

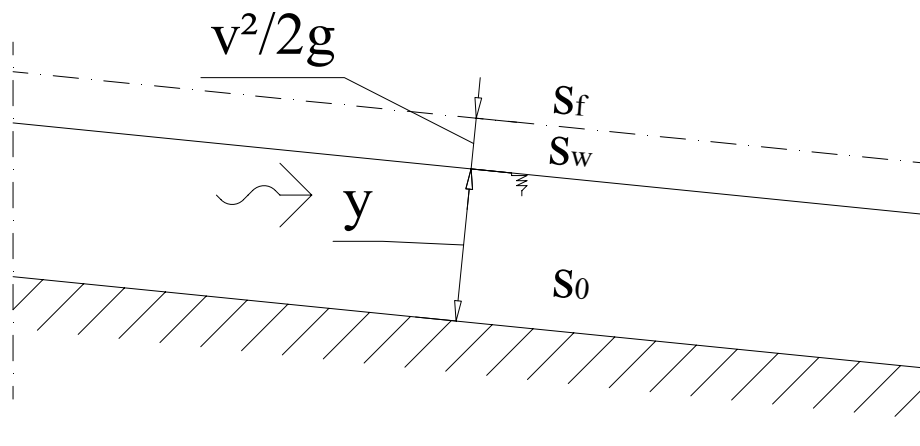
## 2. STUDI PUSTAKA

### 2.1. Aliran Seragam

#### 2.1.1. Definisi Aliran Seragam

Aliran yang digunakan pada penelitian ini adalah aliran seragam (*uniform flow*) contoh aliran seragam dapat dilihat pada Gambar 2.1. Saluran dengan Aliran Seragam., definisi aliran seragam adalah aliran yang :

- Pada setiap potongannya mempunyai ketinggian air, luas penampang dan kecepatan yang konstan.
- Mempunyai garis energi, permukaan air dan dasar saluran yang semuanya sejajar, dengan demikian maka  $s_f = s_w = s_o$  , di mana :
  - $s_f$  = Kemiringan garis energi
  - $s_w$  = Kemiringan permukaan air
  - $s_o$  = Kemiringan dasar saluran



Gambar 2.1. Saluran dengan Aliran Seragam.

Pada umumnya, aliran seragam hanya dapat terjadi pada saluran yang sangat panjang, lurus dan merupakan saluran prismatic.

### 2.1.2. Persamaan Chezy

Kecepatan rata-rata dari aliran seragam dapat dihitung dengan sejumlah persamaan aliran seragam yang semi empiris. Semua persamaan mempunyai bentuk sebagai berikut :

$$v = C R^x S^y \quad (2.1.)$$

Di mana :

- $v$  = Kecepatan rata-rata (m / detik)
- $R$  = Jari-jari hidrolis (m)
- $S$  = Kemiringan arah memanjang saluran
- $C$  = Koefisien penahan
- $x$  dan  $y$  = Koefisien

Salah satu dari persamaan itu adalah persamaan Chezy yang dikembangkan pada tahun 1769.

Persamaan Chezy diturunkan dari definisi aliran seragam dengan asumsi yang melihat bentuk koefisien penahan aliran. Definisi aliran seragam memerlukan bahwa gaya penahan aliran tepat sama dengan gaya yang menyebabkan pergerakan. Gaya yang menyebabkan pergerakan adalah :

$$F_m = W \sin \phi = \gamma A L \sin \phi \quad (2.2)$$

Di mana :

$F_m$  = Gaya yang menyebabkan pergerakan (Newton)

$W$  = Berat dari cairan di dalam volume yang dikontrol (Newton)

$\gamma$  = Berat jenis cairan (Newton / m<sup>3</sup>)

$A$  = Luas aliran (m<sup>2</sup>)

$L$  = Panjang volume yang dikontrol (m)

$\phi$  = Sudut kemiringan arah memanjang saluran

Jika  $\phi$  kecil maka  $\sin \phi \approx S_o$  . Diasumsikan bahwa gaya per unit luasan dari gerakan penahan saluran  $F_R$  proporsional terhadap pangkat dua dari kecepatan rata-rata

$$F_R \sim v^2$$

Lalu untuk mencapai panjang  $L$  dengan keliling basah  $P$  maka gaya penahan adalah :

$$F_R = L P k v^2$$

Di mana  $k$  = Konstanta proporsional. Karena gaya penyebab gerakan sama dengan gaya penahan maka  $F_m = F_R$  atau :

$$\gamma A L S_o = L P k v^2$$

$$v = (\gamma / k)^{1/2} \sqrt{(R S)}$$

Untuk kemudahan maka

$$C = (\gamma / k)^{1/2} \quad (2.3)$$

Koefisien penahan  $C$  biasanya juga dikenal dengan Chezy  $C$ , dan pada kenyataannya ditentukan baik dari pengukuran ataupun dari estimasi.

