

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (*catchment area*) adalah wilayah daratan yang merupakan bagian integral dari sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi untuk mengatur, mengumpulkan dan mengalirkan air alami dari curah hujan ke danau atau laut secara alami, yang batas daratannya menjadi pembatas topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (PP Nomor 37, 2012).

Fungsi dari daerah aliran sungai ini adalah untuk mengalirkan air, mencegah terjadinya hujan puncak, melepaskan air secara bertahap, menjaga kualitas air dan mengurangi pembuangan massal.

Faktor penting yang mengakibatkan kerusakan daerah aliran sungai ditandai dengan berkurangnya kemampuan penyimpanan yang menyebabkan tingginya tingkat erosi dan banjir sungai. Penyebab utamanya adalah rusaknya tutupan vegetasi hutan, penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuannya, dan penerapan teknologi pengelolaan lahan daerah tangkapan yang tidak tepat (Sinukaban, 2007).

Berikut merupakan persyaratan dalam menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) :

- a. Menentukan DAS dapat dilakukan dengan menggunakan tampilan rupabumi atau topografi.
- b. Menentukan DAS dengan cara observasi terhadap penggunaan tata guna lahan.
- c. Menentukan DAS dengan penarikan garis DAS tegak lurus dengan garis lurus yang menunjukkan ketinggian dari hulu ke hilir.

2.2 Banjir

Banjir merupakan bencana yang sangat sering terjadi di Indonesia. Penyebab utama terjadinya bencana banjir adalah curah hujan yang tinggi dan air laut yang pasang selain itu berada pada kawasan yang memiliki permukaan tanah yang lebih rendah dibandingkan dengan muka air sungai maupun laut serta berada pada topografi yang cekung sehingga air berkumpul pada satu titik cekungan tersebut.

Selain penyebab alam, bencana banjir juga dapat terjadi oleh campur tangan manusia yaitu penyalahgunaan tata guna lahan, membuang sampah ke sungai, dan mendirikan pemukiman pada daerah bantaran sungai (BNPB, 2017). Dengan meningkatnya permintaan sarana perumahan maka berdampak pada ahli fungsi lahan yang dimana awalnya hutan atau kebun berubah menjadi kawasan perumahan, sehingga berdampak terhadap tidak seimbangnya siklus hidrologi (Pratiwi & Koven, 2017).

Banjir terdiri dari tiga jenis yaitu, banjir genangan, banjir bandang, dan banjir rob yaitu :

1. Banjir Genangan merupakan banjir yang berasal dari air hujan lokal yang terjadi pada kawasan tertentu sehingga menyebabkan genangan. Genangan adalah peristiwa dimana air terkonsentrasi di suatu tempat yang biasanya berada pada daerah yang rendah.
2. Banjir Bandang merupakan banjir besar yang terjadi secara tiba tiba dengan meluap, menggenangi, dan mengalir deras yang membawa benda – benda besar. Banjir ini terjadi pada kawasan yang berada pada daerah dataran rendah akibat dari curah hujan yang tinggi dan berlangsung lama. Banjir bandang ini terjadi pada saat terjadinya penjenjuran air terhadap tanah pada kawasan tersebut berlangsung dengan sangat cepat sehingga tidak dapat diserap. Air yang tidak dapat terserap tersebut kemudian menggenangi lalu berkumpul pada daerah permukaan rendah dan mengalir dengan sangat cepat menuju daerah yang lebih rendah.

3. Banjir Rob, merupakan banjir yang terjadi akibat air laut. Biasanya banjir ini menerjang kawasan di wilayah sekitar pesisir pantai. Rob terjadi pada saat pasang air laut menggenangi daratan yang memiliki ketinggian lebih rendah dari ketinggian permukaan air laut pada saat pasang tertinggi. Genangan yang terbentuk dapat bertahan hingga berhari-hari

2.3 Sistem Polder

2.3.1 Pengertian Sistem Polder

Sistem polder merupakan suatu alternatif penanganan banjir dengan menggunakan bangunan fisik yang memiliki kelengkapan seperti sistem drainase, kolam retensi, tanggul yang memiliki kawasan, serta pompa dan pintu air, yang dikelola melalui satu kesatuan pengelolaan yang tidak dapat dipisahkan. Sistem polder ini berfungsi untuk mengendalikan banjir yang terjadi pada perkotaan secara terpadu yang sudah berhasil diterapkan oleh beberapa negara seperti Belanda, Singapura, dan Prancis.

Dengan adanya sistem polder maka kawasan-kawasan yang sering terjadi bencana banjir dapat dibatasi, sehingga elevasi muka air, debit dan volume air dapat dikendalikan. Maka dari itu sistem polder dapat dikatakan sebagai sistem drainase terkendali. Sistem polder biasanya digunakan pada daerah yang memiliki topografi rendah atau berada pada daerah dataran rendah, sehingga ketika muka air, debit dan volume air berlebih dapat ditampung di dalam kolam retensi tersebut dan kemudian dipompa ke sungai ketika muka air, debit dan volume air tersebut sudah kembali normal.

2.3.2 Elemen-Elemen Sistem Polder

Sistem polder terdiri dari beberapa bangunan fisik seperti sistem drainase, tanggul, kolam, retensi dan pompa air. Keempat bangunan fisik ini harus direncanakan secara integral, sehingga dapat bekerja dengan efektif. Berikut merupakan penjelasan singkat mengenai elemen-elemen sistem polder.

2.3.2.1 Sistem Drainase

Drainase adalah bangunan fisik yang digunakan untuk menampung dan mengalirkan kelebihan air dan disalurkan ke kolam penampungan. Pada drainase perkotaan kelebihan air yang dimaksud adalah kelebihan air yang berasal dari curah hujan. Kelebihan air ini harus dikeluarkan menggunakan bantuan pompa air. Pada sistem drainase perkotaan memiliki jaringan saluran drainase yang merupakan drainase lateral berupa pipa saluran tertutup dan saluran terbuka.

2.3.2.2 Tanggul

Tanggul merupakan bangunan fisik yang berfungsi sebagai pembatas yang mengelilingi daerah tertentu yang memiliki elevasi jauh lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi di daerah tersebut.

2.3.2.3 Kolam Retensi

Kolam retensi merupakan bangunan fisik berbentuk kolam yang berfungsi sebagai penampungan dan penyerapan air yang berada didalamnya. Kolam retensi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu kolam retensi alami dan kolam retensi buatan.

Kolam retensi alami yaitu kolam yang berbentuk cekungan yang sudah terbentuk secara alami dan dimanfaatkan pada kondisi aslinya atau dapat dilakukan penyesuaian.

Kolam retensi buatan yaitu kolam yang sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang sudah direncanakan. Digunakan lapisan bahan material yang kaku seperti beton. Pada kolam jenis ini air yang masuk ke dalam inlet harus dapat menampung air sesuai dengan kapasitas yang telah direncanakan sehingga dapat mengurangi debit banjir puncak (peak flow) pada saat over flow, sehingga kolam berfungsi sebagaimana mestinya untuk mengurangi debit banjir dikarenakan adanya penambahan waktu konsentrasi air mengalir di permukaan. Kolam retensi memiliki beberapa tipe yaitu :

a. Kolam retensi tipe di samping badan sungai

Kolam retensi ini memiliki bangunan fisik seperti, kolam retensi, pintu inlet, bangunan pelimpah samping, pintu outlet, akses jalan menuju kolam retensi, ambang rendah didepan pintu outlet, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen. Kolam retensi dengan tipe ini cocok diterapkan pada kawasan yang luas untuk kolam retensi sehingga kolam retensi dapat bekerja dengan optimal. Keunggulan dari kolam retensi tipe ini adalah pemeliharaan yang mudah dan pelaksanaannya lebih mudah.



Gambar 2. 1 Kolam retensi tipe di samping badan sungai
(Sumber :Permen PU Nomor 12, 2014)

b. Kolam retensi tipe di dalam badan sungai

Kolam retensi ini memiliki bangunan fisik seperti, kolam retensi, pintu outlet, bendung, saringan sampah, dan kolam penangkap sedimen. Kolam ini digunakan pada lahan yang sulit didapat, dengan kapasitas kolam yang terbatas, harus menunggu aliran dari hulu, pelaksanaan yang sulit dan biaya pemeliharaan yang mahal.



Gambar 2. 2 Kolam Retensi Tipe di Dalam Badan Sungai
(Sumber : Permen PU Nomor 12, 2014)

c. Kolam retensi tipe storage memanjang

Kolam retensi tipe ini memiliki kelengkapan bangunan fisik seperti saluran yang lebar dan dalam dan bendungan setempat. Kolam retensi tipe ini digunakan untuk mengoptimalkan saluran drainase yang ada karena lahan tidak tersedia, kapasitas kolam retensi yang terbatas, menunggu aliran yang ada dan pelaksanaannya yang jauh lebih sulit.



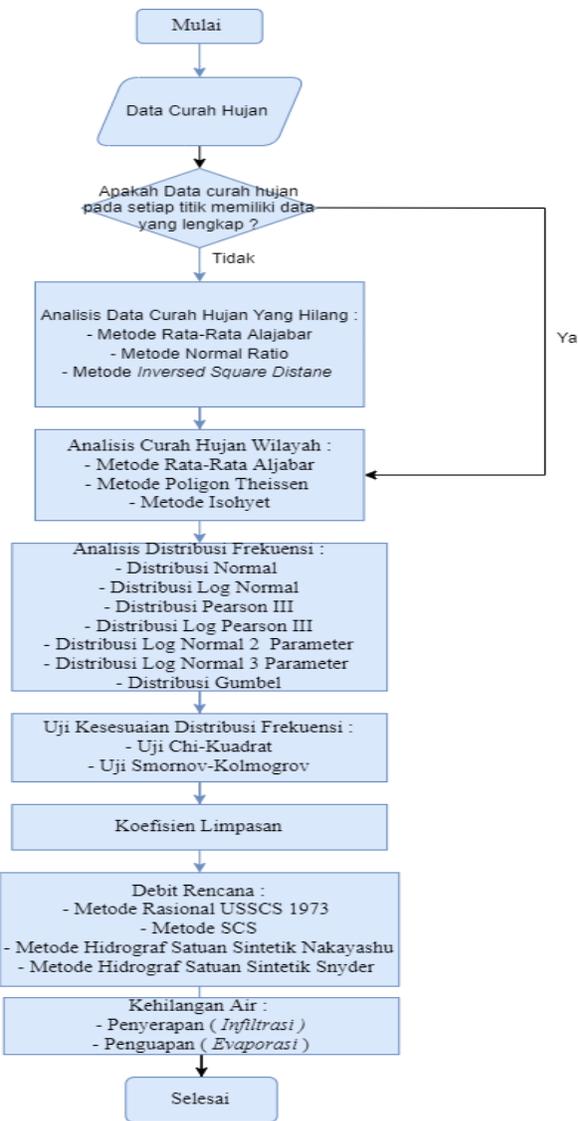
Gambar 2. 3 Kolam Retensi Tipe Storage Memanjang
(Sumber : Permen PU Nomor 12, 2014)

2.3.3 Pompa

Pompa drainase perkotaan adalah pompa umum yang sering digunakan untuk membantu mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lainnya yang lebih tinggi. Jenis pompa yang biasa digunakan adalah pompa dalam air (Submersible vertical dan horizontal), Centrifugal (horizontal non –clog), Skrup (screw) dan Volute or Angle flow (Vertical).

