

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Sungai

Secara umum sungai berarti aliran air yang besar. Secara ilmiah sungai adalah perpaduan alur sungai dan aliran air. Sungai merupakan suatu alur yang panjang diatas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan. Aliran air merupakan bagian yang senantiasa tersentuh oleh air. Suatu daerah mendapat hujan dan airnya menuju ke sungai sehingga berperan sebagai sumber air sungai tersebut dinamakan daerah aliran sungai dan batas antara dua daerah pengaliran sungai yang berdampingan disebut batas daerah pengaliran.

Mulai dari mata air di bagian yang paling hulu, serta perjalanannya ke hilir di daerah dataran, aliran sungai bertemu dengan banyak aliran sungai lainnya dan kaena daerah aliran sungai yang makin luas, maka lambat laun penampang sungai menjadi semakin besar. Kadang – kadang sungai yang bermuara di sebuah danau atau di laut terdiri dari beberapa cabang, apabila sungai semacam ini mempunyai lebih dari dua cabang, maka sungai yang daerah pengalirannya panjang dan volume paling besar disebut sungai utama (*main river*), sedangkan cabang – cabang lainnya disebut anak sungai (*tributary*). Kadang – kadang sebelum aliran berakhir di sebuah danau atau pantai, sungai membentuk sebuah cabang sungai.

Dari bahan dasar pembentuk dasar Sungai Tambak Bayan yang terdiri dari formasi pasir sampai brangkal dan bentuk alur sungai yang berkelok – kelok

membentuk meander, Sungai Tambak Bayan dengan perkembangan sebagai sungai merupakan sungai *alluvial*. Pada perkembangan sungai dewasa endapan yang ada sering menimbulkan masalah erosi dan sedimentasi pada bagian dasar tebing sungai, sehingga akan menyebabkan alur sungai dan arah sungai sering berubah.

2.2 Definisi Banjir

Ditinjau dari segi hidrologi ada dua macam pengertian mengenai banjir yaitu :

1. Banjir adalah aliran sungai yang besarnya debit diatas debit rata – rata
2. Banjir adalah aliran sungai yang permukaan airnya melampaui ketinggian tanggul sungai yang bersangkutan.

Penyebab dari banjir bermacam-macam: Banjir dapat disebabkan oleh curah hujan yang tinggi sehingga saluran air/ sungai yang ada tidak mampu menampung volume air sehingga membentuk genangan. Banjir juga bisa disebabkan oleh tersumbatnya saluran air atau pendangkalan sungai sehingga curah hujan yang kecilpun bisa menyebabkan banjir. Menurut para ahli lingkungan penyebab banjir adalah terjadinya alih fungsi lahan sehingga mengganggu sistem hidrologi. Menurut masyarakat di sekitarnya banjir Sungai Tambak Bayan sudah terjadi sejak berpuluh tahun yang lalu, tetapi siklusnya dahulu sekali 5 tahun, kalau sekarang sudah terjadi setiap tahun. Pada musim penghujan, Embung Tambakboyo dapat berpotensi sebagai pengendali banjir, sementara pada musim kemarau, embung ini mampu menyediakan pasokan air baku, disamping juga sebagai upaya konservasi untuk menaikkan kembali permukaan air tanah, utamanya di wilayah