### 2.1.3. Persamaan Manning

Pada penelitian ini rumus Manning digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ( $n$ ) berdasarkan dari data hasil percobaan di laboratorium baik pada saluran dengan kekasaran tunggal maupun pada saluran dengan kekasaran majemuk.

$$v = 1 / n \times R^{2/3} \times s^{1/2} \quad (2.4)$$

Di mana :

$v$  = Kecepatan rata-rata pada saluran (m / detik)

$n$  = Koefisien kekasaran Manning

$R$  = Jari-jari hidrolik (m)

$s$  = Kemiringan memanjang saluran

Persamaan Manning ini adalah hasil dari proses *curve-fitting* oleh karena itu secara alami sangat empiris.

Koefisien kekasaran Manning ( $n$ ) mempunyai nilai yang berbeda-beda sesuai dengan permukaan dari saluran tersebut, contoh nilai-nilai  $n$  untuk bermacam-macam permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.1. Koefisien Kekasaran Manning.

Tabel 2.1. Koefisien Kekasaran Manning.

No	Jenis permukaan	n
1	Terbuat dari tanah	0.025
2	Terbuat dari beton	0.015
3	Terbuat dari batu	0.02
4	Terbuat dari kayu	0.013
5	Terbuat dari baja permukaan licin	0.012
6	Terbuat dari baja permukaan bergelombang	0.025
7	Terbuat dari kaca	0.01

Sumber : Chow, Ven Te. *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, Inc., 1959

## 2.2. Rumus Koefisien Kekasaran Manning Ekivalen

Dalam penelitian ini rumus-rumus hidrolika yang digunakan cukup banyak, rumus-rumus ini pada umumnya digunakan untuk mengukur koefisien kekasaran Manning ( $n$ ), baik untuk saluran dengan kekasaran tunggal maupun untuk saluran dengan kekasaran majemuk.

Pada banyak saluran yang direncanakan dan hampir semua saluran alam, kekasaran saluran sangat bervariasi sepanjang *perimeter* nya, pada kasus yang demikian kadang diperlukan untuk menghitung koefisien kekasaran ekivalen untuk keseluruhan *perimeter*.

Pada saluran, daerah aliran dibagi menjadi  $N$  bagian dengan masing-masing keliling basah ( $P_i$ ) dan koefisien kekasaran ( $n_i$ ). Pada metode-metode berikut ini keliling basah tidak termasuk garis batas imajiner yang memisahkan tiap bagian, contoh dari garis batas imajiner ini dapat dilihat pada Gambar 2.2. Penampang Saluran dengan Kekasaran Majemuk. di mana garis putus-putus adalah garis batas imajiner yang dimaksud.

Pada buku *Open Channel Hydraulics* dari Ven Te Chow diberikan 3 buah metode untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekivalen ( $n_b$ ) yaitu :

- o Metode dari Horton (1933), Einstein (1934)

Rumus ini digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekivalen ( $n_e$ )

$$n_e = ((P_1 n_1^{1.5} + P_2 n_2^{1.5} + \dots + P_N n_N^{1.5}) / P)^{2/3} \quad (2.5)$$

Di mana :

$n_e$  = Koefisien kekasaran Manning ekivalen

$P_i$  = Keliling basah bagian saluran ke-i (m)

$n_i$  = Koefisien kekasaran Manning bagian saluran ke-i

$P$  = Keliling basah seluruh bagian saluran (m)

$N$  = Jumlah bagian dari saluran

Metode ini mengasumsikan bahwa setiap bagian mempunyai kecepatan rata-rata yang sama dengan kecepatan rata-rata seluruhnya

- o Metode dari Pavlovskii (1931), Muhlhofer(1933), Einstein & Banks(1950)  
Rumus ini digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekivalen ( $n_e$ )

$$n_e = ((P_1 n_1^2 + P_2 n_2^2 + \dots + P_N n_N^2) / P)^{1/2} \quad (2.6)$$

Di mana :

$n_e$  = Koefisien kekasaran Manning ekivalen

$P_i$  = Keliling basah bagian saluran ke-i (m)

$n_i$  = Koefisien kekasaran Manning bagian saluran ke-i

$P$  = Keliling basah seluruh bagian saluran (m)

$N$  = Jumlah bagian dari saluran

Metode ini mengasumsikan bahwa gaya penahan total sama dengan jumlah masing-masing gaya penahan pada setiap bagian

- o Metode dari Lotter (1933)  
Rumus ini digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekivalen ( $n_e$ )

$$n_e = P R^{5/3} / (P_1 R_1^{5/3} / n_1 + P_2 R_2^{5/3} / n_2 + \dots + P_N R_N^{5/3} / n_N) \quad (2.7)$$

Di mana :

