

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi akan dilakukan dengan mengkaji data-data hidrologi berupa curah hujan, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai karena akan selalu berubah terhadap waktu menurut Soewarno (1995) dalam Pratama (2017). Analisis hidrologi diperlukan dalam suatu perencanaan yang berbasis air sehingga dalam analisis *Zero Delta Q policy* dilakukan analisis hidrologi yaitu analisis debit rencana dengan tahap sebagai berikut:

- a) Menentukan curah hujan maksimum tiap tahunnya dari data curah hujan yang ada.
- b) Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang tahun tertentu.
- c) Menghitung debit banjir rencana sesuai besarnya curah hujan rencana pada periode ulang tahun tertentu.

2.1.1. Analisis Hujan Rencana

Analisis hujan rencana digunakan sebagai peramalan curah hujan rencana, menurut Suripin (2004) terdapat empat metode distribusi sesuai ilmu statistik yang digunakan dalam bidang hidrologi antara lain :

1. Metode Distribusi Normal
2. Metode Distribusi Log Normal
3. Metode Distribusi Log Pearson Type III
4. Metode Distribusi Gumbel

Perhitungan yang dilakukan menggunakan keempat metode tersebut memiliki masing-masing parameter yang saling berkaitan dengan analisis data antara lain parameter nilai rata-rata (\bar{X}), simpangan baku atau standar deviasi (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien *skewness* (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck). Sesuai yang tertulis dalam Suripin (2004) dan Soewarno (1995):

a. Nilai rata – rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

dimana:

\bar{X} = Nilai rata – rata (mm)

X_i = Nilai pengukuran dari suatu variant (mm)

n = Jumlah data

b. Simpangan Baku atau Standar Deviasi (Sd)

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

dimana :

Sd = Simpangan Baku atau Standar Deviasi (mm)

\bar{X} = Nilai rata – rata (mm)

X_i = Nilai pengukuran dari suatu variant (mm)

n = Jumlah data

c. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{x}} \quad (2.3)$$

dimana :

Cv = Koefisien Variasi

Sd = Simpangan Baku atau Standar Deviasi

\bar{X} = Nilai rata – rata (mm)

d. Koefisien Kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{nx \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (2.4)$$

dimana:

Cs = Koefisien kemencengan

Sd = Standar Deviasi dari sample (mm)

X = Rata – rata hitung dari sample (mm)

X_i = Nilai variant ke-I (mm)

n = Jumlah data

e. Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (2.5)$$

dimana:

Ck = Koefisien Kurtosis

\bar{X} = Rata – rata hitung dari sample (mm)

Xi = Nilai variant ke-i (mm)

n = Jumlah data

Koefisien kemencengan dan koefisien kurtosis dapat ditentukan pula sesuai parameter teoritis dengan syarat menurut Departemen Pekerjaan Umum pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Pemilihan Jenis Kemungkinan Teoritis (SNI 2415, 2016)

Distribusi Teoritis	Parameter Statistik Teoritis
Normal	Cs = 0 ; Ck = 3
Log Normal	Cs = 3 ; Ck = 3 x Cv
Gumbel Tipe I	Cs ≤ 1,14 ; Ck < 5,40
Log Person Tipe III	Cs dan Ck = Fleksibel

Tabel 2.1 menunjukkan syarat-syarat parameter statistik tiap-tiap distribusi yang dapat digunakan. Syarat-syarat tersebut berdasarkan hasil perhitungan, apabila perhitungan nilai Cs dan Ck memenuhi suatu distribusi, maka distribusi tersebut yang akan digunakan pada tahap uji kecocokan.

1. Metode Distribusi Normal

Analisis metode distribusi normal menggunakan persamaan praktis menurut Suripin (2004) dengan parameter dan persamaan sebagai berikut:

$$X_t = \mu + kt \cdot Sd \quad (2.6)$$

dimana:

Xt = Curah hujan rancangan untuk periode ulang pada T tahun (mm)

μ = Nilai rata-rata

Sd = Standar deviasi

kt = Faktor frekuensi, merupakan fungsi peluang atau periode ulang dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Faktor Frekuensi, kt sebagai Nilai variabel reduksi Gauss (Bonnier (1980) dalam Suripin, 2004)

No.	Periode ulang, T (tahun)	Peluang	Kt
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0,00
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	0,200	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1.000,000	0,001	3,09

Tabel 2.2 menunjukkan faktor frekuensi yang menunjukkan faktor frekuensi yang disesuaikan dengan periode ulang, nilai dalam tabel dapat digunakan untuk mempermudah perhitungan.

