

BAB III

LANDASAN TEORI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan studi eksperimental secara langsung di Sungai Progo, mengenai fenomena angkutan sedimen dasar (*bed load*) yang terjadi pada *sediment transport flume* di Sungai Progo. Untuk mendapatkan data muatan sedimen (*bed load*) dan gradasi butiran.

A. Prinsip Dasar

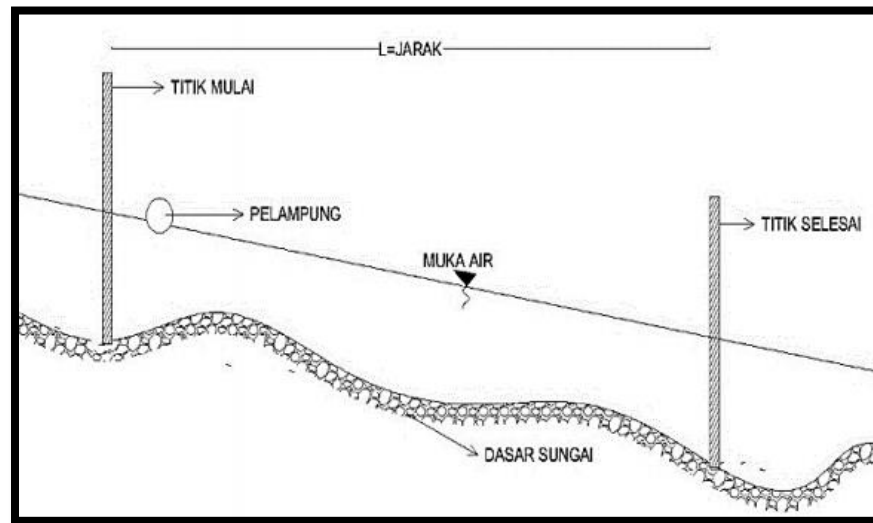
Prinsip dasar angkutan sedimen yaitu untuk mengetahui perilaku sedimen pada kondisi tertentu apakah terjadi keadaan seimbang, erosi, maupun sedimentasi. Juga untuk memprediksikan kuantitas sedimen pada proses tersebut. Proses yang terjadi secara alami ini kuantitasnya ditentukan oleh gaya geser aliran serta diameter butiran sedimen. Angkutan sedimen dapat menyebabkan terjadinya perubahan dasar sungai. Angkutan sedimen pada suatu ruas sungai yang dibatasi oleh tebing kanan dan kiri akan mengalami erosi atau pengendapan tergantung dari besar kecilnya debit aliran.

B. Hidrometri

Hidrometri adalah cabang ilmu (*kegiatan*) pengukuran air, atau pengumpulan data dasar bagi analisis hidrologi (Sri Harto, 1993). Dalam pengertian sehari-hari, kegiatan hidrometri pada sungai dapat diartikan sebagai kegiatan untuk mengumpulkan data mengenai sungai, baik yang menyangkut tentang ketinggian muka air maupun debit sungai serta sedimentasi atau unsur aliran lain. Beberapa macam pengukuran yang dilakukan dalam kegiatan hidrometri adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran merupakan komponen aliran yang sangat penting. Hal ini disebabkan oleh pengukuran debit secara langsung pada suatu penampang sungai tidak dapat dilakukan (paling tidak menggunakan cara konvensional).



Gambar 3.1 Metode pengukuran kecepatan aliran dengan pelampung (*float*)
(Sri Harto,2000)

Kecepatan ini diukur dalam dimensi satuan panjang setiap satuan waktu, umumnya dinyatakan dalam satuan meter per detik (m/d). Pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya ialah pengukuran menggunakan pelampung (*float*). Pelampung digunakan sebagai alat pengukur kecepatan aliran apabila diperlukan kecepatan aliran dengan ketelitian yang relatif kecil. Perhitungan kecepatan aliran sungai dengan membagi antara jarak dengan waktu tempuh rata-rata (Sri Harto,2000).

$$v = \frac{L}{t} \text{ (m/d)} \dots \dots \dots (3.1)$$

keterangan :