2.4 Siklus Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari terjadinya pergerakan serta distribusi air di muka bumi, baik di atas permukaan bumi maupun dibawah permukaan bumi, mengenai sifat fisik, kimia air dan reaksi terhadap lingkungan yang berhubungan dengan kehidupan, serta menggambarkan proses perputaran air yang terjadi di bumi secara terus menerus (Laksana& Pratiwi, 2020)



Gambar 2. 4 Diagram Alir Analisis Hidrologi

2.4.1 Curah Hujan

Data curah hujan sangat penting untuk melaksanakan perencanaan teknis dari bangunan air, irigasi, sistem drainase, dan lain sebagainya. Maka dari data curah hujan dicatat secara terus menerus guna melaksanakan perencanaan tersebut. Data curah hujan dicatat pada suatu DAS dan dilakukan di beberapa titik stasiun pencatat curah hujan untuk mengetahui sebaran hujan yang turun pada suatu DAS apakah curah hujan tersebut merata atau tidak. Data curah hujan bertahun-

tahun diperlukan guna mendapatkan perhitungan perencanaan yang tepat, semakin banyak data curah hujan yang digunakan maka semakin tepat pula perhitungan yang dilakukan.

Akan tetapi beberapa titik stasiun pencata curah hujan terdapat beberapa data yang hilang. Data yang hilang tersebut dapat disebabkan oleh kelalaian dari petugas pencatat curah hujan atau dapat disebabkan oleh rusaknya alat pencatat hujan karena perawatan yang kurang baik. Data curah hujan yang hilang dapat diperbaiki oleh beberapa metode perhitungan yaitu, metode cara rata-rata aljabar, metode *normal ratio*, dan metode *inversed square distane* (Prawaka, 2016).

2.4.4.1 Metode Rata-Rata Aljabar

Metode rata-rata aljabar merupakan metode perhitungan data curah hujan yang paling praktis. Dilakukan pengukuran di beberapan stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah stasiun yang digunakan.

$$p = \frac{p_1+p_2+p_3+\dots+p_n}{n} \quad (2.1)$$

Dimana :

- p = Tinggi curah hujan rata-rata
- P₁,P₂,P₃,...P_n = Tinggi curah hujan pada stasiun hujan 1,2,3...n
- n = Banyaknya stasiun hujan

2.4.4.2 Metode Normal Ratio

Metode *Normal Ratio* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam mencari data yang hilang. Metode ini merupakan metode dengan perhitungan yang sederhana yaitu dengan cara menghitung data curah hujan di stasiun hujan yang berdekatan untuk mencari data curah hujan

yang hilang. Rumus Metode Normal Ratio untuk mencari data curah hujan yang hilang sebagai berikut (Wei and McGuiness, 1973):

$$\frac{P_x}{N_x} = \frac{1}{n} \left\{ \frac{P_1}{N_1} + \frac{P_2}{N_2} + \frac{P_3}{N_3} \dots \frac{P_n}{N_n} \right\} \quad (2.2)$$

Dimana :

- P_x = Hujan yang hilang di stasiun x
- $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ = Data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama
- N_x = Hujan tahunan di stasiun x
- $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ = Hujan tahunan di stasiun sekitar x
- n = Jumlah stasiun hujan di sekitar x

2.4.4.3 Metode Inversed Square Distane

Metode *Inversed Square Distane* merupakan metode perhitungan data curah hujan yang hilang yang cara perhitungannya hampir sama dengan Metode *Normal Ratio* yaitu menggunakan perhitungan stasiun hujan yang berdekatan untuk mencari data curah hujan yang hilang pada stasiun tersebut. Namun pada Metode *Normal Ratio* yang digunakan adalah jumlah curah hujan dalam 1 tahun pada stasiun tersebut. Metode ini menggunakan variabel jarak stasiun terdekat dengan stasiun yang akan dicari data curah hujan yang hilang. Rumus Metode Inversed Square Distance untuk mencari data curah hujan yang hilang sebagai berikut (Prawaka 2016) :

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \quad (2.3)$$

Dimana :

- P_x = Hujan yang hilang di stasiun x
- P_i = Data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama
- L_i = Jarak antar stasiun

2.4.2 Curah Hujan Wilayah

Curah hujan dibutuhkan dalam penyusunan suatu perencanaan pemanfaatan air dan perencanaan pengendalian banjir. Curah hujan yang digunakan merupakan curah hujan rata-rata dari seluruh daerah aliran sungai, curah hujan yang digunakan tidak hanya dari satu titik stasiun saja akan tetapi curah hujan rata-rata yang jatuh pada satu kawasan atau wilayah yaitu disebut curah hujan wilayah. Untuk menghitung curah hujan wilayah dapat digunakan beberapa metode yaitu :

2.4.2.1 Metode Rata-Rata Aljabar

Metode rata-rata aljabar merupakan metode yang paling sederhana dalam mencari curah hujan wilayah. Metode ini lebih baik digunakan untuk wilayah yang relatif mendatar dan sifat hujan yang relatif homogen. Metode ini juga sangat cocok digunakan apabila koordinat stasiun hujannya tidak diketahui. Rumus Metode Rata-Rata Aljabar untuk mencari data curah hujan wilayah sebagai berikut :

$$P = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (2.4)$$

Dimana :

- P = Hujan rata-rata kawasan
- x = Tinggi curah hujan distasiun 1,2,3...n
- N = Jumlah stasiun

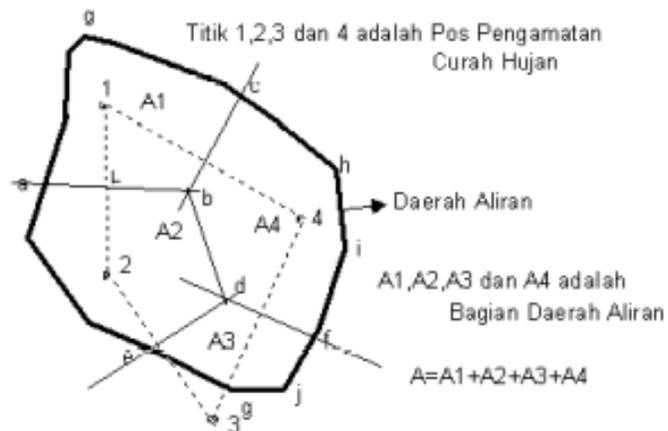
2.4.2.2 Metode Poligon Thiessen

Metode ini menggunakan perkiraan luas wilayah yang diwakili dengan masing-masing stasiun, tinggi curah hujan dan jumlah stasiun. Metode ini digunakan apabila stasiun hujan yang ada pada daerah tinjauan tidak merata. Metode ini menggunakan poligon yang dihubungkan oleh garis-garis berat diagonal terpendek dari stasiun hujan yang digunakan. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Rumus Metode Poligon Thiessen untuk mencari data curah hujan wilayah sebagai berikut :

$$P = \frac{A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + \dots + A_nX_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.5)$$

Dimana :

- P = Hujan rata-rata kawasan
- $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ = Tinggi curah hujan distasiun 1,2,3...n
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas daerah yang mewakili stasiun



Gambar 2. 5 Metode Poligon Thiessen
(sumber: Permen PU Nomor 12, 2014)

Garis hitam pada gambar menunjukkan Poligon Thiessen. Sedangkan titik hitam menunjukkan posisi stasiun hujan. Luasan DAS yang masuk

kedalam poligon, merupakan luasan yang mewakili masing-masing stasiun hujan.

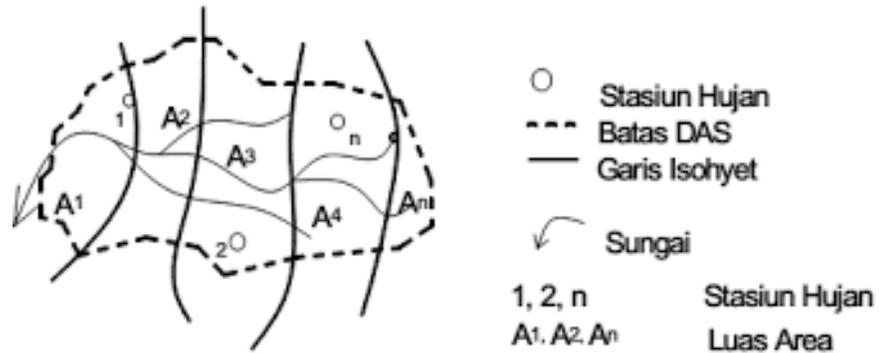
2.4.2.3 Metode Isohyet

Metode Isohyet ini menggunakan garis yang menghubungkan dengan kedalaman hujan yang sama. Pada Metode Isohyet, pada dua stasiun hujan diantara dua garis isohyet adalah merata dan nilai yang sama dengan nilai rerata dari dua garis isohyet tersebut. Rumus Metode Isohyet untuk mencari data curah hujan wilayah sebagai berikut :

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.6)$$

Dimana :

- P = Hujan rata-rata kawasan
- $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ = Garis isohyet ke 1, 2, 3, ..., n, n+1;
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = Luas daerah yang dibatasi oleh garis isohyet ke 1 dan 2, dan 3, ..., n dan n+1.



Gambar 2. 6 Metode Isohyet
(sumber:Google)

2.4.3 Analisis Distribusi Frekuensi dan Hujan Periode Ulang

Analisis distribusi frekuensi ditujukan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim dengan frekuensi kejadian menggunakan distribusi probabilitas. Besarnya kejadian ekstrim mempunyai hubungan yang terbalik dengan probabilitas kejadian. Pada analisis frekuensi, perlu menghitung beberapa hal, sebagai berikut :

1. Standar Deviasi

Besarnya perbedaan dari nilai sampel terhadap nilai rata-rata.

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}}{n} \quad (2.7)$$

Dimana :

S = Standar Deviasi

X_i = Nilai varian ke i

\bar{x} = Nilai rata-rata varian

N = Jumlah data

2. Koefisien Kemencengan / *Skewness* (CS)

Koefisien kemencengan merupakan suatu nilai untuk menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi.

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.8)$$

Dimana :

- CS = Koefisien *skewness*
- S = Simpangan baku
- Xi = Nilai varian ke i
- \bar{x} = Nilai rata-rata varian
- N = Jumlah data

3. Koefisien Kurtosis (CK)

Koefisien kurtosis merupakan perhitungan keruncingan dari bentuk kurva distribusi yang nantinya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$CK = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^4}{S^4} \quad (2.9)$$

Dimana :

- CK = Koefisien Kurtosis
- S = Simpangan baku
- Xi = Nilai varian ke i
- \bar{x} = Nilai rata-rata varian
- N = Jumlah data

Pada ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbell adalah jenis distribusi yang paling sering digunakan pada ilmu statistik.

