

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan tahapan yang penting guna mengerti parameter analisis hidrologi, seperti perhitungan data curah hujan serta debit rencana yang akan digunakan untuk bisa menganalisis saluran drainase. Dalam mengolah data untuk analisis hidrologi sistem drainase Kawasan Petemon digunakan beberapa teori sebagai landasan perhitungan, ialah sebagai berikut:

2.1.1 Analisis Hujan Rata – Rata

Analisis hujan rata-rata dianalisa untuk dapat menghitung serta menentukan besaran hujan rata-rata di suatu daerah tertentu. Untuk bisa mengetahui jumlah curah hujan rata-rata pada DAS (daerah aliran sungai) dapat menggunakan bermacam metode perhitungan antara lain :

a. Metode Tinggi Rata-Rata.

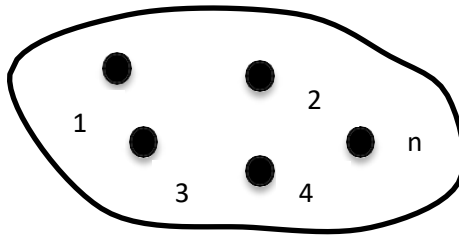
Metode tinggi rata-rata dipakai guna mengetahui. Tehnik ini adalah salah satu cara termudah. Yaitu dengan cara menjumlahkan nilai curah hujan pada titik-titik pengukur pada kawasan-kawasan yang sudah ditentukan kemudian membagi kepada banyaknya jumlah titik pengukur tersebut (Wesli, 2008) dengan menggunakan rumus:

$$d = \left(\frac{d1 + d2 + d3 + \dots + dn}{n} \right) = \sum_{i=1}^n \frac{d1}{n}$$

d : tinggi curah hujan rata rata (mm)

d1..dn : tinggi Tingkat curah hujan pada titik titik pengukur (mm)

n : banyaknya atau jumlah titik titik pengukur



Gambar 2.1 Sket titik-titik curah Hujan dengan cara Rata-Rata

Sumber : CD. Soemarto, 1995

b. Metode Poligon Thiessen

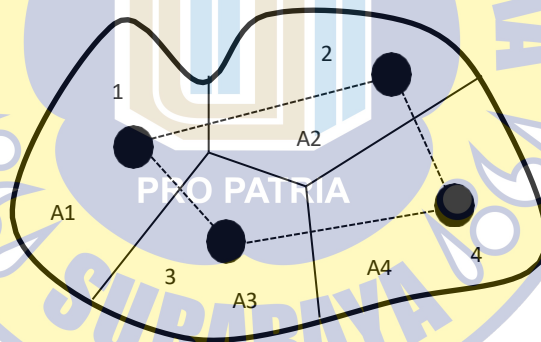
Metode Thiessen digunakan apabila posisi atau letak pengukuran data hujan di wilayah tidak merata. menggunakan rumus :

$$R = \frac{R_1 \cdot A_1 + R_2 \cdot A_2 + \dots + R_n \cdot A_n}{\sum A}$$

R : rata rata max pada Tingkat curah hujan harian

R_n : curah hujan pada titik yang ada di pengukur hujan (mm)

A_n : luas daerah pengaruh di titik pengukur hujan (km²)



Gambar 2.2 Pembagian wilayah menggunakan Metode Thiessen

Sumber : Wesli, 2008

c. Metode Isohyet

Metode Isohyet adalah metode yang digunakan menghitung nilai hujan rata rata, tetapi harus memiliki pengalaman dan kemampuan untuk menghitung menggunakan metode ini. Dapat dihitung menggunakan rumus :

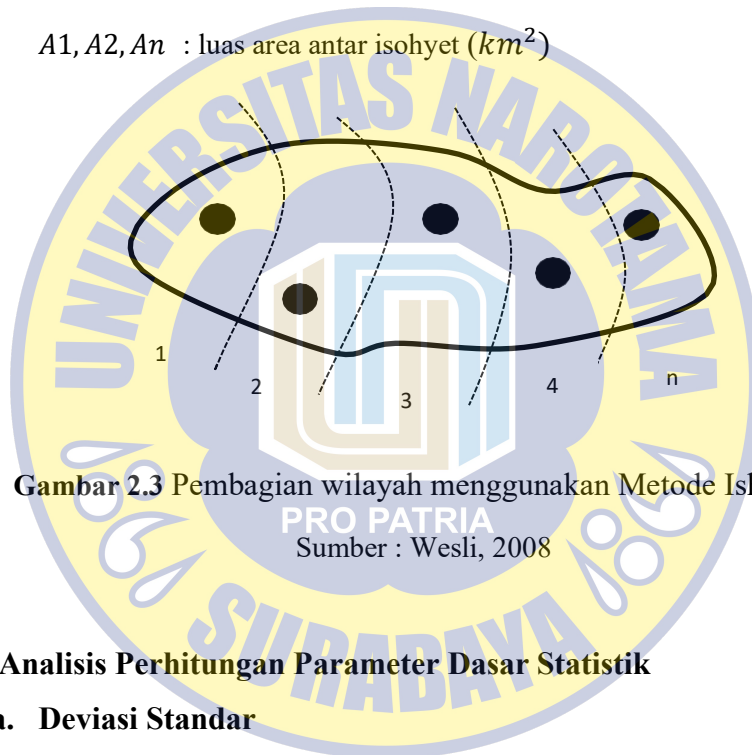
$$\bar{R} = \frac{A_1 \frac{R_1 + R_2}{2} + A_2 \frac{R_2 + R_3}{2} + \dots + A_n \cdot 1 \frac{R_n \cdot 1 + R_n}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n \cdot 1}$$

$$\bar{R} = \frac{A_n \cdot 1 \frac{R_n \cdot 1 + R_n}{2}}{\sum_{i=1}^n A_n \cdot 1}$$

\bar{R} : nilai curah hujan rata rata (mm)

R_1, R_2, R_n : nilai curah hujan rata rata isohyet (mm)

A_1, A_2, A_n : luas area antar isohyet (km^2)