2. Metode Distribusi Log Normal

Analisis metode distribusi log normal menggunakan persamaan praktis menurut Suripin (2004) dengan parameter dan persamaan sebagai berikut:

$$Y_t = \bar{Y} + kt \cdot S_d \tag{2.7}$$

dimana:

Y_t = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan (mm)

\bar{Y} = Nilai rata-rata

S_d = Standar deviasi

kt = Faktor frekuensi, merupakan fungsi peluang atau periode ulang dapat dilihat pada tabel 2.2.

3. Metode Distribusi Log Pearson Type III

Metode distribusi log pearson tipe III dalam Suripin (2004) dilakukan untuk menguatkan pendekatan antara data dan teori dari metode sebelumnya yaitu metode distribusi log normal. Metode distribusi log pearson tipe III ini menggunakan beberapa parameter antara lain harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Tahap-tahap analisis dalam metode distribusi log pearson tipe III adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung harga rata-rata

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (2.8)$$

dimana:

\bar{X} = Rata - rata hitung dari sample (mm)

X_i = Nilai varian ke-i (mm)

n = Jumlah data

- b. Menghitung harga simpangan baku

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.9)$$

dimana :

Sd = Simpangan Baku atau Standar Deviasi (mm)

\bar{X} = Nilai rata - rata (mm)

X_i = Nilai pengukuran dari suatu varian (mm)

n = Jumlah data

- c. Menghitung Koefisien Kemencengan

$$C_s = \frac{n \times \sum (\log X_i - \log X)^3}{(n-1) \times (n-2) \times sd^3} \quad (2.10)$$

dimana:

C_s = Koefisien kemencengan

Sd = Standar Deviasi dari sampel (mm)

X = Rata - rata hitung dari sampel (mm)

X_i = Nilai varian ke-I (mm)

n = Jumlah data

Hasil perhitungan pada koefisien kemencengan apabila sama dengan nol (Cs=0) maka kembali menggunakan metode distribusi log normal.

d. Menghitung logaritma hujan atau banjir menggunakan periode ulang T dengan rumus :

$$\log X_T = \log \bar{X} + K.Sd \tag{2.11}$$

nilai K pada persamaan 2.11 dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Nilai K Distribusi Log Pearson (Supirin, 2004)

CS	Periode Ulang (Tahun)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang (%)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	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	2,892	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,319	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	2,187	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	-3,499	-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

Tabel 2.3 menunjukkan nilai K yang merupakan variabel standar untuk nilai X yang didapat berdasarkan besaran koefisien kemencengan (Cs). Perhitungan selanjutnya

yaitu melakukan perhitungan antilog dari $\log X_T$ untuk mendapatkan nilai dari hujan atau banjir pada kala ulang T-tahunan.

4. Metode Distribusi Gumbel

Metode distribusi Gumbel dilakukan dengan harga-harga ekstrim sebagai fungsi distribusi eksponensial ganda menurut Suripin (2004). Berdasarkan hasil substitusi didapatkan persamaan akhir sebagai berikut:

$$X = X_{rt} + \frac{S}{S_n}(Y_{tr} - Y_n) \quad (2.12)$$

dimana:

X = Hujan dengan masa ulang

S = Standar deviasi

Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduced variate*) nilainya tergantung dari data (n) dan dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Reduced Mean Y_n (Supirin, 2004)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,500	0,504	0,507	0,510	0,513	0,516	0,518	0,520	0,522
20	0,524	0,525	0,527	0,528	0,530	0,531	0,532	0,533	0,534	0,535
30	0,536	0,537	0,538	0,539	0,540	0,540	0,541	0,542	0,542	0,543
40	0,544	0,544	0,545	0,545	0,546	0,546	0,547	0,547	0,548	0,548
50	0,549	0,549	0,549	0,55	0,550	0,550	0,551	0,551	0,552	0,552
60	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,554	0,554	0,554	0,554	0,555
70	0,555	0,555	0,555	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,557	0,557
80	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,558	0,558	0,558	0,558	0,558
90	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,560	0,560	0,560	0,560
100	0,560	0,560	0,560	0,560	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561	0,561

Tabel 2.4 menunjukkan nilai Y_n , parameter yang dibutuhkan dalam menentukan nilai Y_n adalah berdasarkan jumlah data curah hujan maksimum tahunan yang dimiliki. Apabila menggunakan data permisalan untuk 10 tahun, maka yang digunakan adalah nilai N secara vertikal pada angka 10 dan nilai N secara horizontal pada angka 0, didapatkan hasil Y_n dengan N=10 tahun sebesar 0,495.

