



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan umum

Drainase merupakan salah satu elemen penting dalam sistem prasarana transportasi, khususnya pada konstruksi jalan. Keberadaan sistem drainase yang baik bertujuan untuk mengendalikan dan mengalirkan air hujan maupun limpasan permukaan agar tidak menggenangi badan jalan. Genangan air yang terjadi dalam waktu lama dapat menyebabkan penurunan daya dukung tanah dasar (subgrade), mempercepat kerusakan lapisan perkerasan, serta mengurangi tingkat keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan.

Dalam perencanaan drainase jalan, diperlukan pendekatan teknis yang mencakup analisis hidrologi dan hidraulika. Analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana berdasarkan data curah hujan dan karakteristik daerah tangkapan air. Sedangkan analisis hidraulika digunakan untuk merencanakan dimensi saluran agar mampu menampung dan mengalirkan debit tersebut secara aman dan efisien.

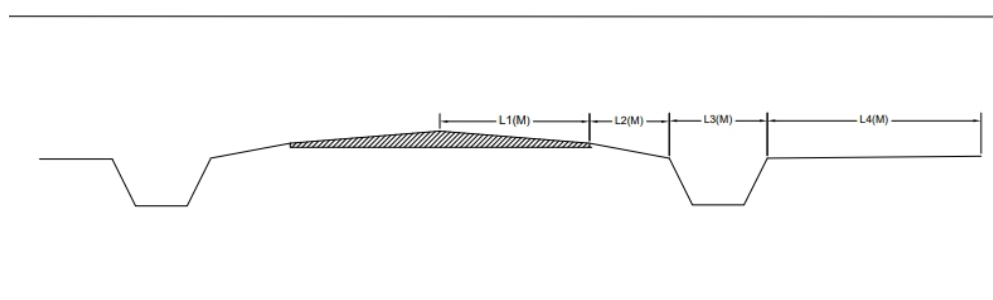
2.2. Cacthment Area

Catchment Area atau area tangkapan hujan adalah suatu area ataupun daerah tangkapan hujan dimana batas wilayah tangkapannya ditentukan dari titik-titik elevasi tertinggi sehingga akhirnya merupakan suatu poligon tertutup, yang mana polanya disesuaikan dengan kondisi topografi, dengan mengikuti arah aliran air. Aliran air tersebut tidak hanya berupa air permukaan yang mengalir di dalam alur sungai, tetapi termasuk juga aliran termasuk juga aliran di lereng-lereng bukit yang mengalir menuju alur sungai sehingga daerah tersebut dinamakan daerah aliran sungai. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti berarti ditetapkan berdasarkan air permukaan. Batas ini tidak ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian (*Sri Harto, 1993*).

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



Gambar 2. 1 Cacthment Area (SNI 03-3424-1994)

Dimana :

L1 = lebar jalan (ditetapkan dari as jalan sampai bagian tepi perkerasan) x panjang saluran

L2 = Lebar bahu jalan (ditetapkan dari tepi perkerasanyang ada sampai tepi bahu jalan) x panjang saluran

L3 = Lebar saluran x panjang saluran

L4 = Lebar asumsi daerah pengaliran (panjang minimum 20 m dan panjang maksimum 100 m) x panjang saluran

Keempat luasan tersebut ditotalkan, maka didapatlah daerah tangkapan hujan (SNI 03-3424-1994).

2.3. Analisa Hidrologi

2.3.1. Perhitungan Curah Hujan Rencana

1. Metode Distribusi Normal

Distribusi normal merupakan salah satu distribusi yang banyak digunakan dalam analisis hidrologi, misalnya pada analisis frekuensi curah hujan maupun analisis statistik rata-rata tahunan. Distribusi ini juga dikenal dengan sebutan distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (*Normal Probability Density Function*) dari suatu variabel acak kontinu dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut::

Rumus yang digunakan :

$$X_t = X + K.s \dots\dots\dots(2,1)$$

Dimana :

X_t = Perkiraan nilai x yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun



S = Deviasi Standar nilai variabel X

k = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang dilihat pada Tabel 2. 1

Tabel 2. 1 Nilai Variabel Reduksi Gaus (Soewarno, 1995)

Priode Ulang, T (Tahun)	Peluang	Kt
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,100	2,33
200,000	0,050	2,58
500,000	0,020	2,88
1000,000	0,001	3,09

2. Metode Distribusi Gumbel

Distribusi gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum seperti analisis frekuensi banjir. Fungsi densitas kumulaif mempunyai bentuk:

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_T - Y_n}{S} \cdot S \dots\dots\dots(2,2)$$

Dengan :

X_T = besarnya curah hujan pada periode ulang tertentu (T tahun)

$\bar{X}$ = harga rata-rata sampel

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.

Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Y_T = reduced variate, merupakan fungsi dari probabilitas

$$= -\ln\left(-\ln\frac{T_r(x)-1}{T_r(X)}\right)$$

Y_n = reduced variate mean (rata-rata Y_T),

S_n = reduced variate standard deviation,

S = deviasi standar sampel

Tabel 2. 2 Nilai Y_n dan S_n Fungsi jumlah data (Triatmodjo,2008)

n	Y_n	S_n	n	Y_n	S_n	n	Y_n	S_n
10	0,4952	0,9497	25	0,5309	1,0914	40	0,5439	1,1413
11	0,4996	0,9676	26	0,5320	1,0961	41	0,5442	1,1436
12	0,5035	0,9833	27	0,5332	1,1004	42	0,5448	1,1458
13	0,5070	0,9972	28	0,5343	1,1047	43	0,5453	1,1480
14	0,5100	1,0098	29	0,5353	1,1086	44	0,5458	1,1490
15	0,5128	1,0206	30	0,5362	1,1124	45	0,5463	1,1518
16	0,5157	1,0316	31	0,5371	1,1159	46	0,5468	1,1538
17	0,5181	1,0411	32	0,5380	1,1193	47	0,5473	1,1557
18	0,5202	1,0493	33	0,5388	1,1226	48	0,5477	1,1574
19	0,5220	1,0566	34	0,5396	1,1255	56	0,5508	1,1696
20	0,5236	1,0629	35	0,5402	1,1285	57	0,5511	1,1708
21	0,5252	1,0696	36	0,5410	1,1313	58	0,5515	1,1721
22	0,5268	1,0754	37	0,5418	1,1339	59	0,5518	1,1734
23	0,5283	1,0811	38	0,5424	1,1363	60	0,5521	1,1747
24	0,5296	1,0864	39	0,5430	1,1388	61	0,5524	1,1759

3. Metode Distribusi Log Person III

Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan salah satu distribusi yang banyak digunakan dalam analisis hidrologi, khususnya untuk menganalisis data ekstrem seperti debit banjir maksimum maupun debit minimum. Distribusi ini merupakan hasil transformasi dari distribusi Log Normal, dengan mengubah variabel menjadi nilai logaritmik. Bentuk kumulatif dari distribusi Log Pearson Tipe III, apabila variabel X digambarkan pada kertas peluang logaritmik (*logarithmic probability paper*), akan menghasilkan model matematis berupa persamaan garis lurus. Adapun persamaan garis lurus tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
 4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
 5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

$$X = \bar{X} - k \cdot S \dots\dots\dots(2,3)$$

Dimana :

X = Nilai logaritmik dari X

$\bar{X}$ = Nilai rata – rata dari X

k = faktor frekuensi

S = deviasi standar dari X

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi Log Pearson Type III, adalah :

1. Tentukan logaritma dari semua nilai variabel X
2. Hitung nilai rata-ratanya :

$$\text{Log } X = \frac{\sum \log X}{n} \dots\dots\dots(2,4)$$

n = Jumlah data

3. Hitung nilai deviasi standarnya dari $\log X$:

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \log X)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2,5)$$

4. Hitung nilai koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{n \sum (\log X - \log X)^2}{(n-1)(n-2)(S \log X)} \dots\dots\dots(2,6)$$

C_s = Nilai Kemencengan (Tabel 2.3)

Sehingga persamaan ditulis :

$$\text{Log } X = \log X + K (S \log X) \dots\dots\dots(2,7)$$

Tabel 2. 3 Nilai K untuk distribusi pearson III (Bambang triatmodjo 2008)

K	Priode ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
Cs	Presentasi Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3	-0.396	0.42	1.18	2.27	3.152	4.05	4.97	7.25
2.5	-0.36	0.51	1.25	2.26	3.048	3.84	4.652	6.6
2.2	-0.33	0.57	1.284	2.24	2.97	3.7	4.444	6.2
2	-0.307	0.6	1.302	2.21	2.912	3.6	4.298	5.91
1.8	-0.282	0.64	1.318	2.19	2.848	3.49	4.147	5.66
1.6	-0.254	0.67	1.329	2.16	2.78	3.38	3.99	5.39
1.4	-0.225	0.7	1.337	2.12	2.706	3.27	3.828	5.11