Gambar 2.3 Pembagian wilayah menggunakan Metode Ishohyet

PRO PATRIA
Sumber : Wesli, 2008

2.1.2 Analisis Perhitungan Parameter Dasar Statistik

a. Deviasi Standar

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

S : deviasi standar

X : nilai rata – rata

X_i : nilai varian ke i

N : jumlah data

b. Nilai Rata – rata

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

X : rata – rata nilai

X_1, X_2, X_n : nilai ke 1, 2, ..., n

n : jumlah nilai

c. Koefisien Variasi

$$CV = \frac{S}{X}$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

CV : koefisien variasi

X : nilai rata – rata

S : deviasi standar

d. Koefisien Ketajaman

$$CK = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

CK : koefisien ketajaman

X_i : nilai varian ke i

S : deviasi standar

X : nilai rata – rata

n : jumlah data

e. Koefisien Kemencengan

$$CS = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

(Sumber : Soewarno, 1995)

- CS : koefisien kemencengan
 Xi : nilai varian ke i
 S : deviasi standar
 X : nilai rata – rata
 n : jumlah data

Urutan yang digunakan untuk Analisa dari distribusi peluang adalah :

1. Menghitung besaran nilai statistik yang di dapatkan dari data hidrologi (nilai rata – rata, CS, dan CK).
2. Berdasarkan besaran nilai statistik yang diperoleh dapat dihitung dengan perkiraan model frekuensi yang sama dengan data yang sudah ditentukan, contoh **tabel 2.2**

Tabel 2.1 Standar Acuan Pemilihan Distribusi

Jenis Sebaran	syarat
Normal	$CS \approx 0$
Gumbel Tipe I	$CK = 3$ $CS \leq 1,1396$ $CK \leq 5,4002$
Log Pearson Tipe III	$CS \neq 0$
Log Normal	$CS \leq 3CV + CV^2 = 3$ $CK = 5,383$

sumber : CD. Soemarto, 1999

3. Data yang didapat akan diurutkan dari yang paling besar menuju pada yang paling kecil bahkan sebaliknya.
4. Dihitung distribusi peluang dari karakteristik data yang didapat.
5. Uji kecocokan distribusi peluang.

2.1.3 Analisis Distribusi Peluang

Periode ulang ialah rata-rata selang waktu terbentuknya sesuatu peristiwa ataupun sesuatu besaran tertentu ataupun lebih besar (Haan, 1977). Dalam menghitung periode ulang hujan ada tiga metode yang dapat dilakukan yaitu :

a. Metode Distribusi Normal

Persamaan yang digunakan pada distribusi normal yaitu :

$$X_T = \bar{X} + K \times S$$

X_T : besarnya curah hujan (mm) rancangan untuk periode ulang tertentu

\bar{X} : harga rata-rata curah hujan (mm)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=0}^n X_i}{n}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Sd : standar deviasi

\bar{X} : nilai rata-rata (mm)

X_i : nilai varian ke i

n : jumlah data

K : faktor frekuensi

Tabel 2.2 Nilai Faktor Frekuensi

Periode Ulang (Tahun)	Peluang	K
1,005	0,995	-2,58
1,01	0,99	-2,33
1,05	0,95	-1,64
1,11	0,9	-1,28
1,25	0,8	-0,84
1,33	0,75	-0,67
1,43	0,7	-0,52
1,67	0,6	-0,25
2	0,5	0

2,5	0,4	0,25
3,33	0,3	0,52
4	0,25	0,67
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
20	0,05	1,64
50	0,02	2,05
100	0,01	2,33

(Sumber : Soemarto, 1999)

b. Metode Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X atau variabel acak Y. Langkah- langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$Y_T = \bar{Y} + K \times S$$

Keterangan :

- Y_T : Nilai hujan rencana yang terjadi dengan periode ulang T-tahunan (mm)
- \bar{Y} : Nilai rata-rata
- S : Standar deviasi
- K : Faktor frekuensi yang dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

c. Metode Distribusi Gumbel

Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Gumbel adalah:

$$X_T = \bar{X} + K \times S$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

- X_T : Nilai hujan rencana yang terjadi dengan periode ulang T-tahunan (mm)
 \bar{X} : nilai rata – rata (mm)
 S : Standar deviasi
 Y_t : Nilai reduksi varian dari variabel pada periode ulang T tahun. **(Tabel 2.2)**
 Y_n : Nilai rata-rata dari reduksi varian, nilai dilihat pada tabel data **(Tabel 2.3)**
 S_n : Nilai deviasi standar reduksi varian, nilai dilihat pada tabel data **(Tabel 2.4)**
 K : Faktor frekuensi

Tabel 2.3 Tabel Nilai Y_t

Periode Ulang (Tahun)	Reduce Variate (Y_T)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2.4 Tabel Nilai Y_n

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,499	0,503	0,507	0,510	0,512	0,515	0,518	0,520	0,522
20	0,523	0,525	0,526	0,528	0,529	0,530	0,532	0,533	0,534	0,535
30	0,536	0,537	0,538	0,538	0,539	0,540	0,541	0,541	0,542	0,543
40	0,546	0,544	0,544	0,545	0,545	0,546	0,546	0,547	0,547	0,548
50	0,548	0,548	0,549	0,549	0,550	0,550	0,550	0,551	0,551	0,551
60	0,552	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,553	0,554	0,554	0,554
70	0,554	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,556	0,556	0,556	0,556
80	0,556	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,558	0,558	0,558
90	0,558	0,558	0,558	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
100	0,560									

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2.5 Tabel Nilai S_n

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,949	0,967	0,983	0,997	1,009	1,020	1,031	1,041	1,049	1,056
20	1,062	1,069	1,075	1,081	1,086	1,091	1,096	1,100	1,104	1,108
30	1,112	1,115	1,119	1,122	1,125	1,128	1,131	1,133	1,136	1,138
40	1,141	1,143	1,145	1,148	1,149	1,151	1,153	1,155	1,157	1,159
50	1,160	1,162	1,163	1,165	1,166	1,168	1,169	1,170	1,172	1,173
60	1,174	1,175	1,177	1,178	1,179	1,180	1,181	1,182	1,183	1,184
70	1,185	1,186	1,187	1,188	1,189	1,189	1,190	1,191	1,192	1,193
80	1,193	1,194	1,195	1,195	1,196	1,197	1,198	1,198	1,199	1,200
90	1,200	1,201	1,202	1,202	1,203	1,203	1,204	1,204	1,205	1,206
100	1,206									

