

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus-menerut dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah dan menuju atau bermuara ke laut, danau atau sungai yang lebih besar. (Syarifuddin, 2000).

Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2011 Tentang Sungai menjelaskan bahwa fungsi sungai diklasifikasikan menjadi dua, yaitu :

- a) Fungsi sungai untuk kehidupan manusia, berupa fungsi sungai sebagai penyedia air dan wadah air untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, sanitasi lingkungan, pertanian, industri, pariwisata, olah raga, pertahanan, perikanan, pembangkit tenaga listrik, transportasi, dan kebutuhan lainnya;
- b) Fungsi sungai untuk kehidupan alam, berupa fungsi sungai sebagai pemulih kualitas air, penyalur banjir, dan pembangkit utama ekosistem flora dan fauna.

Sungai secara alamiah memiliki dua fungsi utama yaitu mengalirkan air dan mengangkut sedimen hasil erosi pada Daerah Aliran Sungai dan alurnya (*Self Purification*), kedua fungsi ini terjadi bersamaan dan saling mempengaruhi. (Masduqi, 2009).

2.2 Sedimen

Sedimen adalah suatu kepingan atau potongan yang terbentuk oleh proses fisik dan kimia dari batuan atau tanah. Bentuk dari material beraneka ragam dan tidak terbatas dari mulai yang berbentuk bulat sampai berbentuk tajam. Juga bervariasi dalam kerapatan dan komposisi materialnya. (Tatipata, 2015). Sedimen diklasifikasikan menjadi tiga macam menurut pergerakan angkutannya, yakni :

- a) *Bed Load Transport*

Bed load adalah Partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar sungai. Adanya *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang

ukurannya besar, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai.

b) *Wash Load Transport*

Wash load adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silk*) dan debu (*dust*), yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang.

c) *Suspended Load Transport*

Suspended load adalah material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa mengambang di atas dasar sungai, karena selalu didorong oleh turbulensi aliran. *Suspended load* itu sendiri umumnya bergantung pada kecepatan jatuh atau lebih dikenal dengan *fall velocity*.

R.P. Koesomadinata (1985) menjelaskan bahwa sedimen dibedakan menjadi dua golongan, yang ditentukan dengan melakukan analisa *granulometri*, yakni :

a) Golongan Detritus Kasar

Batuan sedimen diendapkan dengan proses mekanis. Termasuk dalam golongan ini antara lain adalah breksi, konglomerat dan batupasir. Lingkungan tempat pengendapan batuan ini berada di sungai dan danau atau laut.

b) Golongan Detritus Halus

Batuan yang termasuk kedalam golongan ini diendapkan di lingkungan laut dangkal sampai laut dalam. Yang termasuk kedalam golongan ini adalah batu lanau, serpih, dan batu lempung.

2.2.1 Analisa Ukuran Butir Sedimen

Granulometri atau sering diterjemahkan dengan analisa ukuran butir adalah suatu metoda analisa yang menggunakan ukuran butir sebagai materi analisa. (Friedman, 1978). Sedimen cenderung didominasi oleh satu atau beberapa jenis partikel, sehingga terdiri dari ukuran yang berbeda-beda. Ukuran butir sedimen diwakili oleh diameternya yang biasa disimbolkan dengan d , dan satuan yang lazim digunakan untuk ukuran butir sedimen adalah milimeter (mm) dan micrometer

(μm). (Poerbandono dan Djunasjah, 2005). Klasifikasi sedimen dapat ditentukan dengan menggunakan tabel oleh Garde dan Raju (1985) tentang klasifikasi sedimen berdasarkan ukuran butir yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Klasifikasi Sedimen berdasarkan Ukuran Butir