Kabupaten Sleman. Sungai Tambak Bayan merupakan sungai yang mengalir melalui Kabupaten Sleman dan memiliki karakteristik khusus, yaitu sepanjang sungai baik kanan maupun kiri pada ruas tertentu terdapat tebing yang sangat curam dengan beda tinggi yang cukup besar. Daerah Pengaliran Sungai Tambak Bayan mempunyai luas kurang lebih $18,1 \text{ km}^2$ dengan panjang terjauhnya 13,25 km. Bentuk daerah tangkapannya pipih memanjang, dibatasi oleh DPS Gajahwong di sebelah kanan dan DPS Kali Kuning di sebelah kirinya. Kondisi tata guna lahan pada umumnya adalah berupa areal persawahan dan tegalan, dan pada beberapa tempat terdapat perkampungan dan perumahan. Kemiringan topografi berkisar 2,5%. Embung Tambak Boyo didirikan pada areal yang terletak pada daerah meandering Sungai Tambak Bayan yang telah digali oleh penambang pasir, sedemikian rupa sehingga terbentuk suatu cekungan dengan dinding yang cukup terjal dengan tinggi kurang lebih 15 m. Jenis tanah dasar pada lokasi tersebut adalah berupa pasir yang mempunyai kepadatan sedang hingga sangat padat, bersifat semi lolos air. Embung Tambak Boyo mempunyai tinggi 9 m, lebar 25 m, luas 5,8 ha, serta dapat menampung air sebanyak 400.000 m^3 . Dengan adanya embung di hulu Perumahan Griya Perwita Asri ini, maka kajian kemiringan sungai dilakukan mulai Embung Tambak Boyo sampai daerah yang diteliti.

2.3 Perhitungan Debit Dari Data Hujan

2.3.1 Perhitungan hujan rerata

Untuk menghitung hujan rerata DAS dapat ditempuh dengan beberapa cara salah satunya adalah :

a. Metode Aritmatik

Metode ini digunakan untuk menghitung curah hujan suatu wilayah dengan rata-rata aljabar curah hujan di dalam dan wilayah sekitarnya :

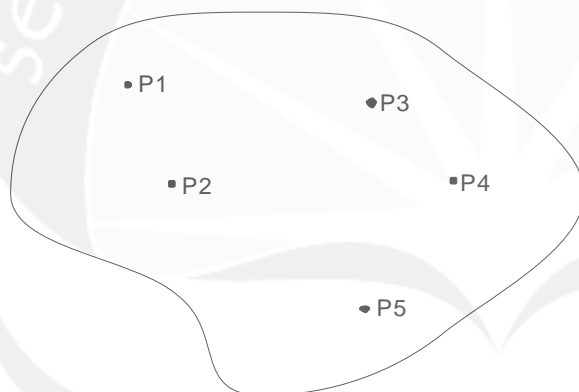
$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \dots\dots\dots(2-1)$$

Keterangan :

\bar{P} = curah hujan rata-rata wilayah atau daerah

P_i = curah hujan di stasiun pengamatan ke- i

n = jumlah stasiun pengamatan



Gambar 2.1 Metode aritmatika

Sebagai contoh, untuk gambar di atas perhitungan menjadi sebagai berikut:

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + \dots}{5}$$

Keterangan :

\bar{P} = hujan rata – rata

P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 = tebal hujan stasiun 1,2,3,4,5

Metode ini cukup sederhana karena hanya membagi rata pengukuran pada semua stasiun dengan jumlah stasiun yang berada dalam wilayah tersebut. Metode ini lebih cocok digunakan pada wilayah yang relative datar dan memiliki sifat hujan relatif homogen.

b. Metode Poligon Thiessen

Lain halnya dengan metode aritmatika untuk metode polygon Thiessen curah hujan dihitung dengan berdasarkan pengaruh tiap – tiap stasiun pengamatan. Cara yang digunakan dalam metode ini adalah dengan menghubungkan semua stasiun yang ada lalu membagi dua sama panjang garis penghubung dari dua stasiun pengamatan. ini danditarik garis tegak lurus di titik pembagi. Metode ini digunakan apabila dalam suatu wilayah stasiun pengamatan curah hujannya tidak tersebar merata. Curah hujan rata-rata dihitung dengan mempertimbangkan pengaruh tiap-tiap stasiun pengamatan, yaitu daerah yang terletak di antara garis pembagi tersebut. Curah hujan wilayah tersebut dapat dihitung dengan rumus yaitu:

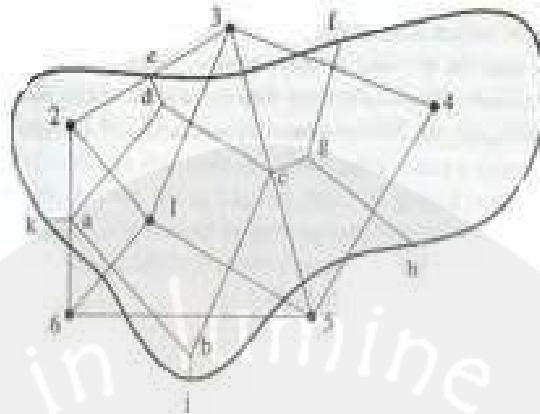
$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i A_i}{A} \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan :

\bar{P} = curah hujan rata-rata wilayah atau daerah

A_i = luas wilayah pengaruh dari stasiun pengamatan ke-i

A = luas total wilayah pengamatan

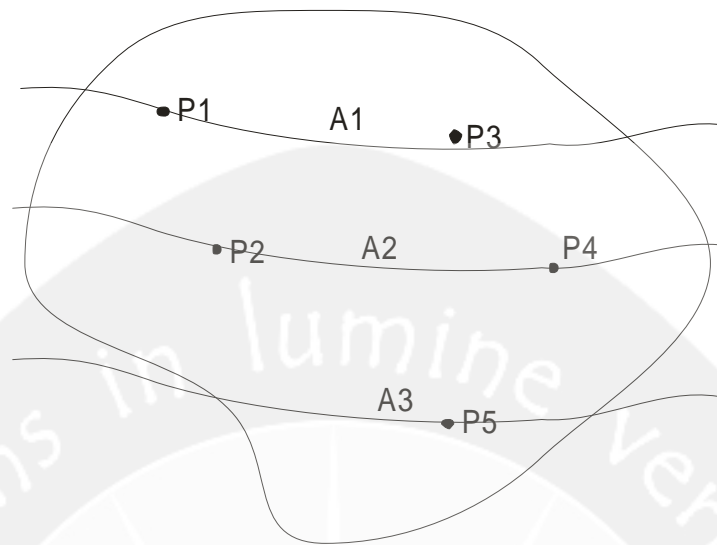


Gambar 2.2 Metode Poligon Thiessen

Cara ini selain memperhatikan tebal hujan dan jumlah stasiun, juga memperkirakan luas wilayah yang diwakili oleh masing-masing stasiun untuk digunakan sebagai salah satu faktor dalam menghitung hujan rata-rata daerah yang bersangkutan, sehingga hasilnya lebih baik daripada cara rerata aritmatika.

c. . Metode Garis *Isohyet*

Pada metode ini perhitungan dilakukan dengan menghitung luas wilayah yang dibatasi garis *isohyet* dengan planimeter. Curah hujan wilayah dihitung berdasarkan jumlah perkalian antara luas masing-masing bagian isohyet (A_i) dengan curah hujan dari setiap wilayah yang bersangkutan (P_i) kemudian dibagi luas total daerah tangkapan air (A).



Gambar 2.3 Metode Garis Isohyet

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{P_{i-1} + P_i}{2} \right)}{A_i} \dots\dots\dots(2-3)$$

Keterangan :

P = curah hujan rata-rata wilayah atau daerah

P_i = curah hujan di garis *isohyet* ke-i

P_{i-1} = curah hujan di garis *isohyet* ke-i-1

Isohyet adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai tinggi hujan yang sama. Metode ini menggunakan *isohyet* sebagai garis-garis yang membagi daerah aliran sungai menjadi daerah-daerah yang diwakili oleh stasiun-stasiun yang bersangkutan, yang luasnya dipakai sebagai faktor koreksi dalam perhitungan hujan rata-rata.