S_n = Deviasi standar dari reduksi variat, nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2.5 *Reduced Standard Deviation Sn* (Supirin, 2004)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,950	0,968	0,983	0,997	1,010	1,021	1,032	1,041	1,049	1,057
20	1,062	1,070	1,075	1,081	1,086	1,092	1,096	1,100	1,105	1,109
30	1,112	1,116	1,119	1,123	1,126	1,129	1,131	1,134	1,136	1,139
40	1,141	1,1444	1,146	1,148	1,150	1,152	1,154	1,156	1,157	1,159
50	1,161	1,162	1,164	1,166	1,167	1,168	1,170	1,171	1,172	1,173
60	1,175	1,176	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	1,191	1,192	1,192	1,193
80	1,194	1,195	1,195	1,196	1,197	1,197	1,198	1,199	1,199	1,200
90	1,201	1,201	1,203	1,203	1,203	1,204	1,204	1,205	1,206	1,206
100	1,207	1,207	1,207	1,208	1,208	1,208	1,209	1,209	1,209	1,210

Tabel 2.5 menunjukkan nilai Sn, parameter yang dibutuhkan dalam menentukan nilai Sn adalah berdasarkan jumlah data curah hujan maksimum tahunan yang dimiliki. Apabila menggunakan data permisalan untuk 10 tahun, maka yang digunakan adalah nilai N secara vertikal pada angka 10 dan nilai N secara horizontal pada angka 0, didapatkan hasil Sn dengan N=10 tahun sebesar 0,950. Y_{tr} = Nilai reduksi varian dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu. Nilai Y dihitung dengan:

$$Y_{tr} = \ln\left(-\ln\left(\frac{T-1}{Tr}\right)\right) < Tr(20) < Y = \ln(T) \quad (2.13)$$

dimana:

T = Periode ulang Y

n = Nilai rata-rata reduksi dari *variant (mean of reduced variable)* nilainya tergantung dari jumlah data (n).

Nilai Y_{tr} dapat diketahui pula berdasarkan hubungan antara periode ulang (Tr) dan *reduced variate* (Y_{tr}) seperti pada Tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2.6 *Reduced variate, Ytr* sebagai fungsi periode ulang (Supirin, 2004)

Periode ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, Ytr	Periode ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, Ytr
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1.000	6,9087
50	3,9028	5.000	8,5188
75	4,3117	100.000	9,2121

Tabel 2.6 menunjukkan nilai Y_{tr} , parameter yang dibutuhkan dalam menentukan nilai Y_{tr} adalah berdasarkan periode ulang tahunan yang akan digunakan.

2.1.2. Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Curah hujan memiliki periode ulang yang ditentukan dengan menyesuaikan daerah kawasan terbangun. Periode ulang pada kawasan terbangun dikategorikan pada Tabel 2.7 sebagai berikut:

Tabel 2.7 Nilai periode ulang (Wesli, 2008 dalam Sari, 2016)

Daerah	Periode Ulang (tahun)
Permukiman	5-15
Pusat pemerintahan yang penting, daerah komersial, dan daerah padat dengan nilai ekonomi tinggi	10-50
Perencanaan gorong-gorong jalan raya dan lapangan terbang	3-15
Perencanaan pengendalian banjir pada sungai	23-50

Periode ulang yang akan digunakan juga dapat ditentukan berdasarkan fungsi saluran. Periode ulang pada kawasan terbangun sesuai dengan fungsi saluran disajikan pada Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2.8 Nilai periode ulang untuk perencanaan saluran (Wesli, 2008 dalam Sari, 2016)

Saluran	Periode Ulang (tahun)
Kwarter	1
Tersier	2
Sekunder	5
Primer	10

Tabel 2.8 diatas digunakan dalam menentukan periode ulang sesuai fungsi saluran. Pada analisis ini digunakan periode ulang 5 tahun karena saluran yang digunakan merupakan saluran sekunder.

2.1.3. Uji Kecocokan

Perhitungan yang dilakukan dalam analisis hujan rencana kemudian akan diuji. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kecocokan fungsi distribusi peluang yang ditaksir dengan distribusi frekuensi sampel data yang dijadikan parameter.

