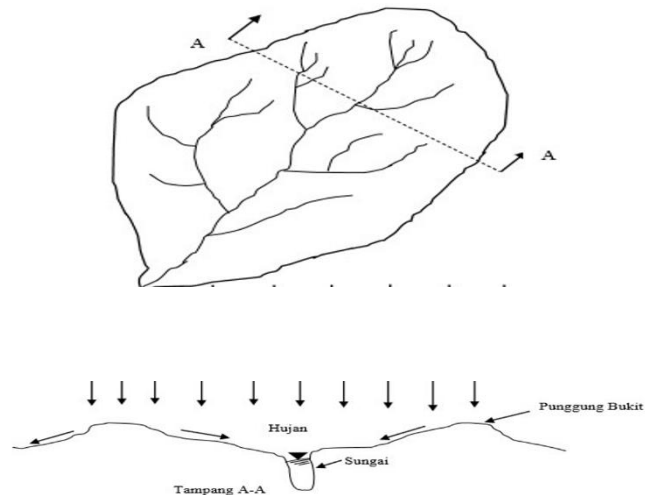


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Asdak, 2007).

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. (Undang-undang Republik Indonesia No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air). Daerah Aliran Sungai dapat di lihat pada Gambar 2.1 berikut:



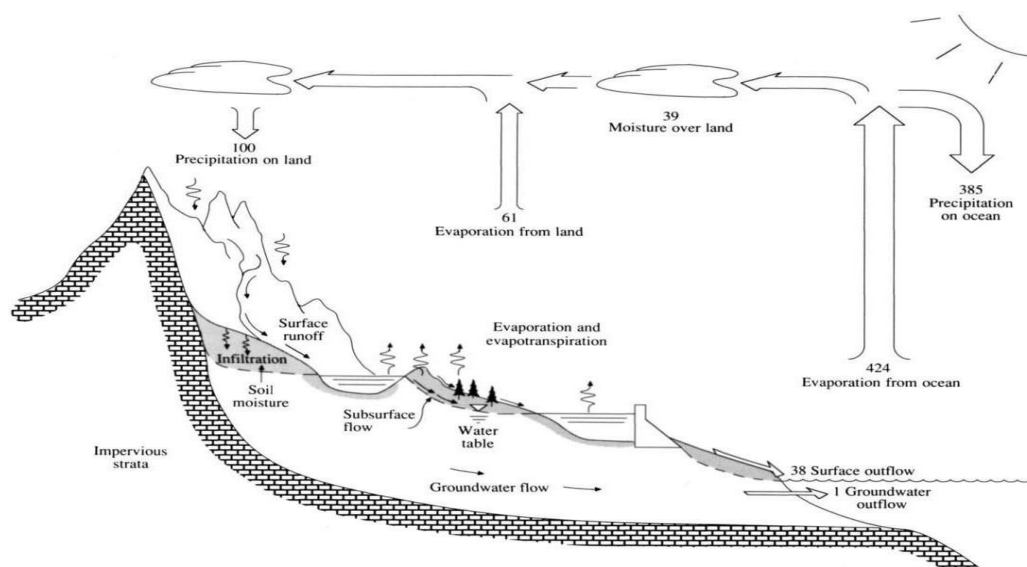
Gambar 2. 1 Daerah aliran sungai (DAS)
Sumber: Triatmodjo, 2008

2.2 Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2008).

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomena*). Data hidrologi merupakan bahan informasi yang sangat penting dalam pelaksanaan inventarisasi potensi sumber-sumber air, pemanfaatan dan pengelolaan sumber-sumber air yang tepat dan rehabilitasi sumber-sumber alam seperti air, tanah dan hutan yang telah rusak (Soewarno, 2014).

Analisis hidrologi merupakan bidang yang sangat rumit dan kompleks. Hal ini disebabkan oleh ketidakpastian dalam hidrologi, keterbatasan teori dan rekaman data, dan keterbatasan ekonomi. Secara keseluruhan jumlah air di planet bumi ini relatif tetap dari masa ke masa. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung terus-menerus, dimana kita tidak tahu kapan dan dari mana berawalanya dan kapan pula akan berakhir (Suripin, 2003). Proses tersebut terus berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi (*hydrologic cycle*). Gambar 2.2 menunjukkan siklus hidrologi.