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

1.2	-0.195	0.73	1.34	2.08	2.626	3.14	3.661	4.82
1	-0.164	0.75	1.34	2.04	2.542	3.02	3.489	4.54
0.9	-0.148	0.76	1.339	2.01	2.498	2.95	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.78	1.336	2.99	2.453	2.89	3.312	4.25
0.7	-0.116	0.79	1.333	2.96	2.407	2.82	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.8	1.328	2.93	2.359	2.75	3.132	3.96
0.5	-0.083	0.8	1.323	2.91	2.311	2.68	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.81	1.317	2.88	2.261	2.61	2.949	3.67
0.3	-0.05	0.82	1.309	2.84	2.211	2.54	2.856	3.595
0.2	-0.033	0.83	1.301	2.81	2.159	2.47	2.763	3.58
0.1	-0.017	0.83	1.292	2.78	2.107	2.4	2.67	3.501
0	0	0.84	1.282	2.75	2.054	2.32	2.576	3.09
-0.1	0.017	0.83	1.27	2.76	2	2.25	2.482	3.95
-0.2	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.17	2.388	2.81
-0.27	0.046	0.852	1.247	1.65	1.901	2.119	2.313	
-0.3	0.05	0.85	1.245	1.64	1.89	2.1	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.85	1.231	1.6	1.834	2.02	2.201	2.54
-0.5	0.083	0.85	1.216	1.56	1.777	1.95	2.108	2.4
-0.6	0.099	0.85	1.2	1.52	1.72	1	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.85	1.183	1.48	1.663	1.8	1.926	2.15
-0.8	0.132	0.85	1.166	1.48	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.85	1.147	1.4	1.549	1.66	1.749	1.91
-1	0.164	0.85	1.128	1.36	1.492	1.58	1.664	1.8
-1.2	0.195	0.84	1.086	1.28	1.379	1.44	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.83	1.041	1.19	1.27	1.31	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.81	0.994	1.11	1.166	1.2	1.216	1.28
-1.8	0.282	0.79	0.945	0.03	1.069	1.08	1.097	1.13
-2	0.307	0.77	0.895	0.95	0.98	0.99	1.995	1
-2.2	0.33	0.75	0.844	0.88	0.9	0.9	0.907	0.91
-2.5	0.36	0.71	0.771	0.79	0.798	0.79	0.8	0.802
-3	0.396	0.63	0.66	0.66	0.666	0.66	0.667	0.668

Dalam menentukan jenis distribusi yang paling sesuai untuk perhitungan curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun, diperlukan kriteria pemilihan distribusi. Pemilihan ini didasarkan pada terpenuhinya syarat-syarat statistik tertentu sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. 3 dengan demikian, tabel tersebut berfungsi sebagai pedoman

Tabel 2. 4 Kriteria Pemilihan Distribusi (Triatmodjo,2008)

NO	Jenis Distribusi	Syarat
1	Distribusi Normal	Cs = 0 Ck = 3
2	Distribusi Gumbel	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
3	Distribusi Log pearson III	Bebas Bebas

4. Parameter Statik

a. Standar Deviasi

Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata, maka nilai standart deviasi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2,8)$$

Dimana :

Sd = Standart deviasi

$\bar{x}$ = Nilai curah hujan rata-rata (mm)

b. Koefisien Kemencengan

Suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Koefisien kemencengan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \dots\dots\dots(2,9)$$

Dimana :

Cs = Koefisien skewness

Sd = Standart deviasi

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

X_i = Variabel random (mm)

n = Jumlah data

c. Koefisien Keruncingan

Untuk mengetahui tingkat keruncingan (skewness) suatu kurva distribusi, biasanya dilakukan perbandingan dengan distribusi normal sebagai acuan. Distribusi normal memiliki nilai koefisien kemencengan (skewness coefficient) sama dengan nol, sehingga setiap penyimpangan nilai skewness dari nol menunjukkan adanya perbedaan bentuk distribusi data terhadap distribusi normal.

$$C_K = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(S^4)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \dots\dots\dots(2,10)$$

Dimana :

- C_K = Koefisien Kurtosis
- n = Jumlah data
- Sd = Standart deviasi
- $\bar{X}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)
- X_i = Variabel random (mm)

d. Koefesien Variasi

$$C_V = \frac{s}{\bar{x}} \dots\dots\dots(2,11)$$

Dimana :

- C_v = Koefisien variasi
- S = Standart Deviasi
- $\bar{X}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

2.3.2. Uji Kecocokan Distribusi

Untuk menentukan tingkat kecocokan distribusi frekuensi data sampel terhadap fungsi peluang teoritis yang diperkirakan dapat mewakili distribusi tersebut, diperlukan pengujian parameter distribusi. Pengujian ini bertujuan untuk menilai apakah data hasil observasi sesuai dengan distribusi teoritis yang digunakan dalam analisis hidrologi. Parameter pengujian yang digunakan dan akan disajikan pada subbab ini meliputi uji Chi-Kuadrat (Chi-Square Test), uji Smirnov-Kolmogorov (K-S Test), dan uji Lilliefors:

1. Uji Chi – Kuadrat

Uji Chi–Kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan peluang (metode yang digunakan untuk mencari hujan rencana), dapat mewakili distribusi sampel data yang analisis. Parameter yang digunakan untuk pengambilan keputusan uji ini adalah X^2 , sehingga disebut Uji Chi– Kuadrat. Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus :

$$X^2h = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2,12)$$

Dimana :

X^2 = Nilai Chi-Kuadrat

E_i = frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

O_i = rekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

n = Jumlah sub kelompok dalam satu grup

Harga X^2 kritis diperoleh berdasarkan hasil tabel, nilai uji akan bergantung pada derajat kebebasan (dk) dan tingkat signifikansi (α). Derajat kebebasan (dk) dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$dk = K - (p + 1) \dots\dots\dots(2,13)$$