2.4.3.1 Distribusi Normal

Distribusi normal merupakan perhitungan hujan periode ulang yang menggunakan variabel reduksi *gauss*, disajikan dalam tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Tr (tahun)	KTr	Peluang
1	1.001	-3.05	0.999
2	1.005	-2.58	0.995
3	1.010	-2.33	0.990
4	1.050	-1.64	0.950
5	1.110	-1.28	0.900
6	1.250	-0.84	0.800
7	1.330	-0.67	0.750
8	1.430	-0.52	0.700
9	1.670	-0.25	0.600
10	2.000	0.00	0.500
11	2.500	0.25	0.400
12	3.330	0.52	0.300
13	4.000	0.67	0.250
14	5.000	0.84	0.200
15	10.000	1.28	0.100
16	25.000	1.64	0.040
17	50.000	2.05	0.020
18	100.000	2.33	0.010
19	200.000	2.58	0.005
20	500.000	2.88	0.002
21	1000.000	3.09	0.001

(sumber : Soewarno,1995)

Perhitungan distribusi normal sebagai berikut :

$$Xt = \bar{x} + KtS \quad (2.10)$$

Dimana :

X_t = Curah hujan periode ulang mm/hari

S = Simpangan baku

K_t = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi *gauss*)

\bar{x} = Nilai hujam maksimum rata-rata mm/hari

2.4.3.2 Distribusi Log Normal

Metode ini memiliki persamaan perhitungan dengan metode normal hanya saja pada metode distribusi log normal menggunakan nilai logaritma.

$$X_t = \log \bar{x} + K_t S \quad (2.11)$$

Dimana :

X_t = Curah hujan periode ulang mm/hari

S = Simpangan baku

K_t = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi *gauss*)

\bar{x} = Nilai hujam maksimum rata-rata mm/hari

2.4.3.3 Distribusi Pearson III

Perhitungan Distribusi Pearson Type III sebagai berikut :

$$X_t = \bar{x} + K_t S \quad (2.12)$$

Dimana :

X_t = Curah hujan periode ulang mm/hari

S = Simpangan baku

K_t = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi *gauss*)

\bar{x} = Nilai hujam maksimum rata-rata mm/hari

2.4.3.4 Dsitribusi Log Pearson III

Metode distribusi log pearson dipengaruhi oleh nilai k untuk distribusi Log Pearson III, seperti yang disajikan dalam Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2. 2 Nilai K untuk Distribusi Log Pearson

Skew Coef.	RETURN PERIOD(YEAR)							Skew Coef.	RETURN PERIOD(YEAR)						
	2	5	10	25	50	100	200		2	5	10	25	50	100	200
	EXCEEDENCE PROBABILITY								EXCEEDENCE PROBABILITY						
C' Cs'	0.500	0.200	0.100	0.040	0.020	0.010	0.005	C' Cs'	0.500	0.200	0.100	0.040	0.020	0.010	0.005
-3.0	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667	0.667	0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690	0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
-2.7	0.376	0.681	0.747	0.738	0.740	0.740	0.741	0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
-2.6	0.368	0.696	0.771	0.764	0.768	0.769	0.769	0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
-2.5	0.360	0.711	0.795	0.793	0.798	0.799	0.800	0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
-2.4	0.351	0.725	0.819	0.823	0.830	0.832	0.833	0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
-2.3	0.341	0.739	0.844	0.855	0.864	0.867	1.869	0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312
-2.2	0.330	0.752	0.869	0.888	0.900	0.905	0.907	0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
-2.1	0.319	0.765	0.895	0.923	0.939	0.946	0.949	1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
-2.0	0.307	0.777	0.920	0.959	0.980	0.990	0.995	1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
-1.9	0.294	0.788	0.945	0.996	1.023	1.038	1.044	1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
-1.8	0.282	0.799	0.970	1.035	1.069	1.087	1.097	1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
-1.7	0.268	0.808	0.884	1.075	1.116	1.140	1.155	1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282	1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424	1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.828	3.499	4.147
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.9	-0.282	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581	2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	3.997	3.753	4.515
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.770	1.955	2.108	2.6	-0.368	0.799	1.238	2.267	3.017	3.899	4.718
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.937	4.847
-0.3	0.500	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.8	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482	3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576								

(sumber : Bambang Triatmodjo, 2008)

$$X_t = \log \bar{x} + K_t S \tag{2.13}$$

Dimana :

X_t = Curah hujan periode ulang mm/hari

S = Simpangan baku

K_t = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi *gauss*)

\bar{X} = Nilai hujan maksimum rata-rata mm/hari

2.4.3.5 Distribusi Log Normal 2 Parameter

Berikut perhitungan menggunakan Log Pearson 2 Parameter :

$$P(X) = \frac{1}{(X)(S)\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{(\log(X) - \bar{X})}{s} \right)^2 \right\} \quad (2.14)$$

$$X_t = \bar{X} + K_t S \quad (2.15)$$

Dimana :

$P(X)$ = Peluang terjadinya distribusi log normal sebesar X

X = Nilai curah hujan (mm)

S = Standar Deviasi

K_t = Faktor Frekuensi dari distribusi log normal dua parameter.
Nilai K_t diperoleh dari tabel (lihat tabel 2.3)

\bar{X} = Nilai hujan maksimum rata-rata mm/hari

Tabel 2. 3 Nilai K untuk Distribusi Log Normal 2 Parameter

Variasi Coef. CV	RETURN PERIODE(YEAR)						
	2	5	10	20	25	50	100
	EXCEEDENCE PROBABILITY						
	0.500	0.200	0.100	0.050	0.040	0.020	0.010
0.05	-0.0250	0.8334	1.2965	1.6863	1.7609	2.1341	2.4570
0.10	-0.0496	0.8222	1.3078	1.7247	1.8061	2.2130	2.5489
0.15	-0.0738	0.8085	1.3156	1.7598	1.8482	2.2899	2.2607
0.20	-0.0971	0.7926	1.3200	1.7911	1.8866	2.3640	2.7716
0.25	-0.1194	0.7746	1.3209	1.8183	1.9206	2.4318	2.8805
0.30	-0.1406	0.7647	1.3183	1.8414	1.9514	2.5015	2.9866
0.35	-0.1604	0.7333	1.3126	1.8602	1.9775	2.5638	3.0890
0.40	-0.1788	0.7100	1.3037	1.8746	1.9990	2.6212	3.1870
0.45	-0.1957	0.6870	1.2920	1.8848	2.0162	2.6731	3.2799
0.50	-0.2111	0.6626	1.2778	1.8909	2.0291	2.7202	3.367.
0.55	-0.2251	0.6379	1.2613	1.8931	2.0378	2.7613	3.4488
0.60	-0.2375	0.6129	1.2428	1.8915	2.1475	2.7971	3.5211
0.65	-0.2185	0.5879	1.2226	1.8866	2.0435	2.8279	3.3930
0.70	-0.2582	0.5631	1.2011	1.8786	2.0410	2.8532	3.3663
0.75	-0.2667	0.5387	1.1784	1.8677	2.0353	2.8735	3.7118
0.80	-0.2739	0.5118	1.1548	1.8543	2.0268	2.8891	3.7617
0.85	-0.2801	0.4914	1.1306	1.8388	2.0157	2.9002	3.8056
0.90	-0.2852	0.4686	1.1060	1.8212	2.0012	2.9010	3.8137
0.95	-0.2895	0.4466	1.0810	1.8021	1.9868	2.9103	3.8762
1.00	-0.2929	0.4254	1.0560	1.7815	1.9681	2.9010	3.9035

(sumber : Soewarno, 1995)

2.4.3.6 Distribusi Log Normal 3 Parameter

Metode log normal 3 parameter tidak jauh berbeda dengan metode log normal 2 parameter. Perbedaan yang terlihat bahwa parameter batas bawah β tidak sama dengan nol (Soewarno, 1995). Berikut perhitungan yang digunakan dalam distribusi log normal 3 parameter :

$$P(X) = \frac{1}{\ln(X-\beta)\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\ln(X-\beta) - \mu n}{\sigma n} \right)^2 \right\}} \quad (2.16)$$

$$Xt = \bar{X} + KtS \quad (2.17)$$

Dimana :

$P(X)$ = Peluang terjadinya distribusi log normal sebesar X

X = Variabel random kontinyu

β = Parameter batas bawah

π = 3.14159

e = 2.71828

μ_n = Rata-rata dari variat $\ln(X-\beta)$

σ_n = Deviasi standar dari variat $\ln(X-\beta)$

S = Standar Deviasi

K_t = Faktor Frekuensi dari distribusi log normal tiga parameter.
Nilai K_t diperoleh dari tabel (lihat tabel 2.4)

\bar{X} = Nilai hujan maksimum rata-rata mm/hari

Tabel 2. 4 Nilai K untuk Distribusi Log Normal 3 Parameter

Skew Coef.	RETURN PERIODE(YEAR)						
	2	5	10	20	25	50	100
Cs'	EXCEEDENCE PROBABILITY						
	0.500	0.200	0.100	0.050	0.040	0.020	0.010
-2.0	0.2366	-0.6144	-1.2437	-1.8916	-2.0421	-2.7943	-3.5196
-1.8	0.2240	-0.6395	-1.2621	-1.8928	-2.0370	-2.7578	-3.4433
-1.6	0.2092	-0.6654	-1.2792	-1.8901	-2.0274	-2.7138	-3.3570
-1.4	0.1920	-0.6920	-1.2943	-1.8827	-2.0125	-2.6615	-3.2601
-1.2	0.1722	-0.7186	-1.3067	-1.8696	-1.9914	-2.6002	-3.1521
-1.0	0.1495	-0.7449	-1.3156	-1.8501	-1.9633	-2.5294	-3.0333
-0.8	0.1241	-0.7700	-1.3201	-1.8235	-1.9278	-2.4492	-2.9043
-0.6	0.0959	-0.7930	-0.3194	-1.7894	-1.8845	-2.3600	-2.7665
-0.4	0.0654	-0.8131	-0.3128	-1.7478	-1.8337	-2.2631	-2.6223
-0.2	0.0332	-0.8296	-0.3002	-1.6993	-1.7761	-2.1602	-2.4745
0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.2	-0.0332	0.8996	0.3002	1.6993	1.7761	2.1602	2.4745
0.4	-0.0654	0.8131	0.3128	1.7478	1.8337	2.2631	2.6223
0.6	-0.0950	0.7930	0.3194	1.7894	1.8845	2.3600	2.7665
0.8	-0.1241	0.7700	1.3201	1.8235	1.9278	2.4492	2.9043
1.0	-0.1495	0.7449	1.3156	1.8501	1.9633	2.5294	3.0333
1.2	-0.1722	0.7186	1.3067	1.8696	1.9914	2.6002	3.1521
1.4	-0.1920	0.6920	1.2943	1.8827	2.0125	2.6615	3.2601
1.6	-0.2092	0.6654	1.2792	1.8901	2.0274	2.7138	3.3570
1.8	-0.2240	0.6395	0.2621	1.8928	2.0370	2.7578	3.4433
2.0	-0.2366	0.6144	1.2437	1.8916	2.0421	2.7943	3.5196

(sumber : Soewarno, 1995)

2.4.3.7 Distribusi Gumbel

Metode Distribusi Gumbel periode ulang dipengaruhi oleh beberapa variabel yaitu *reduced variable*, *reduced mean*, *reduced standard deviasi*.