Gambar 2. 2 Siklus hidrologi

Sumber: Triatmodjo, 2008

2.3 Analisis Perhitungan Curah Hujan Rencana

Hujan rencana (X_T) adalah hujan dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan terjadi di suatu daerah pengaliran. Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu, hujan rencana misalnya, akan disamai atau dilampau 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Hal ini tidak berarti bahwa hujan rencana akan berulang secara teratur setiap periode ulang tersebut (Kamiana, 2010). Untuk menentukan jenis sebaran yang akan digunakan dalam menetapkan periode ulang/return periode (analisa frekuensi) maka dicari parameter statistik data curah hujan wilayah baik secara normal maupun secara logaritmik.

2.3.1 Parameter Statistik Sebaran Normal

Penentuan metode analisis frekuensi dilakukan dengan menguji besaran-besaran statistiknya, dan selanjutnya dilakukan *the goodness of fit test*. Besaran statistik adalah suatu parameter statistik yang digunakan dalam pengolahan data. Dimana besaran statistik ini biasanya digunakan untuk menguji apakah data yang dimiliki sesuai dengan suatu metode tertentu. Besaran statistik yang digunakan dalam pengujian ini antara lain adalah; nilai rata-rata, simpangan baku (standar deviasi), koefisien kurtosis, koefisien skewness, koefisien variasi. Karena data-data curah hujan biasanya merupakan data yang acak. Data-data yang digunakan dalam perhitungan parameter statistik sebaran normal sebagai berikut:

a. Nilai rata-rata

Nilai rata-rata dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.1)$$

Dimana:

\bar{X} = curah hujan rata-rata (mm).

X_i = curah hujan (mm).

n = jumlah data.

b. Standar deviasi (Simpangan baku)

Deviasi standar merupakan ukuran dispresi yang paling banyak digunakan untuk menganalisa data, simpangan standar dapat dihitung dengan rumus:

$$S = \left[\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

Dimana:

S = simpangan standar.

n = jumlah data, n - 1 untuk jumlah data curah hujan di bawah 30 tahun.

$\sum (X_i - \bar{X})^2$ = kuadrat dari selisih curah hujan dan nilai rata-ratanya yang ditotalkan.

c. Koefisien kurtosis (Ck)

Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ck = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{X_i - \bar{X}}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (2.3)$$

Dimana:

Ck = koefisien kurtosis.

\bar{X} = curah hujan rata-rata (mm).

X_i = curah hujan (mm).

n = jumlah data.

$\sum (X_i - \bar{X})^4$ = pangkat empat dari selisih curah hujan dan nilai rata-ratanya yang ditotalkan.

d. Koefisien skewness (Cs)

Koefisien skewness (Cs) merupakan nilai kemencangan atau nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*asymmetry*) dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Umumnya ukuran kemencangan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencangan (*coefficient of skewness*) dan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

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

Dimana:

Cs = koefisien skewness.

\bar{X} = curah hujan rata-rata (mm).

X_i = curah hujan (mm).

n = jumlah data.

$\sum (X_i - \bar{X})^3$ = pangkat tiga dari selisih curah hujan dan nilai rata-ratanya yang ditotalkan.

e. Koefisien variasi (Cv)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara nilai deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat di hitung dengan persamaan berikut:

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.5)$$

Dimana:

Cv = koefisien variasi.

\bar{X} = curah hujan rata-rata.

S = standar deviasi.

Kemudian dengan nilai C_s , C_k , C_v yang diperoleh dari hasil perhitungan, kemudian bandingkan dengan C_s , C_k , C_v dari masing-masing metode yang ada untuk menentukan metode yang paling cocok untuk digunakan, metode yang dipilih adalah metode yang memiliki nilai-nilai C_s , C_k , C_v yang mendekati dengan hasil perhitungan.

