

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Hidrologi

Intensitas hujan adalah tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data curah hujan baik secara statistik maupun secara empiris.

Curah hujan yang diperlukan untuk pembuatan rancangan dan rencana (perhitungan potongan melintang dan lain-lain) adalah curah hujan jangka waktu yang pendek dan bukan curah hujan jangka waktu yang panjang seperti curah hujan tahunan atau bulanan. Curah hujan tersebut berdasarkan volume debit (yang disebabkan oleh curah hujan) dari daerah pengaliran yang kecil seperti perhitungan debit banjir, rencana peluap suatu bendungan, gorong-gorong melintasi jalan dan saluran, selokan-selokan samping, (Sostrodarsono; Takeda,1976).

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2010), data yang meliputi kriteria perancangan hidrologi adalah dengan perkiraan hujan rencana, analisis frekuensi terhadap curah hujan menggunakan metode-metode yang mengacu pada tata cara perhitungan debit desain saluran.

2.2 Hidrolika

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2010), ketentuan kriteria perencanaan hidrolika meliputi kapasitas perhitungan saluran dengan parameter berbagai hal seperti parameter genangan, tinggi genangan, luas genangan dan lamanya genangan terjadi. Selain itu juga diperhitungkan parameter frekuensi terjadinya genangan setiap tahunnya.

2.3 Analisis Frekuensi

Dalam melakukan analisis hidrologi sering dihadapkan pada kejadian ekstrim seperti banjir dan kekeringan. Banjir mempengaruhi bangunan-bangunan air seperti bendung, tanggul, jembatan, dsb. Bangunan-bangunan tersebut harus direncanakan untuk dapat melewati debit banjir maksimum yang mungkin terjadi (Triadmodjo, 2009). Untuk mengetahui hubungan antara besaran kejadian

ekstrem dan frekuensi kemungkinan terjadinya kejadian tersebut, maka diperlukan suatu analisis frekuensi. Menurut Ponce (1989), terdapat beberapa metode untuk mendistribusikan data-data yang ada sehingga diketahui besaran peluang terjadinya setiap nilai pada data hidrologi tersebut. Analisis frekuensi untuk curah hujan secara umum dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis distribusi probabilitas kontinu antara lain: (1) Distribusi Normal, (2) Distribusi Log Normal 2 Parameter, (3) Distribusi Log Normal 3 Parameter, (4) Distribusi Gumbel Tipe I, (5) Distribusi Pearson III dan (6) Distribusi Log Pearson III. Dalam tahap perencanaan ini dengan hasil pengolahan data yang didapat, digunakan analisis frekuensi Distribusi Log Pearson III.

Sementara itu, untuk menentukan metode distribusi frekuensi empiris mana yang sesuai dengan sampel data yang ada, diperlukan pengujian secara statistik. Terdapat dua cara pengujian yang biasa dipergunakan, yaitu uji Chi Kuadrat (*Chi-Square Test*).

2.4 Debit berdasarkan data hujan.

Hujan yang jatuh pada suatu DAS akan berubah menjadi aliran di sungai. Dengan demikian terdapat suatu hubungan antara hujan dan debit aliran, yang tergantung pada karakteristik DAS. Untuk menentukan besarnya debit sungai berdasarkan hujan perlu di tinjau hubungan antara hujan dan aliran sungai. Besarnya aliran didalam sungai ditentukan terutama oleh besarnya hujan, intensitas hujan, luas daerah hujan, lama waktu hujan, luas daerah sungai dan ciri-ciri daerah aliran (Subarkah, 1980).

2.5 Analisis Curah Hujan Rencana

Dalam penentuan curah hujan data dari pencatat atau penakar hanya didapatkan curah hujan di suatu titik tertentu (*point rainfall*). Untuk mendapatkan harga curah hujan areal dapat dihitung dengan metode Poligon *Thiessen*.

