

BAB II

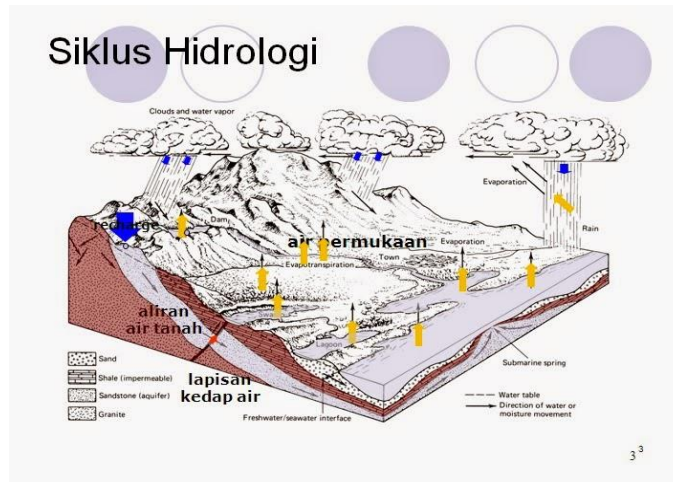
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi didefinisikan sebagai rangkaian tahapan yang dialui air dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer (Seyhan, 1977). Sumber tenaga dari siklus ini yaitu matahari. Dalam daur hidrologi, energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi yang kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan yang akan jatuh pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut atau badan-badan air lainnya (C D Soemarto, 1999).

Siklus hidrologi secara khusus mempelajari tentang kejadian air di daratan/bumi, yang didefinisikan sebagai pengaruh dari sifat daratan terhadap air, pengaruh fisik air terhadap daratan dan mempelajari hubungan air dengan kehidupan. Hidrologi sendiri didefinisikan sebagai ilmu yang berhubungan dengan air di bumi mengenai, kejadiannya, sirkulasi dan distribusi, sifat kimia dan fisiknya dan pengaruhnya terhadap lingkungan termasuk hubungannya dengan kehidupan.

Sebagaimana hubungan siklus hidrologi terhadap seluruh kejadian mengenai air yang ada di bumi, maka hal ini tidak lepas dari peristiwa saat jumlah air yang berlebihan mengalir, merendam serta menggenangi suatu dataran yang sering disebut dengan peristiwa banjir atau bahkan terjadi kekeringan. Peristiwa kekeringan air dalam kehidupan sehari-hari juga erat kaitannya dengan proses dari siklus hidrologi yang terjadi, dimana jumlah air hujan yang sedikit menyebabkan aliran debit pada sungai sangat kecil atau bahkan kering sama sekali. Selain itu, peristiwa banjir juga kerap terjadi dikarenakan limpasan sungai yang tidak lagi mampu ditahan atau ditampung oleh dimensi sungai dan melebihi daya tampung alirannya sehingga air sungai meluap dan menggenangi daratan yang ada di daerah sekitaran sungai.



Gambar 2.1. Siklus Hidrologi
Sumber: D.K. Todd, 1980

2.1.1. Banjir

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) banjir diartikan dengan air dengan jumlah yang banyak, deras dan kadang meluap. Hal tersebut diakibatkan oleh air yang terdapat pada danau, sungai ataupun aliran air lainnya melebihi kapasitas tampungnya. Istilah banjir biasanya lebih dikenal secara sederhana dengan air yang menggenang dan merendam wilayah daratan. Banjir memiliki berbagai macam jenis dan juga banyak hal yang menjadi faktor penyebab terjadinya banjir. Banjir dapat terjadi apabila debit/volume air yang mengalir pada suatu saluran berada di atas kapasitas pengalirannya.

2.1.2. Macam-Macam Banjir

Adapun macam-macam banjir yang terjadi yang disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu sebagai berikut:

1. Banjir Air

Banjir air merupakan salah satu jenis banjir yang sangat sering terjadi. Banjir jenis ini biasanya menggenangi atau merendam suatu kawasan diakibatkan turunnya hujan dengan frekuensi yang terus menerus sehingga melebihi kapasitas pengalirannya.

