

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Hidrometri

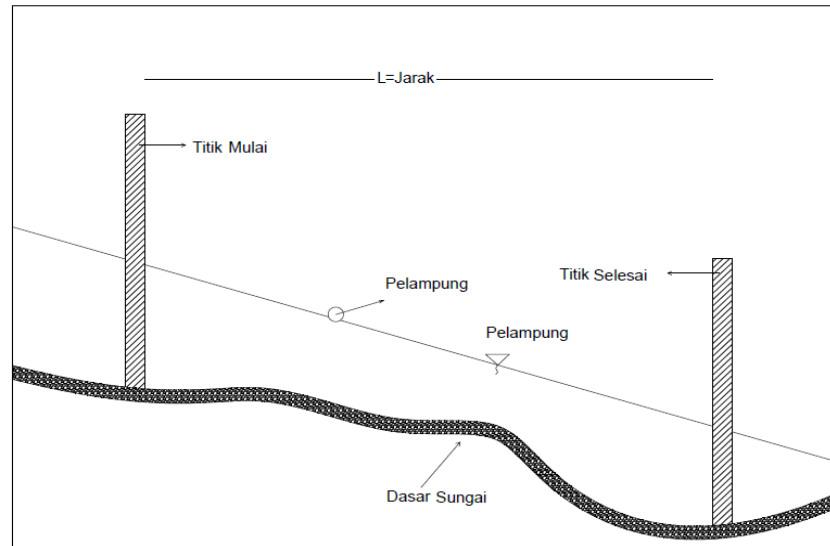
Hidrometri adalah cabang ilmu (kegiatan) pengukuran air, atau pengumpulan dan dasar bagi analisis hidrologi (Harto,1993). Dalam pengertian sehari-hari, kegiatan hidrometri pada sungai diartikan sebagai kegiatan untuk mengumpulkan data mengenai sungai, baik yang menyangkut tentang ketinggian muka air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

1. 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 dengan cara konvensional). Kecepatan ini diukur dalam dimensi satuan panjang suatu waktu, umumnya dinyatakan dalam meter/detik (m/d). Pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah pengukuran dengan pelampung (*float*). Pelampung digunakan sebagai alat pengukur kecepatan aliran apabila diperlukan kecepatan aliran dengan tingkat ketelitian relative kecil. Pengukuran dilakukan dengan cara :

- a. Sebuah titik (tiang, pohon, atau tanda lain) ditetapkan di salah satu sisi sungai, dan satu titik disisi lain sungai. Sehingga kalau ditarik garis semu antara dua titik tersebut, maka garis akan tegak lurus searah sungai.
- b. Ditetapkan jaran (L) tertentu, misalnya 5 m, 10 m, 20 m, atau 50 m (tergantung kebutuhan dan keadaan) antara kedua titik tersebut semakin besar kecepatan, sebaliknya jarak semakin panjang.
- c. Memanfaatkan sebarang benda yang dapat mengapung apabila pelampung khusus tidak tersedia.
- d. Pelampung tersebut dilempatkan beberapa meter disebelah dari pertama (titik mulai) dan gerakannya diikuti, apabila pelampung tersebut melewati gari pertama, maka tombol *stopwatch* ditekan, dan pelampung

tersebut diikuti terus, ketika pelampung sampai dititik kedua (titik selesai) maka *stopwatch* kembali ditekan. Dengan demikian, maka waktu (t) yang diperlukan aliran untuk menghanyutkan pelampung dapat diketahui.



Gambar 3. 1 Pengukuran kecepatan aliran

Sumber : Triadmodjo, 1993

- e. Kecepatan aliran (v) dapat dihitung dengan :

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

Keterangan :

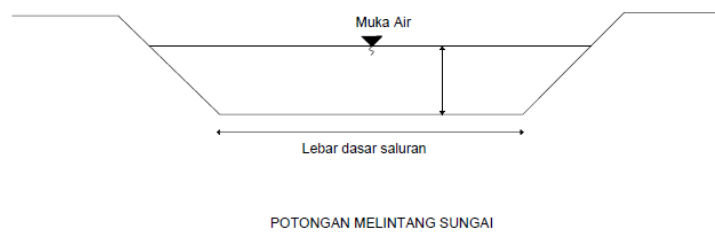
L = jarak

t = waktu

- f. Perlu diketahui disini bahwa kecepatan yang diperoleh adalah kecepatan permukaan sungai, bukan kecepatan rata-rata penampang sungai, masih harus dikalikan dengan factor koreksi C . Besar C ini berkisar antara 0,85-0,95 (Harto, 1993)
- g. Hal ini perlu diperhatikan bahwa pengukuran cara ini tidak boleh dilakukan sekali, karena distribusi kecepatan aliran permukaan tidak merata. Oleh sebab itu dianjurkan paling tidak dilakukan tiga kali percobaan, yaitu sepertiga kiri sungai, bagian tengah, sepertiga kanan sungai. Hasil yang diperoleh kemudian dirata-rata.