Dimana :

dk = Derajat kebebasan

K = Banyaknya kelas

P = banyaknya keterikatan (banyak parameter), untuk uji chi kuadrat adalah 2

Tabel 2. 5 Nilai kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat uji satu sisi (Bambang triatmodjo 2008)

dk	α derajat Kepercayaan						
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5.024	6.635
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7.378	9.21
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9.348	11.345
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11.143	13.277

5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12.832	15.086
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14.449	16.812
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16.012	18.475
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17.535	20.09
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19.023	21.666
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20.843	23.209

2. Uji Kolmogorov-Smirnov

Uji Kolmogorov-Smirnov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*) karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Prosedur Uji Kolmogorov-Smirnov adalah :

- Urutkan data pengamatan (dari data terbesar sampai yang terkecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang masing-masing data tersebut.

$$X1 = P(X1)$$

$$X2 = P(X2)$$

$$Xm = P(Xm)$$

$$Xn = P(Xn)$$

$$P(Xn) = \frac{m}{n+1} \text{ dan } P(Xm) = 1 - P(Xi) \dots \dots \dots (2,14)$$

Dimana :

$P(x)$ = Peluang

m = Nomor urut kejadian

n = Jumlah data

- Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dan hasil penggambaran data (persamaan distribusi).

$$X1 = P'(X1)$$

$$X2 = P'(X2)$$

$$Xm = P'(Xm)$$

$$Xn = P'(Xn)$$

$$F(t) = \frac{X-X}{sd} \text{ dan } P' (Xi) = 1 - P' (Xi) \dots \dots \dots (2,15)$$

Dimana :

$P/(x_m)$ = Peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke-m yang didapat dari tabel

X = Curah hujan harian

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.

Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

Universitas Islam Indragiri hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

$\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata

$F(t)$ = Distribusi normal standard

- c. Tentukan selisih terbesar dari peluang pengamatan dengan peluang teoritis dari kedua nilai peluang tersebut.

$$D_{\text{maks}} = [P(X_m) - P'(X_m)] \dots \dots \dots (2,16)$$

- d. Tentukan harga D_0 berdasarkan tabel nilai kritis Kolmogorov–Smirnov. Berdasarkan Tabel 2. 6 nilai kritis Kolmogorov–Smirnov test, tentukan harga D_0 dengan ketentuan. Apabila $D_{\text{max}} < D_0$, maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi dapat diterima. Apabila $D_{\text{max}} > D_0$, maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 2. 6 Nilai Kepercayaan Kolmogorov–Smirnov

N	Derajat Kepercayaan			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

2.3.3. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan perbandingan antara besarnya limpasan air hujan yang terjadi dengan total curah hujan yang menjadi penyebab limpasan tersebut. Nilai koefisien pengaliran pada suatu daerah sangat dipengaruhi oleh kondisi karakteristik daerah tersebut, antara lain:

1. Jenis tata guna lahan
2. Jenis dan kondisi tanah
3. Kemiringan lereng

4. Kerapatan vegetasi
5. Kondisi sistem drainase eksisting
6. Intensitas curah hujan

Untuk menentukan koefisien pengaliran rata-rata pada suatu daerah dengan penggunaan lahan yang beragam, digunakan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + A_n C_n}{A \text{ total}} \dots\dots\dots(2,17)$$

Dimana :

- C = Koefesien aliran rata – rata
- An = Luas Daerah pengaruh hujan ke – n (km²)
- Cn = Koefesien aliran pada tata guna lahan (lihat pada Tabel 2. 7)
- A = Luas total DAS (km²)

Tabel 2. 7 Koefisien Limpasan untuk metode rasional (McGuen, 1989 dalam Suripin 2003)

No	Deskripsi lahan / karakter permukaan	Koefisien C
1	Bisnis	
	- Perkotaan	0,70 - 0,95
	- Pinggiran kota	0,50 - 0,70
2	Perumahan	
	- Rumah tunggal	0,30 - 0,50
	- Multiunit terpisah, terpisah	0,40 - 0,50
	-Multiunit tergabung	0,60 - 0,75
	-Perkampungan	0,25 - 0,40
	-Apartemen	0,50 - 0,70
3	Industri	
	- Ringan	0,50 - 0,80
	- Berat	0,60 - 0,90
4	Perkerasan	
	- Aspal dan beton	0,70 - 0,95
	- Batu bata, paving	0,50 - 0,70
5	Atap	0,75 - 0,95
6	Halaman, tanah berpasir	
	- Datar 2%	0,05 - 0,10
	- Rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
	- Curam 7%	0,15 - 0,20
7	Halaman, tanah berat	

	- Datar 2%	0,13 - 0,17
	- Rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
	- Curam 7%	0,25 - 0,35
8	Halaman kereta api	0,10 - 0,35
9	Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
10	Rerumputan	0,05 - 0,35
11	Taman, perkuburan	0,10 - 0,25
12	Hutan	
	- Datar, 0-5%	0,10 - 0,40
	- Bergelombang, 5-10%	0,25 - 0,50
	- Berbukit 10-30%	0,30 - 0,60