2.3.2 Perhitungan debit maksimum dengan kala ulang

Debit banjir adalah besarnya aliran sungai yang diukur dalam satuan (m^3/det), sesuai dengan karakteristik fenomena hidrologi suatu daerah pengaliran sungai, debit sungai yang bersangkutan berubah – ubah tidak beraturan, oleh sebab itu sukar meramalkan besarnya debit yang melintasi suatu penampang sungai secara pasti pada suatu saat tertentu.

Dari hidrograf sungai akan diketahui bahwa besarnya puncak debit banjir suatu sungai akan berbeda – beda dari tahun ke tahun. Apabila diperhatikan puncak banjir setiap tahunnya, kadang – kadang terjadi puncak debit banjir yang sangat besar setiap tahunnya, kadang – kadang pada tahun berikutnya terjadi puncak banjir cukup rendah, dan apabila angka yang diperoleh disusun berurutan, akan tampak bahwa puncak banjir tersebut besarnya sangat tidak berurutan (random).

Banjir dengan suatu kala ulang (return period) tertentu, diartikan sebagai besarnya banjir yang dalam kala ulang satu kali akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak berarti bahwa selama kala ulang itu (T tahun), hanya sekali kejadian yang menyamai atau melampaui, tetapi merupakan perkiraan, bahwa banjir tersebut akan atau dilampaui dalam jangka panjang

a. Metode rasional

Asumsi pada rumus rasional adalah sebagai berikut :

1. Saluran untuk sembarang i akan max bila i hujan ini berlangsung > waktu tiba banjir.
2. Kekerapan Q_{max} = kekerapan i hujan untuk lama hujan tertentu

3. Hubungan Q_{max} dengan luas DAS = hubungan lama hujan dengan intensitas hujan.
4. Besar koefisien aliran sama untuk berbagai kekerapan hujan.
5. Besar koefisien aliran sama untuk semua hujan pada suatu DAS.

Besar debit dengan metode rasional dapat diperoleh dengan rumus :

$$Q = C \times I \times A \dots\dots\dots(2 - 4)$$

Keterangan :

Q = debit (m^3/det)

C = koefisien aliran

i = intensitas hujan maksimum dalam selang waktu konsentrasi

A = luas DAS (km^2)

Ada pula rumus lain yang dapat digunakan yaitu :

$$Q = 1/3,6 \times f \times r \times A \dots\dots\dots(2 - 5)$$

Keterangan :

Q = debit puncak (m^3/dt)

f = koef.aliran

r = intensitas hujan selama waktu tiba banjir (mm/jam)

A = luas DAS (km^2) diukur dari peta topografi

Menjadi $1/3,6$ karena $Q (m^3/dt) = C \times I (m/dt) \times A (m^2)$, bila $r = mm/jam$, $A = km^2$

$$\text{Maka} = C \times \frac{10^{-3}}{3600} \times 10^6$$

$$= 1/3,6 \times f \times r \times A$$

Berbeda hanya karena satuan yang tidak sama.

2.3.3 Perhitungan intensitas curah hujan

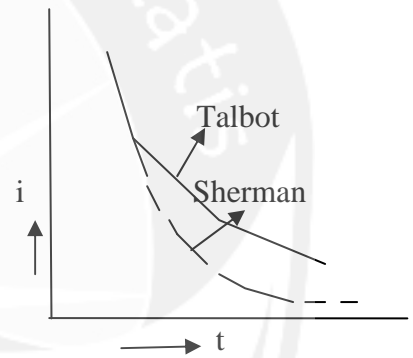
Intensitas curah hujan sama dengan tebal curah hujan tiap satuan waktu misal mm/jam. Ada beberapa metode yang dipakai untuk menghitung intensitas curah hujan adalah :

1. Metode Talbot

$$i = \frac{a}{t + b} \dots\dots\dots(2-6)$$

$$a = \frac{\sum(ixt) \times (\sum i)^2 - \sum(i^2xt) \times (\sum i)}{N \times (\sum i)^2 - (\sum i)^2}$$

$$b = \frac{\sum ix(\sum ixt) - N \times \sum(i^2xt)}{N \times (\sum i)^2 - (\sum i)^2}$$