2. Pengukuran tinggi muka air

Pengukuran luas penampang memerlukan tinggi muka air, pengukuran tinggi muka air dapat dilakukan dengan bermacam-macam alattergantungan dari kondisi aliran sungai yang akan diukur. Pengukuran tinggi muka air dapat diketahui dengan alat perum gema (*Echo Sounder*).



Gambar 3. 2 Pengukuran tinggi muka air

Sumber : Triadmodjo, 1993

3. Pengukuran lebar aliran

Pengukuran lebar aliran juga digunakan untuk mengetahui lebar dasar saluran yang nantinya digunakan mendapatkan luas penampang. Pengukuran lebar aliran dilaksanakan menggunakan alat perum gema (*Echo Sounder*)

4. Pengukuran debit

Debit (*discharge*) atau besarnya aliran sungai (*stream flow*) adalah volume aliran yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai persatuan waktu. Biasanya debit dinyatakan dalam satuan m^3/d atau liter/detik. Aliran adalah pergerakan air di dalam alur sungai. Pada dasarnya perhitungan debit adalah pengukuran luas penampang, kecepatan aliran, dan tinggi muka air. Rumus yang umumnya digunakan adalah

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

Keterangan :

Q = debit (m^3/d)

A = luas

v = kecepatan aliran rata-rata. (m/d)

B. Klarifikasi Distribusi Ukuran Butiran

Ukuran partikel merupakan karakteristik sedimen yang dapat diukur secara nyata. Beberapa ahli hidraulika menggunakan klasifikasi ukuran butiran menurut *AGU (American Geophysical Union)*, sebagaimana yang diperlihatkan pada tabel 3.1 dibawah. Serta menggunakan teknik analisis penyaringan dengan metode ayak kering dan ayak basah yang menggunakan saringan sedimen bertingkat dengan diameter berbeda-beda. Ayakan nomor 200 digunakan untuk memisahkan partikel pasir dari partikel yang lebih halus seperti lumpur dan lempung. Ukuran butiran ditetapkan berdasarkan ukuran saringan (untuk butiran kasar) dan ukuran/diameter sedimentasi (untuk butiran halus).

Tabel 3. 1 Klasifikasi ukuran butiran menurut *American Geophysical Union (AGU)*

Interval/range (mm)	Nama	Interval/range	Nama
4096-2048	Batu sangat besar	1/2-1/4	Pasir sedang
2048-1024	Batu besar	1/4-1/8	Pasir halus
1024-512	Batu sedang	1/8-1/16	Pasir sangat halus
512-256	Batu kecil	1/16-1/32	Lumpur kasar
256-128	Kerakal besar	1/32-1/64	Lumpur sedang
128-64	Kerakal kecil	1/64-1/128	Lumpur halus
64-32	Kerikil sangat kasar	1/128-1/256	Lumpur sangat halus
32-16	Kerikil kasar	1/256-1/512	Lempung kasar
16-8	Kerikil sedang	1/512-1/1024	Lempung sedang
8-4	Kerikil halus	1/1024-1/2048	Lempung halus

4-2	Kerikil sangat halus	1/2048-1/4096	Lempung sangat halus
2-1	Pasir sangat kasar		koloid
1-1/2	Pasir kasar		

Sumber :Garde & Raju, 1985

C. Analisis Ukuran Butiran Sedimen

Analisa butiran merupakan dasar tes laboratorium untuk mengidentifikasi tanah dalam sistem klarifikasi teknik. Sedangkan analisis saringan agregat adalah penentuan presentase 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 belum ditimbang, timbang untuk menimbang sampel yang tertahan disetiap saringan.