Interval/Range (mm)	Nama	Interval/Range (mm)	Nama
4096 - 2048	Batu sangat besar (<i>Very Large Boulders</i>)	1/2 - 1/4	Pasir sedang (<i>Medium Sand</i>)
2048 - 1024	Batu besar (<i>Large Boulders</i>)	1/4 - 1/8	Pasir halus (<i>Fine Sand</i>)
1024 - 512	Baru sedang (<i>Medium Boulders</i>)	1/8 - 1/16	Pasir sangat halus (<i>Very Fine Sand</i>)
512 - 256	Batu kecil (<i>Small Boulders</i>)	1/16 - 1/32	Lumpur kasar (<i>Coarse Silt</i>)
256 - 128	Kerakal besar (<i>Large Cobbles</i>)	1/32 - 1/64	Lumpur sedang (<i>Medium Silt</i>)
128 - 64	Kerakal kecil (<i>Small Cobbles</i>)	1/64 - 1/128	Lumpur halus (<i>Fine Silt</i>)
64 - 32	Kerikil sangat kasar (<i>Very Coarse Gravel</i>)	1/128 - 1/256	Lumpur sangat halus (<i>Very Fine Silt</i>)
32 - 16	Kerikil kasar (<i>Coarse Gravel</i>)	1/256 - 1/512	Lempung kasar (<i>Coarse Clay</i>)
16 - 8	Kerikil sedang (<i>Medium Gravel</i>)	1/512 - 1/1024	Lempung sedang (<i>Medium Clay</i>)
8 - 4	Kerikil halus (<i>Fine Gravel</i>)	1/1024 - 1/2048	Lempung halus (<i>Fine Clay</i>)
4 - 2	Kerikil sangat halus (<i>Very Fine Gravel</i>)	1/2048 - 1/4096	Lempung sangat halus (<i>Very Fine Clay</i>)
2 - 1	Pasir sangat kasar (<i>Very Coarse Sand</i>)		Koloid
1 - 1/2	Pasir kasar (<i>Coarse Sand</i>)		

(Sumber : Garde & Raju, 1985)

Distribusi ukuran butiran dapat disajikan dalam bentuk grafik, namun untuk mendapatkan distribusi ukuran butiran, sebelumnya harus dilakukan analisis ukuran besar butir untuk sedimen. Sedimen diayak sehingga didapatkan berat sedimen yang tertahan ($Sedimen_{Tertahan}$) dalam saringan, berikut ialah rumus yang digunakan dalam menentukan berat sedimen yang lolos saringan :

$$\text{Berat Sedimen}_{Lolos} = \text{Total Berat Sedimen} - \text{Sedimen}_{Tertahan} \dots (2.1)$$

Dengan :

$\text{Berat Sedimen}_{Lolos}$ = Berat sedimen yang lolos (*gr*),

$\text{Total Berat Sedimen}$ = Total berat sedimen (*gr*),

$\text{Sedimen}_{Tertahan}$ = Berat sedimen yang tertahan di tiap ayakan (*gr*).

Selanjutnya, hasil dari sedimen yang tertahan dan yang lolos diubah kedalam besaran persentase (%) menggunakan rumus berikut :

1. Rumus untuk menentukan Persentase Sedimen yang Tertahan (%)

$$\% \text{ Sedimen}_{Tertahan} = \frac{\text{Sedimen}_{Tertahan}}{\text{Total Berat Sedimen}} \times 100 \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan :

$\% \text{ Sedimen}_{Tertahan}$ = Persentase sedimen yang tertahan di ayakan (%),

$\text{Sedimen}_{Tertahan}$ = Berat sedimen yang tertahan di tiap ayakan (*gr*),

$\text{Total Berat Sedimen}$ = Total berat sedimen (*gr*).

2. Rumus untuk menentukan Persentase Sedimen yang Lolos (%)

$$\% \text{ Sedimen}_{Lolos} = \frac{\text{Sedimen}_{Lolos}}{\text{Total Berat Sedimen}} \times 100 \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan :

$\% \text{ Sedimen}_{Lolos}$ = Persentase sedimen yang lolos di ayakan (%),

Sedimen_{Lolos} = Berat sedimen yang lolos di tiap ayakan (*gr*),

$\text{Total Berat Sedimen}$ = Total berat sedimen (*gr*).