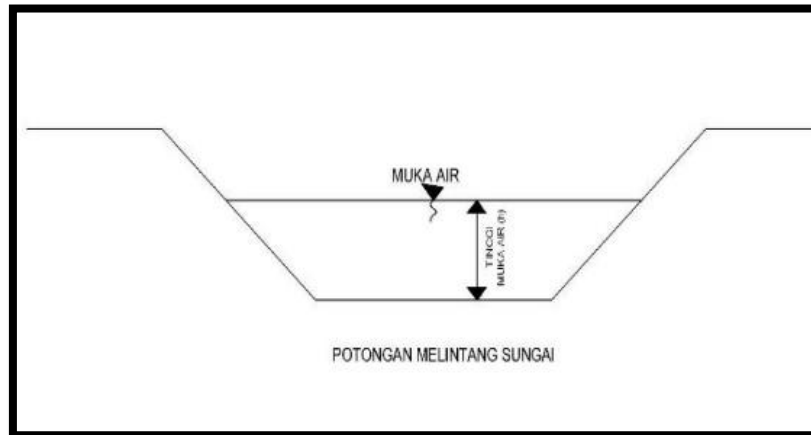
L = Jarak (panjang lintasan)

t = waktu tempuh

v = kecepatan aliran

2. Pengukuran Tinggi Muka Air

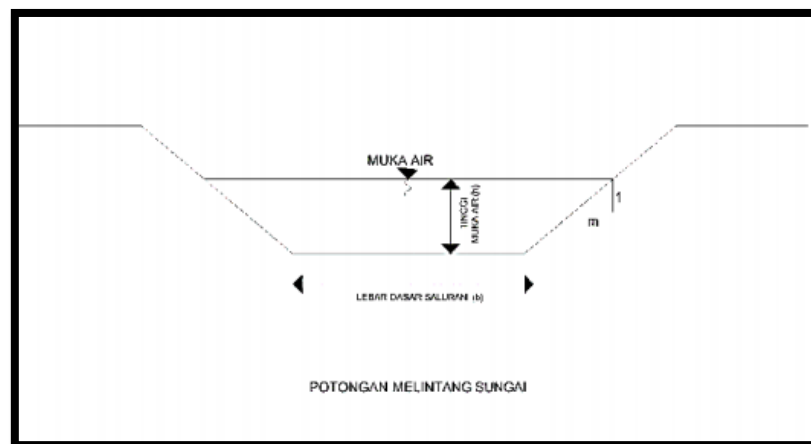
Pengukuran luas penampang basah memerlukan data tinggi muka air, pengukuran tinggi muka air dapat dilakukan dengan beberapa cara, tergantung dari kondisi aliran sungai yang akan diukur, salah satu cara yaitu dengan menggunakan tongkat (pipa) yang dilengkapi dengan rambu ukur.



Gambar 3.2 Tinggi muka air (potongan melintang)

3. Pengukuran Lebar Aliran Permukaan

Pengukuran lebar aliran juga digunakan untuk mengetahui lebar dasar saluran yang nantinya digunakan untuk mendapatkan luas penampang. Pengukuran lebar aliran dilaksanakan menggunakan meteran (*oddo meter* atau meteran roda).



Gambar 3.3 Lebar saluran (potongan melintang)

4. Pengukuran Debit

Debit (*discharge*), atau besarnya aliran sungai (*stream flow*) adalah volume aliran yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Debit dinyatakan dalam satuan m^3/detik atau liter/detik. Aliran adalah pergerakan air di dalam alur sungai. Pada dasarnya perhitungan debit

adalah pengukuran luas penampang dikalikan dengan kecepatan aliran sungai yang dirumuskan sebagai berikut (Sri Harto, 2000) :

$$Q = A \times v \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

Q = Debit (m³/d)

A = Luas penampang (m²)

v = Kecepatan rata-rata (m/d)

Nilai A (luas penampang aliran di ambil setiap maksimal 10 m) agar didapat kondisi yang lebih mendekati kondisi asli di lapangan maka menggunakan persamaan berikut:

$$A = h (b + m \times h) \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

A = Luas penampang (m²)

h = kedalaman aliran (m)

b = lebar dasar aliran (m)

m = kemiringan tebing (vertikal : horizontal)

Dengan demikian perhitungan debit adalah pengukuran dan perhitungan kecepatan aliran, lebar aliran, dan pengukuran tinggi muka air yang akan digunakan untuk perhitungan luas penampang.