2.3.2 Parameter Statistik Sebaran Logaritmatik

Data-data yang digunakan dalam perhitungan parameter statistik dengan sebaran logaritmatik berikutnya:

A. Logaritma rata-rata

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (2.6)$$

B. Simpangan baku

$$S_x \log X_r = \sqrt{\frac{N}{(N-1)} \sum (\log \bar{X}_2 - \log \bar{X}_1)^2} \quad (2.7)$$

C. Koefisien variasi

$$Cv = \frac{S_x \log X}{\log \bar{X}} \quad (2.8)$$

D. Koefisien kurtosis

$$C_k = \frac{n^2 \sum (\log X - \log \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(S_x \log X)^4} \quad (2.9)$$

E. Koefisien skewness

$$C_s = \frac{n \sum (\log X - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S_x \log X)^3}$$

2.4 Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Dalam menganalisis probabilitas banjir biasanya dipakai beberapa macam distribusi frekuensi curah hujan sebagai berikut:

2.4.1 Distribusi Normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisis hidrologi, misal dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss (Soewarno, 2014). Persamaan umum yang digunakan sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + k S \quad (2.10)$$

Dimana:

X = hujan rencana dengan periode ulang T tahun.

\bar{X} = nilai rata-rata dari data hujan (X) mm.

K = faktor Frekuensi, nilainya tergantung dari T.

S = standar deviasi dari data hujan (X) mm.

Tabel 2. 1 Nilai variabel reduksi gauss

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

Sumber: Soewarno, 2014

2.4.2 Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X . Distribusi log-Pearson Tipe III akan menjadi distribusi log normal apabila nilai koefisien kemencengan $CS = 0,00$ (Soewarno, 2014). Secara matematis distribusi log-normal ditulis sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{(\log X)(S)(\sqrt{2\pi})} \bullet \exp\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{\log X - \bar{X}}{S}\right)^2\right\} \quad (2.11)$$

Dimana:

$P(X)$ = peluang log normal.

X = nilai variat pengamatan.

\bar{X} = nilai rata-rata dari logaritmik variat X , umumnya dihitung nilai rata-rata geometriknya.

$X = \{(X_1)(X_2)(X_3)...(X_n)\}^{1/n}$.

S = deviasi standar dari logaritmik nilai variat X .

Apabila nilai $P(X)$ digambarkan pada kertas peluang logaritmik (*logarithmic probability paper*) akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan berikut:

$$Y = \bar{Y} + k.S \quad (2.12)$$

Dimana:

Y = nilai logaritmik dari X , $\ln X$.

\bar{Y} = nilai rata-rata dari Y .

S = deviasi standar dari Y .

k = karakteristik dari distribusi peluang log normal (tabel 2.3)

Distribusi log-normal dua parameter mempunyai persamaan transformasi:

$$\text{Log } X = \overline{\log X} + k.S \log X \quad (2.13)$$

Dimana:

$\text{Log } X$ = Nilai variat X yang diharapkan terjadi pada peluang atau periode ulang tertentu.

$\overline{\log X}$ = Rata-rata nilai X hasil pengamatan.

Slog X = Deviasi standar logaritmik nilai X hasil pengamatan.

k = Karakteristik dari distribusi log normal (tabel 2.3)

2.4.3 Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, seperti untuk analisis frekuensi banjir. Analisis frekuensi dengan menggunakan metode Gumbel dengan persamaan berikut:

$$X = \bar{X} + s.K \quad (2.14)$$

Dimana:

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

S = standar deviasi (simpangan baku) sampel.

faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (2.15)$$

Dimana:

Y_n = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sampel (tabel 2.4)

S_n = *Reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel (tabel 2.5)

Y_{Tr} = *Reduced variate*, atau dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini.

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \quad (2.16)$$

Tabel 2. 2 Hubungan reduksi variat rata-rata (Y_n) dengan jumlah data (n)

n	Y_n	S_n	n	Y_n	S_n
5	0,4588	0,7928	20	0,5236	10,628
6	0,469	0,8388	21	0,5252	10,694
7	0,4774	0,8749	22	0,5252	10,755
8	0,4843	0,9013	23	0,5268	10,812
9	0,4902	0,9288	24	0,5282	10,865
10	0,4952	0,9496	25	0,5309	10,914
11	0,4996	0,9697	26	0,5321	10,961
12	0,5035	0,9833	27	0,5332	11,005
13	0,507	0,9971	28	0,5343	11,017
14	0,51	10,095	29	0,5353	11,086
15	0,5128	10,206	30	0,5362	11,124
16	0,5154	10,306	31	0,5371	11,159
17	0,5177	10,397	32	0,538	11,193
18	0,5198	10,481	33	0,5388	11,225
19	0,5217	10,557	34	0,5396	11,256