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. Analisis saringan

Menurut Muntohar (2009;68-69), penyaringan merupakan metode yang 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 di atas yang kecil. Sampel tanah dikeringkan dalam oven, gumpalan tanah dihancurkan 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 tanah total, maka persentase berat yang tertahan adalah :

$$\% \text{ berat tertahan pada saringan} = \frac{w_i}{W} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

Dengan :

W_i = berat tertahan

W = berat total tertahan

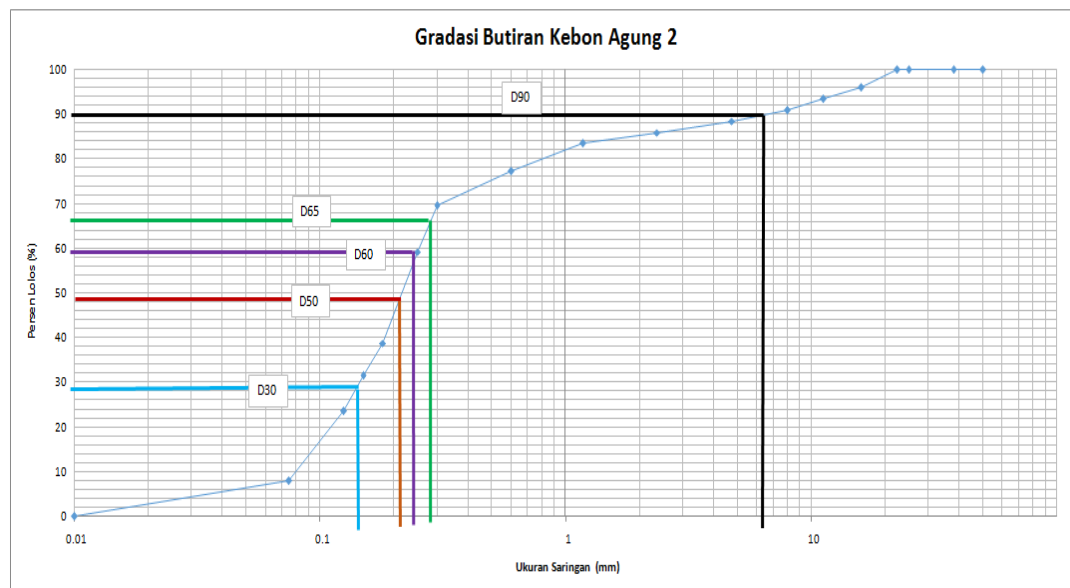
Tabel 3. 2 Pengujian analisa saringan agregat

No Saringan (mm)	Berat Tertahan Saringan (mm)	% Tertahan (gr)	% Tertahan Komulatif (gr)	% Lolos Komulatif
NO 75,2 (3")				
NO 63,5 (2 1/2")				
NO 50,8 (2")				
NO 36,1 (1 1/2")				
NO 25,4 (1")				
NO 19,1 (3/4")	9,97	9,97	40	96,00
NO 12,7 (1/2")				
NO 9,52 (3/8")	22,95	32,9	43,20	86,80
NO 4	43,54	76,56	30,6	69,40
NO 8	49,58	126,04	50,40	49,60
NO 20	33,07	469,11	63,60	36,40
NO 30				
NO 40	18,49	177,54	71,00	29,00

NO 50				
NO 80	17,19	194,73	77,90	22,10
NO 100	2,76	194,73	77,90	22,10
NO 200	3,31	200,80	80,30	19,70
PAN				

Sumber : Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI 03 – 1969 – 1990).

Kemudian hasilnya digambarkan pada grafik presentase yang lebih kecil dari pada saringan yang diberikan (partikel yang lolos saringan) pada sumbu partikel dan ukuran partikel pada sumbu horizontal (dalam skala logaritma). Grafik ini dinamakan dengan kurva distribusi ukuran partikel atau kurva gradasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Analisis perbandingan diameter dengan komulatif butir yang lolos saringan.

Sumber : Penelitian angkutan sedimen Sungai Progo hilir dengan rumus empiris 2017

2. Menentukan berat jenis

Berat jenis sedimen adalah perbandingan antara berat sedimen dengan berat air pada volume yang sama dan pada temperatur tertentu. Untuk mendapatkan nilai berat jenis butir tanah, digunakan rumus : (Muntohar, 2009)

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

G_s = berat jenis butir sedimen

W_1 = berat piknometer kosong (gram)

W_2 = berat piknometer + sampel kering (gram)

W_3 = berat piknometer + sampel kering + aquades (gram)

W_4 = berat piknometer + aquades jenuh (gram)

D. Rumus Empiris Angkutan Sedimen Dasar

Dalam Kironoto,1997 mengatakan bahwa persamaan angkutan sedimen dasar pertama kali di pelajari oleh Du Boys pada tahun 1879. Secara umum persamaan – persamaan angkutan sedimen yang ada dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu :

- a. Persamaan yang diperoleh dengan pendekatan empirik.
- b. Persamaan dengan pendekatan analisis dimensi.
- c. Persamaan yang diperoleh dengan pendekatan semi teoritik.