2.5.1 Metode *Thiessen*

Cara ini didasarkan atas cara rata-rata timbang, di mana masing-masing stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun. Luas daerah tiap stasiun dapat dihitung dengan planimeter. Jumlah luas total daerah dari tiap-tiap stasiun harus sama dengan luas yang telah diketahui terlebih dahulu. Masing-masing luas

lalu diambil prosentasenya dengan jumlah total = 100%. Kemudian harga ini dikalikan dengan curah hujan daerah distasiun yang bersangkutan dan setelah dijumlah hasilnya merupakan curah hujan yang dicari.

Hal yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah sebagai berikut :

- Jumlah stasiun pengamatan minimal tiga buah.
- Penambahan stasiun akan mengubah seluruh jaringan
- Topografi daerah tidak diperhitungkan.
- Stasiun hujan tidak tersebar merata

Rumus :

$$\bar{R} = \frac{A1.R1+A2.R2+\dots+An.Rn}{A1+A2+\dots+An}$$

Di mana :

R = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

$R1, R2, \dots, Rn$ = Curah hujan pada stasiun 1,2,.....,n (mm)

$A1, A2, \dots, An$ = Luas daerah pada polygon 1,2,.....,n (km²)

2.5.2 Perbaikan data

Maksudnya adalah data curah hujan harian maksimum dalam setahun yang dinyatakan dalam mm/ hari, untuk stasiun curah hujan yang terdekat dengan lokasi sistem drainase, jumlah data curah hujan paling sedikit dalam jangka waktu 10 tahun berturut-berturut.

Stasiun hujan kadang tidak mempunyai data yang lengkap, jika ditemui data yang kurang, perlu dilengkapi dengan melakukan pengisian data terhadap stasiun yang tidak lengkap atau kosong, dengan beberapa metode antara lain :

- Bila perbedaan hujan tahunan normal di stasiun yang akan dilengkapi tidak lebih dari 10 %, untuk mengisi kekurangan data dapat mengisinya dengan harga rata-rata hujan dari stasiun=stasiun disekitarnya.
- Bila perbedaan hujan tahunan lebih dari 10 %, melengkapi data dengan metode Rasio Normal, yakni dengan membandingkan data hujan tahunan stasiun yang kurang datanya terhadap stasiun disekitarnya dengan cara sebagai berikut :

$$r = \frac{1}{n} \left(\frac{R.rA}{RA} + \frac{R.rB}{RB} + \frac{R.rC}{RC} \right)$$

Dimana :

- n = jumlah stasion hujan
 r = curah hujan yang dicari (mm)
 R = curah hujan rata-rata setahun di tempat pengamatan R yang datanya akan dilengkapi
 rA, rB, rC = curah hujan di tempat-tempat pengamatan A, B, dan C
 RA, RB, RC = curah hujan rata-rata setahun di stasion A, B, dan C

2.6 Curah Hujan Rencana Dengan Periode Ulang Tertentu

Menentukan Kala Ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai kala ulang tertentu, kala ulang rencana untuk saluran mengikuti standar yang berlaku seperti tabel berikut :

Tabel 2.1 Kala ulang berdasarkan tipologi kota & luas daerah pengaliran

Tipologi Kota	Catchment Area (Ha)			
	<10	10-100	100-500	>500
Kota Metropolitan	2 thn	2-5 thn	5-10 thn	10-25 thn
Kota Besar	2 thn	2-5 thn	2-5 thn	5-20 thn
Kota sedang/Kecil	2 thn	2-5 thn	2-5 thn	5-10 thn

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya, 2010.

2.6.1 Pengukuran Dispersi

Dari curah hujan rata-rata yang diperoleh dari berbagai stasiun yang ada di daerah aliran sungai, selanjutnya dianalisis secara statistik untuk mendapatkan pola sebaran data curah hujan yang sesuai dengan pola sebaran data curah hujan rata-rata.