Sumber: Soewarno, 2014

Tabel 2. 3 Hubungan antara deviasi standar dari reduksi variat dengan jumlah data

n	S_n	n	S_n	n	S_n	n	S_n
10	0,9496	33	11,226	56	11,696	79	1,193
11	0,9676	34	11,255	57	11,708	80	11,938
12	0,9933	35	11,285	58	11,721	81	11,945
13	0,9971	36	11,313	59	11,734	82	11,953
14	10,095	37	11,339	60	11,747	83	11,959
15	10,206	38	11,363	61	11,759	84	11,967
16	10,316	39	11,388	62	1,177	85	11,973
17	10,411	40	11,413	63	11,782	86	1,198
18	10,493	41	11,436	64	11,793	87	11,987
19	10,565	42	11,458	65	11,803	88	11,994
20	10,628	43	1,148	66	11,814	89	12,001
21	10,696	44	11,499	67	11,824	90	12,007
22	10,754	45	11,519	68	11,834	91	12,013
23	10,811	46	11,538	69	11,844	92	1,202
24	10,864	47	11,557	70	11,854	93	12,026
25	10,915	48	11,574	71	11,863	94	12,032
26	11,961	49	1,159	72	11,873	95	12,038
27	11,004	50	11,607	73	11,881	96	12,044
28	11,047	51	11,623	74	1,189	97	12,049
29	11,086	52	11,638	75	11,898	98	12,055
30	11,124	53	11,658	76	11,906	99	1,206
31	11,159	54	11,667	77	11,915	100	12,065
32	11,193	55	11,682	78	11,923		

Sumber: Soewarno, 2014

Tabel 2. 4 Hubungan periode ulang (T) dengan reduksi variat dari variabel (Y)

T	Y
2	0,3065
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: Soewarno, 2014

Persamaan garis lurus untuk distribusi frekuensi tipe I gumbel dapat juga menggunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} S \quad (2.17)$$

2.4.4 Log Pearson Type III

Metode ini didasarkan pada perubahan data yang ada dalam bentuk logaritma. Sesuai dengan anjuran dari “*The Hydrology Community of Water Resources Council*”, maka untuk pemakaian praktis dari data yang ada, pertama data tersebut diubah kedalam logaritmanya kemudian baru dihitung parameter statistiknya. Parameter-parameter statistik yang diperlukan untuk metode distribusi Log Pearson Type III ini adalah :

Rata-rata log = μ

Standar deviasi log = S_x

Koefisien skew = δ (Cs)

Persamaan-persamaan yang dapat digunakan untuk perhitungan curah hujan dengan metode Log Pearson Type III ini adalah :

$$\mu = \frac{1}{n} \sum \log x_i \quad (2.18)$$

$$S_x = \left[\frac{\sum (\log x_i - \mu)^2}{n - 2} \right]^{1/2} \quad (2.15)$$

$$C_s = \left[\frac{n \sum (\log x_i - \mu)^3}{(n-1)(n-2)(S_x)^3} \right] \quad (2.16)$$

Dimana :

μ = Rata-rata x_i

x_i = Hujan harian maksimum (mm / 24 jam)

S_x = Standar deviasi logaritma

n = Jumlah data

$C_s (\delta)$ = Koefisien skew

Besarnya curah hujan harian maksimum yang terjadi pada suatu PUH dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Log } X_{\text{TR}} = \bar{x} + K_{\text{TR}} \cdot S_x \quad (2.17)$$

Dimana :

X_{TR} = Curah hujan harian maksimum dalam PUH (mm / 24 jam).