(Sumber : Soemarto, 1999)

d. Metode log Pearson Type III

Persamaan distribusi pearson tipe III yang digunakan yaitu :

$$X = \bar{X} + K.S$$

X : besaran nilai curah hujan (mm)

\bar{X} : harga rata – rata tingkat curah hujan (mm)

S : deviasi standar

K : faktor sifat dari distribusi log pearson tipe III

$$\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } \bar{X}} + (G \times S)$$

X_t : besaran curah hujan periode t (mm)

$\overline{\text{Log } \bar{X}}$: rata- rata nilai logaritma data x hasil pengamatan (mm)

(S) : standar deviasi nilai logaritma data x hasil pengamatan

Persamaan yang digunakan adalah :

Nilai rata - rata

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \text{Log } X}{n}$$

Standar deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n - 1}}$$

Cs = Koefisien kepencengan

$$Cs = \frac{n \sum (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^3}{(n - 1)(n - 2)(S \text{Log } X)^3}$$

Ck = Koefisien ketajaman

$$Ck = \frac{n^2 \sum (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)(S \text{Log } X)^4}$$

X : curah hujan (mm)

$\overline{\text{Log } \bar{X}}$: rata rata Log X

G : Faktor frekuensi

Tabel 2.6 Tabel Nilai K Berdasarkan Nilai Cs

Koef. Cs	Periode Ulang							
	10,101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,125	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,449	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

2.1.4 Analisis Kesesuaian Distribusi

Perlu dilakukan analisis pengujian parameter untuk menguji kecocokan dari distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi dari distribusi peluang yang diharapkan dapat mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian ini biasanya dengan uji kesesuaian yang dilakukan dengan dua cara yaitu :

1. Uji Chi Kuadrat
2. Uji Smirnov Kolmogorov

a. Uji Chi Kuadrat

Metode ini dilakukan untuk menentukan apakah persamaan dari distribusi peluang yang sudah dipilih telah diwakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

X_h^2 : Paramete Chi kuadrat terhitung

G : Jumlah sub kelompok

O_i : Jumlah nilai pengamatan

E_i : Jumlah nilai teoritis

Tahapan dari uji chi kuadrat adalah :

1. Mengurutkan data pengamatan dari yang rendah menuju ke yang tinggi
2. Jumlah data pengamatan (O_j) di setiap sub sub kelompok
3. Jumlah data persamaan distribusi yang digunakan (E_j)
4. Tiap kelompok menggunakan rumus : $(O_j - E_j)^2$ dan $(O_j - E_j)^2/E_j$
5. Jumlah seluruhnya memakai harga chi kuadrat (X^2)
6. Menentukan derajat kebebasan $(dk) = G - R - 1$ (R dianggap 0, G = interval kelas)

Persyaratan yang ada untuk uji Chi Kuadrat antara lain:

1. Bila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
2. Bila peluang lebih kecil 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Bila peluang berada di antara 1-5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu tambah data.

(Sumber : Suripin,2004)

Tabel 2.7 Nilai Kritis untuk Uji Chi Kuadrat

dk	α Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,278	9,210	10,597
3	0,00717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997

21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,212	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
ss	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber : Suripin, 2004)

b. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov Kolmogorov, merupakan uji kecocokan non parametrik, sebab dalam pengujian analisisnya tidak menggunakan distribusi tertentu, untuk tahapan – tahapanya adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data dari besar ke kecil dan tentukan besarnya peluang dari masing -masing data tersebut.
2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritisnya berdasarkan hasil penggambaran data.
3. Dari dua nilai kesempatan tersebut, maka penentuan perbedaan terbesar antara peluang serta pengamatan dengan peluang teori.
4. Dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut, untuk mencari nilai D_0 kemudian dibandingkan:
 - Apabila $D < D_0$, maka distribusi teoritis dapat diterima
 - Apabila $D > D_0$, maka distribusi teoritis tidak dapat diterima.

Tabel 2.8 Nilai Kritis D_0 untuk Uji Smirnov Kolmogorov

N	α			
	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	0,30	0,34	0,40
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	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	1,07 — N0,5	1,22 — N0,5	1,36 — N0,5	1,63 — N0,5

(Sumber: Soewarno, 1995)

Dalam perhitungan terdapat variabel $P(X <)$ yaitu luas daerah di bawah kurva normal seperti yang ditunjukkan **Tabel 2.9** berikut ini.

Tabel 2.9 Nilai Luas Daerah di Bawah Kurva Normal

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0	0,5000	0,5040	0,508	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5822	0,5871	0,5911	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,631	0,6368	0,6406	0,6443	0,648	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,67	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,695	0,6985	0,7019	0,7064	0,7088	0,7123	0,7157	0,719	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,6389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,758	0,7611	0,7642	0,7376	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,791	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8264	0,8264	0,8289	0,8315	0,834	0,8365	0,8389
1	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,877	0,879	0,881	0,883
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,898	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,937	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545

1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9767
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,975	0,9757	0,9761	0,9767
2	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,983	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,985	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,989
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,992	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,994	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,996	0,9961	0,9949	0,9963	0,9962
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,997	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,998	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,999	0,999
3,1	0,999	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.2.5 Periode Ulang

Pada perencanaan saluran drainase, periode ulang yang digunakan tergantung berdasarkan fungsi saluran dan daerah tangkapan hujan. Periode ulang dapat diartikan sebagai waktu yang diduga dimana hujan atau debit dengan besaran tertentu yang akan disamakan atau dilampaui dalam jangka waktu yang telah ditentukan.