Pada kenyataannya bahwa tidak semua varian dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Variasi atau dispersi adalah besarnya derajat dari sebaran varian disekitar nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran dispersi.

Adapun cara pengukuran dispersi antara lain :

2.6.1.1 Deviasi Standart (S)

$$\text{Rumus : } s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Di mana :

S = Deviasi standart

X_i = Nilai varian ke i

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

2.6.1.2 Koefesien *Skewness* (CS)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi.

Rumus :

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum |X_i - \bar{X}|^3$$

$$CS = \frac{a}{S^3}$$

Di mana :

CS = Koefesien *Skewness*

X_i = Nilai varian ke i

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

S = Deviasi standar

2.6.1.3 Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$\text{Rumus : } CK = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^4}{S^4}$$

Di mana :

CK = Koefisien Kurtosis

X_i = Nilai varian ke i

\bar{X} = Nilai rata-rata varian

n = Jumlah data

S = Deviasi standar

2.6.1.4 Koefisien Variasi (CV)

Koefisien Variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi.

$$\text{Rumus : } \bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} ; S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} ; CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

Di mana :

CV : koefisien variasi

S : standar deviasi

\bar{X} : rata-rata hitung = H_{rerata}

n : jumlah data hujan

Tabel 2.2 Syarat – Syarat Nilai Pengujian Dispersi

Jenis Distribusi	Syarat
Distribusi Normal	$CS = 0$
Distribusi Log Normal	$CS = 3CV$ atau $\frac{CS}{CV} \approx 3$
Distribusi Gumbel	$CS \approx 1,14$ $CK \approx 5,4002$
Distribusi Pearson Tipe III	Tidak termasuk di atas atau $CS < 0$

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2010.

Dari nilai-nilai di atas, kemudian dilakukan pemilihan jenis sebaran yaitu dengan membandingkan koefisien distribusi dari metode yang akan digunakan.

2.6.2 Pemilihan Jenis Sebaran

Ada berbagai macam distribusi teoritis yang kesemuanya dapat dibagi menjadi dua yaitu distribusi diskrit dan distribusi kontinyu. Yang diskrit adalah Binomial dan Poisson, sedangkan yang kontinyu adalah Normal, Log Normal, Gama, Beta, Pearson dan Gumbel. Untuk memilih jenis sebaran, ada beberapa

macam distribusi yang sering dipakai yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log Pearson III. Dalam tahap perhitungan pada perencanaan ini, berdasarkan data yang sudah didapat maka digunakan Jenis sebaran Distribusi Log Pearson III.

2.6.2.1 Distribusi Log Pearson III

Distribusi Pearson Tipe III digunakan untuk analisis variabel hidrologi dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (*low flows*). Distribusi Pearson Tipe III digunakan apabila nilai CS tidak memenuhi untuk Distribusi Gumbel maupun Distribusi Normal.

Pada garis besarnya, langkah penyelesaian distribusi log Pearson Type III adalah sebagai berikut :

1. Mentransformasikan data curah hujan harian maksimum kedalam harga logaritmanya : R_1, R_2, \dots, R_n menjadi $\log R_1, \log R_2, \dots, \log R_n$

2. Menghitung harga tengahnya ($\overline{\text{LogR}}$) :

$$\overline{\text{LogR}} = \frac{\sum \log R}{n}$$

3. Menghitung harga penyimpangan standar (S_x):

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\text{LogR}_i - \overline{\text{LogR}})^2}{n-1}}$$

4. Menghitung koefisien asimetri (C_s) :

$$C_s = \frac{n \sum (\text{LogR}_i - \overline{\text{LogR}})^3}{(n-1)(n-2)S_x^3}$$

5. Menghitung besarnya logaritma hujan rencana dengan waktu ulang yang dipilih, dengan rumus :

$$\text{LogR}_t = \text{LogR} + K.S_x$$

Dimana :