2.3.4. Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan per satuan waktu. Besarnya intensitas hujan dipengaruhi oleh lama hujan, frekuensi kejadian, serta kondisi setempat yang diperoleh melalui analisis data curah hujan. Proses presipitasi terjadi ketika uap air di atmosfer mengalami pendinginan dan terkondensasi menjadi butir air yang kemudian jatuh ke permukaan bumi. Presipitasi tidak hanya berupa hujan, tetapi juga dapat berbentuk salju, embun, dan lainnya. Derasnya hujan bergantung pada banyaknya uap air yang terkandung di udara, di mana semakin tinggi intensitas hujan maka umumnya durasinya semakin singkat. Setelah sebagian besar uap air terkondensasi, kandungan uap di udara menurun sehingga intensitas hujan akan berangsur berkurang seiring waktu.

Data dari alat hujan penangkar hujan manual data hujan harian atau data hujan 24 jam, rumus yang digunakan adalah rumus Mononobe

1. Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(2,18)$$

Dimana:

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

R₂₄ = Tinggi hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

24 = Standar presentase dalam 1 hari (R₂₄ = 100%).

t = Lama hujan (jam)

Sehingga persamaan diatas menjadi:

$$It = \frac{R24}{6} \cdot \left(\frac{6}{Tc}\right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2,19)$$

Intensitas curah hujan pada penelitian ini diasumsikan mengikuti distribusi hujan yang terpusat dalam durasi 6 jam per hari, sehingga perhitungannya dinyatakan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R_t = \frac{R24}{6} \cdot \left(\frac{6}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2,20)$$

Curah hujan pada jam ke-T dihitung dengan menggunakan persamaan berikut::

$$Rt = T \cdot R_t - (T - 1) \cdot R_{t(T-1)} \dots \dots \dots (2,21)$$

Dimana:

- R_t = intensitas curah hujan pada jam ke T (mm)
- T = lama hujan dari awal sampai jam ke T (jam)
- $R_{t(T-1)}$ = rata-rata intensitas curah hujan dari awal sampai jam ke T-1

2.3.5. Waktu Kosentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) pada suatu DAS didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh butiran air hujan sejak pertama kali jatuh di permukaan daerah pengaliran hingga mencapai titik tinjauan. Dengan demikian, waktu konsentrasi merupakan penjumlahan antara waktu aliran di atas permukaan tanah menuju saluran terdekat (t_o) dan waktu aliran di dalam saluran hingga mencapai titik yang ditinjau (t_f). Waktu konsentrasi (t_c)

$$t_c = t_o + t_f \dots \dots \dots (2,22)$$

Dimana:

- t_c = Waktu konsentrasi (jam)
- t_f = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di sepanjang channel flowing (jam)
- t_o = Waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di permukaan hingga mencapai outlet (jam)



Untuk mencari harga t_0 dan t_f dipakai rumus:

$$t_o = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times I \times \frac{n_d}{\sqrt{S_o}} \right] \dots \dots \dots (2,23)$$

Dimana :

- t_o = waktu pengaliran menuju saluran (men)
- I = panjang alur terpanjang (m)
- n_d = koefisien hambatan
- S_o = kemiringan aliran

Rumus t_f

$$t_f = \frac{L}{V} \dots \dots \dots (2,24)$$

Dimana :

- t_f = waktu pengaliran dalam saluran (menit)
- L = panjang saluran drainase (m)
- V = kecepatan aliran (m/det)

2.3.6. Koefisien Manning

Nilai Koefisien Manning dapat dilihat pada Tabel 2. 8

Tabel 2. 8 Koefisien Manning (n_d)

NO	Jenis Permukaan	Min.	Normal	Mak.
1	Gorong-gorong slab	0,018	0,025	0,030
2	Gorong-gorong beton, bebas kikisan	0,010	0,011	0,013
3	Gorong-gorong beton, saluran pembuangan dengan bak kontrol, apron dan lurus	0,013	0,015	0,017
4	Gorong-gorong baja bergelombang	0,013	0,016	0,017
5	Saluran tanah, lurus dan seragam, bersih baru dibuat	0,016	0,018	0,020
6	Saluran tanah lurus dan seragam, berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
7	Saluran tanah, berkelok-kelok dan tenang tanpa tetumbuhan	0,023	0,025	0,030
8	Saluran tanah, berkelok-kelok dan tenang dengan beberapa tanaman pengganggu	0,025	0,030	0,033
9	Saluran tanah, berkelok-kelok dan tenang dengan banyak tanaman pengganggu atau tanaman air pada saluran yang dalam	0,030	0,035	0,040

10	Saluran tanah, dasar tanah dengan tebing dari batu pecah	0,028	0,030	0,035
11	Saluran tanah hasil galian atau kerukan tanpa tetumbuhan	0,025	0,028	0,033
12	Saluran tanah hasil galian atau kerukan dengan semak-semak kecil di tebing	0,035	0,050	0,060
13	Saluran pasangan batu disemen	0,017	0,025	0,030
14	Saluran pasangan batu	0,023	0,032	0,035
15	Saluran beton dipoles	0,015	0,017	0,020
16	Saluran beton tidak dipoles	0,014	0,017	0,020