2. Banjir Bandang

Banjir bandang dapat dikenali dengan peristiwa terbawanya air yang disertai dengan lumpur. Banjir bandang biasanya terjadi pada kawasan perbukitan

atau pegunungan yang rentan terjadi longsor, sehingga air hujan mampu membawa material longsor dari perbukitan atau pegunungan tersebut.

3. Banjir Lumpur

Banjir lumpur merupakan banjir yang hampir sama dengan banjir bandang, tetapi material lumpur yang dibawa merupakan lumpur yang muncul dari dalam bumi dan menggenangi daratan. Biasanya banjir lumpur ini membawa kandungan gas dan juga zat kimia berbahaya.

4. Banjir Rob

Sesuai dengan namanya maka banjir Rob ini diakibatkan oleh kondisi air laut yang pasang. Pasangnya air laut ini mengakibatkan aliran sungai menumpuk atau tertahan dan juga biasanya dapat menyebabkan jebol atau rusaknya tanggul penahan dan menggenangi daratan.

2.1.3. Faktor Penyebab Terjadinya Banjir

Sesuai dengan jenis banjir yang bermacam-macam, maka yang menjadi faktor penyebab banjir pun beragam. Berikut merupakan beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadinya banjir, yaitu sebagai berikut:

1. Curah Hujan Tinggi

Hal yang menjadi penyebab banjir satu ini yaitu diakibatkan oleh faktor cuaca. Terjadinya hujan yang berlangsung lama dan dengan intensitas yang tinggi serta terjadi secara terus menerus. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan pada debit sungai yang melebihi dari kapasitas pengalirannya yang menyebabkan sungai tidak mampu menahan laju dan volume sungai sehingga rawan terjadi banjir.

2. Penebangan Hutan Liar

Penebangan hutan secara liar menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir yaitu dikarenakan banyaknya pohon yang ditebang menyebabkan akar-akar yang berfungsi untuk menyerap air tidak mampu lagi bekerja dengan optimal. Maka dari itu terjadilah bencana banjir yang menggenangi daratan.

3. Buang Sampah Sembarangan

Banyaknya kasus penumpukan sampah yang ada, menjadikannya salah satu penyebab terjadinya banjir. Hal ini dikarenakan penumpukan sampah pada

aliran sungai menyebabkan terjadinya pendangkalan pada sungai dan menyumbat alirannya sehingga terjadi peluapan air sungai.

4. Pemukiman yang Berada pada Bantaran Sungai

Sama halnya dengan penumpukan sampah pada aliran sungai yang menyebabkan terjadinya pendangkalan pada sungai, keberadaan pemukiman pada bantaran sungai juga menjadi faktor terjadinya pendangkalan pada sungai. Hal lain yang menjadi dampak dari keberadaan pemukiman pada bantaran sungai menyebabkan terjadinya penyempitan pada dinding pinggir sungai yang dapat menyebabkan sungai meluap dan terjadi banjir.

2.1.4. Dampak dari Terjadinya Banjir

Dari banyaknya peristiwa banjir yang terjadi, ada beberapa hal yang dapat diketahui sebagai dampak yang ditimbulkan akibat dari bencana banjir yang terjadi, yaitu diantaranya:

1. Banjir menjadi penyebab dari timbulnya berbagai jenis bibit penyakit, salah satunya yaitu diare maupun gatal-gatal;
2. Banjir menyebabkan banyak orang kehilangan jiwa maupun harta benda akibat terbawa oleh banjir;
3. Banyak sektor pertanian, peternakan maupun perkebunan yang rusak;
4. Banjir mengakibatkan banyaknya fasilitas umum, sarana maupun prasarana menjadi rusak; maupun
5. Daerah banjir kesulitan mendapatkan akses air bersih.