R = tinggi hujan rata-rata daerah

n = jumlah tahun pengamatan data

Cs = Koefisien penyimpangan

Sx = standar deviasi

K = faktor kekerapan Log Pearson Tipe III

6. Menentukan nilai K untuk metode Log Pearson Tipe III

Tabel 2.3 Nilai-nilai K untuk metode Log Pearson Tipe III

Koefisien Kemencengan, g	Periode Ulang (Tahun)						Koefisien Kemencengan, g	Periode Ulang (Tahun)					
	2	10	25	50	100	200		2	10	25	50	100	200
	Probabilitas							Probabilitas					
	50%	10%	4%	2%	1%	0,5%		50%	10%	4%	2%	1%	0,5%
3,0	-	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	-0,1	0,017	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
	0,396												
2,5	-	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	-0,2	0,033	1,253	1,680	1,945	2,178	2,388
	0,360												
2,0	-	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	-0,3	0,050	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
	0,307												
1,8	-	1,318	2,193	2,193	3,499	4,147	-0,4	0,066	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
	0,282												
1,6	-	1,329	2,163	2,163	3,388	3,990	-0,5	0,083	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
	0,254												
1,4	-	1,337	2,128	2,128	3,271	3,828	-0,6	0,099	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
	0,225												
1,2	-	1,340	2,087	2,087	3,149	3,661	-0,7	0,116	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
	0,195												
1,0	-	1,340	2,043	2,430	3,022	3,489	-0,8	0,132	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
	0,164												
0,9	-	1,339	2,018	2,018	2,957	3,401	-0,9	0,148	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
	0,148												
0,8	-	1,336	1,993	1,993	2,891	3,312	-1,0	0,164	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
	0,132												
0,7	-	1,333	1,967	1,967	2,824	3,223	-1,2	0,195	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
	0,116												
0,6	-	1,328	1,939	1,939	2,755	3,132	-1,4	0,225	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
	0,099												
0,5	-	1,323	1,910	1,910	2,686	3,041	-1,6	0,254	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
	0,083												
0,4	-	1,317	1,880	1,880	2,615	2,949	-1,8	0,282	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
	0,066												
0,3	-	1,309	1,849	1,849	2,544	2,856	-2,0	0,307	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995
	0,050												
0,2	-	1,301	1,818	1,818	2,472	2,763	-2,5	0,360	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800
	0,033												
0,1	-	1,292	1,785	1,785	2,400	2,670	-3,0	0,396	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667
	0,017												
0,0	0,000	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576							

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya, 2010.

2.6.3 Uji Keselarasan Distribusi

Uji keselarasan distribusi ini digunakan pengujian dengan metode sebagai berikut:

2.6.3.1 Metode *Chi-Square*

Chi-kuadrat yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Rumus :

$$X^2 = \Sigma$$

Di mana:

X^2 = Harga Chi-Kuadrat

G = Jumlah sub-kelompok

O_f = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

E_f = Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya.

Adapun prosedur pengujian Chi-kuadrat adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data pengamatan dari yang terbesar ke yang terkecil atau sebaliknya
2. Hitung jumlah kelas yang ada yaitu $N_c = 1 + 1,33 \ln(N)$
3. Dalam pembagian kelas disarankan agar dalam masing-masing kelas terdapat minimal tiga buah data pengamatan.
4. Tentukan derajat kebebasan $DK = G - P - 1$ (nilai $P = 2$ untuk distribusi normal dan binomial, untuk distribusi Log PearsonIII dan Gumbel nilai $P = 1$)
5. Hitung n
6. Nilai $E_f = \text{jumlah data } (N) / \text{Jumlah kelas}$
7. Tentukan nilai O_f untuk masing-masing kelas
8. Jumlah G Sub-group $E_f(E_f - O_f)^2$ untuk menentukan nilai Chi-kuadrat
9. Didapat nilai X^2 , harus $< X^2_{CR}$

Apabila setelah diuji dengan metode Chi-kuadrat jenis sebaran yang telah dipilih tersebut memenuhi syarat distribusi, maka curah hujan rencana dapat dihitung.