Persentase sedimen yang tertahan dan yang lolos diolah kembali sehingga didapatkan persentase sedimen tertahan kumulatif dan persentase sedimen lolos kumulatif menggunakan kedua rumus berikut :

1. Rumus Persentase Tertahan Kumulatif (%)

$$\%S_{Tertahan\ Kumulatif} = \%S_{Tertahan\ Sebelum} + \%S_{Tertahan\ Setelah} \dots(2.4)$$

Dengan :

$\%S_{Tertahan\ Sebelum}$ = Persen sedimen yang tertahan di ayakan sebelumnya (*gr*),

$\%S_{Tertahan\ Setelah}$ = Persen sedimen yang tertahan di ayakan setelahnya (*gr*).

2. Rumus Persentase Lolos Kumulatif (%)

$$\%S_{Lolos\ Kumulatif} = Total\ \%S_{Tertahan} - \%S_{Tertahan\ Kumulatif} \dots(2.5)$$

Dengan :

$Total\ \%S_{Tertahan}$ = Total persentase sedimen yang tertahan di ayakan (*gr*),

$\%S_{Tertahan\ Kumulatif}$ = Persentase kumulatif sedimen yang tertahan di ayakan (*gr*).

Hasil dari persentase lolos kumulatif disajikan dalam bentuk grafik yang menunjukkan persentase lolos kumulatif dengan diameter butiran (*mm*). Data diameter ukuran butir didapat dengan membaca grafik analisa ukuran butir sedimen ataupun dengan menggunakan cara interpolasi.

2.3 Hidrometri

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

2.3.1 Pengukuran Lebar Penampang

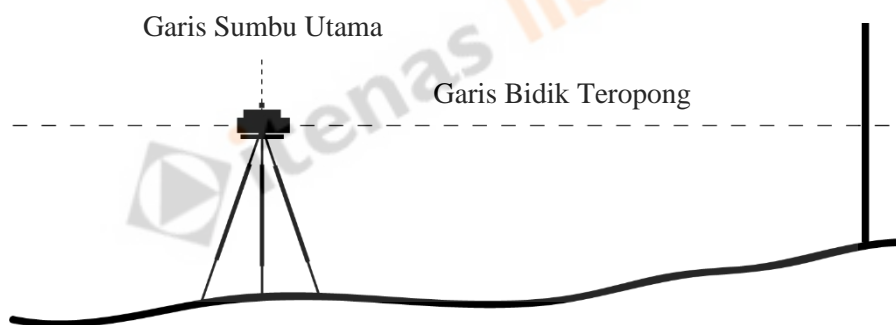
Pengukuran lebar aliran juga digunakan untuk mengetahui lebar dasar saluran yang nantinya digunakan mendapatkan luas penampang. Pengukuran lebar aliran dapat dilakukan dengan cara merawas/turun ke sungai dan mengukurnya dengan alat ukur *tape measure* atau menggunakan alat perum gema (*Echo Sounder*).

2.3.2 Pengukuran Tinggi Muka Air

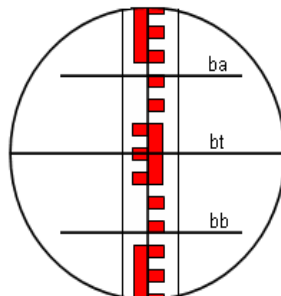
Pengukuran luas penampang memerlukan tinggi muka air, pengukuran tinggi muka air dapat dilakukan dengan bermacam-macam alat tergantung dari kondisi aliran sungai yang akan diukur. Pengukuran tinggi muka air dapat diketahui dengan mengukur menggunakan alat ukur mistar atau menggunakan alat perum gema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

2.3.3 Pengukuran Kemiringan Sungai

Pengukuran kemiringan sungai dibutuhkan untuk menentukan seberapa besar kecepatan aliran air di sungai. Pengukuran kemiringan dapat dilakukan berbagai macam alat, dan salah satunya ialah alat *waterpass*. Alat *waterpass* memiliki prinsip yaitu mengukur beda tinggi antar titik yang telah ditentukan. Pengukuran kemiringan dilakukan dengan menempatkan alat *waterpass* terlebih dahulu seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.2 Penempatan Alat *Waterpass*



Gambar 2.3 Tiga Benang Sejajar yaitu Benang Atas, Benang Tengah, dan Benang Bawah yang dilihat dari Teropong *Waterpass*

Ketiga benang harus terlihat sejajar seperti pada **Gambar 2.2**, sehingga dari ketiga pembacaan benang tersebut dapat menentukan panjangnya jarak optis antar titik. Berikut ialah persamaan sederhana untuk mengontrol ketepatan pembacaan Benang Tengah :

$$BT = \frac{BA+BB}{2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

BT = Nilai benang tengah,

BA = Nilai yang sejajar dengan Benang bagian atas,

BB = Nilai yang sejajar dengan Benang bagian bawah.