C. Berat Jenis Sedimen

Tujuan percobaan ini adalah untuk mengetahui berat jenis suatu contoh sedimen yang memiliki ukuran butiran kurang dari 4,75 mm. Langkah pengujiannya sebagai berikut:

1. Bersihkan bagian luar dan dalam piknometer, lalu keringkan. Timbang piknometer hingga ketelitian 0,01 gr (Wp). Lakukan hingga 5 kali, dan catat masing-masing beratnya.
2. Lakukan kalibrasi volume piknometer dengan cara berikut:
 - a. Siapkan air bebas udara (*deaired water*) dengan cara memanaskannya hingga mendidih (*boiling*) atau melalui vakum atau kombinasi keduanya. Dinginkan air hingga mencapai suhu ruangan yaitu antara 15°-30°C.

- b. Bersihkan piknometer dan isi air bebas udara hingga penuh, kemudian tutup dan keringkan bagian luarnya dengan kain kering.
- c. Panaskan piknometer dan air hingga keluar gelembung udara. Dinginkan pada suhu ruang, dan masukkan dalam desikator hingga suhu tetap antara 15°-30°C selama 3 jam. Timbang piknometer ($W_{pw,c}$).
- d. Ukur temperatur di dalam piknometer.
- e. Hitung volume piknometer dengan persamaan

$$V_p = \frac{(W_{pw,c} - W_p)}{p_{w,c}} \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan:

V_p = volume piknometer (mL)

$W_{pw,c}$ = berat piknometer dan air pada temperatur terkalibrasi

W_p = berat piknometer kosong

$p_{w,c}$ = berat volume air pada temperatur terkalibrasi

- f. Lakukan hingga 5 kali.
3. Contoh tanah dihancurkan dalam cawan porselen dengan menggunakan pastel, kemudian dikeringkan dalam oven.
 4. Ambil tanah kering dalam oven dan langsung dimasukkan ke dalam desikator. Setelah dingin masukkan dalam piknometer sebesar 10 gr.
 5. Piknometer berisi tanah dan tutup lalu ditimbang (W_{ps}).
 6. Isi air kurang lebih 10 cc ke dalam piknometer, sehingga tanah terendam seluruhnya dan biarkan 2-10 jam.
 7. Tambahkan air destilasi sampai setengah atau 2/3 penuh, udara yang terperangkap dalam butir-butir harus dikeluarkan dengan cara piknometer bersama air dan tanah dimasukan ke dalam bejana tertutup yang dapat divakum dengan pompa vakum sehingga gelembung udara keluar dan air menjadi jernih.
 8. Piknometer ditambah air destilasi sampai penuh dan tutup. Bagian luar piknometer dikeringkan dengan kain kering. Setelah itu piknometer berisikan tanah dan air ditimbang ($W_{pws,t}$).
 9. Air dalam piknometer diukur suhunya dengan termometer.
 10. Hitung berat jenis dengan rumus:

$$G_s = \frac{(W_{ps} - W_p)}{W_{pw,t} - (W_{pws,t} - (W_{ps} - W_p))} \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan:

- G_s = berat jenis butiran sedimen.
 W_p = berat piknometer kosong (gram)
 W_{ps} = berat piknometer dan tanah kering (gram)
 $W_{pws,t}$ = berat piknometer, tanah dan air (gram)
 $W_{pw,t}$ = berat piknometer dan air (gram)

Tabel 3.2 Ukuran Butiran Sedimen Menurut *American Geophysical Union*

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

Sumber: *Wesley, L.D. 1997.*

D. Klasifikasi Distribusi Ukuran Butiran

Analisa butiran merupakan dasar tes laboratorium untuk mengidentifikasi tanah dalam sistem klasifikasi teknik. Sedangkan analisis saringan agregat adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian persentase digambarkan dalam grafik pembagian butir (SNI 03-1969-1990). Pengujian menggunakan satu set saringan standart ASTM (*American Society for Testing and Materials*), oven untuk mengeringkan sampel, cawan untuk menyimpan sedimen baik setelah ditimbang maupun sebelum ditimbang, timbang sampel yang tertahan di setiap saringan.