2.2. Analisis Hidrologi

2.2.1. Curah Hujan

Penentuan atau perhitungan debit hujan disuatu kawasan seperti saluran sungai dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa rumus, baik itu rumus rasional ataupun analisis dari hidrograf satuan. Dalam penentuan besaran debit hujan maupun debit saluran pada sungai sendiri dapat menggunakan standar yang telah ditetapkan yaitu penentuan analisis yang digunakan, penentuan debit saluran, maupun kriteria penentu lainnya. Berikut adalah kriteria sebagai penentu dari struktur hidrologi dari saluran yang dilampirkan pada Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1. kriteria Penentu Desain Hidrologi Saluran

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (tahun)	Metode Perhitungan Q hujan
<10	2	Rasional
10 – 100	2 – 5	Rasional
101 – 500	5 – 20	Rasional
>500	10 – 25	Hidrograf Satuan

(Sumber: Suripin,2004)

Adapun tahapan dalam melakukan perencanaan curah hujan yaitu sebagai berikut:

1. Analisis Curah Hujan

Pada penelitian kali ini, penulis menggunakan data-data curah hujan yang diperoleh dari beberapa stasiun penakar hujan yang ada di Kota Bandar Lampung yaitu Stasin Penakar Hujan Pahoman (PH-001), Stasiun Penakar Hujan Sukarame (PH-003), Stasiun Penakar Hujan Sumur Putri (PH-004) dan Stasiun Penakar Hujan Sumberejo Kemiling (PH-005) selama periode 20 tahun terakhir. Metode analisis curah hujan yang digunakan yaitu Metode *Polygon Thiessen* dikarenakan luasan wilayah DAS nya yaitu 421,964 ha < 500 ha sesuai dengan syarat penentuan metodenya.

a. Metode *Poligon Thiessen*

Merode poligon thiessen ini kita harus saling menghubungkan garis-garis pada sumbu tegak lurus (titik berat) terhadap garis penghubung diantara dua buah stasiun penakar hujan. Dengan menggunakan persamaan berikut ini untuk menghitung nilai curah hujan rerata pada suatu kawasan (Soemarto, CD.1995):

$$R = \frac{R_a.A_a + R_b.A_b + R_c.A_c + \dots + R_n.A_n}{A_a + A_b + A_c + \dots + A_n} \quad (2.1)$$

keterangan:

A = luas area (ha)

R = tinggi curah hujan rerata (mm)

$R_a, R_b, \dots, R_n$ = tinggi curah hujan pada stasiun penakar 1,2,...,n

$A_a, A_b, \dots, A_n$ = luas area pada stasiun penakar 1,2,...,n

n = jumlah stasiun penakar hujan.

Tabel 2.2. di bawah ini adalah tabel yang dijadikan standarisasi dalam menentukan atau memilih metode curah hujan, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.2. Cara Memilih Metode Perhitungan Curah Hujan

Faktor	Syarat-syarat	Jenis Metode
Jaring-jaring Stasiun penakar hujan dalam DAS	Jumlah stasiun penakar hujan cukup	Metode Isohyet, Metode Poligon Thiessen, atau Metode Rerata Aljabar
	Jumlah stasiun penakar hujan terbatas	Metode Rerata Aljabar atau Metode Poligon Thiessen
	Pos penakar hujan tunggal	Metode Hujan Titik
Luas DAS	DAS Besar (>5000 km ²)	Metode Isohyet
	DAS Sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metode Poligon Thiessen
	DAS Kecil (<500 km ²)	Metode Rerata Aljabar
Topografi DAS	Pegunungan	Metode Rerata Aljabar
	Dataran	Metode Poligon Thiessen
	Berbukit dan tidak beraturan	Metode Isohyet

(Sumber: Suripin, 2004)

2.2.2. Frekuensi dan Probabilistik Hujan

Berdasarkan tujuan dari melakukan analisis ini yaitu untuk mencari nilai basaran debit yang berpengaruh pada suatu saluran yang didapat berdasarkan nilai intensitas dan frekuensi kejadiannya dengan analisis probabilitas atau kemungkinan. Dalam penentuan nilai debit hujan, adapun beberapa metode yang dapat digunakan menurut (Suripin, 2004) yaitu sebagai berikut:

1. Curah Hujan Maksimum

Curah hujan maksimum dapat diperoleh dengan mengambil data yang paling maksimum dalam waktu tertentu dengan menggunakan analisis frekuensi. Beberapa metode dalam melakukan analisis frekuensi dalam bidang hidrologi yang dapat digunakan, yaitu sebagai berikut:

a. Distribusi Normal

Persamaan yang digunakan dalam metode distribusi normal yaitu sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + K_t \times S \quad (2.2)$$

keterangan:

X_t = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang
 $\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung varian
 S = deviasi standar nilai varian
 K_t = faktor frekuensi, merupakan periode ulang dengan menggunakan nilai reduksi *Gauss*. Dapat dilihat pada Tabel 2.3. di bawah ini:

Tabel 2.3. Nilai Variabel Reduksi *Gauss*

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,01	0,99	-2,33
1,05	0,95	-1,64
1,11	0,9	-1,28
1,25	0,8	-0,84
1,33	0,75	-0,67
1,43	0,7	-0,52
1,67	0,6	-0,25
2	0,5	0
2,5	0,4	0,25
3,33	0,3	0,52
4	0,25	0,67
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
20	0,05	1,64
50	0,02	2,05
100	0,01	2,33
200	0,005	2,58
500	0,002	2,88
1000	0,001	3,09

(Sumber: *Bonnier, 1980*)

b. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal juga dapat disimpulkan dengan persamaan variabel acak $Y = \log X$ yang merupakan distribusi normal, sehingga nilai X disebut sebagai distribusi log normal. Adapun persamaan dalam penentuan distribusi log normal yaitu:

$$Y_t = \bar{Y} + K_t \times S \quad (2.3)$$

keterangan:

Y_t = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang
 $\bar{Y}$ = nilai rata-rata hitung varian

c. Distribusi Log Person III

Pada metode distribusi ini memiliki persamaan dengan Distribusi Log Normal yang mana keduanya sama-sama mengonversi nilai X ke dalam bentuk logaritma. Berikut adalah nilai dari koefisien G yang dapat dilihat pada Tabel 2.4. yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.4. Nilai Koefisien G untuk Distribusi Log Person III

Koef. G	Interval kejadian (periode ulang)							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
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	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-3,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-3,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-3,388	-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	-2,605	-609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990

(Sumber: Suripin, 2004)

d. Distribusi Gumbel

Persamaan yang digunakan dalam metode distribusi ini yaitu:

$$X_{tr} = \bar{X} + S_x \times (0,78 y - 0,45) \quad (2.4)$$

dengan:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (2.5)$$

$$Y = -\left(-\ln\left(\frac{T-1}{T}\right)\right) \quad (2.6)$$

keterangan:

X_{tr} = curah hujan dengan kala ulang T- tahunan (mm)

$\bar{X}$ = curah hujan rerata maksimum

y = perubahan reduksi.

Bentuk persamaan lainnya untuk Distribusi Gumbel yaitu:

$$X_{tr} = X + S_x .K \quad (2.7)$$

dengan:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (2.8)$$

keterangan:

K = konstanta

Y_t = reduksi sebagai dari fungsi probabilitas (*ireduced variete*)

Y_n = *reduced mean*

S_n = *reduced standard*.

2. Uji Kesesuaian Distribusi

Sebelum memulai menganalisis data hujan dengan menggunakan salah satu metode distribusi sebagaimana telah dijelaskan di atas, diperlukan melakukan pendekatan terdahulu terhadap parameter-parameter penentu distribusi yang tepat. Adapun parameter-parameter yang dijadikan penentu distribusi nya yaitu:

a. Nilai rata-rata, $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ (2.9)

b. Simpangan baku, $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$ (2.10)

c. Koefisien *skewness* , $C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$ (2.11)

d. Koefisien ketajaman (*kurtosis*), $C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3).S^4}$ (2.12)

e. Koefisien keseragaman (variasi), $C_v = \frac{S}{\bar{X}}$ (2.13)

Tabel 2.5. di bawah ini yaitu tabel yang berisi karakteristik data dari Distribusi Frekuensi sebagai acuan syarat pemilihan metode distribusi yang tepat untuk digunakan, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.5. Karakteristik Distribusi Frekuensi