Pengujian akan dilakukan dalam dua tahap yaitu menggunakan persamaan chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004).

a. Metode Chi-Kuadrat

Metode chi-kuadrat dilakukan untuk mengetahui distribusi statistik sampel data yang digunakan dalam analisis telah menggunakan persamaan distribusi yang sesuai. Parameter χ^2 adalah parameter chi-kuadrat terhitung yang dijadikan sebagai parameter dalam penentuan besar penyimpangan yang terjadi antara nilai teoritis dan nilai yang hitung. Metode chi-kuadrat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\chi^2_h = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \tag{2.14}$$

dimana:

χ^2 = Parameter chi-kuadrat terhitung

Σ = Jumlah sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Perhitungan hasil dari persamaan 2.14 akan menghasilkan variabel acak sehingga dapat digunakan tabel chi-kuadrat untuk nilai chi-kuadrat sebenarnya pada Tabel 2.9 sebagai berikut:

Tabel 2.9 Nilai Kritis untuk distribusi Chi-Kuadrat (Supirin, 2004)

Dk	α derajat kepercayaan							
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.050	0.025	0.01	0.005
1	0,000	0,000	0,001	0,004	3,841	5,024	6,634	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,596
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,344	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,276	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,833	15,086	16,749
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,811	18,547
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,277
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,954
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,665	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	24,724	26,756
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,216	28,299
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819

Dk	α derajat kepercayaan							
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.050	0.025	0.01	0.005
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	30,577	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	31,999	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,408	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	36,190	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,996
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	42,795
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	42,979	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	45,641	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	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,587	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Tabel 2.9 menunjukkan nilai kritis distribusi sesuai dengan derajat kepercayaan yang digunakan. Perhitungan selanjutnya yakni derajat kebebasan (dk) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Dk = G - R - 1 \tag{2.15}$$

dimana:

Dk = Derajat kebebasan

G = Jumlah seluruh subkelompok

R = Nilai untuk metode distribusi normal dan binomial, R = 2

luaran dari hasil uji ini adalah:

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima
2. Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
3. Apabila peluang lebih kecil dari 1%-5% maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu data tambahan.

b. Metode Smirnov-Kolmogorov

Metode ini memiliki sebutan lain yakni uji kecocokan non parametrik karena fungsi distribusi tertentu tidak digunakan dalam pengujian. Langkah-langkah pengujian dilakukan dengan:

$$D = \text{Maksimum } (P(X_m) - P'(X_m)) \tag{2.16}$$

dengan:

$$P(X) = \frac{m}{n+1} \tag{2.17}$$

$$F(t) = \frac{X - X_{rt}}{S} \tag{2.18}$$

$$P(X) = f(t) = 1 - t \tag{2.19}$$

Nilai maksimum D yang diterima dapat dilihat pada Tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2.10 D_{kritis} (Bonnier (1980) dalam Suripin, 2004)

N	Derajat kepercayaan, α			
	0,20	0,10	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
$N > 50$	$1,07/N^{0,5}$	$1,22/N^{0,5}$	$1,36/N^{0,5}$	$1,63/N^{0,5}$

Pada Tabel 2.10 menunjukkan nilai D_{kritis} pada variasi jumlah tahun dan derajat kepercayaan. Suatu distribusi dikatakan selaras jika pada pengujian dengan metode ini nilai $D_{hitung} < D_{kritis}$.

2.1.4. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran memiliki parameter nilai sesuai klasifikasi yang dipengaruhi oleh kondisi permukaan tanah, kemiringan medan, jenis tanah,

lamanya hujan di daerah pengaliran. Nilai koefisien aliran permukaan menurut Suripin (2004) ditunjukkan oleh Tabel 2.11 sebagai berikut:

Tabel 2.11 Koefisien Pengaliran C (Suripin, 2004)

Tipe Daerah Aliran		Harga C
Business	Daerah kota lama	0,75 – 0,95
	Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	Daerah “single family”	0,30 – 0,50
	“multi unit” terpisah-pisah	0,40 – 0,60
	“multi unit” tertutup	0,60 – 0,75
	“sub urban”	0,25 – 0,40
	Daerah rumah-rumah apartment	0,50 – 0,70
Industri	Daerah ringan	0,50 – 0,80
	Daerah berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	Aspal dan Beton	0,70 – 0,95
	Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap		0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir	Datar, 2%	0,05 – 0,10
	Rata-rata 2-7%	0,10 – 0,15
	Curam, 7%	0,15 – 0,20
Halaman tanah berat	Datar, 2%	0,13 – 0,17
	Rata-rata 2-7%	0,18 – 0,22
	Curam, 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api		0,10 – 0,35
Tempat taman 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