Agregat adalah butiran alami, cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan didasarkan pada ukuran butirannya. Agregat yang mempunyai ukuran butiran besar disebut agregat kasar dan agregat yang berbutir

kecil disebut agregat halus. Dalam pelaksanaan di lapangan umumnya agregat dikelompokkan menjadi 3 kelompok (Tjokrodimulyo,2007) yaitu sebagai berikut:

- a. Batu, untuk ukuran butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil, untuk ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
- c. Pasir, untuk ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm

Setiap tanah memiliki grafik tertentu karena antara tanah yang satu dengan yang lainnya memiliki butir-butir yang berbeda bentuk dan distribusinya tidak pernah sama. Cara menentukan gradasi adalah:

1. Analisa Saringan

Menurut Muntohar (2006) mengatakan bahwa penyaringan merupakan metode yang biasanya biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan, batas terbawah dalam saringan adalah ukuran terkecil untuk partikel pasir. Dalam analisis saringan, sejumlah yang memiliki ukuran lubang yang berbeda-beda disusun dengan ukuran yang terbesar diatas yang kecil. Sampel tanah dikeringkan dalam oven, gumpalan tanah di hancurkan dan sampel tanah akan lolos melalui susunan saringan setelah digetarkan. Tanah yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang dan selanjutnya dihitung persentase tanah yang tertahan pada saringan tersebut. Bila W_i adalah berat tanah yang tertahan pada saringan ke- i (dari atas susunan saringan) dan W adalah berat total, maka persentase berat yang tertahan adalah:

$$\% \text{ Berat tertahan} = \frac{W_i}{W} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan:

W_i = berat tertahan (gram)

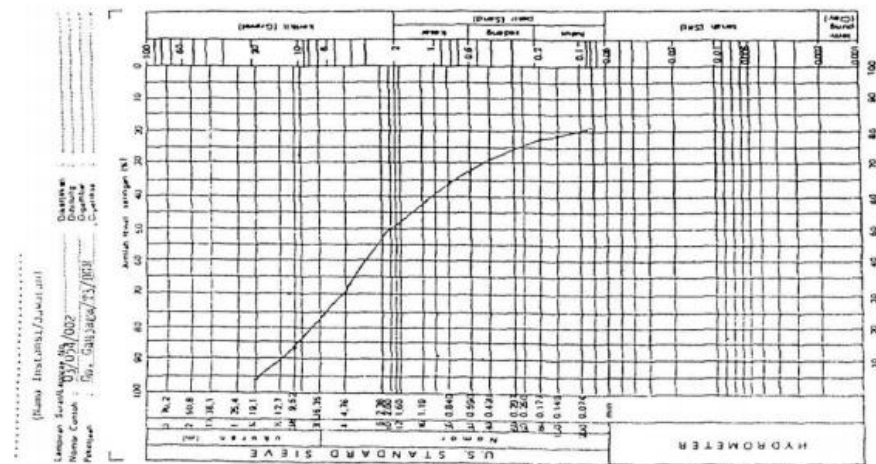
W = berat total tertahan (gram)

Tabel 3.3 Contoh Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar

No Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan (gr)	% Tertahan Komulatif	% lolos Komulatif
75,2 (3")				
63,5 (2 1/2")				
50,8 (2")				
36,1 (1 1/2")				
25,4 (1")				
19,1 (3/4")	9,97	9,97	40	96,00
12,7 (1/2")				
9,52 (3/8")	22,95	32,9	43,20	86,80
4	43,54	76,46	30,6	69,40
8	49,58	126,04	50,40	49,60
20	33,07	469,11	63,60	36,40
30				
40	18,49	177,54	71,00	29,00
50				
80	17,19	194,73	77,90	22,10
100	2,76	197,49	79,00	21,00
200	3,31	200,80	80,30	19,70
PAN				

Sumber: (SNI 03-1968-1990)

Kemudian hasilnya digambarkan pada grafik persentase yang lebih kecil daripada saringan yang diberikan (partikel yang lolos saringan) pada sumbu vertikal dan ukuran partikel pada sumbu horizontal (dalam skala logaritma). Grafik ini dinamakan dengan kurva distribusi ukuran partikel atau kurva gradasi seperti ditunjukkan pada gambar 3.4 berikut.