1. Persamaan Meyer-Petter dan Muller.

Persamaan ini termasuk dalam persamaan yang diperoleh dengan pendekatan empirik. Persamaan ini dianggap lebih unggul dibandingkan dengan persamaan – persamaan yang lainnya karena range data yang digunakan sangat besar

(Kironoto,1997)

$$\frac{q^{\frac{2}{3}} I}{d} = n + b \frac{Tb^{\frac{2}{3}}}{d} \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan :

q = Debit tiap satuan lebar satuan waktu yang menentukan *bedload* T_b . ($\frac{kg.f}{m.det}$)

T_b = Berat *bedload* di udara tiap satuan lebar tiap satuan waktu. ($\frac{kg.f}{m.det}$)

d = Diameter butiran yang representatif. (mm)

I = Kemiringan garis energi.

n, b = koefisien.

Persamaan diatas diturunkan dengan berdasarkan data material sedimen seragam dengan rapat massa $\rho_s = 2680 \text{ kg/m}^3$. Kemudian persamaan tersebut dikembangkan untuk material sedimen tidak seragam. Dalam Kironoto, 1997 Meyer-Peter dan Muller menyatakan bahwa gesekan atau kehilangan energi yang terjadi pada dasar sungai (*ripple* atau *dunes*) disebabkan oleh bentuk gelombang (*shape roughness*) dan ukuran butiran (*grain roughness*).

Nilai koefisien kekasaran (ks') karena dianggap yang terakhir lebih menentukan nilai transportasi sedimen dasar (*bedload*) maka ditempatkan dalam rumus angkutan sedimen dasar total (T_b). Dengan rumus *Strickler* :

$$\bar{u} = K_s R^{\frac{3}{2}} I^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (3.6)$$

dengan :

K_s = Koefisien kekasaran

R = Radius hidrolis

I = kemiringan atau *slope*

diperoleh kemiringan garis energi akibat gesekan butiran (I') sebagai fungsi

$$I_{total}: I' = \left(\frac{K_s}{K_{1s}} \right)^2 * I \dots \dots \dots (3.7)$$

yang kemudian diperbaiki berdasarkan percobaan menjadi :

$$I' = \left(\frac{Ks}{K's}\right)^{\frac{3}{2}} * I \dots\dots\dots(3.8)$$

Sehingga :

$$\mu = \frac{I}{I'} = \left(\frac{Ks}{K's}\right)^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(3.9)$$

biasa disebut *ripple factor*

dengan :

Ks = Koefisien kekasaran strickler

K = kekasaran akibat butiran

Dengan demikian rumus Meyer Peter dan Muller yang sesuai untuk angkutan sedimen dasar dengan material sedimen tidak seragam adalah :

$$\gamma_w \frac{Qs}{Q} \left(\frac{Ks}{Ks'}\right)^{\frac{3}{2}} h I = 0,047 (\gamma_s - \gamma_w) dm + 0,25 \left(\frac{\gamma_w}{g}\right)^{\frac{1}{2}} (Tb)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(3.10)$$

dengan :

γ_w = Berat jenis air

$\frac{Qs}{Q} \frac{R}{h}$ = faktor koreksi berhubung dengan tampang saluran, $\frac{Qs}{Q} = 1$ untuk $B = \infty$

$\left(\frac{Ks}{Ks'}\right)^{\frac{3}{2}}$ = *Riple factor*

dm = Diameter median $\approx d_{50} - d_{60}$

γ_s = Berat jenis sedimen

Tb = Berat sedimen (padat) dalam air tiap satuan panjang tiap satuan waktu

$$\text{Volume sedimen padat} = \frac{Tb}{\gamma_w - \gamma_s} (\text{ m}^3 / \text{ m.det })$$

Catatan :

- a. Dalam satuan m k s $\gamma_w = \rho_w g = 1000 \cdot 9,8 = 9800 \text{ N/m}^3$
- b. Dalam keadaan kritik $T_b = 0$ maka rumus MPM menjadi : τ_o

$$\frac{\gamma_w h l}{(\gamma_w - \gamma_s) d_m} = 0,047 \quad B = \infty ; \mu = 1$$

$$\frac{\tau_o}{(\gamma_w - \gamma_s) g d_m} = 0,047$$

2. Persamaan Einstein

Einstein merupakan ahli pertama yang mencoba menurunkan persamaan angkutan sedimen dasar (*bed load*) dengan metode persamaan teoritik, yaitu dengan teori statistik. Persamaan ini diturunkan secara dua tahap. Tahap pertama tahun 1942 dimana Einstein belum memperhitungkan konfigurasi dasar sungai pada persamaannya. Pada tahap kedua yaitu tahun 1950 Einstein memodifikasi persamaan sebelumnya dengan memperhitungkan konfigurasi dasar sungai.