2.7 Perhitungan debit banjir menggunakan metode rasional

2.7.1 Analisa Debit Banjir

Menurut Wanielista (1990) metode Rasional adalah kaitan antaran run-off dengan intensitas curah hujan awalnya digunakan hanya untuk memperkirakan debit puncak (*peak discharge*).

Rumus umum Metode Rasional

$$Q_t = 0,278 C.I.A$$

dimana :

Q_t = Debit banjir (m^3/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas Daerah Aliran (km^2)

Konstanta 0,278 adalah faktor konversi debit puncak ke satuan dalam $m^3/detik$ (Seyhan, 1990).

Tabel 2.4 Koefisien pengaliran (C)

Tipe daerah aliran	Keterangan	Koefisien C
Perumputan	Tanah gemuk 2 – 7 %	0,18 – 0,22
Busines	Daerah kota lama	0,75 – 0,95
	Daerah pinggran	0,50 – 0,70
Perumahan	Single family	0,3 – 0,5
	Terpisah penuh	0,4 – 0,6
	Tertutup/rapat	0,6 – 0,7
	Apartemen	0,5 – 0,7
Industri	Ringan	0,5 – 0,8
	Berat	0,6 – 0,9

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya, 2010.

2.7.2 Menganalisa Intensitas Hujan

Perhitungan debit banjir dengan metode rasional memerlukan data intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut terkonsentrasi (Loebis 1992). Rumus menghitung intensitas curah hujan (I) menggunakan hasil analisa distribusi frekuensi yang sudah dirata-rata, menggunakan rumus Mononobe sebagai berikut :

$$I_t = \frac{R_t}{24} \times \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

dimana :

R_t = hujan rencana untuk berbagai kala ulang (mm)

T = waktu konsentrasi (jam), untuk satuan dalam menit, t dikalikan 60.

I_t = intensitas hujan untuk berbagai kala ulang (mm/jam)

Kemudian hitung untuk waktu selanjutnya sehingga data intensitas hujan dapat disajikan secara tabelaris. Setelah didapat intensitas hujan untuk waktu berikutnya, maka akan didapatkan grafik intensitas hujan.

2.8 Analisa Dimensi Saluran

Bentuk Segi Empat

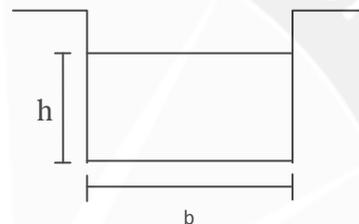
Melihat dari kondisi sebenarnya di wilayah bantaran code yang terbatas, penampang kolam tampungan di pilih bentuk segi empat. Tampang tampungan disesuaikan dengan situasi sungai code yang sudah ditanggul.

Rumus yang digunakan :

$$A_e = b \cdot h$$

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

$$P = b + 2h$$



Gambar 2.1 bentuk segiempat

Dimana :

B = lebar saluran (m)

h = dalamnya air (m)

R = jari – jari hidrolis (m)

P = Keliling basah saluran (m)

Ae = Luas Penampang basah (m²)

Penampang basah berdasarkan debit air (Q) dan kecepatan (V)

Dimensi saluran diperhitungkan dengan rumus Manning sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A$$

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

Dimana : Q : Debit air di saluran (m³/det)

V : Kecepatan air dalam saluran (m/det)

n : Koefisien kekasaran dinding.

R : Jari-jari hidraulik (meter)

i : Kemiringan dasar saluran

A : Luas penampang basah (m²)

Tabel 2.5 Koefisien kekasaran dinding (n)

Tipe saluran	N
Lapisan beton	0,017 – 0,029
Pasangan batukali diplester	0,020 – 0,025
Saluran dari alam	0,025 – 0,045

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya, 2010.

Tinggi Jagaan (F).