Dikutip dari Wesli, 2008, penggunaan periode ulang untuk perencanaan saluran adalah sebagai berikut:

Saluran kuartier : periode ulang 1 tahun

Saluran tersier : periode ulang 2 tahun

Saluran sekunder : periode ulang 5 tahun

Saluran primer : periode ulang 10 tahun Sedangkan berdasarkan

Suripin, 2004, rekomendasi periode ulang untuk desain banjir dan genangan

dapat dilihat pada **Tabel 2.11** berikut ini :

Tabel 2.10 Periode Ulang (tahun)

No	Distribusi	PUH (Tahun)
1	Saluran Mikro Pada Daerah	
	Lahan rumah, taman, kebun, kuburan, lahan tak terbangun	2
	Kesibukan dan Perkantoran	5
	Perindustrian	
	Ringan	5
	Menengah	10
	Berat	25
	Super Berat/Proteksi Negara	50
2	Saluran Tersier	
	Resiko Kecil	2
	Resiko Besar	5
3	Saluran Sekunder	
	Tanpa Resiko	2
	Resiko Kecil	5
	Resiko Besar	10
4	Saluran Primer (Induk)	
	Resiko Kecil	10
	Resiko Besar	25
	Atau:	
	Luas DAS (25-50) Ha	5
	Luas DAS (50-100) Ha	(5-10)
	Luas DAS (100-1300)	(10-25)

	Luas DAS (1300-6500)	(25-50)
5	Pengendali Banjir Makro	100
6	Gorong-gorong	
	Jalan Raya Biasa	10
7	Jalan Raya By Pass	25
	Saluran Tepian	
	Jalan Raya Biasa	5-10
	Jalan Raya By Pass	10-25

(Sumber : Suripin, 2004)

Berdasarkan referensi tersebut, maka digunakan periode ulang untuk saluran tersier digunakan Q_2 , lalu untuk saluran sekunder menggunakan Q_5 , dan untuk saluran primer digunakan Q_{10} .

2.2.6 Perhitungan Tinggi Hujan 1-24 Jam

Pada perhitungan analisis hidrologi, diperlukan data tinggi curah hujan dalam waktu kurang atau lebih dari satu hari. Sedangkan sebagian besar data tinggi curah hujan di Indonesia yang dipublikasikan adalah data tinggi hujan harian. Dengan menggunakan rumus yang berasal dari hasil penyelidikan Hasper dan Der Weduwen di Indonesia, rumus yang digunakan untuk distribusi curah hujan 24 jam menjadi tiap jam adalah:

$$\left(\frac{100R}{R_{24}}\right)^2 = \frac{11300t}{t + 3.12}$$

Durasi hujan terpusat yang tidak lebih dari 7 jam, sehingga direncanakan durasi maksimum hujan rencana di Surabaya selama 4 jam (Pitaloka, 2017). Rumus yang digunakan untuk perhitungan rata-rata hujan sampai jam ke-t yaitu:

$$R'_t = \frac{R_{24}}{4} \times \left(\frac{4}{t}\right)^{2/3}$$

Kemudian untuk perhitungan tinggi hujan pada jam ke-t dapat menggunakan rumus:

$$R'_t = t \times R_t - (t - 1) \times R_{(t-1)}$$

R_t	: hujan rata-rata pada jam-t (mm) R_{24}
R_{24}	: tinggi hujan dalam 24 jam (mm)
R'_t	: tinggi hujan pada jam ke t (mm)
t	: waktu hujan (jam)

2.2 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika digunakan untuk perhitungan dan mengetahui kinerja saluran drainase eksisting apakah dapat menampung debit banjir. Serta melakukan perencanaan pembangunan saluran drainase untuk menambah kapasitas saluran agar dapat menampung debit banjir. Analisis hidrolika sendiri meliputi perhitungan kapasitas saluran drainase dengan penampang saluran yang bervariasi dengan bebrbagai bentuk dan analisis perencanaan saluran. Pada tugas akhir ini, analisis hidrolika menggunakan program bantu SWMM 5.1 atau Storm Water Management Model.

2.2.1 Debit Rencana

Debit rencana adalah besaran debit air pada periode ulang tertentu yang diperkirakan akan mengalir melalui suatu bangunan air atau saluran. Ini digunakan dalam perencanaan dan desain bangunan air, seperti saluran drainase untuk mengetahui pasti agar kapasitas saluran rencana dapat menampung debit banjir maksimal yang diharapkan dengan memperhatikan perhitungan dari analisis hidrogi untuk acuan perhitungan perencanaan saluran.

Metode yang digunakan untuk menemtukan debit rencana menggunakan metode rasional :

$$Q_{max} = 0,00278 \times C \times I \times A$$

Q_{max} : debit puncak maksimum ($m^3/detik$)

C : koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)

I : intensitas hujan (mm/jam)

A : luas daerah aliran (Ha)

Tabel 2.11 Koefesiensi aliran untuk Metode Rasional

Diskripsi Lahan / Karakter Permukaan		Koefisien Aliran (C)
Bisnis	Perkotaan	0,70 - 0,95
	Pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	Rumah tinggal	0,30 - 0,50
	Multi unit, terpisah	0,40 - 0,60
	Multi unit, tergabung	0,60 - 0,75
	Apartemen	0,50 - 0,70
	Perkampungan	0,25 - 0,40
Industri	Ringan	0,50 - 0,80
	Berat	0,60 - 0,90
Perkerasan	Aspal dan beton	0,70 - 0,95
	Batu bata, paving	0,50 - 0,70
Atap	-	0,70 - 0,95
Halaman, tanah berat	Datar, 2%	0,05 - 0,10
	Rata-rata, 2-7%	0,10 - 0,15
	Curam, 7%	0,15 - 0,20
Halaman kereta api	-	0,10 - 0,35
Tempat-tempat bermain	-	0,20 - 0,35
Taman perkuburan	-	0,10 - 0,25
Hutan	Datar, 0 - 5%	0,10 - 0,40
	Bergelombang 5-10%	0,25 - 0,50

	Berbukit 10-30%	0,30 – 0,60
--	-----------------	-------------

(Sumber : Suripin, 2003)

Dapat dilihat **Tabel 2.12** adalah acuan untuk mengetahui nilai koefisien aliran (C) yang merupakan deskripsi lahan dan karakteristik dari permukaan daerah tertentu, nilai koefisien aliran akan digunakan pada rumus perhitungan debit rencana maksimal dengan menggunakan metode rasional.