Jenis distribusi frekuensi	Syarat distribusi
Distribusi Normal	C _s = 0 dan C _k = 3
Distribusi Log Normal	C _s > 0 dan C _k > 3
Distribusi Gumbel	C _s = 1,139 dan C _k = 5,402
Distribusi Log-Person III	C _s antara 0 – 0,9

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.2.3. Uji Kesesuaian Distribusi

Analisis curah hujan dilakukan erat kaitannya dengan dengan melakukan pengujian terhadap kesesuaian distribusi. Uji kesesuaian distribusi terhadap curah hujan ini dimaksudkan untuk menentukan kesesuaian data curah hujan harian maksimum yang digunakan terhadap distribusi secara teoritis yang digunakan. Menurut CD Soemarto metode untuk melakukan pengujian kesesuaian distribusi ini yaitu ada 2 (dua) jenis metode, diantaranya yaitu:

a. Uji *Chi-Square*

Persamaan umum dalam pengujian *Chi-Square* yaitu sebagai berikut:

$$Xh^2 = \sum \frac{(Ef - Of)^2}{Ef} \quad (2.14)$$

keterangan:

Xh^2 = harga *Chi-Square*

Ef = jumlah nilai pengamatan pada sub kelas

Of = jumlah nilai teoritis pada sub kelas.

Pada pengujian ini, kesesuaian hasil *Chi-Square* ditentukan berdasarkan nilai Xh^2 kritisnya, yang mana nilai Xh^2 kritisnya ditentukan berdasarkan nilai derajat kepercayaan dan juga nilai Dk (derajat kebebasan). Uji *Chi-Square* dinyatakan sesuai apabila nilai $Xh^2 < Xh^2$ kritis. Seperti tabel berikut:

Tabel 2.6. Penentu Nilai Kritis Harga *Chi-Square*

dk	α (derajat kepercayaan)							
	0,0995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,0025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,351	7,815	9,348	11,345	13
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,959
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,388	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,448	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,157
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997

(Sumber: CD. Soemarto, 1986)

b. *Smirnov – Kolmogorov*

Pada pengujian ini hamper sama dengan uji *Chi-Square* yaitu nilainya ditentukan berdasarkan nilai α (derajat kepercayaan) dan juga terhadap banyaknya data (n). pengujian ini juga berdasarkan pada persamaan *Weibull* yaitu sebagai berikut:

$$P(x) = \frac{m}{(n+1)} \times 100\% \quad (2.15)$$

keterangan:

P = probabilitas (%)

m = nomor urut data

n = jumlah data

Setelah melakukan perhitungan terhadap peluang teoritis yaitu menentukan nilai fungsi $f(t)$ dengan persamaan rumus:

$$f(t) = \frac{(x - x_{rerata})}{Sx} \quad (2.16)$$

Hitung $P'(x <)$ menggunakan rumus, $P'(x <) = 1 - P(x)$ dan menentukan nilai ΔHit dengan rumus $\Delta Hit = P'(x <)$. Untuk menentukan nilai uji *Smirnov – Kolmogorov* yaitu ditentukan dengan nilai derajat kepercayaan dan juga jumlah data yang dapat dilihat pada Tabel 2.7. di bawah ini:

Tabel 2.7. Nilai Kritis Uji *Smirnov – Kolmogorov*

n	α			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	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	0,9	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23

(Sumber: Bonier, 1980)

2.2.4. Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan merupakan ketinggian atau kedalaman air hujan per satuan waktu (mm/hari). Intensitas curah hujan yang tinggi biasanya berlangsung pada durasi yang rendah dan daerah yang diliputinya tidak terlalu luas. Sebaliknya dengan

curah hujan dengan intensitas rendah biasanya berlangsung dengan durasi yang panjang. Berdasarkan definisi dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang menyatakan bahwa hujan kecil terjadi dengan intensitasnya diantara 0 – 21 mm/hari, hujan sedang diantara intensitas 21 – 50 mm/hari dan hujan besar atau lebat terjadi dengan intensitas curah hujannya berada diatas 50 mm/hari.