Gambar 2.4 Metode Talbot

Berikut ini Tabel Intensitas hujan

Tabel 2.1 Intensitas Hujan

T (Jam)	Intensitas (mm)
1	125
2	100
3	60
6	55
12	40

Keterangan :

N = jumlah data

i = intensitas hujan

T = lama hujan

2. Metode Sherman

$$i = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots(2-7)$$

$$\text{Log } a = \frac{\sum \log i \times (\sum \log t)^2 - \sum \log t \times \log i \times \sum \log t}{N \times \sum (\log t)^2 - (\sum \log t)^2}$$

$$n = \frac{\sum \log i \times \sum \log t - N \times \sum (\log t \times \log i)}{N \times \sum (\log t)^2 - (\sum \log t)^2}$$

3. Metode Ishiguro

$$i = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots (2-8)$$

$$a = \frac{\sum (i\sqrt{t}) \times \sum (i)^2 - \sum (i^2\sqrt{t}) \times \sum i}{N \times \sum (i^2) - (\sum i)^2}$$

$$b = \frac{\sum i \times \sum i \times \sqrt{t} - \sum i^2 \times \sqrt{t}}{N \times \sum (i)^2 - (\sum i)^2}$$

4. Metode Mononobe

Rumus intensitas menurut Mononobe adalah :

$$i = \frac{d_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t} \right)^m \dots\dots\dots(2-9)$$

Keterangan :

i = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = waktu tiba gelombang pada DAS

a, b, m, n = konstanta

d_{24} = curah hujan max 24 jam (mm/hari)

Mononobe $\longrightarrow m = 2/3$

Rumus waktu tiba gelombang adalah :

$$t = L/W \dots\dots\dots(2-10)$$

Keterangan :

L = panjang (km)

W = kecepatan aliran (km/jam)

T = waktu tiba gelombang (jam)

Menentukan W ada dua cara yaitu :

a. Rziha

Kecepatan aliran menurut Rziha

$$W = 20x (H/L)^{0.6} \text{ dalam satuan m/detik} \dots\dots\dots(2-11)$$

Atau

$$W = 72x (H/L)^{0,6} \text{ dalam satuan km/jam} \dots\dots\dots (2-12)$$

b. Kraven

Tabel 2.2 Tabel Kraven

I	>0,01	0,01 – 0,005	< 0,005
W(m/det)	3,5	3	2,1

2.3.4 Perhitungan debit puncak banjir

Ada tiga metode yang bisa dilakukan dalam menentukan debit puncak banjir tahunan rata – rata (MAF), yaitu :

a. Serial data (*data series*)

Apabila pengamatan data debit lebih dari 10 tahun disarankan untuk memakai metode serial data.

Mencari Qmax tahunan rerata dengan cara :

Mencari Qmax per tahun sebaiknya mulai awal bulan terkering sampai dengan awal bulan terkering tahun selanjutnya.

Jika $X_R = X_{max} / X_{median} < 3 \dots\dots\dots (2-13)$

Maka : puncak tahunan rerata :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \bar{X}_i \dots\dots\dots (2-14)$$

Deviasi standar MAF:

$$\bar{S}_X = \left(\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2-15)$$

Bila $X_R = \frac{X_{max}}{X_{med}} > 3 \dots\dots\dots (2-16)$

Maka : Q puncak tahunan rerata = $\bar{X} = 1,06 \times X_{med}$ (2-17)

X_{max} adalah Q max terbesar selama pengamatan.

Median adalah nilai tengah distribusi ,probabilitas median selalu 50%

Untuk data ganjil :median data urut ke K_1 dengan harga $K_1 = \frac{n+1}{2}$
setelah data diurut.