K_{TR} = *Skew curve factor*

Tabel 2. 5 Skew curve factor k digunakan Log Person Type III

Koef	Return Periode							
	10,101	12,500	2	5	10	25	50	100
G	Peluang							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,00	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,80	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,60	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,40	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,20	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,00	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,80	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,60	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,40	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,20	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,00	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,80	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,60	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,40	-2,209	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,20	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,00	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326

Tabel 2. 6 (lanjutan) Skew curve factor k digunakan Log Person Type III

-0,20	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,40	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,60	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,80	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,00	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,20	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,40	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,138
-1,60	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,80	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,00	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,20	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,40	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,60	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,80	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,00	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber: Soewarno, 2014

Penentuan batas daerah kepercayaan untuk Log Pearson Type III adalah:

$$\text{Log SET} = \delta (Sx^2 / n)^{0,5} \quad (2.18)$$

Dimana :

Log SET = Kesalahan standar dari perkiraan untuk tiap periode

δ = Parameter SET

Sx = Standar deviasi logaritma

n = Jumlah data

Untuk mengetahui perhitungan dasar curah hujan dengan menggunakan Metode

Log Pearson Type III, dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2. 7 Parameter untuk perhitungan set distribusi Log Person Type III

Koefisien skew (δ)	Periode Ulang (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Probabilitas					
	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
0	10.801	11.698	13.748	1.645	21.988	26.363
0.1	10.808	12	14.367	17.81	23.425	28.163
0.2	10.83	12.309	14.989	18.815	24.986	30.175
0.3	10.868	12.609	15.61	19.852	26.656	32.365
0.4	10.918	12.905	16.227	20.952	28.423	44.723
0.5	10.987	13.199	16.838	21.998	30.279	37.238
0.6	11.073	13.492	17.441	23.094	32.209	39.895
0.7	11.179	13.785	18.032	24.198	34.208	42.684
0.8	11.304	14.082	18.609	25.363	36.266	45.595
0.9	11.449	14.385	19.17	26.403	38.374	48.618
1	11.614	14.699	19.714	27.492	40.572	51.741

Tabel 2. 8 (lanjutan)Parameter untuk perhitungan set distribusi Log Person Type III

1.1	11.799	15.03	20.24	28.563	42.696	54.952
1.2	12.003	15.382	20.747	29.613	44.896	58.24
1.3	12.223	25.764	21.237	30.513	4.7	61.592
1.4	12.457	16.181	21.711	30.613	49.301	64.992
1.5	12.701	16.643	22.073	32.557	51.486	68.427
1.6	12.952	17.175	22.627	33.455	53.644	71.881
1.7	13.204	17.732	23.081	34.303	55.761	75.339
1.8	13.452	18.374	23.541	35.1	57.829	78.783
1.9	13.09	19.091	24.018	35.844	59.829	82.191
2	13.913	19.888	24.525	36.536	61.755	85.562

Sumber: Soewarno, 2014

2.5 Uji Kecocokan

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter (Soewarno, 2014).

Uji Chi-Kuadrat adalah ukuran perbedaan yang didapat antara frekuensi yang diamati dengan yang diharapkan. Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 . Uji Chi-Kuadrat menggunakan nilai χ^2 yang dapat dihitung dengan persamaan berikutnya:

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.19)$$

Dimana:

χ_h^2 = nilai Chi-Kuadrat terhitung.

G = jumlah sub-kelompok.

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i.

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i.

Derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus:

$$Dk = K - (\alpha + 1)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n$$

Dimana:

Dk = derajat kebebasan.

K = banyaknya kelas.

α = banyaknya keterikatan, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2.

Parameter x_h^2 merupakan variable acak. Peluang untuk mencapai nilai x_h^2 sama atau lebih besar dari nilai Chi-kuadrat yang sebenarnya (x^2) dapat dilihat pada tabel 2.9 dibawah ini:

Tabel 2. 9 Nilai kritis untuk distribusi chi kuadrat

dk	α Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,00016	0,00098	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,02	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
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	21,955
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	27,688	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	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,2	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,86	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,52	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,2	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,88	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,57	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,26	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,95	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber: Bonnier: 1980 dalam Soewarno, 2014

2.6 Intensitas Curah Hujan

Waktu konsentrasi ialah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu DAS) sampai ke titik pengamatan aliran air. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_c = 0,0195L^{0,77} S^{-0,385} \quad (2.20)$$

Dimana:

t_c = waktu konsentrasi.

L = panjang sungai/lereng.

S = kemiringan lereng.

Intensitas hujan adalah tinggi curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam mm/jam. Karena data yang digunakan berupa data hujan maksimum harian dan rata-rata harian dalam 1 bulan tiap tahun ini dilakukan di wilayah Kalimantan, maka untuk analisa intensitas hujan digunakan metode Mononobe. Perhitungan intensitas hujan (I) menggunakan rumus Mononobe:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^m \quad (2.21)$$

Dimana:

I = intensitas hujan (mm/jam).