Metode pendekatan Einstein didasarkan pada dua konsep dasar. Konsep dasar pertama bahwa konsep kondisi kritik untuk terjadinya angkutan sedimen ditiadakan karena kondisi kritik pada awal pergerakan sedimen sangat sulit untuk didefinisikan. Konsep dasar kedua adalah angkutan sedimen dasar lebih dipengaruhi oleh fluktuasi aliran yang terjadi akibat nilai rata-rata gaya aliran yang bekerja pada partikel sedimen.

Dengan demikian bergerak atau berhentinya suatu partikel sedimen lebih tepat dinyatakan dengan konsep probabilitas yang menghubungkan gaya angkat hidrodinamik sesaat dengan berat partikel dalam air.

Adapun langkah – langkah untuk menghitung angkutan sedimen dengan persamaan Einstein adalah sebagai berikut (Kironoto, 1997) :

1. Menentukan nilai (Rb') jari-jari hidraulik akibat pengaruh kekasaran butiran (*grain roughness*) dengan cara coba – coba hingga nilai debit alirannya sama dengan nilai debit aliran yang sudah diketahui ($Q_{hitung} = Q_{diketahui}$)
 - a. Menghitung kecepatan gesek akibat kekasaran butiran

$$u' = \sqrt{g Rb'S} \dots\dots\dots(3.11)$$

dengan :

g = grafitasi

Rb' = jari-jari hiraulik akibat kekasaran butiran

S = kemiringan dasar sungai atau *slope*

b. Menghitung tebal lapis sub – viskositas

Nilai viskositas atau kekentalan air dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3. 3 Nilai viskositas atau kekentalan air

Temperatur (°C)	Viskositas (Ns / m^2) $\times 10^{-3}$
0	$1,79 \times 10^{-3}$
5	$1,51 \times 10^{-3}$
10	$1,31 \times 10^{-3}$
15	$1,41 \times 10^{-3}$
20	$1,00 \times 10^{-3}$
25	$8,91 \times 10^{-4}$
30	$7,96 \times 10^{-4}$
35	$7,20 \times 10^{-4}$
40	$6,53 \times 10^{-4}$
50	$5,47 \times 10^{-4}$
60	$4,66 \times 10^{-4}$
70	$4,40 \times 10^{-4}$
80	$3,34 \times 10^{-4}$
90	$3,15 \times 10^{-4}$
100	$2,82 \times 10^{-4}$

Sumber : Kironoto 1997

Rumus tebal lapis sub – viskositas :

$$\delta' = \frac{11,6 u}{u'} \dots\dots\dots (3.12)$$

dengan :

δ' = Tebal lapis sub - viskositas

u = Viskositas atau kekentalan air.

u' = Kecepatan gesek akibat kekasaran butiran.

c. Menentukan faktor koreksi pengaruh viskositas (x)

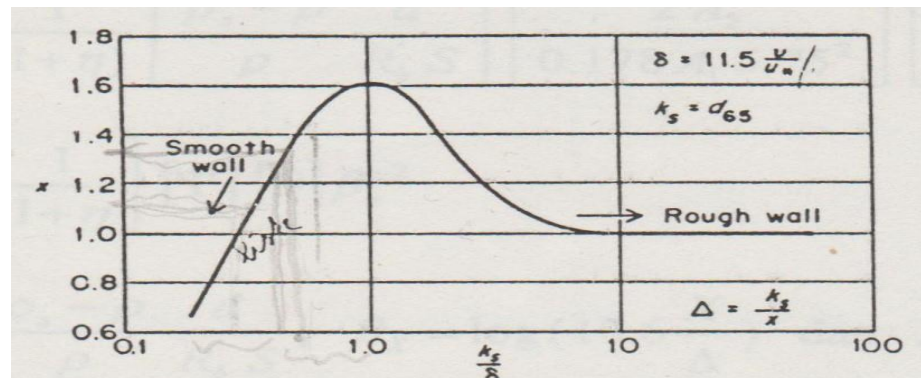
$$\frac{Ks}{\delta'} = \frac{d_{65}}{\delta'} \dots\dots\dots (3.13)$$

Dengan :

Ks = Nilai kekasaran butiran

δ' = tebal lapis sub - viskositas

Kemudian hasil dari persamaan di atas diplotkan pada Gambar 3.4 di bawah ini yang diturunkan dari grafik Nikuradse untuk mendapatkan nilai faktor koreksi pengaruh viskositas (x)