Panjang jarak optis antar titik dapat ditentukan apabila nilai BT , BA , dan BB telah didapatkan. Berikut ialah persamaan yang digunakan untuk menentukan jarak antar titik :

$$d = (BA - BB) \times 100 \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

d = *distance* atau jarak (m),

BA = Nilai yang sejajar dengan Benang bagian atas,

BB = Nilai yang sejajar dengan Benang bagian bawah.

Nilai perbedaan ketinggian dapat diketahui apabila telah mengetahui nilai pembacaan benang tengah bagian belakang (titik A) dan benang tengah bagian muka (titik B). Berikut ialah persamaan yang digunakan dalam menentukan perbedaan ketinggian antar titik :

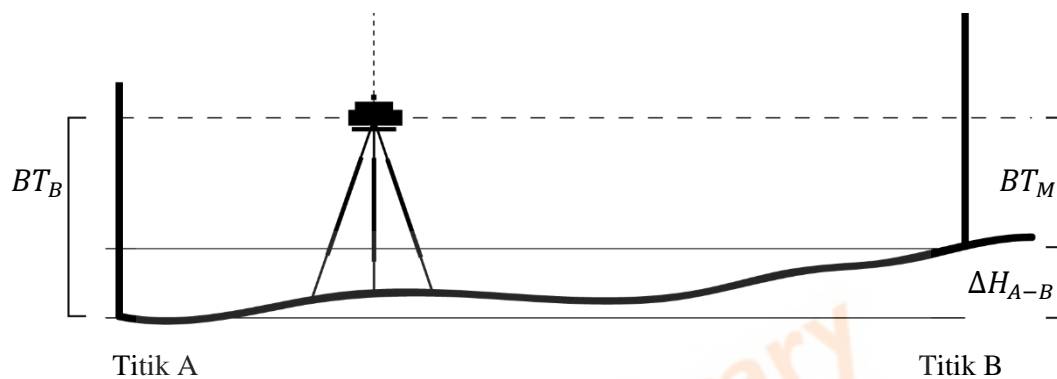
$$\Delta H_{A-B} = BT_{Belakang} - BT_{muka} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

ΔH_{A-B} = Perbedaan ketinggian antara titik A dan titik B (m),

BT_B = Nilai yang sejajar dengan Benang Tengah di titik A,

BT_M = Nilai yang sejajar dengan Benang Tengah di titik B.



Gambar 2.4 Perbedaan Ketinggian antara Titik A dan Titik B

Besar nilai kemiringan lereng dapat dinyatakan dalam persentase, juga dalam derajat, berikut ialah beberapa rumus yang dapat digunakan untuk menentukan kemiringan lereng :

1. Rumus Kemiringan Lereng dalam persentase (%)

$$I = \frac{\Delta H_{A-B}}{d} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

I = Kemiringan lereng (%),

ΔH_{A-B} = Perbedaan ketinggian antara titik A dan titik B (m),

d = *distance* atau jarak (m).

2. Rumus Kemiringan Lereng dalam derajat (°)

$$I = \text{ArcTan} \left(\frac{\Delta H_{A-B}}{d} \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

I = Kemiringan lereng ($^{\circ}$),

ΔH_{A-B} = Perbedaan ketinggian antara titik A dan titik B (m),

d = *Distance* atau jarak (m).

2.3.4 Pengukuran Kecepatan Aliran Sungai

Kecepatan aliran merupakan komponen aliran yang sangat penting. Kecepatan aliran ini diukur dalam dimensi satuan panjang suatu waktu, umumnya dinyatakan dalam meter/detik (m/s). Pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya ialah menggunakan alat pengukur arus *current meter* ataupun menggunakan rumus hidraulika saluran terbuka.