Hubungan N dan Y_n/S_n dapat dilihat dalam tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 2. 5 Hubungan N (besar sampel) dengan Yn dan Sn

Sampel	Yn	Sn												
10	0.4952	0.9496	31	0.5371	1.1159	52	0.5493	1.1638	73	0.5555	1.1881	94	0.5592	1.2032
11	0.4996	0.9676	32	0.5380	1.1193	53	0.5497	1.1658	74	0.5557	1.1890	95	0.5593	1.2038
12	0.5035	0.9833	33	0.5388	1.1226	54	0.5501	1.1667	75	0.5559	1.1898	96	0.5595	1.2044
13	0.5070	0.9971	34	0.5396	1.1255	55	0.5504	1.1681	76	0.5561	1.1906	97	0.5596	1.2049
14	0.5100	1.0095	35	0.5402	1.1287	56	0.5508	1.1696	77	0.5563	1.1915	98	0.5598	1.2055
15	0.5128	1.0206	36	0.5410	1.1313	57	0.5511	1.1708	78	0.5565	1.1923	99	0.5599	1.2060
16	0.5157	1.0316	37	0.5418	1.1339	58	0.5515	1.1721	79	0.5567	1.1930	100	0.5600	1.2065
17	0.5181	1.0411	38	0.5424	1.1363	59	0.5519	1.1734	80	0.5569	1.1938			
18	0.5202	1.0493	39	0.5430	1.1388	60	0.5521	1.1747	81	0.5570	1.1945			
19	0.5220	1.0565	40	0.5436	1.1413	61	0.5524	1.1759	82	0.5572	1.1953			
20	0.5236	1.0628	41	0.5442	1.1436	62	0.5527	1.1770	83	0.5574	1.1959			
21	0.5252	1.0696	42	0.5448	1.1458	63	0.5530	1.1782	84	0.5576	1.1967			
22	0.5268	1.0754	43	0.5453	1.1480	64	0.5533	1.1793	85	0.5578	1.1973			
23	0.5283	1.0811	44	0.5458	1.1499	65	0.5535	1.1803	86	0.5580	1.1987			
24	0.5296	1.0864	45	0.5463	1.1519	66	0.5538	1.1814	87	0.5581	1.1987			
25	0.5309	1.0915	46	0.5468	1.1538	67	0.5540	1.1824	88	0.5583	1.1994			
26	0.5320	1.0861	47	0.5473	1.1557	68	0.5543	1.1834	89	0.5583	1.2001			
27	0.5332	1.1004	48	0.5477	1.1574	69	0.5545	1.1844	90	0.5586	1.2007			
28	0.5343	1.1047	49	0.5481	1.1590	70	0.5548	1.1854	91	0.5587	1.2013			
29	0.5353	1.1086	50	0.5485	1.1607	71	0.5550	1.1854	92	0.5589	1.2020			
30	0.5362	1.1124	51	0.5489	1.1623	72	0.5552	1.1873	93	0.5591	1.2026			

(sumber : Suripin,2004)

Perhitungan Metode Distribusi Gumbel sebagai berikut :

$$X_t = X + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} S \quad (2.18)$$

Dimana :

Xt = Curah hujan periode ulang mm/hari

S = Simpangan baku

Yt = Reduce Variabel

Yn = Reduce Mean

Sn = Reduce Standard Deviasi

Tabel 2. 6 Karakteristik Distribusi Frekuensi

Jenis Distribusi Frekuensi	Syarat Distribusi Frekuensi
Distribusi Normal	$Cs = 0$ dan $Ck = 3$
Distribusi Log Normal	$Cs > 0$ dan $Ck > 3$
Distribusi Gumbel	$Cs \leq 1,139$ dan $Ck \leq 5,402$
Distribusi Pearson III	$Cs \neq 0$ dan $Cv = 0.3$
Distribusi Log Pearson III	Cs antara 0 – 0,9

(sumber : Suripin,2004)

2.4.4 Uji Kecocokan Distribusi

Analisis ini dilakukan guna menguji kecocokan frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang dapat menggambarkan distribusi frekuensi tersebut. Uji chi-kuadrat dan Smirnov-kolmogrov merupakan uji kecocokan distribusi yang paling sering digunakan.

2.4.4.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji chi-kuadrat ini untuk menentukan persamaan distribusi yang dipilih dapat mewakili distribusi statistic sampel data yang dianalisis. Perhitungan ini dapat diterima apabila nilai chi-kuadrat terhitung < chi-kuadrat kritis. Berikut perhitungan yang digunakan dalam uji chi-kuadrat :

$$G = 1 + 3.332 \log n \quad (2.19)$$

$$DK = G - (P + 1) \quad (2.20)$$

$$Ei = \frac{n}{G} \quad (2.21)$$

$$x_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(Oi - Ei)^2}{Ei} \quad (2.22)$$

Dimana :

X^2_h = Parameter Chi-kuadrat terhitung

G = Koefisien Kutrois

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok I

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok I

Dk = Derajat Kebebasan

P = Untuk distribusi normal binomial = 2 ;
Untuk distribusi normal polison = 1.

2.4.4.4 Smirnov-Kolmogrov

Uji ini biasa disebut dengan uji kecocokan non parametrik, karena pada pengujiannya fungsi distribusi tertentu tidak digunakana. Berikut penjelasan mengenai pelaksanaan uji Smirnov-kolmogrov :

1. Nilai diurutkan (dari besar ke kecil ataupun sebaliknya), selanjutnya tentukan peluang dari masing-masing data tersebut.

$$x_1 = p(x_1)$$

$$x_2 = p(x_2)$$

$$x_3 = p(x_3) \text{ dan seterusnya}$$

2. Nilai masing-masing peluang teoritis diurutkan dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).

$$x_1 = p'(x_1)$$

$$x_2 = p'(x_2)$$

$$x_3 = p'(x_3) \text{ dan seterusnya}$$

3. Kemudian kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih tersebarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum } (p(x_n) - p'(x_n)) \quad (2.23)$$

4. Dari tabel nilai kritis maka dapat ditentukan harga d_0 .

Tabel 2. 7 Nilai Kritis Uji Smirnov-Kolmogrov

n	Nilai kritis Smirnov-Kolmogorov (a)			
	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	$\frac{1.07}{n^{0.5}}$	$\frac{1.22}{n^{0.5}}$	$\frac{1.36}{n^{0.5}}$	$\frac{1.63}{n^{0.5}}$

(sumber : Soewarno,1995)

2.4.5 Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan digunakan untuk menghitung besarnya debit rencana pada daerah aliran sungai (DAS). Debit banjir rancangan adalah debit maksimum rancangan di sungai maupun saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan dan stabilitas sungai pada daerah tersebut. Debit rancangan adalah salah satu parameter yang paling dibutuhkan dalam perencanaan bangunan air (Sarminingsih,2018). Dalam

penelitian ini metode yang digunakan adalah Metode HSS Nakayasu dan SCS karena dinilai cukup efektif dalam perhitungan debit banjir rancangan di Indonesia. Berikut beberapa metode debit banjir rancangan :

2.4.5.1 Metode Rasional USSCS 1973

Metode Rasional merupakan metode debit rencana yang paling umum digunakan. Metode ini digunakan untuk daerah tangkapannya (*catchment area*) kurang dari 300 ha (*goldman.*, 1986). Metode rasional ini dikembangkan dengan asumsi bahwa curah hujan yang terjadi memiliki intensitas seragam dan merata pada seluruh daerah tangkapannya (*catchment area*) selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (*tc*). Berikut rumus perhitungan metode rasional USSCS 1973 :

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \quad (2.24)$$

Dimana :

- Q = Debit (m³/detik)
- 0.278 = Konstanta yang digunakan jika satuan luas daerah (km²)
- C = Koefisien Aliran
- I = Intensitas Curah Hujan Selama Waktu Konsentrasi (mm/jam)
- A = Luas Daerah Aliran (km²)

Berikut nilai koefisien limpasan dari berbagai jenis daerah pada table2.8

Tabel 2. 8 Nilai Koefisien Limpasan

Type Daerah Aliran		Harga C
Halaman	Tanah berpasir, datar 2%	0,05–0,10
	Tanah berpasir, rata-rata 2-7%	0,10-0,15
	Tanah berpasir, curam 7%	0,15-0,20
	Tanah berat, dasar 2%	0,13-0,17
	Tanah berat, rata-rata 2-7%	0,18-0,22
	Tanah berat, curam 7%	0,25-0,35
Business	Perkotaan	0,75-0,95
	Pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	Rumah tunggal	0,30-0,50
	Multiunit, terpisah	0,40-0,60
	Multiunit, tergabung	0,60-0,75
	Perkampungan	0,25-0,40
	Apartemen	0,50-0,70
Industri	Ringan	0,50-0,80
	Berat	0,50-0,70
Perkerasan	Aspal dan beton	0,70-0,95
	Batu bata, paving	0,50-0,70
Hutan	Datar, 0-5%	0,10-0,40
	Bergelombang, 5-10%	0,25-0,50
	Berbukit, 10-30%	0,30-0,60
Atap		0,75-0,95
Taman, perkuburan		0,10-0,25
Tempat tempat bermain		0,20-0,35
Halaman kereta api		0,10-0,35

(Sumber : Mc Guen, 1989 dalam Suripin 2003)

Waktu konsentrasi ditentukan dengan parameter panjang saluran utama, berikut besar kemiringan lerengnya. Besarnya waktu konsentrasi dihitung dengan rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) dalam Asdak (2010) berikut:

$$T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.5} \quad (2.25)$$

Dimana :

T_c = Waktu Konsentrasi (menit)

L = Panjang Maksimum Aliran (meter)

S = Kemiringan Saluran Rata-rata

Dalam perencanaan bangunan pengairan (misalnya drainase), debit rencana sangat diperlukan untuk mengetahui kapasitas yang seharusnya dapat ditampung oleh sebuah drainase, agar semua debit air dapat ditampung dan teralirkan. Metode yang biasa digunakan dalam perhitungan intensitas curah hujan adalah sebagai berikut :

Metode Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.26)$$

Dimana :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

t = Lamanya Curah Hujan / Durasi Curah Hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan rencana dalam suatu periode ulang, yang nilainya didapat dari tahapan sebelumnya (tahapan analisis frekuensi). R_{24} diartikan sebagai curah hujan selama 24 jam.

dari tahapan sebelumnya (tahapan analisis frekuensi). R_{24} diartikan sebagai curah hujan selama 24 jam.