Tabel 2.12 Koefisien Aliran untuk Metode Rasional

Koefisien aliran $C = C_t + C_s + C_v$		
Topografi (C_t)	Tanah (C_s)	Vegetasi (C_v)
Datar (<1%) 0,03	Pasir dan gravel 0,04	Hutan 0,04
Bergelombang (1 – 10%) 0,08	Lempung berpasir 0,08	Pertanian 0,11
Perbukitan (10 – 20%) 0,16	Lempung dan lanau 0,16	Padang rumput 0,21
Pegunungan (>20%) 0,26	Lapisan batu 0,26	Tanpa tanaman 0,28

(Sumber : Suripin, 2003)

Dapat dilihat dari **Tabel 2.13** adalah untuk mengetahui nilai koefisien aliran yang deskripsikan dari topografi, jenis tanah dan vegetasi, nilai koefisien aliran akan digunakan pada rumus perhitungan debit rencana maksimal dengan menggunakan metode rasional.

2.2.2 Analisis Kapasitas Saluran

Kapasitas saluran ialah debit air maksimal yang dapat ditampung oleh saluran drainase. Dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

(Sumber : Suripin, 2004)

- V : kecepatan saluran (m/s)
 n : koefisien kekasaran
 R : jari jari hidrolis (m)
 S : kemiringan saluran
 I : intensitas hujan (mm/jam)
 A : luas penampang basah (m²)

Tabel 2.13 Koefisien Kekasaran Manning (n)

Tipe Saluran	n
Saluran dari pasangan batu tanpa plengsengan	0,025
Saluran dari pasangan batu dengan plengsengan	0,015
Saluran dari beton	0,017
Saluran alam dengan rumput	0,020
Saluran dari batu	0,025

(Sumber : Chow, 1989)

2.2.3 Storm Water Management Model (SWMM)

Storm Water Management Model (SWMM) merupakan model yang mampu untuk menganalisis permasalahan kuantitas dan kualitas air yang berkaitan dengan limpasan daerah perkotaan. Dengan menggunakan SWMM 5.1, sebuah program bantu yang dikembangkan oleh EPA (Environmental Protection Agency – US), maka dapat membuat model dari lokasi studi. SWMM tergolong model hujan aliran dinamis yang digunakan untuk simulasi dengan rentang waktu yang menerus atau kejadian banjir sesaat. Model ini paling banyak dikembangkan untuk simulasi proses hidrologi dan hidrolika di wilayah perkotaan. Dengan menggunakan SWMM, kondisi yang terjadi di lapangan dapat dimodelkan dengan memasukkan parameter- parameter yang tercatat pada kondisi sesungguhnya (Rossman, Lewis A, 2010).

Input data yang diperlukan software ini adalah :

1. Rain Gage ini digunakan untuk menyediakan data curah hujan pada stasiun hujan dalam program SWMM, Dimana Rain gage yang mengirim data presipitasi berguna untuk satu atau bahkan lebih dari satu subcatchment area di wilayah yang ditentukan.

Dengan menggunakan program SWMM terdapat beberapa parameter dari analisis hidrologi yang harus dimasukkan untuk mendefinisikan setiap subcatchment yang ada, parameter tersebut antara lain:

- a. Rain Format

Format dari data hujan yang akan diolah dan terdiri dari tiga format, yaitu:

- Intensity (mm/jam), yaitu nilai hujan dari kecepatan rata-rata.
- Volume (mm) adalah nilai hujan berdasarkan volume.
- Cumulative (mm); nilai hujan kumulatif pada jam tersebut.

- b. Rain Interval

Waktu interval dari perekaman data hujan oleh Stasiun Hujan.

- c. Snow Catch Factor

Merupakan faktor koreksi yang digunakan ketika merekam presipitasi akibat leleh salju.

- d. Data Source

Merupakan data hujan yang akan dimasukkan untuk diolah dalam simulasi dengan metode Timeseries, sehingga dapat mendeskripsikan distribusi curah hujan pada setiap interval waktu.

2. Junction Node merupakan titik node yang menyambungkan saluran. Secara sistem, node ini dapat menerima aliran dari luar saluran juga, seperti aliran bawah tanah. Dengan menggunakan program bantu SWMM, terdapat beberapa bagian bagian fitur yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap Junction Node yang ada, fitur tersebut antara lain:

- a. Inflows : fitur ini digunakan ketika ada aliran tambahan yang langsung menuju Node.

- b. Treatment : fitur berikut ini digunakan ketika perencana mempertimbangkan kualitas dari air, sehingga diperlukan perencanaan dalam pengoperasian node ini.
 - c. Invert El. : Merupakan elevasi dari node tersebut.
 - d. Max. Depth : Kedalaman maksimum dari node, yang juga dapat sama dengan kedalaman maksimum saluran.
 - e. Initial Depth : Kedalaman air eksisting saat ini, yaitu sebelum simulasi dengan program bantu SWMM dimulai.
 - f. Surchage Depth : Merupakan kedalaman saluran tambahan di atas Max. Depth, digunakan sebagai faktor keamanan (Tinggi Jagaan).
 - g. Poneded Area : Merupakan area yang diperbolehkan tergenang air saat banjir terjadi (kedalaman air lebih dari kedalaman saluran).
3. Conduit/Links
- Conduit merupakan saluran drainase yang berfungsi mengalirkan air dari node ke sistem drainase baik itu ke node lain atau fasilitas penunjang drainase lainnya. Saluran terdiri dari saluran tertutup dan saluran terbuka. SWMM 5.1 menggunakan rumus Manning dalam menghitung debit (Q), luas penampang (A), jari-jari hidraulis (R), dan kemiringan (S). Terdapat beberapa bagian bagian fitur yang harus diinput dalam SWMM 5.1 untuk mendefinisikan setiap Conduit yang ada, yaitu:
- a. Inlet Node : nama titik node pada hulu saluran.
 - b. Outlet Node : nama titik node pada hilir saluran.
 - c. Shape : Bentuk penampang dari potongan melintang saluran.
 - d. Max. Depth : kedalaman air maksimum pada potongan melintang saluran.
 - e. Length : panjang potongan memanjang saluran (mulai dari node hulu hingga ke node hilir).
 - f. Roughness : koefisien kekasaran manning untuk saluran tersebut. Inlet
 - g. Offset : fitur ini digunakan jika saluran direncanakan terdapat panjang tambahan dari saluran tersebut pada inlet node.