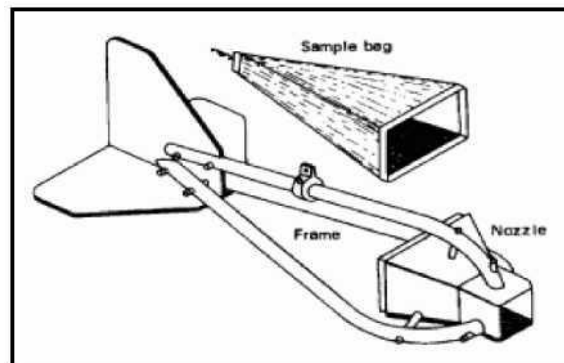
Gambar 3.4 Kurva distribusi ukuran butiran

E. Angkutan Sedimen

Angkutan sedimen atau *transport sediment* merupakan peristiwa terangkutnya material oleh aliran sungai. Bentuk, ukuran, dan beratnya partikel tersebut akan menentukan jumlah besaran angkutan sedimen. Terdapat banyak alat untuk menghitung besarnya angkutan sedimen (kironoto, 1997). Salah satunya menggunakan alat *Helley Smith*. Berikut adalah alat uji angkutan sedimen.

1. Alat *Helley Smith* (WMO, 1989)

Alat ukur muatan sedimen dasar terdiri dari satu buah alat tampung sampel, kerangka alat, kebel, dan bagian ekor untuk menetapkan posisi alat agar searah dengan aliran sungai.



Gambar 3.5 Alat ukur sedimen dasar *Helley Smith* (WMO, 1989)

Dimensi alat:

- a. Panjang = 100 cm
- b. Lebar = 60 cm
- c. Luas pintu masuk sedimen = 20 cm x 10 cm
- d. Banyak tampungan = ± 10 kg
- e. Berat alat kosong = ± 25 kg
- f. Panjang tali kawat = 2500 cm

2. *Metode Integrasi Kedalaman*

Menurut Soewarno (1991) lokasi sedimen pada sungai yang dalam dan lebar, cara pengambilan sampelnya dapat dilaksanakan dari jembatan atau bantuan kabel melintang. Tidak disarankan pengambilan sample sedimen dari jembatan di sebelah hilir karena biasanya turbulensi alirannya besar, terutama dekat pilar jembatan tersebut. Pengukuran muatan sedimen dasar dilakukan dengan cara menurunkan alat ukur sampai dasar sungai, catat waktu pengukuran misal setiap 60 menit. Pada setiap vertikal sebaiknya dilakukan pengukuran 3 kali. Vertikal pengukuran dapat dipilih berdasarkan cara EDI atau EWI seperti pada pengukuran muatan sedimen melayang, minimal dibutuhkan 20 buah vertikal, dan untuk setiap vertikal tidak lebih dari jarak 15 m. Air muatan sedimen dasar masuk ke dalam alat tampung hingga waktu yang diperkirakan dan alat diangkat. Kemudian dilakukan pengukuran volume muatan sedimen dasar yang tertampung per satuan waktu pengukuran.

a. Efisiensi Alat *Helley Smith*

Efisiensi alat muatan sedimen dasar harus ditentukan terlebih dahulu. Apabila debit muatan sedimen dasar telah dapat ditentukan terlebih dahulu maka akan lebih mudah dalam pengoperasiannya di lapangan. Efisiensi muatan sedimen dasar dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$e = \frac{Ka}{Kr} \dots\dots\dots(3.7)$$

Keterangan:

e = Efisiensi alat ukur muatan sedimen dasar (%).

Ka = Kuantitas sedimen yang ditangkap oleh alat ukur muatan sedimen dasar.

Kr = Kuantitas sedimen yang terangkut apabila tempat pengukuran tidak diletakkan alat ukur muatan sedimen dasar.

Efisiensi alat ukur sangat bervariasi dari 40 sampai 100% dan setiap alat berbeda efisiensinya. Debit muatan sedimen dasar per unit lebar yang diukur pada tiap vertikal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$qb = \frac{100.W}{e.b.t} \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan:

qb = Debit muatan sedimen dasar per unit lebar setelah dimodifikasi berdasarkan efisiensi alat.

W = Berat sampel yang tertangkap oleh alat ukur muatan sedimen dasar selama periode waktu t .

e = Efisiensi alat ukur muatan sedimen dasar (%)

b = Lebar mulut alat ukur muatan sedimen dasar.

t = Waktu lamanya pengukuran.