Untuk data genap median pada titik tengah urutan data ke K_1 dan K_2

$$K_1 = n/2 \text{ dan } K_2 = \frac{n+1}{2}$$

Setelah data diurut kecil ke besar.

Besar Q puncak banjir pada periode ulang ke T adalah :

$$X_T = (C_T) \times \bar{X} \text{(2-18)}$$

$$S_{XT} = X_T \times \left[\left(\frac{S_C}{\bar{X}} \right)^2 - \left(\frac{S_X}{C} \right)^2 \right]^{1/2} \text{(2-19)}$$

$$S_C = 0,16x (\log T) (C) \text{(2-20)}$$

$$S_X = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1} \right)^{1/2} \text{(2-21)}$$

keterangan :

S_x = deviasi standar MAF

\bar{X} = debit puncak banjir tahunan rata – rata (MAF)

X_i = debit puncak lebih besar dari X_o

X_{max} = debit terbesar selama pengamatan

X_{med} = debit nilai tengah distribusi

n = lama tahun pengamatan

S_{XT} = deviasi standar dari X_T

S_C = deviasi standar C

C_T = faktor pembesar

b. POT (*peak over a threshold series*)

Metode POT digunakan untuk perhitungan debit apabila data debit yang tersedia kurang dari 10 tahun data runtut waktu

$$X = X_o + B (0,5772 + \ln A) \dots\dots\dots(2-22)$$

$$B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X_i - X_o) \dots\dots\dots(2-23)$$

$$A = \frac{m}{n} \dots\dots\dots(2-24)$$

$$S_x = 1,1 \frac{B}{\sqrt{n}} \text{ (bila } m \geq 3 \text{ / tahun) } \dots\dots\dots(2-25)$$

$$S_x = \frac{B}{\sqrt{n}} \frac{1}{A} + \left(\frac{(0,5772 + \ln A)^2}{A} \right)^{1/2} \text{ (bila } m \leq 3 \text{ / tahun) } \dots\dots\dots(2-26)$$

Keterangan :

\bar{X} = debit minimum tahunan rata-rata (m^3/dtk)

X_o = debit ambang batas (q_0) (m^3/dtk)

B = rata-rata terlampaui (mean exceedence)

X_i = debit minimum lebih besar dari X_o (m^3/dtk)

m = jumlah puncak banjir

n = lama tahun pengamatan

S_x = deviasi standar dari \bar{X}

A = jumlah puncak banjir terlampaui per tahun

c. Persamaan regresi

Metode regresi dapat digunakan dalam perhitungan debit apabila belum tersedia data debit.

$$\bar{X} = a + bX_1 + cX_2 + \dots \dots \dots (2-27)$$

Keterangan :

\bar{X} = debit minimum rata-rata

X_1, X_2 = variabel bebas

2.4 Perhitungan Debit Dari Data Sungai

Debit banjir yang dihitung pada penelitian ini adalah debit pada ambang penuh, setinggi tanggul Perumahan Griya Perwita Asri. Adapun rumus menghitung debit adalah sebagai berikut :

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (2-28)$$

Keterangan :

Q = debit (m³/det)

A = luas tampang

V = kecepatan aliran

2.4.1 Kecepatan aliran

Kecepatan aliran bisa dihitung dengan beberapa rumus yaitu :

- a. Perhitungan kecepatan aliran dengan rumus Manning

Dengan menggunakan ambang atas tanggul banjir yang ada pada tebing alur sungai dapat ditentukan luas penampang basah dan gradient garis energi.