Pada penelitian ini metode yang dipilih untuk menentukan nilai intensitas curah hujan yaitu Metode *Mononobe*. Metode *Mononobe* dapat dihitung dengan tersedianya data curah hujan harian. Bentuk rumus yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.17)$$

keterangan:

I = intensitas curah hujan (mm/hari)

R_{24} = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

t = lamanya hujan (jam)

$$t_c = \left[\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right]^{0,385} \text{(Metode Kirpitch)} \quad (2.18)$$

2.2.5. Koefisien Pengaliran (C)

Besaran nilai dari koefisien pengaliran (C) dipengaruhi dengan kondisi tanah yaitu tata guna lahan dari daerah atau kawasan yang menjadi objek pengamatan. Perubahan dari tata guna lahan ini sangat berpengaruh pada angka dari koefisien pengaliran dan akan sangat memengaruhi nilai debit. Diketahuinya nilai debit sangat penting karena debit digunakan untuk mengetahui besarnya daya tampung suatu saluran. Untuk itu, peta tata guna lahan sangat diperlukan untuk menentukan nilai koefisien pengaliran (C).

Berdasarkan analisis terhadap daerahnya maka pada *catchment area* Sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung ini nilai koefisien pengalirannya berbeda-beda. Maka dari itu penulis akan menggunakan metode C gabungan (*composite*) untuk menentukan nilai C yang akan digunakan dalam perhitungan dalam penentuan debit. Persamaan rumus yang digunakan dalam penentuan nilai C gabungan (*composite*) yaitu sebagai berikut:

$$C_{comp} = \frac{C_a.A_a + C_b.A_b + C_c.A_c + \dots + C_n.A_n}{A_a + A_b + A_c + \dots + A_n} \quad (2.19)$$

keterangan:

$C_a, C_b, \dots, C_n$ = nilai koefisien pengaliran pada sub DAS 1,2,...,n

$A_a, A_b, \dots, A_n$ = luas area pada sub DAS 1,2,...,n

n = jumlah stasiun penakar hujan.

Koefisien pengaliran gabungan (*composite*) perlu untuk dihitung yaitu untuk mendapatkan nilai koefisien pengaliran ideal sesuai dengan *existing* yang ada. Berikut merupakan tabel koefisien pengaliran yang dapat dilihat pada Tabel 2.8. di bawah ini:

Tabel 2.8. Harga Koefisien Pengaliran (C)

No	Deskripsi Lahan	koefisien
1	Bisnis	
	a. Perkotaan	0,7 - 0,9
	b. Pinggiran	0,5 - 0,7
2	Perumahan	
	a. rumah tinggal	0,3 - 0,5
	b. multiunit terpisah, terpisah	0,4 - 0,6
	c. multiunit, tergabung	0,6 - 0,7
	d. perkampungan	0,25 - 0,4
	e. apartemen	0,5 - 0,7
3	Industri	
	a. ringan	0,5 - 0,8
	b. berat	0,6 - 0,9
	Perkerasan	
	a. aspal dan beton	0,7 - 0,9
	b. batu bata, paving	0,5 - 0,7
	Atap	0,75 - 0,9
	Halaman, tanah berpasir	
	a. datar 2%	0,05 - 0,1
	b. rata-rata 2-7%	0,1 - 0,15
	c. curam 7%	0,15 - 0,2
	Halaman, tanah berat	
	a. datar 2%	0,13 - 0,18
	b. rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
	c. curam 7%	0,25 - 0,35
	Halaman Kereta Api	0,1 - 0,3
	Taman tempat Bermain	0,2 - 0,3
	Taman, Perkuburan	0,1 - 0,2
	Hutan	
	a. datar, 0-5%	0,1 - 0,4
	b. bergelombang, 5-10%	0,25 - 0,5
	c. berbukit, 10-30%	0,3 - 0,6

(Sumber: Mc Guen, 1989 dalam Suripin 2003)

2.2.5. Debit Hujan

Pada dasarnya debit diartikan sebagai besarnya suatu volume pada fluida yang terukur per satuan waktu ($m^3/detik$). Debit limpasan atau debit hujan terjadi akibat intensitas hujan yang telah melebihi kapasitasnya yang menyebabkan air tersebut menggenang dan mengalir menuju daerah yang lebih rendah melalui saluran drainase alam (sungai). Berdasarkan data debit yang akan digunakan sebagai data debit masukan ke dalam aplikasi HEC-RAS, maka digunakan data debit hasil perhitungan dari Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu.