Pada Tabel 2.11 menunjukkan koefisien pengaliran berdasarkan tipe-tipe daerah aliran permukaan. Nilai harga C dapat digunakan nilai minimum, nilai maksimum, atau nilai rata-rata dari rentang nilai harga C sesuai kondisi. Nilai harga C apabila suatu kawasan memiliki lebih dari 1 nilai C maka yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.20)$$

dimana:

C = koefisien pengaliran

A = Luas lahan

2.1.5. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan estimasi waktu air hujan yang mengalir hingga titik tertentu di hilir saluran. Perhitungan waktu konsentrasi digunakan dalam menentukan intensitas curah hujan, sehingga perhitungan waktu konsentrasi ini dilakukan dengan menggunakan persamaan Kirpich (Suripin, 2004) sebagai berikut:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1.000 \times s} \right)^{0,385} \quad (2.21)$$

dimana:

t_c = waktu konsentrasi dalam jam

L = panjang saluran utama dalam km

s = kemiringan rata-rata saluran

Waktu konsentrasi juga dapat dihitung pada lahan yang belum memiliki saluran sehingga waktu konsentrasinya adalah waktu untuk air hujan dapat mengalir hingga saluran terdekatnya dengan persamaan Kerby (Ockert, 2014) sebagai berikut:

$$t_o = 1,44 \times \left(nd \times \frac{L}{\sqrt{s}} \right)^{0,467} \quad (2.22)$$

dimana:

L_s = panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan

s = kemiringan lahan

n = koefisien hambatan, disajikan pada Tabel 2.12 sebagai berikut:

Tabel 2.12 Harga Koefisien Hambatan (Pd.T-02-2006 Perencanaan Sistem Drainase Jalan)

Jenis Permukaan	n_d
Permukaan impervious dan licin	0,02
Tanah padat terbuka dan licin	0,10
Permukaan sedikit berumput, tanah dengan tanaman berjajar, tanah terbuka kekasaran sedang	0,20
Padang rumput	0,40
Lahan dengan pohon-pohon musim gugur	0,60
Lahan dengan pohon-pohon berdaun, hutan lebat, lahan berumput tebal	0,80

2.1.6. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Perhitungan curah hujan setiap waktu berdasarkan curah hujan harian dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan Mononobe (Suripin, 2004) sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.23)$$

dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

T = Lamanya curah hujan (jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

Perhitungan durasi hujan efektif sesuai SNI 03-2453-2002 menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t_e = \frac{0,9 \times R^{0,92}}{60} \quad (2.24)$$

dimana:

t_e = durasi hujan efektif (jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

2.2. Banjir Rencana

Penentuan laju aliran puncak atau debit banjir menurut Suripin (2004) berpacu pada ketersediaan data dilapangan. Dalam tindakan prediksi debit banjir, digunakan metode umum yakni metode rasional sebagai berikut:

Rumus yang digunakan yaitu:

$$Q_t = \frac{C.I.A}{3,6} = 0,278C.I.A \quad (2.25)$$

dimana:

Q_t = Debit banjir maksimum (m³/dtk)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan selama t jam (mm/jam)

A = Luas DAS sampai 100 km² (km²)

2.3. Zero Delta Q Policy

Zero delta Q Policy merupakan suatu prinsip yang terdapat pada Peraturan Pemerintah No.26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional. Prinsip tersebut tertuang pada pasal 106 ayat 1 (c) yang berbunyi:

“penerapan prinsip zero delta Q policy terhadap setiap kegiatan budi daya terbangun yang diajukan izinnya.”

Penerapan prinsip tersebut dilakukan agar tiap-tiap kawasan yang mengalami peralihan fungsi lahan dari lahan terbuka menjadi suatu bangunan tidak membebaskan debit air limpasan menuju saluran drainase di hilir sistem drainase. Pertambahan debit akibat peralihan fungsi lahan yang menyebabkan berubahnya angka koefisien pengaliran akan menambah debit limpasan. Metode yang digunakan dalam perhitungan *Zero Delta Q Policy* ini dengan:

$$Q \text{ terbangun} - Q \text{ awal} = \Delta Q \quad (2.26)$$

dimana :

$Q \text{ terbangun}$ = Debit limpasan terbangun (setelah dilakukan pembangunan perumahan) m^3/dtk .

$Q \text{ awal}$ = Debit limpasan awal (sebelum dilakukan pembangunan perumahan) m^3/dtk .