Gambar 3. 4 Faktor koreksi dalam persamaan distribusi kecepatan logaritmik

Sumber : Kironoto, 1997

d. Menentukan kecepatan aliran rata – rata

$$v = 5,75 u' \log \left(\frac{12,27 Rb'x}{Ks} \right) \dots\dots\dots (3.14)$$

dengan :

v = Kecepatan aliran rata – rata

Rb' = Jari – jari hidraulik akibat kekasaran butiran

x = Faktor koreksi pengaruh viskositas

Ks = nilai kekasaran butiran = d_{65}

e. Menghitung intensitas aliran

$$\Psi' = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \frac{d_{35}}{S R b'} \dots\dots\dots (3.15)$$

Dengan :

Ψ' = Intensitas aliran

γ_s = Berat jenis sedimen

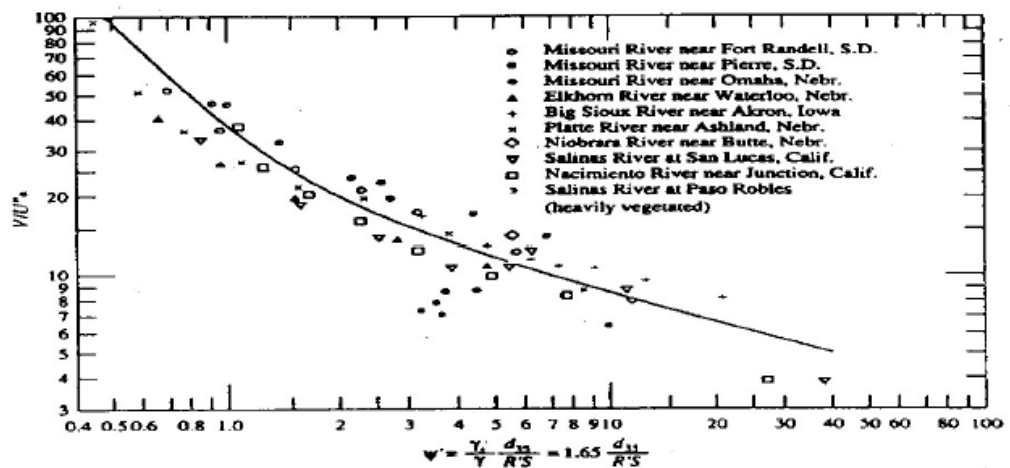
γ = Berat jenis air

d_{35} = Ukuran rata - rata butiran dari d_{35}

Rb' = Jari - jari hidraulik

S = Kemiringan dasar atau *Slope*

Nilai dari intensitas aliran (Ψ') diplotkan ke grafik Gambar 3.5 untuk mendapatkan nilai v/u'' . Dari persamaan tersebut didapat kecepatan gesek akibat konfigurasi dasar sungai (u'')



Gambar 3. 5 Grafik menentukan v/u''

Sumber : Kironoto, 1997

f. Menghitung jari - jari hidraulik akibat konfigurasi dasar sungai (Rb')

$$u'' = \sqrt{g R b'' S R b''} \rightarrow \frac{u''^2}{g S} \dots\dots\dots (3.16)$$

dengan :

Rb'' = Jari - jari hidraulik akibat konfigurasi dasar sungai

g = Gravitasi

S = Kemiringan dasar sungai

u'' = Kecepatan gesek akibat konfigurasi dasar sungai

- g. Menghitung jari – jari total

$$Rb = Rb' + Rb'' \dots\dots\dots(3.17)$$

Dengan

Rb = Jari – jari hidraulik total

Rb' = Jari – jari hidraulik akibat kekasaran butiran

Rb'' = Jari – jari hidraulik akibat konfigurasi dasar sungai

- h. Menghitung debit kontrol

$$Q = A \cdot v \dots\dots\dots(3.18)$$

Dengan :

Q = Debit hitungan

A = luas penampang ($B \times h + 2h^2$), $h = Rb'$

v = kecepatan aliran

Jika nilai debit hitungan mendekati debit pengukuran lapangan maka asumsi nilai jari – jari hidraulik akibat kekasaran butiran sudah benar, jika tidak mendekati maka asumsi salah.