1. Pengukuran Kecepatan Aliran Menggunakan Persamaan Hidraulika Saluran Terbuka

Saluran terbuka merupakan saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas. Berdasarkan asalnya saluran dapat digolongkan menjadi 2 yaitu saluran alamiah dan saluran buatan. (V.T Chow, 1997). Contoh dari saluran alamiah ialah sungai, irigasi, maupun drainase perkotaan. Faktor penting dalam studi hidraulika adalah kecepatan atau debit aliran. Berikut ialah rumus sederhana yang banyak digunakan untuk menentukan debit aliran :

$$Q = V \times A \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan :

Q = Debit aliran (m^3/s),

V = Kecepatan aliran (m/s),

A = Luas penampang (m^2).

Apabila kecepatan dan luas penampang diketahui, maka debit aliran dapat dihitung. Nilai kecepatan aliran dapat diketahui dengan menggunakan persamaan hidraulik untuk saluran terbuka dan salah satunya ialah persamaan *Manning*.

a. Persamaan Manning

Persamaan *Manning* banyak digunakan pada pengaliran di saluran terbuka, namun bisa juga digunakan untuk pengaliran di pipa. Berbeda dengan persamaan *Chezy*, persamaan *Manning* lebih memiliki banyak variasi dalam koefisien kekasarannya, atau koefisien kekasaran *Manning* yang ditunjukkan pada **Tabel 2.2**. dan berikut adalah persamaan umum untuk rumus *Manning* :

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Koefisien kekasaran acuan (n_{acuan}) diperoleh dengan rumus :

$$n_{acuan} = \frac{R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}}{\tilde{V}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Jari jari hidraulik akan didapatkan dengan rumus sederhana yaitu :

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan :

V = Kecepatan aliran (m/s),

\tilde{V} = Kecepatan aliran rerata (m/s),

n = Koefisien kekasaran *Manning*,

n_{acuan} = Koefisien kekasaran acuan,

R = Jari-jari hidraulik (m),

I = Kemiringan saluran,

A = Luas penampang (m^2),

P = Luas keliling basah (m^2).

Tabel 2.2 Koefisien Kekasaran *Manning*

Tipe Saluran dan Deskripsi	Minimum	Normal	Maksimum
C. Digali atau Dikeruk			
a. Tanah Lurus dan Seragam			
1. Bersih, baru dibuat	0,016	0,018	0,020
2. Bersih, telah melapuk	0,018	0,022	0,025
3. Kerikil, penampang seragam, bersih	0,022	0,025	0,030
4. Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
b. Tanah Berkelok-Kelok dan Tenang			
1. Tanpa tetumbuhan	0,023	0,025	0,030
2. Rumput dengan beberapa tanaman pengganggu	0,025	0,030	0,033
3. Banyak tanaman pengganggu atau tanaman air di dasar saluran	0,030	0,035	0,040
4. Dasar tanah dengan tebing dari batu pecah	0,028	0,030	0,035
5. Dasar berbatu dengan tanaman pengganggu pada tebing	0,025	0,035	0,040
6. Dasar berkerakal dengan tebing yang bersih	0,030	0,040	0,050
c. Hasil Galian atau Kerukan			
1. Tanpa tetumbuhan	0,025	0,028	0,033
2. Semak-semak kecil di tebing	0,035	0,050	0,060
d. Pecahan Batu			
1. Halus, seragam	0,025	0,035	0,040
2. Tajam, tidak beraturan	0,035	0,040	0,050
e. Saluran tidak dirawat dengan tanaman pengganggu dan belukar tidak dipotong			
1. Banyak tanaman pengganggu setinggi air	0,050	0,080	0,120
2. Dasar bersih, belukar ditebing	0,040	0,050	0,080
3. Idem, setinggi muka air tertinggi	0,045	0,070	0,110
4. Banyak belukar setinggi air banjir	0,080	0,100	0,140

(Sumber : Ven Te Chow, 1959)

Koefisien kekasaran secara teoritis sangat berpengaruh kepada kecepatan dan juga debit aliran, jika nilai koefisien kekasarannya besar, maka nilai kecepatan dan debit aliran menjadi rendah sehingga, kecepatan aliran tergantung pada bahan pembentuk saluran.