Penerapan prinsip *Zero delta Q Policy* merupakan metode dalam upaya mereduksi debit limpasan yang telah diterapkan di daerah lainnya. Penerapan metode ini telah diterapkan seperti di kota Tangerang Selatan, Manado, dan Jakarta. Kota Tangerang Selatan menerapkan metode ini pada Daerah Aliran Sungai Jaletreng (Palapanews, 2017). Kota Manado juga menjadi salah satu kota yang menerapkan metode ini, terdapat tiga lokasi yang ditunjuk sebagai bentuk implementasi metode ini, tiga lokasi tersebut dibangun kolam tampungan agar menampung debit limpasan saat saluran drainase di bagian hulu mengalami peningkatan debit (Mola, 2014). Kota Jakarta sejak awal tahun 2020 telah menerapkan metode ini pada seluruh gedung-gedung yang terdapat di kota tersebut, hal ini dilakukan untuk mereduksi debit limpasan dengan mengalirkan ke dalam tanah (Pradewo, 2020).

2.4. Kolam Detensi

Prasarana drainase berwawasan lingkungan menurut Permen PU No.12 (2014) yang memiliki fungsi sebagai kolam yang dapat menyediakan tampungan sementara terhadap air hujan di suatu wilayah. Kolam detensi dapat digunakan sebagai sistem pengendalian debit yang akan dilimpahkan ke suatu daerah dengan cara menampung sementara, sehingga mereduksi debit limpasan dari suatu sistem drainase yang menuju drainase perkotaan. Upaya mereduksi debit limpasan pada suatu sistem drainase dilakukan untuk mengimplementasikan prinsip *Zero Delta Q Policy*. Perhitungan yang dilakukan dalam implementasi prinsip *Zero Delta Q Policy* dengan kolam detensi dilakukan dengan perhitungan debit (Q) yang dipengaruhi oleh waktu konsentrasi (t_c), intensitas hujan (I), kemudian dibuat dalam bentuk hidrograf seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1 Skematik Unit Hidrograf (Sofia (2006) dalam Astriawati, 2017)

Gambar 2.1 menunjukkan terdapat selang waktu yang kemudian digunakan dalam perhitungan kumulatif volume debit aliran masuk. Volume debit aliran masuk dijadikan dasar dalam penentuan volume tampungan kolam detensi menggunakan selisih debit limpasan sebagai berikut:

$$\text{Volume debit aliran masuk} = Q \text{ terbangun} - Q \text{ awal} \quad (2.27)$$

Setelah mengetahui volume debit aliran yang masuk, kemudian direncanakan kolam detensi dengan: Volume tampungan \geq volume debit aliran masuk

Perhitungan yang dilakukan dalam membuat skematik unit hidrograf di paparkan dalam Astriawati (2017) sebagai berikut:

$$Q \text{ inflow} = \frac{t_n}{t_c} \times Q \quad (2.28)$$

$$\text{Vol. inflow} = \frac{1}{2} \times (t_n - t_{(n-1)}) \times (Q \text{ inflow}_n + Q \text{ inflow}_{(n-1)}) \quad (2.29)$$

$$\text{Vol. Kum.} = \text{volume inflow}_n + \text{volume kumulatif}_{(n-1)} \quad (2.30)$$

$$\text{Kedalaman} = \frac{\text{Volume Kumulatif}}{\text{Luas kolam}} \quad (2.31)$$

dimana:

t_n = waktu ke-n pada waktu konsentrasi

t_c = waktu konsentrasi

Q = debit limpasan

Dengan mengetahui volume kumulatif tampungan pada kolam detensi, kemudian dengan luas kawasan yang digunakan sebagai luas kolam detensi didapatkan rasio luasan kolam tampungan sebagai berikut:

$$\text{Rasio luasan} = \frac{\text{Luas kolam tampung}}{\text{Luas kawasan}} \times 100\% \quad (2.32)$$

persamaan 2.32 menunjukkan perbandingan luasan antara luas kolam tampung yang akan digunakan dengan total luas kawasan terbangun.