Dengan menggunakan data curah hujan yang ada daerah rencana maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai intensitas curah hujan dengan periode ulang lima tahun menggunakan rumus tersebut.

2.4.5.2 Metode SCS

Metode *soil conservation service* (SCS) merupakan metode debit rencana yang menggunakan hidrograf tak berdimensi yang dikembangkan dari analisis sejumlah besar hidrograf satuan data lapangan dengan bermacam ukuran daerah aliran sungai (DAS) dan dari lokasi berbeda. Berikut merupakan rumus dalam mencari nilai debit banjir rencana menggunakan metode SCS (Bambang Triatmodjo, 2008) :

$$Qp = \frac{0.208 \times A}{Pr} \quad (2.27)$$

$$Pr = \frac{tr}{2} + tp \quad (2.28)$$

Dimana :

Qp = Debit puncak hidrograf satuan (m^3/s)

A = Luas daerah aliran (km^2)

Pr = Waktu kelambatan antara titik berat hujan sampai puncak (jam)

$$tr = \frac{2tp}{9} \quad (2.29)$$

$$tp = 0.6 tc \quad (2.30)$$

$$tc = 0.927 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.47} \quad (2.31)$$

Dimana :

t_r = Lama terjadinya hujan efektif (jam)

t_p = Waktu naik (time of rise) (jam)

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai

2.4.5.3 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayashu

Hubungan antara parameter dan waktu dapat digambarkan oleh kuva disebut hidrograf. Hidrograf satuan merupakan hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi merata di daerah aliran sungai (DAS) dan dengan intensitas dalam satu satuan waktu. Metode ini merupakan salah satu metode yang data-datanya sulit didapatkan atau tidak dapat diperoleh karena berbagai sebab. Metode hidrograf ini menggunakan hidrograf satuan yang diturunkan berdasarkan data-data sungai DAS terdekat dengan karakteristik yang sama (Suripin, 2004). HSS merupakan hidrograf yang menggunakan parameter-parameter DAS untuk menentukan pengalihragaman hujan menjadi banjir. Berikut merupakan perhitungan untuk metode hidrogras satuan sintetis nakayashu :

$$Qp = \frac{C.A.Ro}{3.6(0.3Tp+T0.3)} \quad (2.32)$$

Dimana :

Q_p = Debit puncak hidrograf satuan (m^3/s)

A = Luas daerah aliran (km^2)

C = Koefisien Pengaliran

R_o = Hujan Satuan (mm)

T_p = Tenggang Waktu dari permulaan hujan sampai puncak (jam)

$T_{0.3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit sampai menjadi 30% dari puncak (jam)

Nilai T_p dapat ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_g + 0.8t_r \quad (2.33)$$

Nilai $T_{0.3}$ adalah waktu yang digunakan oleh penurunan debit dari debit puncak hingga menjadi 30% debit puncak. Dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T_{0.3} = \alpha t_g \quad (2.34)$$

$$\alpha = 0.47 \frac{(A.L)^{0.25}}{t_g} \quad (2.35)$$

Dimana :

t_g = Waktu konsentrasi (jam)

t_r = Satuan waktu hujan

α = Parameter Hidrograf bernilai antara 1.5-3.5

L = Panjang sungai (m)

Tg merupakan waktu konsentrasi yang dipengaruhi oleh panjang alur sungai, dinyatakan dengan persamaan berikut :

Untuk $L > 15$ Km

$$tg = 0.4 + 0.058 L \quad (2.36)$$

Untuk $L < 15$ Km

$$tg = 0.21 + L^{0.7} \quad (2.37)$$

Untuk bagian lengkung naik (rising limb) dengan selang $0 < t < T_p$, hidrograf satuan memiliki rumus :

$$Qa = Qp \left[\frac{t}{T_p} \right]^{2.4} \quad (2.38)$$

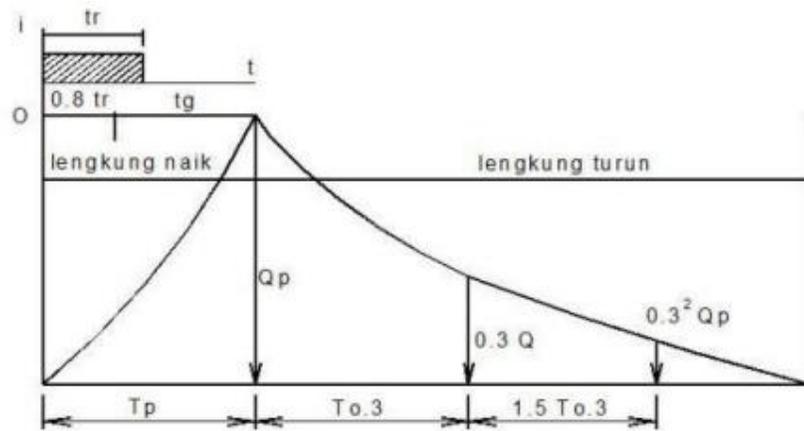
Dimana :

Qa = Limpasan sebelum mencapai debit puncak (m^3/s)

t = Waktu (jam)

Qp = Debit puncak banjir (m^3/s)

Tp = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak (jam) anjang sungai (m)



Gambar 2. 7 Sketsa Hidrograf Sintetik Nakayashu
(sumber : Google)

Bagian lengkung/kurva turun (decreasing limb) mempunyai persamaan sebagai berikut :

1. Untuk nilai antara $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0.3})$

$$Qd1 = Qp \cdot 0.3^{(t-Tp)/T_{0.3}} \quad (2.39)$$

2. Untuk nilai antara $(T_p + T_{0.3}) \leq t \leq (T_p + T_{0.3} + 1.5T_{0.3})$

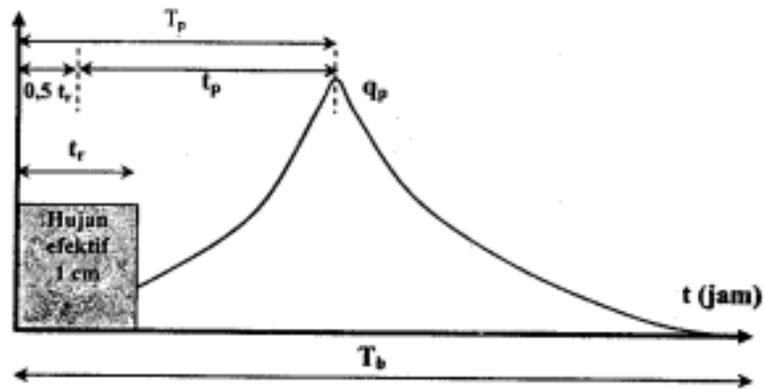
$$Qd1 = Qp \cdot 0.3^{(t-Tp+0.5T_{0.3})/1.5 T_{0.3}} \quad (2.40)$$

3. Untuk nilai antara $1.5T_{0.3} > (T_p + T_{0.3} + 1.5T_{0.3})$

$$Qd1 = Qp \cdot 0.3^{(t-Tp+1.5T_{0.3})/2 T_{0.3}} \quad (2.41)$$

2.4.5.4 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder

Hidrograf satuan Daerah Aliran Sungai (DAS) di Amerika Serikat yang berukuran 30 sampai 30.000 km² didapat dan dikembangkan oleh Snyder pada tahun 1938 dengan menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik DAS akibat hujan 1 cm (Kamiana,2011).



Gambar 2. 8 Sketsa Hidrograf Satuan Sintetis Snyder ($t_p = 5.5 t_r$)
(sumber : Kamiana, 2011)

Berikut merupakan rumus yang digunakan apabila $t_p = 5.5 t_r$:

$$t_p = 0.75 C_t (L \times L_c)^{0.3} \quad (2.42)$$

$$t_r = \frac{t_p}{5.5} \quad (2.43)$$

$$q_p = 2.75 \left(\frac{C_p}{t_p} \right) \quad (2.44)$$

$$Q_p = q_p \times A \quad (2.45)$$

$$T_b = 72 + 3 \times t_p \quad (2.46)$$

Dimana :

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/s)

q_p = Limpasan sebelum mencapai debit puncak (m^3/s)

t_p = Waktu mulai titik berat hujan sampai debit puncak (jam)

t_r = Lama curah hujan (jam)

T_b = Waktu dasar hidrograf

2.4.6 Pemodelan Hidrolika HEC-RAS 6.0.2

Pemodelan pada aplikasi HEC-RAS ditujukan untuk mendapatkan gambaran kondisi eksisting kolam retensi dan sungai-sungai yang dapat mempengaruhi pada kawasan penelitian. Apakah kondisi eksisting kolam retensi sudah sesuai dengan yang direncanakan, mencukupi atau tidak kapasitas yang dimiliki. Apabila kapasitas tidak dapat menampung debit dan volume air maka akan terjadi banjir, maka dari itu dapat menghasilkan penanganan banjir guna menyelesaikan permasalahan banjir. Aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah HEC-RAS 6.0.2.

HEC-RAS merupakan model sistem terintegrasi yang dikembangkan dalam bentuk aplikasi yang interaktif untuk berbagai kondisi. Aplikasi ini mampu menampilkan perhitungan dengan penampang muka air 1 dimensi untuk aliran dalam saluran alami maupun buatan. Selain itu aplikasi ini juga mampu memperhitungkan penampang dengan muka air aliran subkritis, superkritis, dan campuran. Fitur HEC-RAS terdiri dari empat komponen hitungan hidrolika satu dimensi, yaitu hitungan profil muka air aliran permanen, simulasi aliran tak permanen, hitungan transpor sedimen (mobile bed, moveable boundary), dan analisis kualitas air.



Gambar 2. 9 Diagram Alir Perhitungan Hidrolika Menggunakan Program HEC-RAS

2.5 Studi Kelayakan

Studi kelayakan proyek dapat diartikan sebagai penelitian yang berhubungan dengan berhasil atau tidak proyek yang dijalankan, biasanya proyek yang dikerjakan studi kelayakan merupakan proyek investasi. Maksud berhasil atau tidak proyek yang dijalankan dapat ditafsirkan dengan banyak arti. Dalam artian yang terbatas digunakan oleh pihak swasta yang lebih mementingkan manfaat ekonomi dari proyek investasi.

Sedangkan oleh pihak pemerintah dapat diartikan dengan lebih luas, seperti penyerapan tenaga kerja, pemanfaatan sumber daya yang melimpah, penghematan dan penambahan devisa yang sekiranya diperlukan oleh pemetintah.