R_{24} = curah hujan maksimum (mm) yang sesuai dengan periode ulang yang ditentukan.

t = waktu konsentrasi (jam).

m = 0,4 (berdasarkan hasil penelitian untuk wilayah Kalimantan).

2.7 Banjir

Banjir adalah genangan air pada permukaan tanah sampai melebihi batas tinggi tertentu yang mengakibatkan kerugian. Pada umumnya daerah perkotaan di Indonesia yang berada di daerah yang kondisi topografi yang landai, dan adanya pengaruh pengempangan dari sungai dan atau laut sebagai akibat gerakan pasang surut muka air laut maka sering terancam banjir atau genangan. Selain itu perluasan daerah perkotaan menghambat drainase dan pengembangan drainase kota yang sudah tidak memadai lagi (Subarkah, 1980 dalam Abiharyo, 2015).

Banjir yang terjadi setiap tahun di banyak sungai di Indonesia menyebabkan kerugian yang sangat besar, baik berupa korban jiwa maupun

materiil. Beberapa variabel yang ditinjau dalam analisis banjir adalah volume banjir, debit puncak, tinggi genangan, lama genangan dan kecepatan aliran. Beberapa variabel tersebut saling terkait. Tinggi dan luas daerah genangan tergantung pada debit puncak dan luas tampang lintang sungai (Triatmodjo, 2008).

Berdasarkan penyebabnya, banjir dapat dikelompokkan dua kategori yaitu banjir akibat alami dan banjir akibat aktivitas manusia. Banjir alami dipengaruhi oleh curah hujan, fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase dan pengaruh pasang. Sedangkan banjir akibat aktivitas manusia disebabkan karena aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan-perubahan lingkungan seperti: perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), kawasan pemukiman di sekitar bantaran, rusaknya drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali banjir, rusaknya hutan (vegetasi alami), dan perencanaan sistem pengendali banjir yang tidak tepat.

2.8 Analisa Debit Banjir

Perhitungan debit banjir merupakan salah satu bagian yang penting dalam melakukan berbagai analisis, baik analisis desain infrastruktur seperti bangunan air, kapasitas sungai, pembuatan bendung/bendungan, jembatan, saluran drainase dan lain-lain. Oleh karena itu, maka diperlukan perhitungan dalam menentukan besar dari debit banjir tersebut. Debit banjir dapat dihitung dengan metode empiris, apabila data debit observasi tidak tersedia dalam kuantitas yang memadai. Parameter yang didapat bukan secara analitis, tetapi berdasarkan penelitian sehingga dapat dibuat hubungan korelasi hujan dan karakteristik DAS terhadap banjir (SNI 2415, 2016).

Debit air adalah volume air yang mengalir melalui penampang basah sungai dalam satuan waktu tertentu yang biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik perdetik ($m^3/detik$) atau liter perdetik ($l/detik$). Aliran adalah pergerakan air di dalam alur sungai. Pengukuran debit yang dilaksanakan di suatu pos duga air tujuannya terutama adalah untuk membuat lengkung debit dari pos duga air yang bersangkutan (Soewarno, 1995).

Lengkung debit dapat merupakan hubungan yang sederhana antara tinggi muka air dan debit, dapat pula merupakan hubungan yang kompleks apabila debit

disamping fungsi dari tinggi muka air juga merupakan hubungan fungsi dari kemiringan muka air, tingkat perubahan muka air dan fungsi dari faktor lainnya. Pada dasarnya pengukuran debit adalah pengukuran luas penampang basah, kecepatan aliran dan tinggi muka air. Rumus umum yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q = \sum (A \times V) \quad (2.22)$$

Dimana:

Q = debit (m³/det).

A = luas bagian penampang basah (m²).

V = kecepatan aliran rata-rata pada luas bagian penampang basah (m/det).