2.5. Persamaan Regresi

Regresi menurut Gujarati (2009) dalam Sarwono (2013) merupakan suatu kajian pada ketergantungan suatu variabel dengan variabel lainnya, dimana variabel lainnya dapat berjumlah satu atau lebih dari satu yang merupakan variabel eksplanatori. Variabel ini digunakan agar dapat memperkirakan nilai rata-rata terhadap populasi data. Variabel yang ada pada regresi yaitu variabel terikat akan bergantung pada variabel bebasnya. Variabel terikat atau tergantung yaitu variabel yang statistikal, acak, stokhastik yang memiliki distribusi probabilitas. Variabel bebas yaitu variabel yang memiliki nilai-nilai tetap. Regresi linier menurut Crammer dan Howitt (2006) dalam Sarwono (2013) memiliki persamaan yang dinamakan persamaan regresi. Fungsi persamaan regresi adalah menginterpretasikan suatu hubungan dan keterkaitan secara linier antara variabel

terikat atau tergantung terhadap variabel bebas. Variabel terikat atau tergantung disimbolkan dengan huruf Y dan variabel bebas disimbolkan dengan huruf X_1 , X_2 , dan X_k . Persamaan regresi yang dimaksudkan adalah sebagai berikut:

Untuk persamaan regresi dimana Y sebagai nilai yang akan diprediksi, persamaan yang dimiliki adalah:

$$Y = a + \beta_1 X_1 \text{ (untuk regresi linier sederhana)} \quad (2.33)$$

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \text{ (untuk regresi linier berganda)} \quad (2.34)$$

dimana:

X = nilai sebenarnya pada suatu data yang diprediksi

β = koefisien regresi jika hanya ada satu prediktor dan koefisien regresi parsial jika lebih dari satu prediktor.

a = adalah *intercept* sebagai nilai Y saat nilai prediktor sama dengan nol.

2.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dalam bidang yang sama dijadikan penulis sebagai referensi dalam penulisan tugas akhir ini. Penelitian terdahulu ini didapat dari referensi jurnal dari universitas lain ditunjukkan oleh Tabel 2.13 sebagai berikut:

Tabel 2.13 Penelitian terdahulu (Penulis, 2020)

No.	Penulis	Judul	Hasil
1.	Dony Wangsasusana (2012)	Kajian Konsep <i>Zero Delta Q Policy</i> Terhadap Adanya Kebijakan Pemekaran Wilayah Kota Banjar – Jawa Barat	Metode: 1. Analisis hidrologi 2. Analisis <i>zero delta Q</i> 3. Analisis teknis (kebutuhan bangunan pelengkap) 4. Analisis kuisisioner Kesimpulan: Kesimpulan: 1. Delta ΔQ diamankan dengan metode " <i>Zero Delta Q Policy</i> " 2. Tindakan secara struktural di lapangan untuk merealisasikan program <i>Zero Delta Q Policy</i> yaitu: A. Upaya yang dilakukan pemerintah

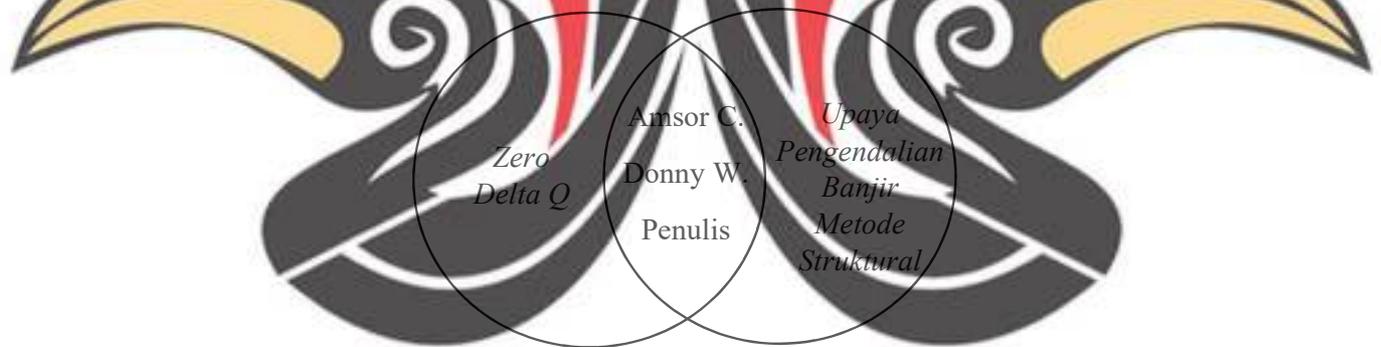
No.	Penulis	Judul	Hasil
			<ol style="list-style-type: none"> 1. Pembuatan sebuah kolam resapan di daerah Cipantaran 2. Pembuatan Aquifer Buatan Simpanan Air Hujan (ABSAH) 3. Pembuatan sumur resapan. <ol style="list-style-type: none"> A. Memerlukan bentuk upaya berupa partisipasi dari masyarakat dan pihak swasta . Untuk mempertegas diperlukan suatu aturan atau kebijakan dari Pemerintah yang mewajibkan pihak masyarakat dan swasta untuk melakukan upaya <i>Zero Delta Q</i>. B. Dari hasil analisis non teknik (analisis kuisisioner) disimpulkan bahwa faktor dominan yang mendukung adalah peran serta seluruh stakeholder di Kota Banjar sedangkan faktor dominan yang paling berpengaruh terhadap partisipasi masyarakat adalah norma/aturan terhadap kebijakan <i>Zero Delta Q</i>.
2.	Amsor Chaeruddin (2019)	Pengendalian Banjir Dengan Konsep <i>Zero Delta Q Policy</i> Menggunakan Sumur Resapan Pada Perumahan Taman Arcadia Mediterania	<p>Metode:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis hidrologi 2. Analisis <i>zero delta Q</i> 3. Analisis kebutuhan sumur resapan 4. Analisis RAB <p>Kesimpulan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Selisih debit (ΔQ) sebesar 0,83 m³/detik. 2. Hasil perancangan berupa kebutuhan sumur resapan untuk memperoleh $\Delta Q = 0$ menggunakan buis beton $\varnothing 100$ cm dengan kedalaman 2 meter. Jumlah keseluruhan sumur resapan yang dibutuhkan adalah sebanyak 2495 buah sumur resapan sehingga dapat menampung debit air lebih dari 0,83 m³/detik. 3. Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pengadaan sumur resapan pada perumahan Taman Arcadia