Apabila efisiensi alat belum diketahui dari kalibrasi maka dapat digunakan efisiensi dari tipe alat yang sama. Total debit muatan dasar seluruh penampang pengukuran dapat dilakukan secara integrasi sepanjang lebar aliran sungai yang diukur. Perhitungannya dapat dilakukan dengan metode grafis atau analitis, yaitu:

- 1) Pada metode grafis, debit muatan sedimen dasar di gambarkan sebagai ordinat, dan lebar aliran sungai digambarkan sebagai absis, total debit muatan adalah luas daerah yang dibatasi oleh ordinat, absis dan kurvanya, untuk pengecekan pada gambar yang sama juga di gambarkan kecepatan alirannya.

- 2) Pada metode analitis, perhitungan debit muatan sedimen dasar dihitung dengan rumus trapesium setiap dua vertikalnya pengukurannya. Untuk mengurangi pengaruh dari fluktuasi maka lamanya pengukuran mencapai 1/3, atau 2/3 dari volume tampung alat ukur.

3. Analisis Hitungan

Menurut Soewarno (1991) untuk mempermudah perhitungan konsentrasi sedimen rata-rata pada suatu titik vertikal dapat dilakukan cara sebagai berikut:

- a. Pada suatu vertikal dibagi dalam beberapa intervensi kedalaman $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$.
- b. Posisi pengukuran adalah di tengah-tengah setiap bagian interval.
- c. Lamanya waktu pengukuran disetiap titik harus sama.

Pada cara ini dianggap bahwa kecepatan aliran dan konsentrasi sedimen di semua bagian interval sama, dengan demikian semakin rapat jarak semakin baik hasilnya. Besarnya angkutan sedimen pada setiap vertikal dapat dihitung dengan persamaan:

$$C = \frac{\sum_i^n C_i \cdot V_i \cdot \Delta Y_i}{\sum_i^n V_i \cdot \Delta Y_i} \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan:

- C = Konsentrasi sedimen rata-rata pada suatu vertikal.
- n = Jumlah interval kedalaman 1,2,3,4, , n.
- C_i = Konsentrasi sedimen pada titik ke- i .
- V_i = Kecepatan aliran pada titik ke- i .
- ΔY_i = Panjang interval pada titik ke- i .

Oleh karena $Y_1 = Y_2 \dots\dots\dots, Y_n$ maka persamaan dapat dirubah menjadi:

$$C = \frac{\sum_i^n C_i \cdot V_i}{\sum_i^n V_i} \dots\dots\dots(3.10)$$

Pada interval ke- i , berat dan volume sedimen pada setiap botol sampel adalah:

$$W_i = a \cdot t_i \cdot C_i \cdot V_i \dots\dots\dots(3.11)$$

$$U_i = a t_i V_i \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan:

W_i = berat sedimen yang masuk botol sampel

a = luas lingkaran mulut nosel

t_i = lamanya waktu pengukuran

C_i = konsentrasi sedimen

V_i = kecepatan aliran

U_i = volume sampel sedimen (sedimen = air)

Sekarang apabila sedimen itu diukur pada jumlah interval kedalaman 1 sampai n, maka persamaan 3.9 serta 3.10 masing-masing dapat dijumlahkan.

$$W = \sum_1^n W_i = \sum_1^n a \cdot t_i \cdot C_i \cdot V_i \dots\dots\dots(3.13)$$

$$U = \sum_1^n U_i = \sum_1^n a \cdot t_i \cdot V_i \dots\dots\dots(3.14)$$

Apabila lamanya waktu pengukuran disetiap titik adalah sama $t_1 = t_2 = \dots = t_n$, maka konsentrasi sedimen rata-rata pada vertikal tersebut adalah :

$$C = \frac{W}{U} = \frac{a t \sum_1^n C_i V_i}{a t \sum_1^n V_i} = \frac{\sum_1^n C_i V_i}{\sum_1^n V_i} \dots\dots\dots(3.15)$$

Hasil persamaan (3.8) harus sama dengan (3.13).