(Sumber : Ven Te Chow, 1992)

2.3.7. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana dalam penelitian ini menggunakan Metode Rasional, dengan syarat bahwa luas daerah aliran (catchment area) lebih kecil dari 5,00 km² sesuai ketentuan SNI. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_t = f \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2,25)$$

Dimana :

- Q_t = Debit puncak banjir (m³/det)
- f = faktor konversi (f = 0.278)
- A = Luas daerah aliran sungai (km²)
- C = Koefisien pengaliran
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

2.4. Analisa Hirolika

2.4.1. Perencanaan Saluran Drainase

Perencanaan saluran drainase harus berdasarkan perhitungan debit yang akan ditampung oleh daerah tersebut dan kondisi lapangan. Kedalaman aliran, luas penampang lintang, kecepatan aliran, serta debit dianggap konstan pada setiap penampang melintang.

Bentuk penampang saluran drainase dapat berupa saluran terbuka maupun saluran tertutup, tergantung pada kondisi eksisting di lapangan. Perhitungan kecepatan rata-rata aliran dalam menentukan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning,

karena persamaan ini memiliki bentuk yang sederhana namun mampu memberikan hasil perhitungan yang cukup akurat.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots(2,26)$$

$$Q_s = A \cdot V \dots\dots\dots(2,27)$$

Dimana :

Q_s = Debit saluran (m^3 /detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas penampang basah saluran (m^2)

n = Koefisien kekasaran dinding dan dasar saluran

R = Jari-jari hidrolis saluran = A/P (m)

I = Kemiringan dasar saluran

2.4.2. Kemiringan Dasar Saluran

Kemiringan dasar saluran didefinisikan sebagai perbandingan antara selisih elevasi hulu dan hilir terhadap panjang saluran.

$$i = \frac{\Delta H}{L} \dots\dots\dots(2,28)$$

Dimana :

i = Kemiringan dasar saluran

ΔH = Selisih tinggi

L = Panjang saluran (m)

Tabel 2. 9 Koefisien manning dari setiap jenis material saluran

Material Saluran	Koefesien kekasaran
Plester halus	0,001 -0,013
Plester kasar	0,011 – 0,015
Beton dipoles sedikit	0,013 – 0,016
Beton dipoles dengan sendok kayu	0,011 – 0,015
Batu teratur dengan semen	0,015 – 0,020
Batu bata dengan semen	0,012 – 0,018
Batu tidak teratur dengan semen	0,017 – 0,024
Pasangan batu pecah disemen	0,017 – 0,030



Tanah dengan sedikit tanaman pengganggu	0,022 – 0,033
Tanah dengan banyak tanaman pengganggu	0,030 – 0,040

2.4.3. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan (freeboard) adalah jarak vertikal antara muka air rencana dengan puncak saluran pada kapasitas desain. Penentuan tinggi jagaan dimaksudkan untuk mengantisipasi pengaruh gelombang, fluktuasi muka air, sedimentasi, serta kemungkinan adanya kesalahan estimasi perhitungan muka air, sehingga saluran tetap mampu menampung debit rencana. Tinggi jagaan pada saluran drainase jalan (side ditch maupun culvert) ditetapkan sebagai berikut:

1. Saluran terbuka : Besarnya tinggi jagaan (W) pada saluran drainase jalan dengan penampang trapesium maupun persegi ditentukan menggunakan rumus empiris sebagai berikut:

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

W = tinggi jagaan (m)

h = kedalaman air di saluran (m)

2.4.4. Penampang Saluran

1. Penampang Saluran Segi Empat

$$Q_s = V \cdot A \dots\dots\dots(2,30)$$

Dimana :

Q_s = Debit Saluran (m^3 /detik)

A = Luas penampang basah saluran (m^2) = $b \times h$

P = Keliling basah = $b + 2h$

R = Jari-jari hidrolis saluran (m) = A/P

V = Kecepatan aliran (m/detik)

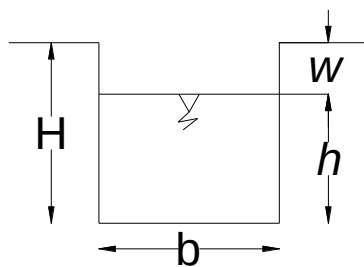
1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.

Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



Gambar 2. 2 Penampang Saluran Segi Empat

2. Penampang Saluran Trapesium

$$Q_s = V \cdot A \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

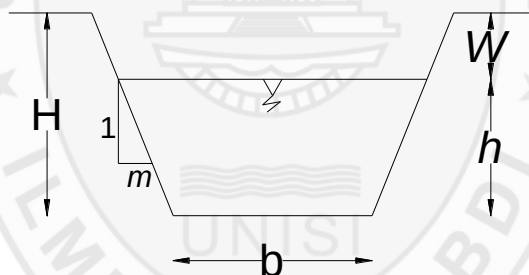
Q_s = Debit Saluran (m^3 /detik)

A = Luas penampang basah saluran (m^2) = $b \times h$

P = Keliling basah = $b + 2h \sqrt{1 + m^2}$

R = Jari-jari hidrolis saluran (m) = A/P

V = Kecepatan aliran (m/detik)



Gambar 2. 3 Penampang Saluran Trapesium

3. Penampang Salurang Lingkaran

$$Q_s = V \cdot A \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

Q_s = Debit Saluran (m^3 /detik)

B = Lebar puncak (m) = $(\sin \frac{\phi}{2}) d$

A = Luas penampang basah saluran (m^2) = $\frac{1}{8} \cdot (\phi - \sin \phi) \cdot d^2$

P = Keliling basah = $\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot d$

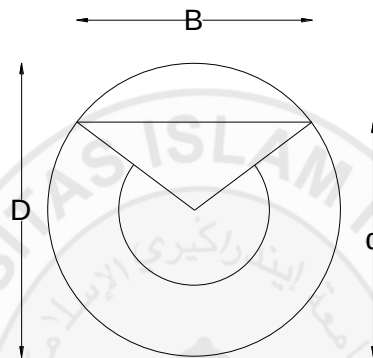
$$R = \text{Jari-jari hidrolis saluran (m)} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin \phi}{\phi} \right) d$$

$$D = \text{Kedalaman hidraulik (m)} = \frac{A}{B}$$

$$V = \text{Kecepatan aliran (m/detik)}$$

$$\text{Aliran bebas (v)} = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$\text{Aliran tertekan (v)} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$



Gambar 2. 4 Penampang Salurang Lingkaran

2.5. Kriteria Desain

1. Secara umum, fasilitas drainase jalan dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama berdasarkan lokasi dan bentuk konstruksinya, yaitu saluran terbuka dan saluran tertutup.
 - a. Saluran terbuka antara lain saluran permukaan perkerasan jalan, median, bahu/trotoar, talang, sengkedan dan fasilitas lainnya.
 - b. Saluran tertutup termasuk gorong-gorong dan sistem drainase badai.
 - c. Saluran bawah permukaan.
 - d. Saluran polder
2. Bahwa setiap aliran disetiap jenis aliran, berlaku sifat-sifat hidraulik.
3. Kriteria desain, digunakan untuk menetapkan tingkat pencapaian atau kesesuaian yang diharapkan serta relevan, memastikan bahwa hasil akhirnya (detail engineering design) dapat dinilai dan dipertahankan.
4. Standar/spesifikasi desain; menetapkan nilai atau batas yang disetujui atau ditentukan dalam desain atau prosedur yang harus diikuti.



5. Jenis dan mutu bahan bangunan agar dipilih sesuai dengan persyaratan desain, tersedia cukup banyak dan mudah diperoleh.
6. Kekuatan dan kestabilan bangunan agar diperhitungkan sesuai dengan beban yang dipikul dan sejalan dengan umur layan.
7. Menaikkan elevasi permukaan jalan merupakan solusi paling populer untuk beradaptasi dengan perubahan penggunaan guna lahan dan peristiwa iklim terutama banjir. Elevasi permukaan jalan perlu dinaikkan ke ketinggian yang lebih tinggi dari perkiraan elevasi banjir rencana untuk mengurangi risiko kerusakan jalan dan mencegah jalan yang tidak dapat diakses selama kejadian banjir.
8. Disarankan saat pemilihan koridor/rute jalan memperhatikan muka air bajir dan elevasi muka air tanah.
9. Sistem drainase jalan dikelola dengan baik, maka akan mempunyai manfaat:
 - a. meningkatkan kualitas air;
 - b. perlindungan dan peningkatan kualitas tanah pada area sensitif di lingkungan jalan;
 - c. tercapainya umur rencana bangunan fisik drainase jalan yang sejalan dengan kinerja yang didapatnya;
 - d. mengurangi biaya konstruksi jalan;
 - e. mengurangi biaya pemeliharaan jalan; dan
 - f. kelancaran dan keselamatan lalu lintas.

2.6. Desain Saluran Permukaan Perkerasan Jalan

2.6.1. Ketentuan Umum

1. Sistem drainase permukaan perkerasan jalan berfungsi untuk mengendalikan limpasan air hujan pada badan jalan maupun area sekitarnya agar tidak terjadi genangan yang dapat merusak struktur perkerasan, lingkungan, maupun mengganggu kelancaran lalu lintas.
2. Fungsi utama sistem ini adalah mengalirkan debit limpasan permukaan secepat mungkin keluar dari badan jalan, mencegah terjadinya hambatan lalu lintas serta potensi kecelakaan, dan mengurangi rembesan air ke dalam lapisan perkerasan jalan.
3. Perencanaan sistem drainase permukaan harus mempertimbangkan karakteristik klasifikasi jalan, meliputi aspek geometrik jalan, jenis

perkerasan, tipe atau konfigurasi jalan, serta ketersediaan fasilitas saluran pembawa seperti saluran pembuang, *street inlet*, dan outlet.