Analisis kelayakan finansial ekonomi, dikembangkan guna mencari suatu target yang menyeluruh mengenai gambaran tingkat kelayakan proyek, dalam analisis kelayakan ekonomi proyek dapat dilihat dari sudut pandang lembaga atau individu yang melakukan penanaman modal pada proyek tersebut. Dengan adanya pembangunan infrastruktur dapat memudahkan peningkatan mobilitas masyarakat

dan niaga, prasarana yang berhubungan dengan sanitasi kesehatan dan Pendidikan serta fungsi-fungsi sosial lainnya dapat menjadi lebih baik (YA Tanne,2021). Maka diperlukan analisis ekonomi proyek guna melihat seberapa efisien modal yang sudah ditanam dari sudut pandang lembaga, maupun perorangan. Selain itu agar dapat menghindari penanaman modal yang terlalu besar untuk proyek yang ternyata tidak mendapatkan keuntungan (PS Retno, 2014). Beberapa data yang dibutuhkan dalam studi kelayakan proyek adalah sebagai berikut :

1. Ruang lingkup proyek.
2. Pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan proyek.
3. Faktor-faktor yang menentukan keberhasilan proyek.
4. Sarana dan prasarana yang dibutuhkan saat pelaksanaan proyek.
5. Hasil yang diharapkan dari proyek dan biaya yang dibutuhkan proyek.
6. Dampak dan manfaat pada proyek.
7. Metode pelaksanaan proyek dan jadwal pengerjaan proyek.

2.5.1 Analisis Kelayakan Ekonomi

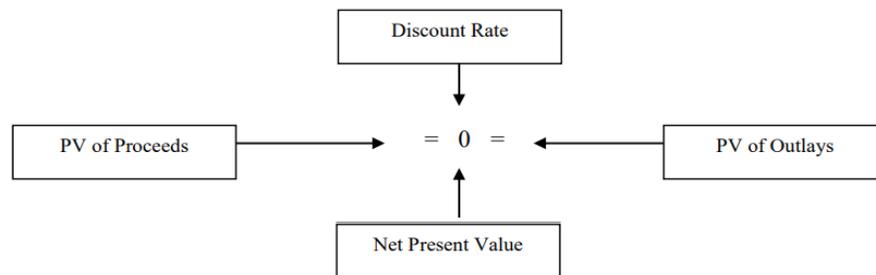
Beberapa metode yang digunakan untuk melakukan analisis ekonomi sebagai berikut :

2.5.5.1 Metode Payback Period (PP)

Metode *Payback Period* merupakan perhitungan berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam menghasilkan atau mengembalikan investasi pada keadaan semula melalui *proceeds* setiap periode. Pada metode ini lebih mentikberatkan kepada waktu pengembalian investasi dari *proceeds* yang diterima. Pada metode ini aliran kas masuk (*proceeds*) yang didapat dari pengembalian investasi dapat berupa perkiraan yang dimana jumlah masuk tahunnya yang masuk bisa dalam jumlah yang sama atau tidak sama (Herispon, 2018).

2.5.5.2 Metode Internal Rate of Return (IRR)

Metode *Internal Rate of Return* (IRR) merupakan perhitungan yang menggunakan tingkatan bunga yang menjadikan jumlah nilai sekarang dari *proceeds* yang diterima akan sama dengan jumlah nilai sekarang dari nilai *investment*. Pada metode IRR ini menggunakan konsep bagaimana menentukan tingkat bunga yang dapat menyamakan *Present Value of proceeds* dengan *Present Value of outlays* sehingga pada keadaan ini *Net Present Value* (NPV) adalah sama dengan 0 (Herispon, 2018). Metode ini dapat disebut juga dengan *yield method* dimana mencari IRR menggunakan perhitungan coba-coba yang dimana IRR dapat diperoleh apabila nilai NPV didapat NPV negatif dan NPV positif.



Gambar 2. 10 Konsep Internal Rate of Return (IRR)

(sumber : Herispon,2018)

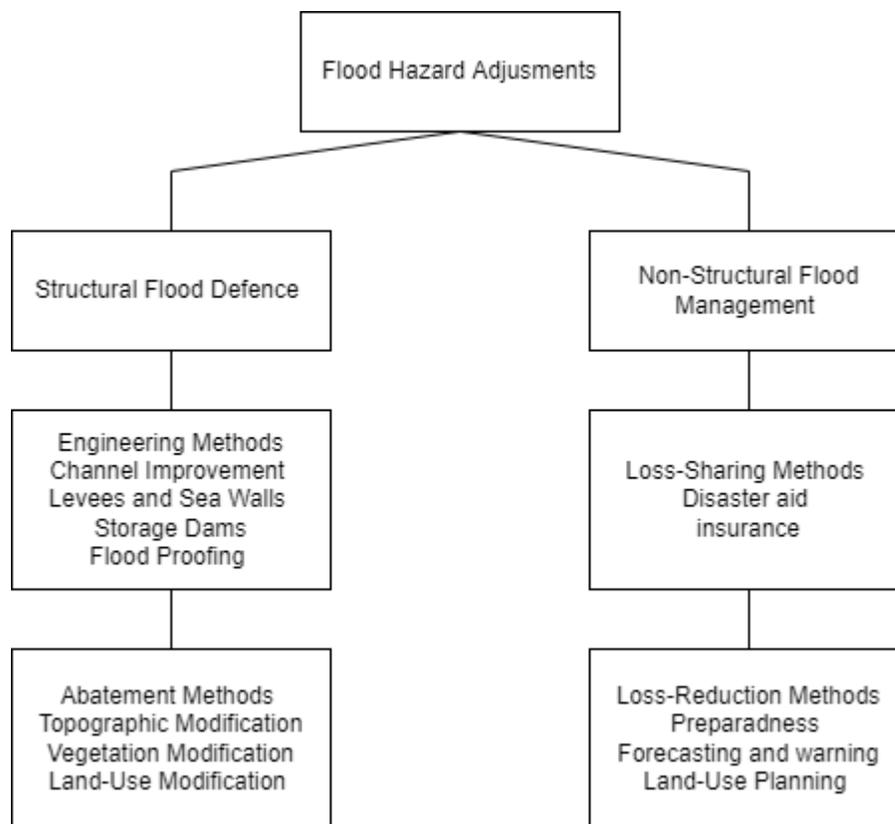
2.5.5.3 Metode Benefit Cost Ratio (BCR)

Metode *Benefit Cost Ratio* (BCR) merupakan metode yang melakukan perhitunga perbandingan antara *present value* dan *net benefit*. Dimana jika nilai Net B/C ratio > 1 maka proyek yang dijalankan dapat disebut layak untuk dijalankan karena setiap Rp1 akan menghasilkan manfaat sebanyak Rp1. Begitupula sebaliknya apabila Net B/C ratio < 1 maka proyek yang dijalankan dapat disebut tidak layak untuk dijalankan. Setiap pengeluaran akan menghasilkan penerimaan yang lebih kecil nilainya dari pengeluaran (Saebani,2014).

2.5.5.4 Metode Net Present Value (NPV)

Metode *Net Present Value* (NPV) merupakan nilai sekarang bersih. Metode NPV ini dapat dijumpai dalam perhitungan manajemen keuangan, studi kelayakan bisnis, dan evaluasi proyek. Perhitungan NPV adalah salah satu perhitungan yang dapat membantu memecahkan persoalan ketika menentukan dalam memilih investasi. NPV adalah selisih antara nilai sekarang dari keseluruhan penerimaan dengan nilai sekarang dari sejumlah pengeluaran modal. Pada metode NPV ada hal yang harus diperhatikan yaitu *Cash inflow* dan *rate of return* (Herispon,2018).

2.6 Alternatif Penanganan Banjir



Gambar 2. 11 Upaya Penanganan Banjir

Pengendalian banjir adalah suatu hal yang kompleks. Dengan melibatkan beberapa disiplin ilmu yaitu, hidrologi, hidrolika, erosi DAS, Teknik sungai, morfologi dan sedimentasi sungai, system drainase kota, bangunan air, dll. Keberhasilan dari program penanganan banjir juga tergantung dari banyak aspek yang dimana menyangkut aspek social, ekonomi, lingkunganm institusi, kelembagaan, hukum dan lainnya, sehingga aspek politik juga merupakan salah satu aspek penting. Dukungan politik yang kuat dari berbagai instansi baik eksekutif, legislatif, dan yudikatif akan sangat berpengaruh dalam alternatif penanganan banjir.

2.6.1 Alternatif Penanganan Banjir Metode Struktur

1. Bendungan/waduk

Bendungan adalah bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton, dan pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (tailing), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk (PP No 37 Tahun 2010). Selain menampung dan menahan air bendungan dapat berfungsi sebagai , penyediaan air baku, penyediaan air irigasi, pengendalian banjir, pembangkit listrik tenaga air.

Waduk adalah wadah buatan yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bendungan (PP No 37 Tahun 2010). Waduk pada umumnya dibangun untuk pengembangan sumber daya air sungai, dengan menampung air pada waktu musim hujan untuk memperbaiki kondisi aliran sungai terutama pada musim kemarau. Hal ini untuk mengantisipasi kebutuhan air yang meningkat terutama pada musim kemarau. Di samping itu waduk biasanya dibangun untuk beberapa manfaat yang disebut multi guna atau multi purpose dam, misalnya untuk irigasi, penyediaan air baku (air minum), pembangkit listrik tenaga air, dsb.

2. Kolam Retensi

Kolam penampungan (retention basin) berfungsi untuk menyimpan sementara debit sungai sehingga puncak banjir dapat dikurangi, retention berarti penyimpanan. Tingkat pengurangan banjir tergantung pada karakteristik hidrograf banjir, volume kolam dan dinamika beberapa bangunan outlet. Wilayah yang digunakan untuk kolam penampungan biasanya di daerah dataran rendah atau rawa. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tataguna lahan yang baik, kolam penampungan dapat digunakan untuk pertanian.

3. Pembuatan Check dam (Penangkap Sedimen)

Check dam merupakan bangunan kecil temporer atau tetap yang dibangun melintang saluran/sungai untuk memperkecil kemiringan dasar memanjang sungai sehingga bisa mereduksi kecepatan air, erosi dan membuat sedimen bisa tinggal di bagian hulu bangunan. Sehingga bangunan ini bisa menstabilkan saluran atau sungai.

4. Bangunan Pengurang Kemiringan Sungai

Bangunan ini bisa berupa drop structure atau ground sill. Manfaatnya adalah bisa mengurangi kecepatan air, dan untuk ground sill juga dapat mencegah scouring pada hilir bendung atau pilar jembatan.