Apabila disetiap titik lamanya waktu pengukuran tidak sama, maka perhitungan konsentrasi rata-ratanya dapat ditempuh cara sebagai berikut:

- a. Lamanya waktu pengukuran disetiap titik harus dicatat.
- b. Berat dan volume sedimen dari setiap titik harus dibagi dengan lamanya waktu setiap titik pengukuran. Konsentrasi rata-rata pada vertikal yang dimaksud dapat dihitung dengan persamaan berikut:

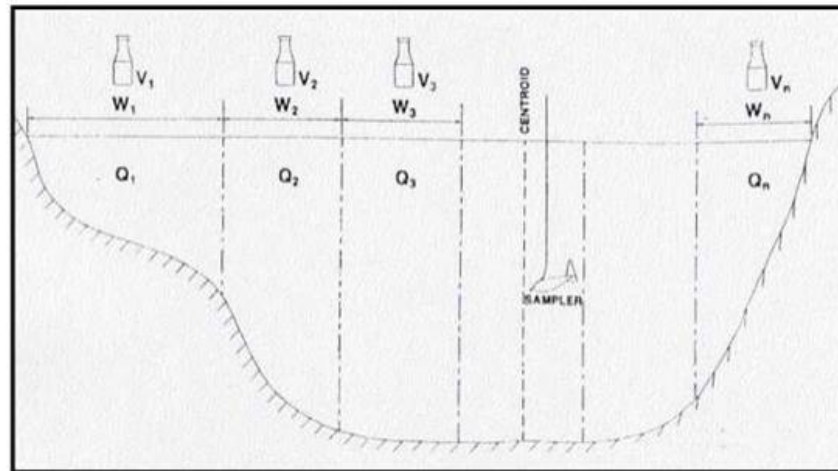
$$C = \frac{\sum_1^n \frac{W_i}{t_i}}{\sum_1^n \frac{U_i}{t_i}} = \frac{\sum_1^n C_i V_i}{\sum_1^n V_i} \dots\dots\dots(3.16)$$

$$\frac{W_i}{t_i} = C_i \cdot V_i \text{ dan } \frac{U_i}{t_i} = V_i \dots\dots\dots(3.17)$$

Apabila pada suatu vertikal jarak titik interval pengukuran tidak sama maka perhitungannya harus menggunakan persamaan 3.9, pada setiap titik pengukuran berat dan volume sedimennya harus diperhitungkan berdasarkan fungsi dari interval kedalaman.

1) *Equal Discharge Increment (EDI)*.

Dalam metode ini penampang sungai dibagi atas beberapa bagian, dimana setiap bagian ini harus mempunyai debit aliran yang sama. Pengambilan sampel sedimen perlu dilaksanakan pada bagian tengah dari setiap sub-penampang tersebut seperti terlihat dalam gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pengambilan sampel sedimen dengan cara EDI

Bilamana akan dilakukan pengambilan tiga (3) sampel maka pengambilan sampel sedimen dilakukan pada vertikal yang mempunyai besar aliran kumulatif sebesar $1/6$, $3/6$ dan $5/6$ dari debit total pada penampang tersebut.

Dalam gambar ini terlihat bahwa:

$$W_1 \neq W_2 \neq W_3 \dots \neq W_n \dots \dots \dots (3.18)$$

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 \dots = Q_n \dots \dots \dots (3.19)$$

$$V_1 \gg V_2 \gg V_3 \dots \gg V_n \dots \dots \dots (3.20)$$

Keterangan:

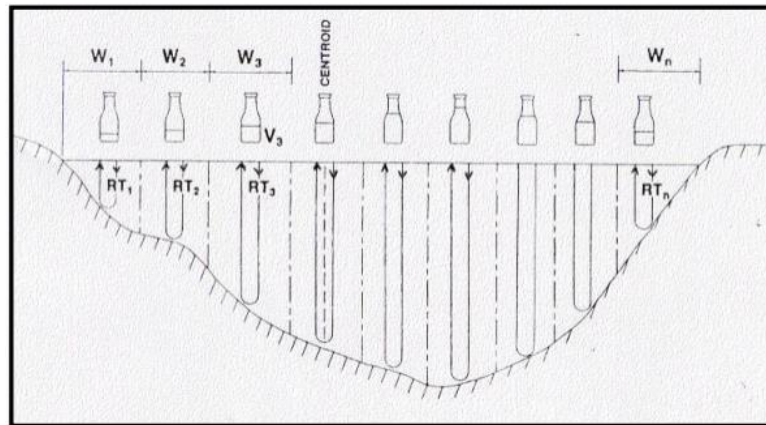
W = Jarak antara vertikal.

Q = Debit per segmen.

V = Volume sampel sedimen (misalnya berkisar antara 350-400 ml).

2) *Equal Width Increment (EWI)*

Dalam metode ini penampang sungai dibagi atas beberapa bagian dimana setiap bagian mempunyai jarak yang sama satu sama lainnya seperti terlihat dalam gambar 3.7.