Saluran yang memiliki dasar yang halus, nilai koefisien kekasarannya akan menjadi rendah dan relatif tidak terpengaruh dengan perubahan taraf aliran, dan apabila bahan pembentuk saluran dari pasangan batu atau kerikil, maka nilai hambatan tinggi juga terjadi baik pada taraf air tinggi maupun rendah. (Triatmojo, 2003). Kekasaran hidraulik (n) dapat ditentukan dengan beberapa macam pendekatan atau formulasi umum, yaitu :

i) Persamaan Koefisien Kekasaran Meyer (1948)

Rumus Meyer digunakan untuk material dasar campuran (ukuran butiran kasar) dan memprediksi daerah pegunungan yang terdiri dari material dasar gravel dan pasir kasar serta kerakal, juga bongkahan batu. Meyer mencari nilai kekasaran dengan pendekatan :

$$n = \frac{D_{50}^{\frac{1}{6}}}{26} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan :

D_{50} = Diameter butiran yang 50% fraksi butirnya lolos saringan.

ii) Persamaan Koefisien Kekasaran Muller (1948)

Muller memodifikasi persamaan dari Meyer dan berpendapat bahwa koefisien kekasaran dasar alur sungai (n) ialah apabila resistensi aliran hanya disebabkan oleh kekasaran partikel sedimen dasar dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus yaitu :

$$n = \frac{D_{90}^{\frac{1}{6}}}{26} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan :

D_{90} = Diameter butiran yang 90% fraksi butirnya lolos saringan.

iii) Persamaan Koefisien Kekasaran Anderson (1970)

Anderson menggunakan data dari 77 pengukuran debit pada saluran yang dilakukan pada percobaan laboratorium dengan ukuran sedimen pasir 0.0005 – 1.0 ft, $S < 0.01$, menggunakan material dasar yang berdiameter D84 dengan kisaran 0.36 – 2.6 cm, nilai bilangan Froude adalah 0.22 – 0.97, ukuran sedimen dasar mempunyai nilai 0.0005 – 1.00. Anderson memberikan pendekatan untuk menghitung angka kekasaran dengan menggunakan rumus persamaan :

$$n = 0.0395 (D_{50})^{\frac{1}{5}} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan :

D_{50} = Diameter butiran yang 50% fraksi butirnya lolos saringan.

iv) Persamaan Koefisien Kekasaran Raudkivi (1971)

Pada tahun 1971, Raudkivi menghitung angka kekasaran saluran dengan menggunakan rumus pendekatan :

$$n = 0.013 D_{65}^{\frac{1}{6}} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan :

D_{65} = Diameter butiran yang 65% fraksi butirnya lolos saringan.

v) Persamaan Koefisien Kekasaran Simons (1977)

Hukum tahanan aliran yang diajukan oleh Simons tahun 1977 untuk aliran sungai adalah persamaan kekasaran dengan menggunakan pendekatan:

$$n = 0.047 D_{50}^{\frac{1}{6}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan :

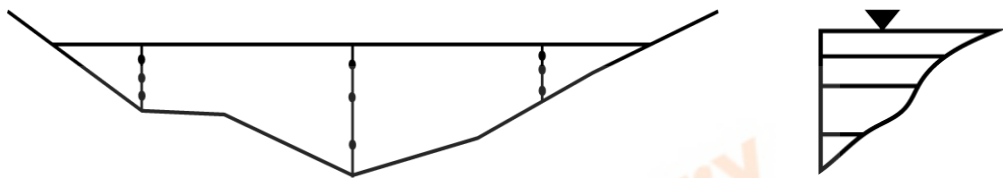
D_{50} = Diameter butiran yang 50% fraksi butirnya lolos saringan.

2. Pengukuran Kecepatan Aliran Menggunakan Alat *Current Meter*

Current meter adalah alat yang dapat mengukur kecepatan arus aliran air. Alat ini memiliki sensor untuk mengukur kecepatan arus pada lokasi yang tetap pada kurun waktu tertentu. *Current meter* umumnya digunakan dalam mengukur kecepatan aliran karena alat ini memberikan ketelitian yang cukup tinggi, namun alat *current meter* hanya dapat mengukur kecepatan aliran pada saluran dengan permukaan air rendah, apabila alat ini digunakan untuk mengukur saat keadaan air banjir, alat ini mungkin akan terbawa hanyut sehingga posisi dan kedalamannya dapat berubah akibatnya pengukuran pun menjadi tidak teliti.