5. Sistem Perbaikan dan Pengaturan Sungai

a) *River Improvement*

River improvement dilakukan terutama berkaitan erat dengan pengendalian banjir, merupakan usaha untuk memperbesar kapasitas pengaliran sungai. Hal ini dimaksudkan untuk menampung debit banjir yang terjadi untuk dialirkan ke hilir atau laut, sehingga tidak terjadi limpasan. Meliput beberapa pekerjaan yaitu, perbaikan bentuk penampang melintang, mengatur penampang memanjang sungai, menurunkan angka kekasaran dinding alur sungai, melakukan sudetan

pada alur sungai *meander*, melakukan rekonstruksi bangunan di sepanjang sungai, dan pembuatan tanggul banjir.

b) Tanggul

Tanggul merupakan penghalang yang didesain untuk menahan air banjir di palung sungai untuk melindungi daerah di sekitarnya. Tanggul juga berfungsi untuk melokalisir banjir di sungai, sehingga tidak melimpas ke kanan dan ke kiri sungai yang merupakan daerah peruntukan.

c) Sudetan

Sudetan (by pass) adalah saluran yang digunakan untuk mengalihkan sebagian atau seluruh aliran air banjir dalam rangka mengurangi debit banjir pada daerah yang dilindungi.

d) *Floodway*

Pembuatan floodway bertujuan untuk mengurangi debit banjir pada alur sungai lama, dan mengalirkan sebagian debit banjir melalui floodway. Hal ini dapat dilakukan apabila kondisi setempat sangat mendukung untuk membuat floodway. Apabila kondisi lapangan tidak menguntungkan, misalnya sungai untuk jalur floodway tidak ada, maka pembuatan floodway kurang layak untuk dilaksanakan. Floodway berfungsi untuk mengalirkan sebagian debit banjir pada waktu banjir, sehingga debit banjir pada alur sungai lama akan berkurang dan akan menurunkan tingkat resiko banjir. Kondisi pada umumnya, bahwa alur lama melewati kota, sehingga menjadi rawan banjir. Sedangkan lahan pada kawasan pemukiman di kota sangat mahal dan sulit untuk pembebasan lahan, sehingga perbaikan alur sungai untuk memenuhi debit mengalami kesulitan.

e) Normalisasi Sungai

Normalisasi sungai adalah kegiatan yang bertujuan untuk melewati debit banjir rancangan (Q_{desain}) dengan mengecek kapasitas sungai dan melakukan pelurusan alur sungai yang disertai dengan perkuatan tebing dan stabilisasi dasar sungai, sehingga limpasan tidak terjadi. Alternatif penanganan banjir dengan cara normalisasi dapat dilakukan apabila penampang sungai yang kapasitasnya sudah tidak dapat menampung debit banjir. Normalisasi sungai dilakukan tergantung dari bentuk penampang pada penampang sungai yang kapasitasnya sudah tidak memenuhi terhadap debit banjir yang melewati. Normalisasi yang akan dilakukan tergantung dari bentuk penampangnya. Perhitungan penampang disesuaikan dengan debit banjir rancangan yang kemudian dapat ditemukan dimensi penampang desain yang mampu menampung debit banjir rancangan. Dimensi saluran yang akan ditentukan adalah lebar, tinggi penampang basah, kemiringan, dan tinggi jagaan.

f) Sistem Drainase Khusus

Sistem drainase khusus sering diperlukan untuk memindahkan air dari daerah rawan banjir karena drainase yang buruk secara alami atau karena ulah manusia. Sistem khusus tipe gravitasi dapat terdiri dari saluran-saluran alami. Alternatif dengan pemompaan mungkin diperlukan untuk daerah buangan dengan elevasi air di bagian hilir yang terlalu tinggi. Sistem drainase khusus biasanya digunakan untuk situasi berikut: drainase perkotaan yang dimana drainase alami tidak memadai, digunakan untuk melindungi daerah pantai dari pengaruh gelombang, dan daerah genangan atau bantaran banjir dengan bangunan *floodwall*.

2.4.7.1 Alternatif Penanganan Banjir Metode Non-Struktur

Selain dengan menggunakan bangunan pengendali banjir, analisis pengendalian banjir tanpa menggunakan bangunan pengendalian banjir juga memberikan pengaruh yang cukup baik terhadap regim sungai.

1. Pengelolaan DAS

Pengelolaan DAS memiliki hubungan yang erat dengan peraturan, pelaksanaan, dan pelatihan. Kegiatan penggunaan lahan dimaksudkan menghemat, menyimpan atau menahan air dan konservasi tanah. Pengelolaan DAS dapat berupa pemeliharaan vegetasi di bagian hulu DAS, penanaman vegetasi untuk mengendalikan atau mengurangi kecepatan aliran permukaan, Pemeliharaan vegetasi alam, atau penanaman vegetasi tahan air yang tepat, sepanjang tanggul drainase, saluran-saluran dan daerah lain untuk pengendalian aliran yang berlebihan atau erosi tanah.

2. Pengaturan Tata Guna Lahan

Pengaturan tata guna lahan di DAS dimaksudkan untuk mengatur penggunaan lahan, sesuai dengan rencana pola tata ruang yang ada. Hal ini untuk menghindari penggunaan lahan yang tidak terkendali, sehingga mengakibatkan kerusakan DAS yang merupakan daerah tadah hujan.

3. Pengembangan dan Pengaturan Daerah Banjir/Genangan

Dengan adanya penggunaan lahan di daerah genangan maka dapat menimbulkan permasalahan yang terjadi sehingga pemanfaatan daerah genangan dapat mengurangi kapasitas alur sungai dan daerah genangan . dengan adanya bangunan rumah, gedung, jalan, jembatan dan lain-lain dapat mengurangi kelancaran aliran. Maksud dari pengendalian daerah genangan adalah untuk membatasi atau menentukan tipe pengembangan dengan mempertimbangkan resiko dan kerusakan yang ditimbulkan oleh banjir.

2.7 Penelitian Terdahulu

2.6.1 Analisis Kelayakan Ekonomi Pembangunan Kolam Retensi Sematang Borang Kota Palembang (Yunan Hamdani, 2017)

Penelitian ini dilakukan didasarkan oleh perencanaan kolam retensi tersebut telah memenuhi spesifikasi teknis dalam perencanaannya, akan tetapi pembaugnan fisik ini tidak dapat hanya pemenuhan aspek teknisnya saja, namun juga harus ditinjau pemenuhan aspek ekonomis mengingat terbatasnya ketersediaan dana pembangunan. Maka dengan adanya pemikiran tersebut analisis kelayakan ekonomi perlu dikembangkan pada kolam retensi tersebut. Dengan menggunakan metode *Net Present Value* (NPV) dan *Benefit Cost Ratioa* (BCR) dengan suku bunga yang beragam didapatkan bahwa proyek kolam retensi ini memiliki nilai ekonomis yang baik yaitu sebesar Rp 389.098.758,85,- dengan nilai BCR 1,09 dengan menggunakan *Interest rate* sebesar 12 % yang dimana nilai tersebut dapat menggambarkan bahwa manfaat yang diperoleh dari pembangunan kolam retensi ini lebih besar daripada investasi yang dikeluarkan.

2.6.2 Perencanaan Kolam Retensi Sebagai Usaha Mereduksi Banjir Sungai Citarum Hulu, Kabupaten Bandung (Bima Adhi Baskoro, 2018)

Penelitian ini dilakukan didasarkan oleh bencana banjir yang terjadi pada daerah cekungan bandung yaitu pada 3 kecamatan Dayeuhkolot, Baleendah, dan Bojong soang. Dimana Sungai Citarum Hulu memiliki kapasitas rata-rata 550 m³/detik sehingga apabila banjir datang dan melebihi kapasitas tersebut maka diperlukan kolam retensi agar air berlebih tersebut dapat memotong debit banjir yang datang. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan analisa hidrologi dan analisa hidrolika menggunakan program HEC-RAS sehingga mendapatkan hasil perbandingan kondisi eksisting dan kondisi setelah adanya bangunan pengendalian banjir

didapatkan pada kala ulang 50 tahun banjir dapat direduksi sebesar 7% yang awalnya adalah 590,10 m³/detik dapat dikurangi menjadi 550 m³/detik.

2.6.3 Evaluasi dan Analisis Kolam Retensi Pengendalian Banjir : Studi Kasus Kolam Retensi Brimob Kota Palembang (Tri Fitriana dkk, 2020)

Penelitian ini didasari oleh permasalahan banjir yang diakibatkan oleh pertumbuhan penduduk yang kian meningkat dan memperbesar resiko banjir yang terjadi, maka dari itu dilakukan upaya penanganan banjir untuk memperkecil resiko bahaya atau kerugian yang terjadi. Pada penelitian ini dilakukan penelitian terhadap seberapa besar volume limpasan yang terjadi sehingga dapat diketahui apakah volume limpasan yang terjadi masih pada ambang batas kapasitas sungai, drainase maupun kolam tampungan, agar dapat menjadi masukan dalam perencanaan sistem drainase atau alternatif penanganan banjir lainnya. Pada studi ini dilakukan analisa hidrologi menggunakan HEC-HMS dan hidrolak menggunakan HEC-RAS. Setelah dilakukan perhitungan maka kolam retensi mampu menampung air hingga 115.103,73 m³ dengan membuat dua perencanaan penggunaan pompa masing-masing (2 unit) kapasitas 250 liter/detik dan 500 liter/detik. Dari hasil simulasi dengan dua unit pompa diperkirakan tidak terjadi limpasan pada debit inflow desain untuk periode ulang (2, 5, dan 10 tahun).

2.6.4 Kajian Pengendalian Banjir Di Daerah Cekungan Dengan Sistem Pompa (Studi Kasus Perumahan Metland Tambun Bekasi) (Baktiar AB dkk, 2021)

Penelitian ini dilatar belakangi oleh permasalahan pertumbuhan penduduk yang sangat cepat dan tidak diimbangi dengan penyediaan sarana dan prasarana yang memadai mengakibatkan pemanfaatan lahan perkotaan menjadi acak-acakan serta upaya pemeliharaan sistem juga menjadi pemacu terjadinya banjir selain itu

Daerah perumahan Metland merupakan daerah Retention atau merupakan daerah Banjir yang terletak pada daerah hilir sungai Cibuntu dan sungai Cibeureum dan merupakan daerah pedataran dan cekungan dengan hamparan sawah-sawah dan perumahan. Maka dari itu dibutuhkan upaya pengendalian banjir, salah satunya sistem polder dengan tujuan mengurangi banjir yang terjadi, menggunakan 7 polder yaitu Polder 1A, Polder 1B, Polder 2A, Polder 2B, Polder 2C, Polder 2D1, dan Polder 2D2. Pada penelitian ini dilakukan analisa banjir menggunakan periode ulang 10 tahun pada kondisi eksisting. Pada kala ulang 10 tahun polder 1A mengalami genangan setinggi 13.04 cm, pada polder 1B setinggi 16,57 cm, dan pada polder 2C setinggi 11.06 cm. Alternatif penanganan yang dapat dilakukan dengan adanya genangan yang terjadi dilakukan adalah penambahan kapasitas pompa. Untuk polder 1A pompa sebesar 1 x 12 m³/detik, pada polder 1B pompa sebesar 3 x 6 m³/detik dan 1 x 12 m³/detik dan untuk polder 2C pompa sebesar 1 x 6 m³/detik.

