
 k_s &= \frac{v}{Rb^{2/3} I^{1/2}} \\
 &= \frac{0,73}{1,515^{2/3} \times 0,0015^{1/2}} \\
 &= 14,18 \text{ m/s} \\
 k_s' &= \frac{26}{d_{90}^{1/6}} \\
 &= \frac{26}{0,0046^{1/6}}
 \end{aligned}$$

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

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

$$= \frac{0,73}{1,072^{2/3} \times 0,0015^{1/2}}$$

$$= 21,36 \text{ m/s}$$

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

$$= \frac{26}{0,0046^{1/6}}$$

$$= 63,57 \text{ m/s}$$

$$\mu = \left( \frac{21,36}{63,57} \right)^{3/2}$$

$$= 0,194$$

- b. Menghitung nilai angkutan sedimen dengan persamaan (3.6)

$$\frac{T_b}{d_m \sqrt{g \cdot \mu \cdot R \cdot I}} = 5e^{-0,21} \frac{\Delta d_m}{\mu \cdot R \cdot I}$$

Mencari intensitas aliran

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

$$= \frac{1,56 \times (0,00021)}{0,194 \times 1,072 \times 0,0015}$$

$$= 1,04$$

Dengan nilai  $\Psi = 1,04$  maka dari Gambar 3.13 didapat nilai  $\Phi = 4$ .

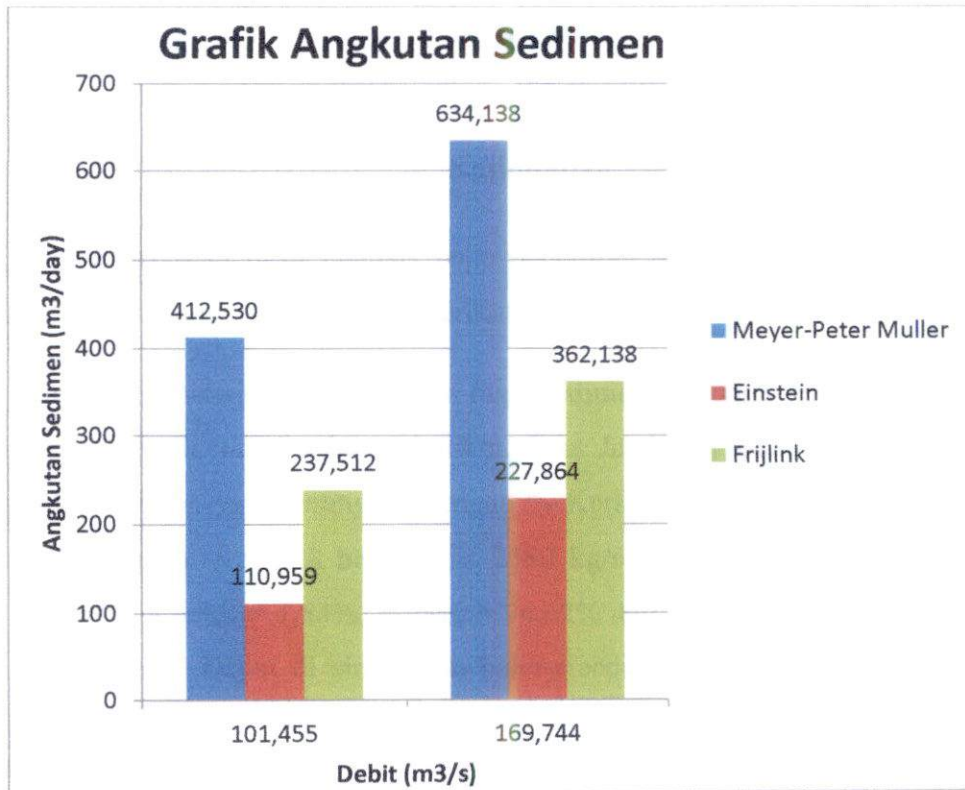
$$T_b = \Phi d_{50} \sqrt{g \mu R I}$$

$$= 4 \times 0,00021 \sqrt{9,81 \times 0,194 \times 1,072 \times 0,015}$$

$$= 0,0000468 \text{ m}^3/\text{m.s}$$

$$\text{Total } T_b = T_b \times 1$$

$$= 0,0000468 \times 89,59$$



Gambar 5.13 Diagram batang angkutan sedimen

Beberapa faktor yang mempengaruhi besar kecilnya hasil perhitungan yang telah dilakukan. Dari hasil olahan pada tabel 5.20 pengaruh dalam analisis menggunakan ke 3 metode tersebut antara lain :

1. Meyer-Peter Muller menggunakan  $d_m$  ( $d_{50-60}$ ) sebagai diameter yang relevan untuk transpor bedload dan  $d_{90}$  untuk diameter yang representatif untuk kekasaran butir.
2. Einstein  $d_{35}$  sebagai diameter yang relevan untuk transpor bedload dan  $d_{65}$  untuk diameter yang representatif untuk kekasaran butir.
3. Frijlink menggunakan  $d_{50}$  sebagai diameter yang relevan untuk transpor bedload dan  $d_{90}$  untuk diameter yang representatif untuk kekasaran butir.

Sehingga hasil analisis perhitungan sedimen dengan ke-3 metode tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh faktor diameter butiran, persen butiran tetapi juga kondisi lapangan yang mempengaruhi besar kecilnya debit aliran.