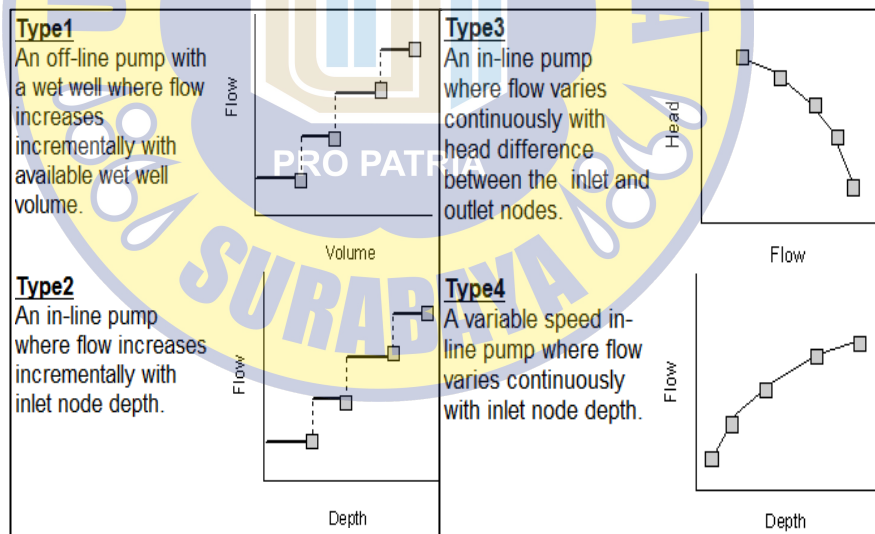
- h. Outlet Offset : fitur ini digunakan jika saluran direncanakan terdapat panjang tambahan dari saluran tersebut pada outlet node.
 - i. Initial Flow : Debit eksisting pada saluran sebelum dilakukan simulasi.
 - j. Maximum Flow : Debit maksimum pada saluran saat telah dilakukan simulasi.
 - k. Entry Loss Coef. : fitur ini digunakan untuk mendefinisikan koefisien kehilangan energi yang dapat terjadi saat air masuk ke dalam sebuah saluran.
 - l. Exit Loss Coef. : fitur ini digunakan untuk mendefinisikan koefisien kehilangan energi yang dapat terjadi saat air keluar dari dalam sebuah saluran.
 - m. Avg. Loss Coef. : fitur ini digunakan untuk mendefinisikan koefisien kehilangan energi yang dapat terjadi saat air mengalami gesekan di dalam sebuah saluran.
 - n. Flap Gate : fitur ini mendefinisikan ada atau tidaknya pintu air untuk menahan backflow yang melewati saluran tersebut.
 - o. Culvert Code : fitur ini berisikan kode dari bentuk geometri inlet jika saluran merupakan box culvert.
4. Outfalls
- Outfall merupakan titik terminal dari sistem drainase biasanya yang berupa node untuk menghuungkan saluran drainase. Secara fungsi node ini merupakan titik akhir dari sistem drainase ditetapkan pada akhir dari batas suatu hilir sebelum menuju pembuangan akhir. Pada program SWMM 5.1, terdapat beberapa bagian bagian fitur yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap Outfall yang ada, fitur tersebut yaitu:
- a. Inflows : fitur ini digunakan ketika terdapat aliran tambahan yang mengalir langsung menuju node.
 - b. Treatment : fitur ini digunakan ketika dilakukan tinjauan terhadap kualitas dari air, sehingga diperlukan perencanaan dalam pengoperasian node ini.
 - c. Invert El. : Merupakan elevasi dari node tersebut.

- d. Tide Gate : Pintu air yang digunakan untuk mencegah terjadinya back water akibat elevasi pembuangan akhir yang lebih tinggi dibandingkan elevasi node.
 - e. Route To : Subcatchment opsional yang menerima aliran dari node ini.
5. Flow Divider
- Flow divider adalah suatu sistem drainase dimana inflow dialihkan pada conduit tertentu. Suatu flow divider boleh mempunyai tidak lebih dari dua conduit pada satu sistemnya.
6. Storage units
- Storage units merupakan sistem drainase yang berupa node yang berfungsi sebagai tampungan yang dapat menampung volume limpasan air hujan. Fasilitas tampungan besarnya yaitu dapat sekecil kolam dan dapat sebesar danau. Volume dari node ini dapat didefinisikan dengan luas permukaan dikalikan dengan tinggi. Dengan menggunakan program dari SWMM 5.1, terdapat beberapa bagian bagian fitur yang harus diinput untuk mendefinisikan Storage Unit yang ada, bagian tersebut, yaitu:
- a. Inflows : fitur ini digunakan ketika terdapat aliran tambahan yang mengalir langsung menuju node.
 - b. Treatment : fitur ini digunakan ketika dilakukan tinjauan terhadap kualitas dari air, sehingga diperlukan perencanaan dalam pengoperasian node ini.
 - c. Invert El. : Merupakan elevasi dari node tersebut.
 - d. Max. Depth : Merupakan kedalaman maksimum dari node.
 - e. Initial Depth : Kedalaman air eksisting saat ini, yaitu sebelum simulasi dengan program bantu SWMM dimulai..
 - f. Surchage Depth : Merupakan kedalaman saluran tambahan di atas Max. Depth, digunakan sebagai faktor keamanan (Tinggi Jagaan).

- g. Evap. Factor : Merupakan tingkat kemungkinan evaporasi yang berasal dari luas permukaan Storage Unit (bernilai 1 untuk mengalami evaporasi secara keseluruhan dan 0 untuk tidak mengalami evaporasi).
- h. Seepage Loss : fitur ini digunakan untuk mendeskripsikan spesifikasi jenis tanah yang akan mengalami resapan lewat dasar atau dinding Storage Unit.