Tabel 2. 9 Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Judul Penelitian	Objek Penelitian	Metode	Variabel	Hasil Penelitian	GAP Analysis	
							Penelitian terdahulu	Penelitian Penulis
1	2014	Studi Kelayakan Finansial Pada Proyek Pembangunan Mall Dinoyo Kota Malang	Rencana Anggaran Biaya, Pendapatan dan Pengeluaran Mall Dinoyo	Metode Numerik	Benefit, biaya investasi, biaya pemeliharaan dan operasional	Dengan menggunakan perhitungan analisis finansial menggunakan 3 metode yaitu, Payback Period, Benefit Cost Ratio, Internat Rate of Return didapat bahwa Mall Dinoyo dinyatakan tidak layak untuk beroperasi dan pengembalian investasi memerlukan waktu selama 7 tahun 6 bulan dan 18 hari pada metode paybackperiod.	Dengan menggunakan perhitungan analisis finansial menggunakan 4 metode yaitu, Payback Period, Benefit Cost Ratio, Internat Rate of Return dan Net Present Value	Dalam penelitian ini juga menggunakan analisis finansial yaitu dengan metode Benefit Cost Ratio daan melakukan perhitungan analisis sensitivitas
2	2016	Kajian Kinerja Sistem Polder Dengan Balance Scorecard	Pengelolaan air pada Sistem Polder Semarang	Menggunakan metode <i>Balance Scorecard</i>	Kinerja Kritis dari Badan Pengelola, Pengguna, Keuangan, Proses Internal, dan Pembelajaran dan Pengembangan	Badan pengelolal memiliki peran penting dalam keberhasilan suatu sistem polder. Oleh karena itu dengan adanya badan pengelola yang baik maka akan tercipta kepuasan pelanggan yang tinggi dan bidang keuangan akan terbentu	Menggunakan pengolahan data <i>Balance Scorecard</i>	Hanya menghitung efektivitas pembiayaan terhadap pembangunan kolam retensi.

3	2017	Kajian Efektivitas Pengendalian Banjir Di DAS Torosik	Aliran Sungai Torosik	Model Fisik	Tinggi muka Air	Dengan adanya normalisasi sungai maka tinggi muka air pada penampang Sungai Torosik menurun dibandingkan dengan kondisi eksisting.	Dalam penelitian ini menggunakan dua program sekaligus yaitu HEC-HMS dan HEC-RASS	Dalam penelitian ini tidak dilakukan normalisasi sungai dan hanya menggunakan satu program HEC-RASS
4	2018	Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan	Hujan Wilayah dan Debit Banjir Rancangan Embung Coyo	Metode Numerik	Curah Hujan Debit banjir, Kecepatan aliran	Dengan menggunakan beberapa metode debit banjir didapatkan hasil yang relatif sama. Disebabkan oleh kapasitas alur sungai yang besarnya setara dengan debit banjir kala ulang 2-5 tahun,	Menghitung debit banjir rancangan dengan dua metode yaitu HSS Synder dan HSS Nakayashu	Penelitian ini menggunakan 3 metode debit rancangan yaitu, Metode Rasional USSCS, HSS Nakayashu, dan SCS
5	2018	Perencanaan Kolam Retensi Sebagai Usaha Mereduksi Banjir Sungai Citarum Hulu, Kabupaten Bandung	Sungai Citarum Hulu (Cekungan Bandung) dengan kapasitas rata-rata 550 m ³ /detik	Metode Numerik dan menggunakan program HEC-RAS	Curah Hujan, Debit banjir rancangan, dan volume air yang masuk	Dengan menggunakan debit banjir rancangan menggunakan metode hidrograf satuan sintetis nakayashu pada kala ulang 10 tahun sebesar 459,61 m ³ /detik dan pada kala ulang 50 tahun sebesar 590,10 m ³ .detik. Dengan upaya pengendalian banjir dapat dikurangi sebesar 7% pada kala	Menghitung debit banjir rancangan dengan metode HSS Nakayashu dengan membuat perencanaan upaya pengendalian banjir menggunakan kolam retensi dengan analisa hidrolika menggunakan bantuan program HEC-RASS	Dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode debit banjir rancangan yaitu, HSS Nakayashu, SCS. Penelitian ini dilakukan pada kondisi eksisting dan penggunaan pompa dengan bantuan program

						ulang 50 tahun menjadi sebesar 550m ³ /detik		HEC-RASS pada analisa hidrolikas
6	2018	Evaluasi Kapasitas Kolam Retensi Cieunteung Sebagai Upaya Mereduksi Banjir Baleendah, Kabupaten Bandung.	Kapasitas Kolam Retensi	Menggunakan metode numerik dan program HEC-RAS	Curah Hujan Debit banjir, Kecepatan aliran	Kondisi penampang sungai di titik yang ditinjau dengan kondisi eksisting tidak mampu menampung debit banjir rencana pada periode ulang 25 tahun sehingga diperlukan alternatif penanganan banjir berupa kolam retensi. Dengan kapasitas kolam retensi Cieuntreng hanya mampu mereduksi debit banjir yang ada berada di bagian hilir sehingga diperlukan kolam retensi baru dengan kapasitas 543.823,422 m ³	Menghitung debit banjir rancangan dengan metode HSS Nakayashu, SCS, dan Snyder dengan membuat perencanaan upaya pengendalian banjir menggunakan kolam retensi dengan analisa hidrolika menggunakan bantuan program HEC-RASS	Dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode debit banjir rancangan yaitu, HSS Nakayashu, dan SCS. Penelitian ini dilakukan pada kondisi eksisting dan penggunaan pompa dengan bantuan program HEC-RASS pada analisa hidrolika.

6	2019	Analisis Mengenai Fungsi Kolam Retensi Ario Kemuning Sebagai Pencegah Terjadinya Banjir Pada DAS Sungai Bendung Di Kota Palembang	Kapasitas Kolam, Saluran inlet dan Saluran outlet	Metode Numerik	Curah Hujan, Debit banjir rancangan, dan volume air yang masuk	Setelah dilakukan perhitungan perlu adanya perbaikan pada nilai h agar air pada aliran tersebut dapat mengalir dengan lancar	Menghitung saluran inlet outlet dan kapasitas tampungan.	Hanya menghitung kapasitas tampungan apakah mampu menahan debit banjir atau tidak.
7	2020	Efektivitas Kolam Retensi Terhadap Pengendalian Banjir	Sistem Drainase Polder Tawag dengan terdiri dari 1 <i>Raingage</i> , 17 <i>Subcatchment</i> , 14 <i>Junction</i> , dan 14 <i>Conduit</i> dengan 1 pompa kapasitas 0.6 m ³ /detik	Analisis hidrolika dan hidrologi dan menggunakan aplikasi SWMM	Debit Puncak Aliran	Dengan kondisi yang ada polder Tawang dinilai belum mampu dalam mereduksi banjir. Besarnya limpasan yang terjadi tidak diimbangi dengan sistem drainase perkotaan yang memadai. Maka perlu adanya optimalisasi kinerja kolam retensi dan sistem pompa.	Membuat pemodelan dengan menggunakan 3 pemodelan yaitu, Kalibrasi model, Pemodelan sesuai dengan kondisi eksisting dan pemodelan dengan optimalisasi pompa dan kolam retensi. Membuat pemodelan dengan program EPA SWMM	Hanya membuat pemodelan dengan pemodelan sesuai dengan kondisi eksisting dan penggunaan pompa menggunakan program HEC-RAS 5.0.4.

8	2020	Evaluasi Kapasitas Rumah Pompa Hailai Marina Dalam Menanggulangi Banjir Jakarta Utara	Efektivitas Pompa aksial <i>submersible</i>	Menggunakan pemodelan dengan program HEC-RASS	Tinggi muka air	Dengan adanya pompa dengan perbandingan model terdapat penurunan tinggi muka air.	Penelitian ini berfokus kepada efektivitas pompa yang dapat menurunkan tinggi muka air	Penelitian ini menghitung efektivitas kolam retensi dalam menangani banjir dan efektivitas pembangunan kolam retensi terhadap pembiayaan
9	2020	Perencanaan Prasarana Dan Sarana Sistem Pengendalian Banjir Kota Administrasi Jakarta Pusat	saliran yang memiliki elevasi yang tidak beraturan	Model Fisik	Tinggi muka air	Perbandingan tinggi muka air untuk tiga kondisi inflow hidograf yang berbeda.	Pada penelitian ini terdapat dua lokasi penelitian dimana pada wilayah Petamburan dimana ketika sudah dilakukan redimensi, normalisasi sungai, dan ditambahkan pompa eksisting 0.75 m ³ /detik. Sedangkan pada wilayah Kalibaru Timur beban air yang ada akan dibuang ke Kali Sunter 2 m ³ /detik agar dapat menurunkan muka air secara efektif	Pada penelitian ini hanya meneliti satu lokasi dari ke lima lokasi yang ada. tidak merencanakan redimensi hanya pada kondisi eksisting saja.

10	2020	Evaluasi Dan Analisis Kolam Retensi Pengendalian Banjir	Kolam retensi dengan 21 saluran yang masuk kedalamnya	Metode numerik dan menggunakan program HEC-RASS	Debit banjir dan Tinggi muka air	dengan menggunakan dua skenario operasi pompa dengan masing masing kapasitas 250 liter/detik dan 500 liter/detik. Dari hasil simulasi yang ada maka diperkirakan tidak terjadi limpasan pada debit desain untuk periode ulang (2, 5, dan 10 tahun	Pada penelitian ini mensimulasikan dua skenario pada masing-masing periode ulang , yang dimana menggunakan operasi pompa dengan kapasitas yang berbeda. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan program HEC-HMS	Penelitian ini hanya menghitung efektivitas tampungan kolam retensi dan menggunakan program HEC-RASS
11	2021	Kajian Pengendalian Banjir Di Daerah Cekungan Dengan Sistem Pompa	Polder dengan 6 sektor menggunakan sistem drainase dengan volume saluran dan volume genangan diijinkan maksimal 10 cm	Metode Numerik	Debit banjir dan tinggi muka air	Hasil penelitian pada 6 polder ada 3 polder yang sudah tidak memadai untuk menangani banjir maka perlu ditambkkan pompa dengan kapasitas minimal 1 x 12 m ³ /detik	Penelitian ini hanya menggunakan perhitungan debit rencana dengan metode rasional USSCS	Penelitian ini menggunakan 3 metode debit rencana yaitu, Metode Rasional USSCS, HSS Nakayashu, dan SCS

12	2021	Kajian Kapasitas Tampungan Kolam Retensi Di Perumahan Sarimas, Kelurahan, Sukamiskin, Kecamatan Arcamanik, Kota Bandung	Aliran yang masuk ke dalam kolam tampungan	Model Fisik	penelusuran aliran,, debit banjir dan volume tampungan	Dengan adanya penelusuran aliran maka dapat diketahui berapa besar kapasitas kolam tampungan yang ada dan masih menyisakan volume tampungan air yang cukup besar dan dapat mengakibatkan banjir di area pemukiman sehingga perlu ditambah kapasitas keluar dari kolam retensi dengan menggunakan pompa.	Pada penelitian ini menggunakan penelusuran aliran dan tidak menggunakan pemodelan dengan program. Menggunakan analisis intensitas hujan metode ABM dan debit rencana metode HSS Nakayashu.	Penelitian ini menggunakan analisis intensitas hujan metode mononobe dan menggunakan tiga metode debit rencana.
----	------	---	--	-------------	--	---	---	---