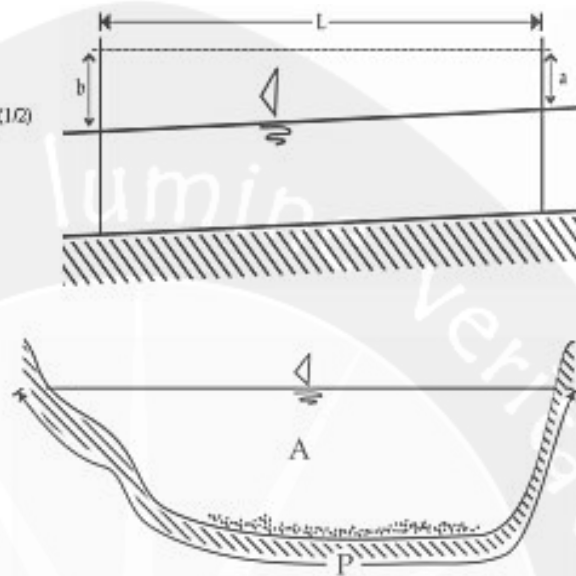
Rumus MANNING :

$$V = \frac{1}{n} R^{(2/3)} S'^{(1/2)}$$

$$S' = \frac{b - a}{L'}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$Q = V.A$$



(2-29)

Gambar 2.5 Penampang sungai dan profil

Keterangan :

V = kecepatan aliran (m/detik)

R = jari-jari hidraulis (m)

A = luas penampang basah (m²)

P = keliling basah (m)

n = koefisien kekasaran Manning

S' = kemiringan permukaan aliran / energi slope / gradient garis energi (desimal)

Q = debit (m³/detik)

L = panjang segmen sungai yang diukur

Dari beberapa faktor utama yang mempengaruhi koefisien kekasaran Manning,

Cowan telah mengembangkan suatu cara untuk memperkirakan besarnya n .

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) n_5$$

Cara ini berdasarkan pada rumus Manning. Cara ini sebetulnya untuk sungai yang mempunyai aliran yang uniform. Perhitungan koefisien kekasaran Manning menurut Cowan disajikan dalam tabel di bawah ini

Tabel 2.3 Perhitungan koefisien kekasaran Manning menurut Cowan

KEADAAN SALURAN		HARGA	
Material dasar	Tanah	no	0,020
	Batu		0,025
	Gravel halus		0,024
	Gravel kasar		0,028
Tingkat ketidakseragaman saluran	Halus	n ₁	0,000
	Agak halus		0,005
	Sedang		0,010
	Kasar		0,020
Variasi penampang melintang saluran	Lambat laun	n ₂	0,000
	Berubah (kadang kadang)		0,005
	Sering berubah		0,010 - 0,015
Pengaruh adanya bangunan, penyempitan, dll. pada penampang melintang	Diabaikan	0,00	0,000
	Agak berpengaruh	n ₃	0,010-0,015
	Cukup berpengaruh		0,020-0,030
	Terlalu berpengaruh		0,040-0,060
Tanaman	Rendah	n ₄	0,005-0,010
	Menengah/sedang		0,010-0,025
	Tinggi		0,025-0,050
	Sangat tinggi		0,050-0,100
Tingkat dari pada meander	Rendah	n ₅	1,000
	Menengah		1,150
	Tinggi		1,300

b. Perhitungan kecepatan aliran dengan cara Chezy

Kecepatan aliran dengan cara Chezy dapat dihitung dengan rumus :

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot I} \dots \dots \dots (2-30)$$

$$R = A/P \dots \dots \dots (2-31)$$

$$C = K_s \cdot R \dots\dots\dots (2-32)$$

Keterangan :

V = Kecepatan Aliran rata – rata

C = Koefisien chezy

R = Jari – jari hidraulis

I = Kemiringan muka air

K_s = koefisien sungai 35 - 40

A = Luas tampang

P = Keliling tampang basah

C. Perhitungan kecepatan aliran dengan cara Strickler

Kecepatan aliran dengan cara Strickler dapat dihitung dengan rumus :

$$V = K_s \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots\dots\dots (2-33)$$

Keterangan :

V = Kecepatan Aliran rata – rata

R = Jari – jari hidraulis

I = Kemiringan muka air

K_s = koefisien strickler