Hidrograf satuan merupakan penggambaran hujan efektif yang diubah menjadi limpasan langsung di outlet pengeluaran *catchment area*. Dalam hal ini, metode hidroraf satuan yang akan digunakan yaitu Metode Nakayasu. Metode Nakayasu adalah metode yang dikembangkan di daerah Jepang, dimana iklim Negara Jepang tentu saja berbeda dengan iklim yang ada di Indonesia. Tetapi Metode Nakayasu ini merupakan metode yang sangat sering digunakan di Indonesia dalam *design* debit rancangan, dikarenakan metode Nakayasu ini tidak banyak parameter data yang harus diketahui dan *typical* hujan di Jepang dengan Indonesia hampir mirip dibandingkan dengan Eropa atau Amerika. Persamaan umum Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu adalah sebagai berikut:

Menghitung debit puncak (Q_p):

$$t_g = 0,21 \times L^{0,7} \quad (\text{untuk } L < 15 \text{ km}) \quad (2.20)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058L \quad (\text{untuk } L > 15 \text{ km}) \quad (2.21)$$

$$t_r = 0,75t_g \quad (2.22)$$

$$t_p = t_g + 0,8 t_r \quad (2.23)$$

$$t_{0,3} = \alpha \times t_g \quad (2.24)$$

$$1,5t_{0,3} = 1,5 (5t_{0,3}) \quad (2.25)$$

$$Q_p = \frac{A \times R_0}{3,6[0,3t_p + t_{0,3}]} \quad (2.26)$$

Selanjutnya yaitu untuk membentuk grafik hidrografnya maka diperlukan untuk menghitung seperti berikut pada setiap lengkung grafiknya (Qoriaulfa, 2016):

Lengkung naik $\rightarrow (0 < t < t_p)$

$$Q_t = Q_p \times (t/t_p)^{2,4} \quad (2.27)$$

$$\text{Lengkung Turun 1} \rightarrow t_p < t < (t_p + t_{0,3})$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{((t-t_p)/t_{0,3})} \quad (2.28)$$

$$\text{Lengkung Turun 2} \rightarrow (t_p + t_{0,3}) < t < ((t_p + t_{0,3}) + 1,5t_{0,3})$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{((t-t_p+0,5 \times t_{0,3})/(1,5 \times t_{0,3}))} \quad (2.29)$$

$$\text{Lengkung Turun 3} \rightarrow ((t_p + t_{0,3}) + 1,5t_{0,3}) < t$$

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{((t-t_p+1,5 \times t_{0,3})/(2 \times t_{0,3}))} \quad (2.30)$$

Keterangan:

- Q_p = debit puncak banjir (m^3/detik)
- A = luas DAS (km^2)
- Re = curah hujan efektif (mm)
- T_p = waktu dari permulaan banjir sampai puncak banjir (jam)
- $T_{0,3}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)
- T_g = waktu konsentrasi (jam)
- Tr = satuan waktu dari curah hujan (jam)
- α = koefisien karakteristik DAS
- L = panjang sungai (km)
- Q_t = debit banjir pengaruh curah hujan (m^3/detik).