7. Pumps

Pumps merupakan penghubung antar *node* untuk mengalirkan air menuju ke hilir berfungsi untuk mengontrol elevasi air pada level tertentu dan dapat mengalirkan air tanpa menggunakan gaya gravitasi. Keadaan hidup dan mati pompa dapat oprasionalkan secara dinamik pada sepanjang pengaturan ataupun kontrol yang ditetapkan oleh pengguna. Pada program SWMM 5.1, pompa dibagi menjadi 4 tipe yang dapat dilihat pada **Gambar 2.4**



Gambar 2.4 Tipe Pompa SWMM (Sumber : Rossman, 2017)

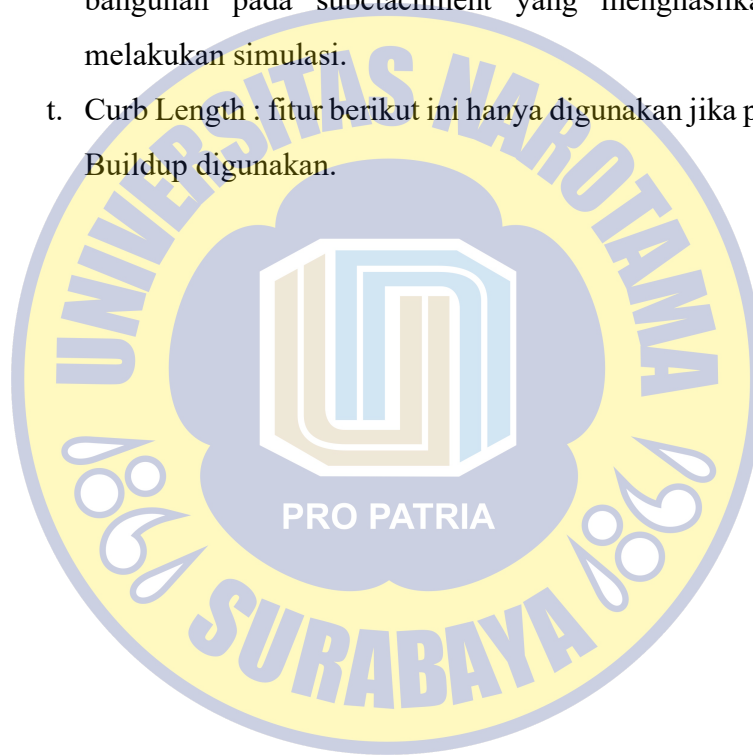
Dengan menggunakan program SWMM 5.1, terdapat beberapa bagian bagian fitur yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap Pump yang ada, parameter tersebut antara lain:

- a. Inlet Node : nama titik node pada hulu saluran.

- b. Outlet Node : nama titik node pada hilir saluran.
 - c. Pump Curve : merupakan nama kurva yang berisi data pengoperasian untuk pompa dengan tipe pompa yang telah dipilih sebelumnya.
 - d. Initial Status : Status pompa (hidup atau mati) sebelum dimulainya simulasi.
 - e. Startup Depth : kedalaman air di node pada hulu saluran saat pompa menyala.
 - f. Shutoff Depth : kedalaman air di node pada hulu saluran saat pompa mati.
8. Flow Regulators
- Flow regulators struktur ataupun fasilitas drainase yang berfungsi untuk mengontrol maupun mengalihkan debit air agar saluran drainase bekerja secara maksimal.
9. Subcatchment
- Subcatchment merupakan daerah tangkapan air hujan yang berfungsi sebagai runoff dan hal yang harus diperhatikan dalam penentuan daerah tangkapan air yaitu tata guna lahan, topografi dan karakteristik lahan. Subcatchment dapat mengalirkan air limpasan berdasarkan perbedaan tinggi permukaan / elevasi dengan kekasaran tertentu. Dengan program SWMM 5.1, ada beberapa bagian bagian fitur yang harus diinput untuk mendefinisikan setiap subcatchment yang ada, fitur tersebut yaitu:
- a. Rain Gage : stasiun hujan dengan data hujan yang akan digunakan dalam simulasi.
 - b. Outlet : nama titik node yang menerima limpasan air hujan dari subcatchment tersebut.
 - c. Area : merupakan luas dari subcatchment.
 - d. Width (W) : lebar dari subcatchment, yaitu tegak lurus terhadap panjang aliran subcatchment menuju outlet.
 - e. Slope : kemiringan dari subcatchment dari titik terjauh sampai outlet. Kemiringan dideskripsikan sebagai jarak vertikal dibagi dengan jarak horizontal.

- f. Impervious : merupakan persentase lahan impervious dalam sebuah subcatchment.
- g. N-Impervvious : menggambarkan kekasaran dari permukaan lahan impervious yang menyebabkan limpasan air mengalir lebih lama.
- h. N-Pervious : menggambarkan kekasaran dari permukaan lahan pervious yang menyebabkan limpasan air mengalir lebih lama.
- i. Dstore-Impervious : kedalaman dari depression storage di atas lahan impervious yang diasumsikan bernilai nol untuk mendapatkan limpasan air hujan dalam kondisi kritis.
- j. Dstore-Pervious : kedalaman dari depression storage di atas lahan Pervious sama dengan Initial Abstraction
- k. Zero-Impervious : persentase lahan impervious tanpa depression storage diasumsikan 100% untuk mendapatkan limpasan air hujan dalam kondisi kritis.
- l. Subarea Routing : arah aliran subcatchment yang terdiri dari lahan impervious dan pervious.
 - Impervious : limpasan dari lahan pervious mengalir ke lahan impervious.
 - Pervious : limpasan dari lahan impervious yang mengalir ke lahan pervious.
 - Outlet : limpasan dari subcatchment yang mengalir ke outlet.
- m. Percent Routed : persentase limpasan air hujan yang mengalir di subcatchment diasumsikan 100% mengalir menuju outlet.
- n. Infiltration : Infiltrasi untuk subcatchment pada SWMM 5.1 menggunakan Metode Curve Number untuk seluruh subcatchment. Metode ini bekerja dengan mengestimasi limpasan air, yaitu dengan cara mengasumsikan bahwa total kapasitas infiltrasi tanah dapat diukur berdasarkan tabel Curve Number tanah
- o. LID Control : Low Impact Development (LID) adalah suatu lahan yang didesain sehingga dapat mengurangi limpasan air hujan dengan menyediakan kombinasi detensi, infiltrasi dan evapotranspirasi di dalamnya.