4. Salah satu fungsi sistem drainase jalan adalah mencegah terjadinya hidroplaning, yaitu kondisi ketika terbentuk lapisan air antara ban kendaraan dan permukaan jalan saat hujan, yang dapat menyebabkan pengemudi kehilangan kendali sehingga berpotensi menimbulkan kecelakaan.”Terjadinya hidroplaning dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kedalaman genangan air, kondisi geometrik jalan, kecepatan kendaraan, kedalaman tapak ban, tekanan inflasi ban, serta karakteristik permukaan perkerasan jalan.

2.6.2. Ketentuan Teknis

1. Elemen geometrik jalan yang perlu diperhatikan meliputi lebar jalur/lajur, lebar bahu atau trotoar, lebar median, kemiringan melintang, dan kemiringan memanjang. Untuk pembangunan jalan baru, besaran elemen tersebut harus mengacu pada standar desain geometrik jalan, sedangkan pada kegiatan peningkatan jalan, perencanaan mengikuti kondisi eksisting di lapangan.
2. Pada jalan luar kota, bagian tepi badan jalan umumnya dilengkapi dengan bahu jalan, sedangkan pada jalan perkotaan biasanya dilengkapi dengan trotoar, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. 5

a. Sisis badan jalan dilengkapi trotoar

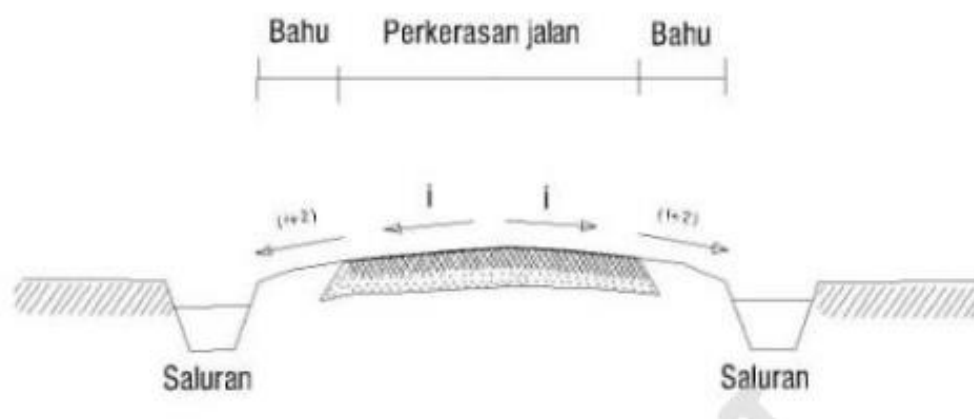


b. Sisis badan jalan dilengkapi bahu



Gambar 2. 5 Tipikel sisi luar jalan perkotaan dan luar kota
(sumber : Pedoman drainase jalan)

3. Kemiringan melintang (cross slope) pada permukaan perkerasan jalan maupun bahu/trotoar ditetapkan sesuai standar, diilustrasikan pada Gambar 2. 6



Gambar 2. 6 Kemiringan Melintang Jalan
(sumber : pedoman drainase jalan)

Tabel 2. 10 Tipikal Kemiringan melintang badan jalan dan bahu jalan

No	Jenis Lapisan Perkerasan	Kemiringan perkerasan jalan	Kemiringan bahu jalan
1	Aspal , beton	2-3	3-5
2	jalan agregat padat tahan	2-4	3-5
3	Kerikil	3-6	4-7
4	Tanah	4-6	5-7

4. Kemiringan melintang badan jalan

Kemiringan bahu jalan dapat searah ataupun tidak searah dengan kemiringan perkerasan. Umumnya, kemiringan bahu dibuat lebih besar dibandingkan kemiringan permukaan perkerasan.

2.7. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan menyeluruh mengenai kebutuhan biaya suatu bangunan atau proyek, yang mencakup biaya bahan, upah tenaga kerja, sewa peralatan, serta komponen biaya lain yang berkaitan dengan pelaksanaan konstruksi. Anggaran biaya pada dasarnya merupakan estimasi harga bahan bangunan yang dihitung secara cermat, teliti, dan sesuai dengan ketentuan teknis. Dalam penyusunan RAB, terdapat lima aspek utama yang harus diperhatikan dalam menghitung biaya konstruksi, yaitu:

1. Bahan – bahan
2. Upah Pekerja



3. Alat – alat konstruksi
4. Overhead atau biaya tidak terduga
5. Keuntungan atau profit

Anggaran biaya untuk suatu bangunan dengan tipe yang sama dapat berbeda di setiap daerah. Hal ini dipengaruhi oleh variasi harga bahan bangunan serta upah tenaga kerja setempat. Oleh karena itu, dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) diperlukan langkah-langkah sistematis sebagai berikut :

1. Persiapan dan pengecekan gambar kerja
2. Perhitungan Volume
3. Membuat harga satuan pekerjaan
4. Perhitungan jumlah biaya pekerjaan
5. Rekapitulasi