Tinggi jagaan minimum untuk saluran dengan pasangan direncanakan = 0,50 m. Untuk saluran tanpa pasangan dengan debit tinggi jagaan sebagai berikut :

Tabel 2.6 Tinggi jagaan

Q	F (m)	Polder (m)
Q < 5 m ³ /det	0,20 – 0,30	0,75 – 1,00
10 m ³ /det > Q > 5 m ³ /det	0,30 – 0,50	1,00 – 1,25
Q > 10 m ³ /det	0,70 – 1,00	1,25 – 1,50

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya, 2010.

Kemiringan Tanah

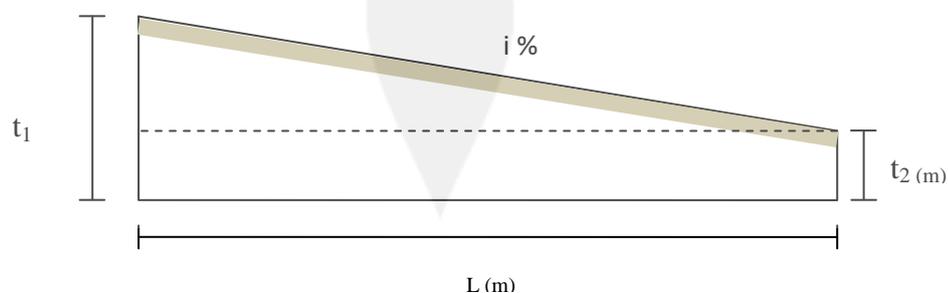
Kemiringan tanah di tempat dibuatnya fasilitas saluran drainase ditentukan dari hasil pengukuran di lapangan, dihitung dengan rumus :

$$i = \frac{t_1 - t_2}{L} \times 100\%$$

Keterangan :

t₁ = tinggi tanah di bagian tertinggi (m)

t₂ = tinggi tanah di bagian terendah (m)