2.2.6. Analisis Penampang dan Tinggi Muka Air Banjir

Menurut Ven Te Chow, perhitungan profil muka air sungai berubah seiring bertambahnya waktu. Untuk menghitung tinggi muka air penampang ini digunakan metode *Standard Step Method* yang secara umum metode ini dinyatakan dengan membagi saluran menjadi beberapa bagian saluran pendek. Untuk menghitung nilai tinggi muka air banjir ini, dibutuhkan data-data sebagai berikut:

1. Data debit kala ulang 25 tahun dan 50 tahun (Q_{25} dan Q_{50})
2. Koefisien kekasaran *Manning* (n) berdasarkan *meander* sungai
3. Kemiringan talud sungai (m)
4. Luas penampang basah sungai (A)
5. Keliling basah sungai (P)
6. Jari-jari hidrolis sungai (R)
7. Kecepatan aliran sungai (V)

maka tinggi air yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = [(b + mh)h] \times \frac{1}{n} \times \left[\frac{(b + mh)h}{(b + 2h((m^2 + 1)^{0.5}))} \right]^{\frac{2}{3}} \times [S]^{\frac{1}{2}} \quad (2.31)$$

Keterangan:

Q = kedalaman aliran (m³/det)

h = tinggi muka air banjir (m)

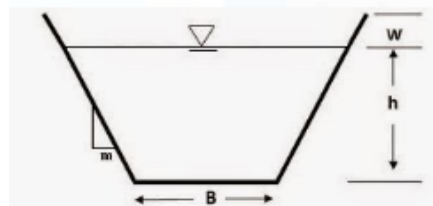
b = kecepatan aliran (m)

m = kemiringan talud

n = koefisien *manning*

S = kemiringan saluran.

Persamaan diatas yaitu berdasarkan pada bentuk dari penampang saluran sungai yang berbentuk trapesium dengan ketentuan sebagai berikut:



Gambar 2.2. Penampang Trapesium
(Sumber: Google Search, 2020)

a. Persamaan rumus luas penampang basah (A):

$$A = (b + mh)h \quad (2.32)$$

b. Persamaan rumus keliling basah (P):

$$P = b + 2h(m^2 + 1)^{0.5} \quad (2.33)$$

c. Persamaan rumus untuk jari-jari hidrolis (R):

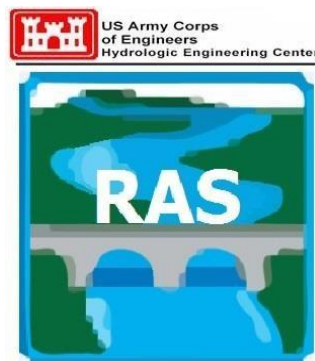
$$R = A / P \quad (2.34)$$

Dengan keterangan yang dapat dilihat pada keterangan untuk persamaan 2.31. seperti di atas.

2.3. Teori dan Informasi Software HEC-RAS

Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS) merupakan suatu program aplikasi yang digunakan untuk memodelkan suatu aliran pada sungai. Aplikasi ini dikenalkan oleh divisi *Hydrologic Engineering Center (HEC)*

yang ada di *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. Aplikasi *HEC-RAS* ini menitik beratkan pada analisa hidraulika sebuah saluran sungai / *River Analysis System* yaitu analisis yang meliputi analisis pada aliran permanen maupun tidak permanen (*steady flow*, *unsteady flow* dan *sediment transport*). Penelitian kali ini, penulis akan menggunakan aplikasi *HEC-RAS* versi 5.0.7 untuk menganalisis aliran sungai secara 2D (dua dimensi). Pada penelitian ini, penulis menggunakan aplikasi *HEC-RAS* ini untuk menganalisis aliran sungai dan melihat simulasi banjir pada aliran Sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung.



Gambar 2.3. Aplikasi HEC-RAS
(Sumber: Google Search, 2020)

Elemen penting yang terdapat pada program aplikasi *HEC-RAS* yaitu komponen-komponen tersebut memakai data geometri yang sama, *routine* hitungan hidraulika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulika yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air telah dilakukan. Untuk melakukan penelusuran atau analisis terhadap banjir (*flood routing*) di sungai, perlu dilakukan simulasi terhadap aliran non-permanen sedangkan untuk memperkirakan muka air banjir disepanjang sungai maka dapat dilakukan dengan simulasi aliran permanen dengan catatan bahwa muka air banjir dari hasil perhitungan akan lebih tinggi daripada yang seharusnya (*over estimate*) (Istiarto, 2014).