No.	Penulis	Judul	Hasil
			Mediterrania, Kota Depok adalah sebesar Rp. 4.155.182.082,10,-

Tabel 2.13 menunjukkan penelitian terdahulu yang relevan untuk dijadikan referensi dalam tugas akhir ini. Referensi yang dapat diadopsi dari penelitian terdahulu adalah persamaan metode yang digunakan dalam mengatasi dan mengantisipasi kondisi yang sama. Metode yang digunakan yaitu prinsip *Zero Delta Q Policy* dan kajian struktural dalam upaya pengendalian banjir. Berdasarkan Tabel 2.13, dapat diketahui hasil atau luaran yang didapatkan berdasarkan penelitian sebelumnya. Hasil yang didapatkan berupa penggunaan prinsip *Zero Delta Q Policy* dan kajian struktural pada penelitian Donny Wangsasusana (2012) dan penelitian Amsor Chaeruddin (2019).

2.6. Posisi Penelitian

Posisi penelitian menunjukkan keterkaitan penelitian berdasarkan metode-metode yang digunakan pada penelitian terdahulu. Posisi penelitian ini kemudian ditunjukkan oleh Gambar 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.2 Diagram Venn Metode Penelitian (Penulis,2020)

Diagram diatas menunjukkan terdapat dua metode yang digunakan dalam upaya pengendalian banjir. Metode pengendalian banjir yang terdapat pada penelitian terdahulu tersebut antara lain prinsip *Zero Delta Q Policy* dan kajian struktural. Diagram tersebut menunjukkan bahwa penelitian Donny Wangsasusana (2012), Amsor Chaeruddin (2019) dan penulis berada pada posisi yang beririsan dari 2 metode. Posisi penelitian yang dilakukan penulis berdasarkan penelitian terdahulu juga ditunjukkan oleh Tabel 2.14 sebagai berikut:

Tabel 2.14 Posisi Penelitian (Penulis, 2020)

Penelitian oleh:	Analisis Hidrologi	Analisis Selisih Debit Limpasan (<i>Zero Delta Q Policy</i>)	Perencanaan Rasio Luasan Kolum Tampung (Metode Struktural)
Donny W. (2012)	✓	✓	✓
Amsor C. (2019)	✓	✓	✓
Penulis (2020)	✓	✓	✓

Pada Tabel 2.14, penelitian yang dilakukan oleh Donny Wangsasusana (2012) dan Amsor Chaeruddin (2019) melalui tahap yaitu analisis hidrologi, analisis selisih debit limpasan sebagai metode *Zero Delta Q Policy*, dan perencanaan rasio luasan kolam tampung sebagai metode structural. Metode-metode yang digunakan oleh penelitian terdahulu tersebut menghasilkan luaran-luaran seperti yang diharapkan penulis pada analisis dalam tugas akhir ini, sehingga metode-metode tersebut kemudian diadopsi oleh penulis dalam melakukan analisis tanpa mengurangi maupun melakukan penambahan metode.