$n_e$  = Koefisien kekasaran Manning ekivalen

$P_i$  = Keliling basah bagian saluran ke-i (m)

$n_i$  = Koefisien kekasaran Manning bagian saluran ke-i

$P$  = Keliling basah seluruh bagian saluran (m)

$N$  = Jumlah bagian dari saluran

$R$  = Jari-jari hidrolis seluruh bagian saluran (m)

$R_i$  = Jari-jari hidrolis bagian saluran ke-i (m)

Metode ini mengasumsikan bahwa debit total sama dengan jumlah dari debit pada setiap bagian

Pada buku *Open-channel hydraulics* dari Richard H. French ditambahkan dua metode lagi untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekivalen yaitu :

o Metode dari Cox (1973)

Rumus ini digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekivalen ( $n_e$ )

$$n_e = (A_1 n_1 + A_2 n_2 + \dots + A_N n_N) / A \quad (2.8)$$

Di mana :

$n_e$  = Koefisien kekasaran Manning ekivalen

$A_i$  = Luas bagian saluran ke-i ( $m^2$ )

$n_i$  = Koefisien kekasaran Manning bagian saluran ke-i

$A$  = Luas seluruh bagian saluran ( $m^2$ )

$N$  = Jumlah bagian dari saluran

o Metode Colebatch dari Cox (1973)

Rumus ini digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekivalen ( $n_e$ )

$$n_e = ((A_1 n_1^{1.5} + A_2 n_2^{1.5} + \dots + A_N n_N^{1.5}) / A)^{2/3} \quad (2.9)$$

Di mana :

$n_e$  = Koefisien kekasaran Manning ekivalen

$A_i$  = Luas bagian saluran ke-i ( $m^2$ )

$n_i$  = Koefisien kekasaran Manning bagian saluran ke-i

$A$  = Luas seluruh bagian saluran ( $m^2$ )

$N$  = Jumlah bagian dari saluran

Pada paper berjudul *Effects of Riparian Tree Management on Flood Conveyance Study of Manning's Roughness in Vegetated Floodplains with an*

*Application on the Embarras River in Illinois* dari Ta Wei Soong dan Matthew J. Hoffman didapatkan 4 metode lagi yaitu :

o Metode *shear force*

Rumus ini digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekivalen ( $n_e$ )

$$n_e = \Sigma (P_i R_i^{1/3} n_i) / (P R^{1/3}) \quad (2.10)$$

Di mana :

$n_e$  = Koefisien kekasaran Manning ekivalen

$P_i$  = Keliling basah bagian saluran ke-i (m)

$n_i$  = Koefisien kekasaran Manning bagian saluran ke-i

$P$  = Keliling basah seluruh bagian saluran (m)

$N$  = Jumlah bagian dari saluran

$R$  = Jari-jari hidrolis seluruh bagian saluran (m)

$R_i$  = Jari-jari hidrolis bagian saluran ke-i (m)

o Metode *shear force II*

Rumus ini digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekivalen ( $n_e$ )

$$n_e = \Sigma (P_i n_i / R_i^{1/6}) / (P / R^{1/6}) \quad (2.11)$$

Di mana :

$n_e$  = Koefisien kekasaran Manning ekivalen

$P_i$  = Keliling basah bagian saluran ke-i (m)

$n_i$  = Koefisien kekasaran Manning bagian saluran ke-i

$P$  = Keliling basah seluruh bagian saluran (m)

$N$  = Jumlah bagian dari saluran

$R$  = Jari-jari hidrolis seluruh bagian saluran (m)

$R_i$  = Jari-jari hidrolis bagian saluran ke-i (m)

o Metode Felkel (1960)

Rumus ini digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekivalen ( $n_e$ )

$$n_e = P / (\Sigma (P_i / n_i)) \quad (2.12)$$

Di mana :

$n_e$  = Koefisien kekasaran Manning ekuivalen

$P_i$  = Keliling basah bagian saluran ke-i (m)

$n_i$  = Koefisien kekasaran Manning bagian saluran ke-i

$P$  = Keliling basah seluruh bagian saluran (m)

$N$  = Jumlah bagian dari saluran

- o Metode *component roughness is linearly proportional to wetted perimeter*

Rumus ini digunakan untuk menghitung koefisien kekasaran Manning ekuivalen ( $n_e$ )

$$n_e = \frac{\sum (P_i n_i)}{P} \quad (2.13)$$

Di mana :

$n_e$  = Koefisien kekasaran Manning ekuivalen

$P_i$  = Keliling basah bagian saluran ke-i (m)

$n_i$  = Koefisien kekasaran Manning bagian saluran ke-i

$P$  = Keliling basah seluruh bagian saluran (m)