Current meter memiliki beberapa tipe, namun pada penelitian ini tipe *current meter* yang digunakan ialah tipe *flowatch* fl-03 atau jenis yang paling sering digunakan karena alatnya *portable* dan menampilkan kecepatan secara digital pada layar LED tanpa harus diolah menggunakan persamaan terlebih dahulu.

Pengukuran kecepatan aliran dengan alat *current meter* dapat dilakukan dengan dua arah, yaitu transversal dan vertikal, dimana pengukuran dengan arah vertikal yang digunakan pada penelitian ini ialah metode *Point Integrated Sampling Method*. *Point integrated sampling method* merupakan salah satu metode untuk mengetahui kecepatan aliran pada suatu penampang sungai. Pengukuran dengan metode ini dilakukan pada beberapa arah vertikal di suatu penampang dengan jarak yang sudah ditentukan dengan tiga titik kedalaman yang berbeda yaitu 0,8h, 0,6h, dan 0,2h.



Gambar 2.5 Pengukuran *Point Integrated Method*

Kecepatan rerata dengan metode tiga titik didapat dengan menggunakan rumus:

$$\tilde{V} = \left(\frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} + V_{0,6} \right) \times \frac{1}{2} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan :

\tilde{V} = Kecepatan aliran rerata atau acuan (*m/s*),

$V_{0,2}$ = Kecepatan aliran pada kedalaman 0,2 h (*m/s*),

$V_{0,6}$ = Kecepatan aliran pada kedalaman 0,6 h (*m/s*),

$V_{0,8}$ = Kecepatan aliran pada kedalaman 0,8 h (*m/s*).

3. Persentase Kesalahan (*Error Percentage*) Pengukuran Kecepatan Aliran

Kesalahan pengukuran ialah selisih antara ukuran sebenarnya dengan ukuran yang diperoleh dari hasil perhitungan atau sebuah metode. Pengukuran dengan menggunakan alat maupun dengan menggunakan persamaan tidak akan memiliki hasil yang akurat atau tepat, hal ini disebabkan karena terjadinya kesalahan saat mengukur maupun saat menghitung data yang dihasilkan oleh pengukuran.

Kesalahan pengukuran untuk kecepatan aliran dalam penelitian ini dapat dihitung dengan sebuah persamaan yaitu :

$$Kesalahan\ Relatif = \left| \frac{\tilde{V} - V_x}{\tilde{V}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (2.21)$$

Dengan :

\tilde{V} = Kecepatan rerata aliran berdasarkan alat *current meter*,

V_x = Kecepatan aliran yang diperoleh berdasarkan persamaan.

Kesalahan pengukuran untuk koefisien kekasaran (n) dalam penelitian ini dapat dihitung dengan persamaan :

$$Kesalahan\ Relatif = \left| \frac{n_{acuan} - n_x}{n_{acuan}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan :

n_{acuan} = Koefisien kekasaran acuan,

n_x = Koefisien kekasaran berdasarkan persamaan.

4. Faktor Koreksi Pengukuran Kecepatan Aliran

Faktor koreksi ialah nilai yang menunjukkan ketepatan dalam suatu pengukuran, dengan membagi nilai yang diperoleh dan nilai acuan akan diperoleh nilai yang harus berada pada rentang 0 – 1, apabila kedua nilai sama besarnya maka faktor koreksi yang akan dihasilkan ialah 1, artinya tidak memiliki perbedaan nilai, sedangkan apabila kedua nilai tidak sama besarnya maka faktor koreksi yang akan dihasilkan mungkin akan berada diatas 1, artinya nilai tidak mendekati acuan. Faktor koreksi dalam penelitian ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Faktor\ Koreksi = \frac{V_x}{\tilde{V}} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dengan :

\tilde{V} = Kecepatan rerata aliran berdasarkan alat *current meter*,

V_x = Kecepatan aliran yang diperoleh berdasarkan persamaan.