2. Menghitung angkutan sedimen dengan asumsi jari – jari hidraulik akibat kekasaran butiran (Rb') yang sudah benar. Adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung intensitas aliran (Ψ) menggunakan persamaan 3.15
- b. Menghitung kecepatan gesek akibat kekasaran butiran (u') dengan persamaan 3.16
- c. Menghitung tebal lapis sub viskositas (δ') menggunakan persamaan 3.12

d. $\Delta = \frac{d_{35}}{x} \dots\dots\dots(3.19)$

e. Untuk $\frac{\Delta}{\delta'} > 1,8$ $x = 0,177 \times \Delta \dots\dots\dots(3.20)$

Untuk $\frac{\Delta}{\delta'} < 1,8$ $x = 1,39 \times \delta \dots\dots\dots(3.21)$

- f. Mencari *Hiding factor* (ξ)

Untuk fraksi $d_i = \text{ukuran} \times 10^{-3}$

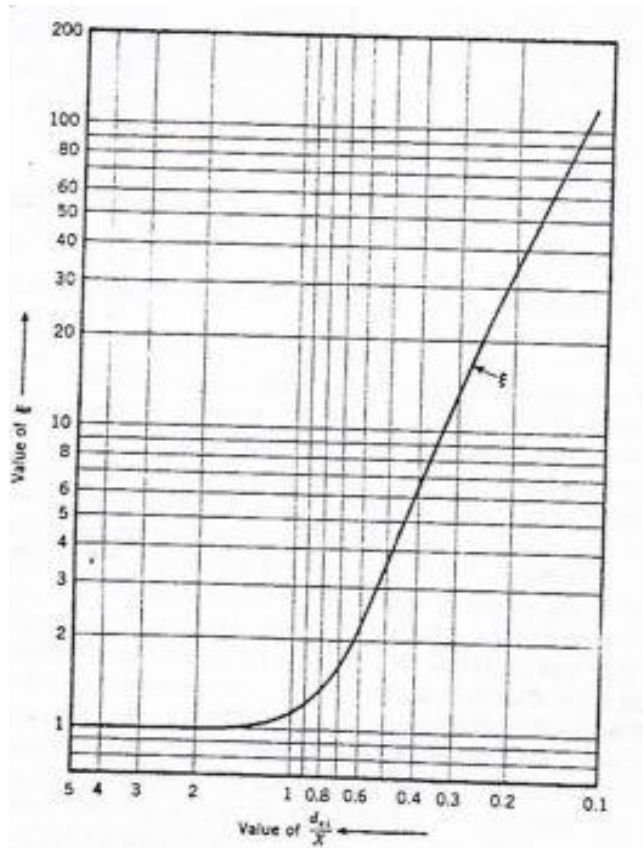
$$\frac{d_i}{x} \dots\dots\dots(3.22)$$

Dengan :

d_i = Kekasaran butiran = d_{65}

x = Nilai karakteristik ukuran butiran tidak seragam

Dengan memasukan nilai hasil dari persamaan 3.6 ke grafik *hiding factor* maka didapat nilai *hiding factor* (ξ)



Gambar 3. 6 Grafik *Hiding factor*

Sumber : Kironoto, 1997

g. Mencari nilai koreksi gaya angkat (Y)

$$\frac{Ks}{\delta'} = \frac{d_{65}}{\delta'} \dots\dots\dots(3.23)$$

Dengan :

Ks = Nilai kekasaran butiran

d_{65} = fraksi yang tertampung sebanyak 65 %

δ' = tebal lapis sub viskositas

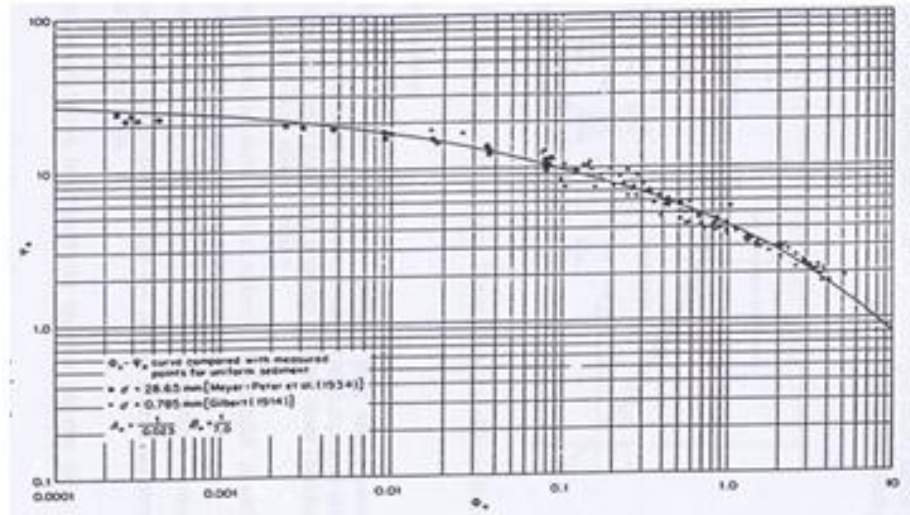
dengan memasukan hasil persamaa 3.26 kedalam grafik nilai koreksi gaya angkat maka didapat nilai korekai gaya angkat .