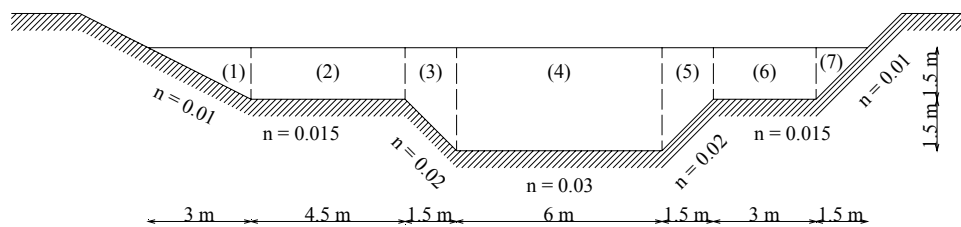
$N$  = Jumlah bagian dari saluran

### 2.3. Contoh Penggunaan Rumus

Berikut akan diberikan contoh penggunaan rumus-rumus perhitungan koefisien kekasaran Manning ekuivalen untuk saluran dengan penampang seperti pada Gambar 2.2. Penampang Saluran dengan Kekasaran Majemuk.

Penampang saluran tersebut dibagi menjadi tujuh bagian sesuai dengan koefisien kekasaran Manningnya, data yang diperlukan untuk menggunakan rumus-rumus perhitungan koefisien kekasaran Manning ekuivalen dapat dilihat pada Tabel 2.2. Data-data Bagian Saluran.

Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.3. Hasil Perhitungan Koefisien Kekasaran Manning Ekuivalen ( $n_e$ ).



Gambar 2.2. Penampang Saluran dengan Kekasaran Majemuk.

Tabel 2.2. Data-data Bagian Saluran.

No.	Bagian ke-	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	n
1	1	2.25	3.3541	0.67082	0.01
2	2	6.75	4.5	1.5	0.015
3	3	3.375	2.12132	1.59099	0.02
4	4	18	6	3	0.03
5	5	3.375	2.12132	1.59099	0.02
6	6	4.5	3	1.5	0.015
7	7	1.125	2.12132	0.53033	0.01
Total		39.375	23.2181	10.3831	

Tabel 2.3. Hasil Perhitungan Koefisien Kekasaran Manning Ekuivalen ( $n_e$ ).

No.	Nama Metode	$n_e$
1	Metode Horton (1933), Einstein (1934)	0.019336664
2	Metode Pavlovskii (1931), Muhlhofer (1933), Einstein & Banks (1950)	0.020048259
3	Metode Lotter (1933)	0.390674596
4	Metode Cox (1973)	0.022285714
5	Metode Colebatch dari Cox (1973)	0.022924062
6	Metode shear force	0.010541905
7	Metode shear force II	0.025000364
8	Metode Felkel (1960)	0.015906332
9	Metode component roughness is linearly proportional to wetted perimeter	0.018610813

## 2.4. Rumus Alat Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis alat yang memerlukan beberapa rumus untuk mengolah data yang didapatkan, alat-alat tersebut adalah *current meter* dan alat ukur Thompson.

### 2.4.1 *Current meter*

*Current meter* adalah alat yang dipakai untuk mengukur frekuensi putaran baling-baling di dalam aliran air pada model saluran, selanjutnya frekuensi tersebut diubah ke dalam bentuk kecepatan dengan menggunakan rumus berikut :

a) Untuk frekuensi ( $f$ ) < 50 Hz

$$v = 2.3333 + 0.5833 f \quad (2.14)$$

Di mana :

$v$  = Kecepatan aliran (cm / detik)

$f$  = Frekuensi putaran baling-baling *current meter* (Hz)

b) Untuk  $50 \text{ Hz} < f < 250 \text{ Hz}$

$$v = 2.1429 + 0.5714 f \quad (2.15)$$

Di mana :

$v$  = Kecepatan aliran (cm / detik)

$f$  = Frekuensi putaran baling-baling *current meter* (Hz)

### 2.4.2. Alat ukur Thompson

Dalam penelitian ini alat ukur Thompson digunakan untuk mengukur debit ( $Q$ ) yang mengalir dalam aliran, alat ukur ini mengubah ketinggian air pada alat ukur Thompson menjadi debit dengan menggunakan rumus berikut :

$$Q = 1.39 y^{5/2} \quad (2.16)$$

Di mana :

$Q$  = Debit yang melewati alat ukur Thompson ( $\text{m}^3$  /detik)

$y$  = Ketinggian air pada alat ukur Thompson (m)

Alat ukur Thompson ini perlu dikalibrasikan dulu dengan *current meter* sehingga rumus di atas dapat berubah koefisiennya. Setelah dikalibrasikan dengan *current meter* maka rumus tersebut menjadi :

$$Q = 1.194929 y^{5/2} \quad (2.17)$$

Di mana :

Q = Debit yang melewati alat ukur Thompson (m<sup>3</sup> /detik)

y = Ketinggian air pada alat ukur Thompson (m)