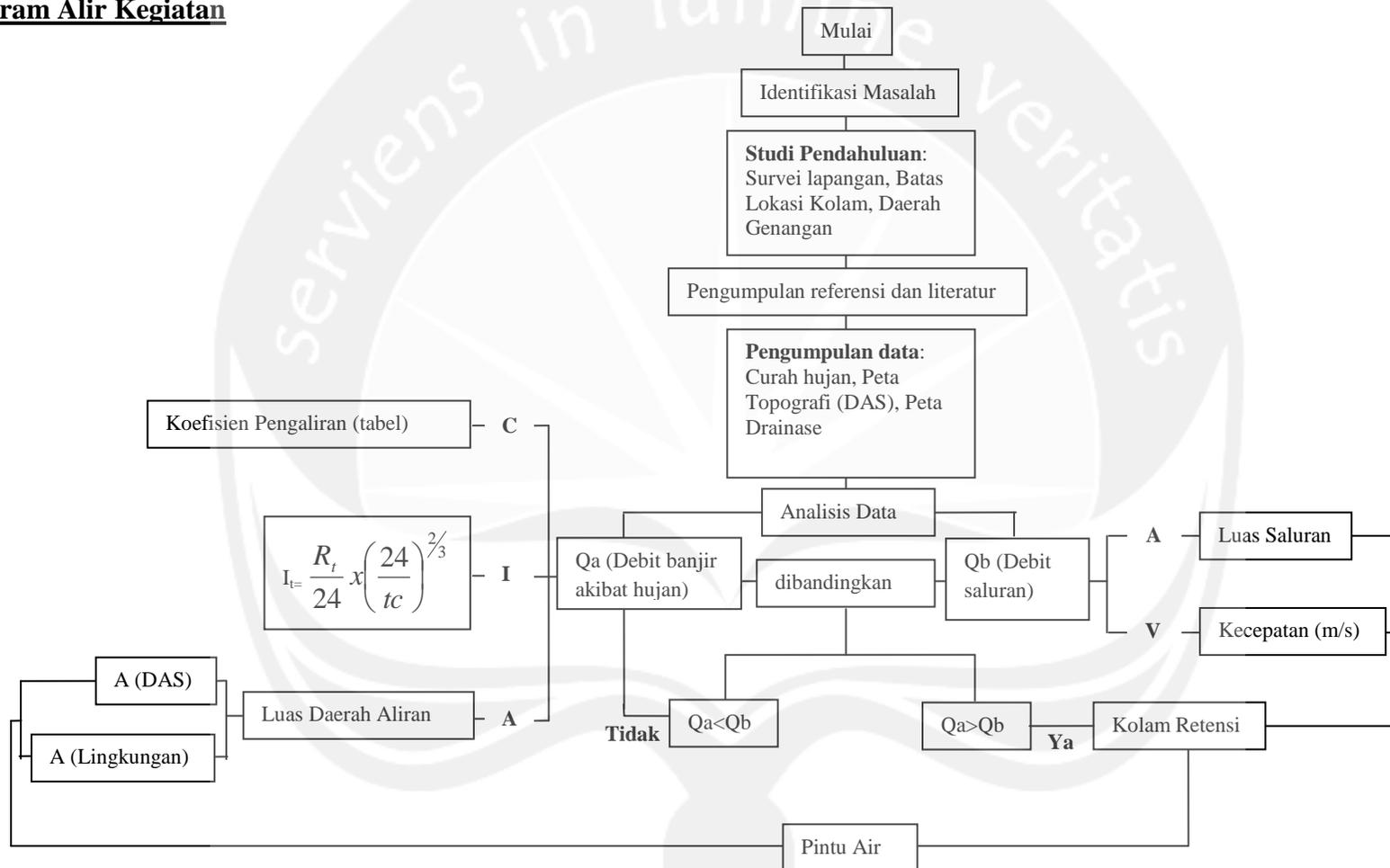
Gambar 2.2 kemiringan tanah (i%)

Tabel 2.7 Harga n untuk rumus Manning

No	Tipe Saluran	Baik sekali	Baik	Sedang	Jelek
	SALURAN BUATAN				
1	saluran tanah, lurus teratur	0.017	0.02	0.023	0.025
2	saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0.023	0.028	0.03	0.04
3	saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0.02	0.03	0.033	0.035
4	saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0.035	0.04	0.045	0.045
5	saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0.025	0.03	0.035	0.04
6	dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0.028	0.03	0.033	0.035
7	saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0.02	0.025	0.028	0.03
	SALURAN ALAM				
8	Bersih, lurus tidak berpasir, tidak berlubang	0.025	0.028	0.03	0.033
9	seperti no.8, tetapi tidak ada timbunan atau kerikil	0.03	0.033	0.035	0.04
10	Melengkung bersih, berlubang dan berdinding pasir	0.033	0.035	0.04	0.045
11	seperti no.10, dangkal tidak teratur	0.04	0.045	0.05	0.055
12	seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0.035	0.04	0.045	0.05
13	seperti no.10, sebagian berbatu	0.045	0.05	0.055	0.06
14	aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0.05	0.06	0.07	0.08
15	banyak tumbuh-tumbuhan	0.075	0.1	0.125	0.15
	SALURAN BUATAN, BETON, ATAU BATU KALI				
16	saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0.025	0.03	0.033	0.035
17	seperti no 16, tapi dengan penyelesaian	0.017	0.02	0.025	0.03
18	saluran beton	0.014	0.016	0.019	0.021
19	saluran beton halus dan rata	0.01	0.011	0.012	0.013
20	saluran beton pracetak dengan acuan baja	0.013	0.014	0.014	0.015
21	saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0.015	0.016	0.016	0.018

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya, 2010

3.4 Diagram Alir Kegiatan



Gambar 3.3 Diagram alir kegiatan