h. Mencari intensitas aliran yang sudah dikoreksi

$$\left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 = \left(\frac{\log(10,6)}{\log(10,6 \frac{x}{\Delta})}\right)^2 \dots\dots\dots(3.24)$$

$$\Psi'_{o1} = \xi_1 Y_1 \left(\frac{\beta}{\beta x}\right)^2 \dots\dots\dots(3.25)$$

Dari hasil persamaan 3.25 yang diplotkan pada grafik Gambar 3.7 maka didapat nilai Φ . jika nilai Φ berada di luar kurva maka nilainya = 0,0



Gambar 3. 7 Grafik Einstein

Sumber : Kironoto, 1997

i. Menghitung besar angkutan sedimen dasar untuk fraksi d_1

$$(i_b q_b)_1 = i_b \Phi_{o1} \rho_s (g d_1)^{3/2} \left(\frac{\rho - \rho_s}{\rho}\right)^{1/2} \dots\dots\dots(3.26)$$

Dengan :

i_b = Fraksi kelas ukuran i dalam material dasar

q_b = angkutan sedimen dasar dalam berat persatuan waktu dan lebar

g = Percepatan gravitasi

Φ = Intensitas angkutan sedimen dasar

ρ = Rapat massa air

ρ_s = Rapat massa sedimen

d_1 = Diameter ukuran butir kelas i

j. Dengan prinsip yang sama seperti persamaan 3.28 maka fraksi d_2 dan d_3 dapat dihitung besar angkutan sedimen dasarnya.

k. Menghitung angkutan sedimen dasar total

$$(i_b q_b)_{\text{tot}} = (i_b q_b)_1 + (i_b q_b)_2 + (i_b q_b)_3 \dots\dots\dots(3.27)$$

l. Menghitung besar angkutan sedimen dasar total perhari

$$\Sigma(i_b q_b) \times 60 \times 60 \times 24 \times b \dots\dots\dots(3.28)$$

Dengan :

$$\Sigma(i_b q_b) = \text{Angkutan sedimen dasar total}$$

$$b = \text{lebar dasar sungai}$$

3. Persamaan Frijlink (1952)

Dasar dari persamaan Frijlink adalah rumus atau persamaan dalam menghitung besaran angkutan sedimen dasar (*Bedload*) haruslah memperhitungkan konfigurasi dasar sungai secara khusus. Dalam hal tersebut Frijlink menjabarkan nilai *Ripple Factor* sebagai berikut (Kironoto,1997) :

$$\mu = \left(\frac{C}{C_{d90}} \right)^{3/2} \dots\dots\dots (3.29)$$

dimana :

$$\mu = \text{Ripple factor}$$

$$C = \text{Koefisien Chezy total (kekasaran butiran + konfigurasi dasar sungai)}$$

$$C_{d90} = \text{Koefisien Chezy akibat kekasaran butiran dengan diameter representatif } d_{90}$$

Sedangkan persamaan untuk menentukan nilai koefisien Chezy baik yang dipengaruhi oleh kekasaran butiran maupun konfigurasi dasar tersebut adalah:

$$C = 18 \log \frac{12.R}{k} \dots\dots\dots(3.30)$$

Dengan:

$$C = \text{Nilai koefisien Chezy total}$$

$$R = \text{Radius hidraulik}$$

$$k = \text{Koefisien kekasaran}$$

$$C_{d90} = 18 \log \frac{12.R}{d_{90}} \dots\dots\dots(3.31)$$

Dengan :

C_{d90} = Koefisien Chezy dengan diameter representatif d_{90}

R = Radius hidraulik

d_{90} = diameter representatif 90%

Untuk dasar saluran yang rata nilai koefisien Chezy total sama dengan nilai koefisien Chezy akibat kekasaran butiran ($C = C_{d90}$) maka dapat disimpulkan nilai *Ripple factor* (μ) untuk saluran dengan dasar rata = 1. Pada tahun 1952 Frijlink menurunkan persamaan untuk menghitung besaran angkutan sedimen dasar sebagai berikut :

$$\frac{Tb}{d_m \sqrt{g \cdot \mu \cdot R \cdot I}} = 5e^{-0,21 \frac{\Delta d_m}{\mu \cdot R \cdot I}} \dots \dots \dots (3.32)$$

dengan :

Tb = Nilai angkutan sedimen dasar

d_m = Diameter butiran representatif = d_{50}

g = Gravitasi

μ = *Ripple factor*

R = Radius hidraulik

I = Kemiringan dasar / slope

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}$$