Gambar 3.7 Pengambilan sampel sedimen dengan cara EWI

Jumlah vertikal ditetapkan berdasarkan kondisi aliran dan sedimen serta tingkat ketelitian yang diinginkan. Lokasi pengambilan sampel sedimen ditentukan dengan cara rata-rata tengah. Misalnya lebar sungai adalah 53 m, jumlah vertikal ditetapkan 10 buah, maka jarak vertikal diambil setiap 5 m. Dengan demikian maka lokasi pengukuran adalah pada rata yang terletak pada meteran: 2,5; 7,5; 12,5; 17,5; 22,5; 27,5; 32,5; 37,5; 42,5; 47,5.

4. Perhitungan Angkutan Sedimen Dasar.

Dalam menentukan besarnya angkutan sedimen dasar sebelumnya harus mempunyai data debit aliran (Q), lebar saluran/sungai (b), kemiringan dasar (S), jumlah sedimen yang terangkut, dapat dilakukan menggunakan dua cara yaitu :

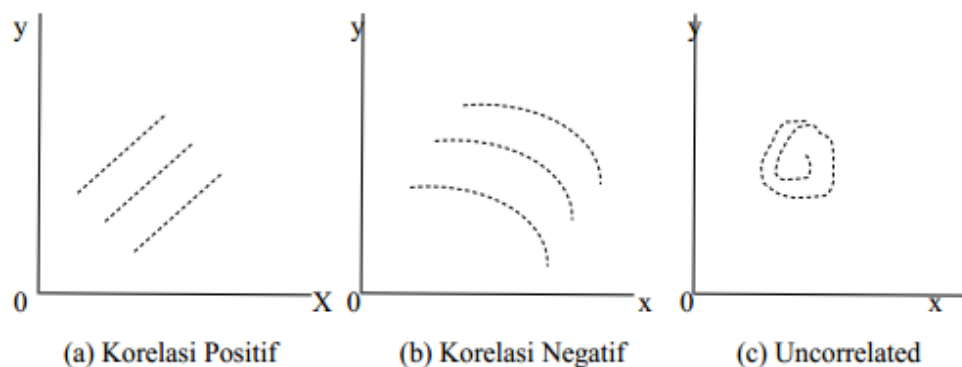
- a. Perhitungan Langsung di Lapangan
 - 1) Mengambil langsung di dasar sungai.
 - 2) Menggunakan alat, misal *Helley Smith*.
- b. Perhitungan Menggunakan Rumus Empiris
 - 1) Einstein
 - 2) Meyer-Peter dan Muller (MPM)
 - 3) Van Rijn
 - 4) Yang's , dll.

F. Analisis Kolerasi Sederhana

1. Pengertian Korelasi

Analisa korelasi sederhana, meneliti hubungan dan bagaimana eratnya hubungan itu, tanpa melihat bentuk hubungan (Sardjonopermono, 1986). Dalam analisis korelasi sederhana variabel yang digunakan adalah acak dan keduanya *bivariate normal*.

Jika kenaikan di suatu variabel diikuti dengan kenaikan di dalam variabel yang lain, maka dapat dikatakan bahwa kedua variabel tersebut mempunyai korelasi positif. Tetapi jika kenaikan satu variabel diikuti oleh penurunan di dalam variabel yang lain, maka dapat dikatakan bahwa kedua variabel tersebut mempunyai hubungan yang negatif. Dan jika tidak ada perubahan dalam satu variabel walaupun variabel yang lainnya berubah, maka dikatakan bahwa kedua variabel tersebut tidak mempunyai hubungan (*uncorrelated*).



2. Parameter

Ukuran yang digunakan untuk mengukur derajat korelasi (hubungan) linier dinamakan koefisien korelasi, yang dinyatakan dengan *r* dan didefinisikan sebagai berikut:

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \dots\dots\dots(3.21)$$

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}\right) \left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}\right)}} \dots\dots\dots(3.22)$$

Nilai *r* selalu terletak diantara -1 dan +1 (-1 < *r* < +1)

Keterangan:

$r = +1$, ini berarti ada kolerasi positif sempurna antara X dan Y.

$r = 0$, ini berarti tidak ada kolerasi antara X dan Y.

$r = -1$, ini berarti ada kolerasi negatif sempurna antara X dan Y.