- p. Groundwater Flow : merupakan aliran bawah tanah yang digunakan untuk menyambungkan subcatchment ke akuifer (air yang meresap ke Lower Zone Soil) dan node (Saluran).
- q. Snow Pack : presipitasi akibat lelehan dari salju.
- r. Land Uses : fitur ini hanya digunakan untuk menghitung variasi spasial dari polusi berdasarkan fungsi lahan yang telah dikategorikan (perumahan, perdagangan, industri ataupun lahan yang belum dibangun).
- s. Initial Buildup : fitur ini digunakan untuk menghitung jumlah bangunan pada subcatchment yang menghasilkan polusi saat melakukan simulasi.
- t. Curb Length : fitur berikut ini hanya digunakan jika parameter Initial Buildup digunakan.



2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang menjadi rujukan pada penelitian ini ada 10 (dsepuluh) Judul, seperti ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2.14 Peneliti terdahulu

NO	JUDUL DAN NAMA PENELITI	SUMBER	METODE	PERSAMAAN	PERBEDAAN
1	Pemodelan Numerik Sistem Drainase Kawasan Citraland Dengan Beberapa Alternatif Solusi Penanganan Banjir (Sih Dwiuntoroadi, 2020)	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Metode Rasional untuk menghitung debit banjir Analisis hidrolika menggunakan aplikasi SWMM	Perhitungan curah hujan dan permodelan SWMM Menghitung rencana pembangunan saluran drainase dan menambah fasilitas pendukung lain seperti pompa dan pintu air	Waktu penelitian Tempat penelitian Tujuan penelitian
2	Perencanaan Ulang Sistem Drainase Perumahan Mulyosari, Surabaya Timur (Rizaldi Firdaus Ardiyanto, 2020)	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Metode Rasional untuk menghitung debit banjir Analisis hidrolika menggunakan aplikasi SWMM	Perhitungan curah hujan dan permodelan SWMM Menghitung rencana pembangunan saluran drainase dan menambah fasilitas pendukung lain seperti pompa dan pintu air	Waktu penelitian Tempat penelitian Tujuan penelitian

3	Pemodelan Pengoperasian Pintu Air Dan Pompa Air Di Boezem Kalidami Dengan Menggunakan Fuzzy Logic (Budi Setiawan, 2020)	Institut Teknologi Sepuluh Nopember		Perhitungan curah hujan, permodelan SWMM, dan Menghitung rencana pembangunan saluran drainase dan menambah fasilitas pendukung lain seperti pompa dan pintu air	Waktu penelitian Tempat penelitian Tujuan penelitian Operasional Pintu dan Pompa Air dengan Metode Fuzzy Logic
4	Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Dengan Menggunakan Software Hec – Ras 4.10 Dan Epa Swmm 5.1 (Studi Kasus Pusat Kota Jepara, Jawa Tengah) (SHISKA FAUZIA, 2021)	Universitas Islam Sultan Agung Semarang	Metode Rasional untuk menghitung debit banjir Analisis hidrolika menggunakan aplikasi SWMM dan software HEC RAS 4.10	Perhitungan curah hujan, permodelan SWMM Menghitung rencana pembangunan saluran drainase dan menambah fasilitas pendukung lain seperti pompa dan pintu air	Waktu penelitian Tempat penelitian Tujuan penelitian menggunakan software HEC RAS untuk permodelan 2D
5	Evaluasi Sistem Drainase Perumahan Bumi Marina Emas Di Surabaya Timur (Muh Fikri Ardwan, 2018)	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Metode Rasional untuk menghitung debit banjir Analisis hidrolika menggunakan aplikasi SWMM	Perhitungan curah hujan dan permodelan SWMM	Waktu penelitian Tempat penelitian Tujuan penelitian
6	Analisis Kapasitas Saluran Drainase Menggunakan Program Swmm 5.1 Di Perumahan Tasmania	Institut Pertanian Bogor	Metode Rasional untuk menghitung debit banjir	Perhitungan curah hujan dan permodelan SWMM	Waktu penelitian Tempat penelitian Tujuan penelitian

	Bogor, Jawa Barat (Lutfhi And Roh, 2018)		Analisis hidrolika menggunakan aplikasi SWMM		
7	Kajian Evaluasi Sistem Drainase Jalan Srikoyo Kecamatan Patrang Kabupaten Jember (Marchianti, Nurus Sakinah and Diniyah, 2017)	Universitas Negeri Jember	Metode Rasional untuk menghitung debit banjir Analisis hidrolika menggunakan aplikasi SWMM	Perhitungan curah hujan dan permodelan SWMM	Waktu penelitian Tempat penelitian Tujuan penelitian
8	Pemodelan Sistem Drainase Menggunakan EPA SWMM 5.1 Untuk Mengatasi Genangan di Kelurahan Kebun Tebeng Bengkulu (Meilani Belladona, Widya Ningrum, Fenty Wisnuwardhani, Alex Surapati 2023)	Universitas Muhammadiyah Jakarta	Metode Rasional untuk menghitung debit banjir Analisis hidrolika menggunakan aplikasi SWMM	Perhitungan curah hujan dan permodelan SWMM	Waktu penelitian Tempat penelitian Tujuan penelitian
9	Evaluasi Sistem Drainase Kawasan Menggunakan Penginderaan Jauh Serta SWMM (Studi Kasus :	Universitas Muhammadiyah Jember	Metode Rasional untuk menghitung debit banjir	Perhitungan curah hujan dan permodelan SWMM	Waktu penelitian Tempat penelitian Tujuan penelitian

	Daerah Pendidikan Kabupaten Jember) (Nadia Sirientika, Adhitya Surya Manggala, Totok Dwi Kuryanto 2021).		Analisis hidrolika menggunakan aplikasi SWMM		
10	Evaluasi Sistem Drainase Dalam Upaya Penggulangan Banjir Di Jalan A.H Nasution Kota Tasikmalaya Menggunakan Program Epa Swmm 5.1 (Lina Lindawati, Pengki Irawan, Rosi Nursani 2023).	Universitas Siliwangi Tasikmalaya	Metode Rasional untuk menghitung debit banjir Analisis hidrolika menggunakan aplikasi SWMM	Perhitungan curah hujan dan permodelan SWMM	Waktu penelitian Tempat penelitian Tujuan penelitian

Sumber : Jurnal Penelitian