2.8.1 Metode Hidrograf Satuan Sintetis Snyder

Hidrograf adalah suatu grafik yang memperlihatkan hubungan antara debit dengan waktu $Q \rightarrow F(t)$. Hasil dari penurunan hidrograf satuan dinamakan hidrograf satuan sintetis (HSS). Empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut ini :

$$Q_p = \frac{C_p A}{t_p} \quad (2.23)$$

$$t_p = C_t (L L_c)^{0,3} \quad (2.24)$$

$$T = 3 + \frac{t_p}{8} \quad (2.25)$$

$$t_D = \frac{t_p}{5,5} \quad (2.26)$$

Apabila durasi hujan efektif t_r tidak sama dengan durasi standar t_D , maka :

$$t_{pR} = t_p + 0,25(t_r - t_D) \quad (2.27)$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}} \quad (2.28)$$

Dimana:

t_D = durasi standar dari hujan efektif (jam).

t_r = durasi hujan efektif (jam).

t_p = waktu dari titik berat durasi hujan efektif t_D ke puncak hidrograf satuan (jam)

T = waktu dasar hidrograf satuan (hari).

Q_p = debit puncak untuk durasi t_d .

- Q_{pR} = debit puncak untuk durasi t_r .
 L = panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km).
 L_c = jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km).
 A = luas DAS (km²).
 C_t = koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,4-1,7
 C_p = koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,15-0,19

2.9 Program HEC-RAS

Simulasi aliran di saluran terbuka (*open channel*) merupakan salah satu cara untuk mempelajari pola aliran disepanjang saluran tersebut. Simulasi dilakukan secara nyata dengan mengalirkan air ke saluran yang umumnya dibuat dalam skala laboratorium (model fisik) atau secara virtual dengan melakukan serangkaian hitungan hidraulik yang umumnya diwadahi dalam suatu perangkat program aplikasi komputer (model matematik). Melalui model fisik, sejumlah fenomena fisik aliran disaluran atau sungai nyata (prototipe) ditirukan di saluran atau sungai yang dibuat dengan ukuran yang lebih kecil (model). Interpretasi terhadap fenomena yang diamati atau diukur dimodel akan memberikan petunjuk terhadap fenomena yang (seolah-olah) terjadi di prototipe.

Model matematik menirukan fenomena fisik aliran di saluran nyata (prototipe) melalui serangkaian persamaan matematik yang menjabarkan hubungan antara variabel-variabel aliran (variabel geometri, kinematik, dinamik). Apabila pada model fisik dilakukan pengukuran atau pengamatan untuk mendapatkan parameter aliran diperoleh melalui perhitungan atau penyelesaian persamaan matematik.

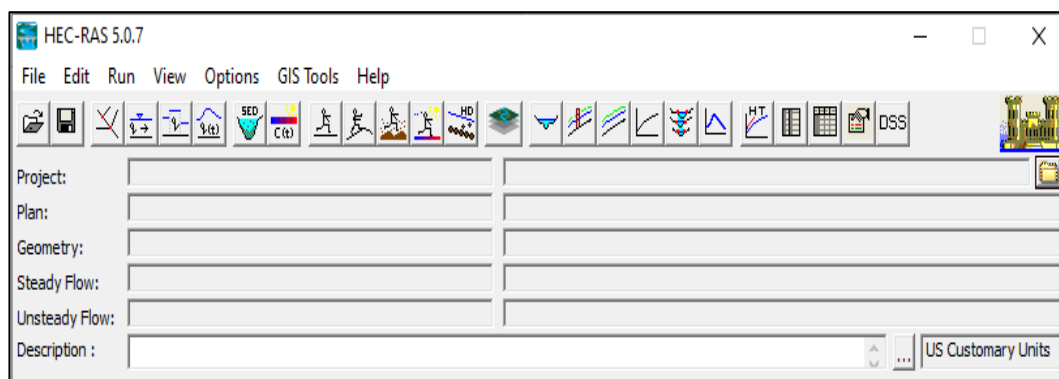
Langkah-langkah simulasi aliran dengan memakai model fisis atau model matematik pada prinsipnya terdiri dari lima langkah pokok, yaitu: 1) penyiapan tempat, 2) peniruan geometri sungai/saluran, 3) peniruan aliran, 4) pengukuran atau hitungan kecepatan dan kedalaman aliran, 5) presentasi dan interpretasi hasil.

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System (RAS)*, yang dibuat *Hidrologic Engineering Center*

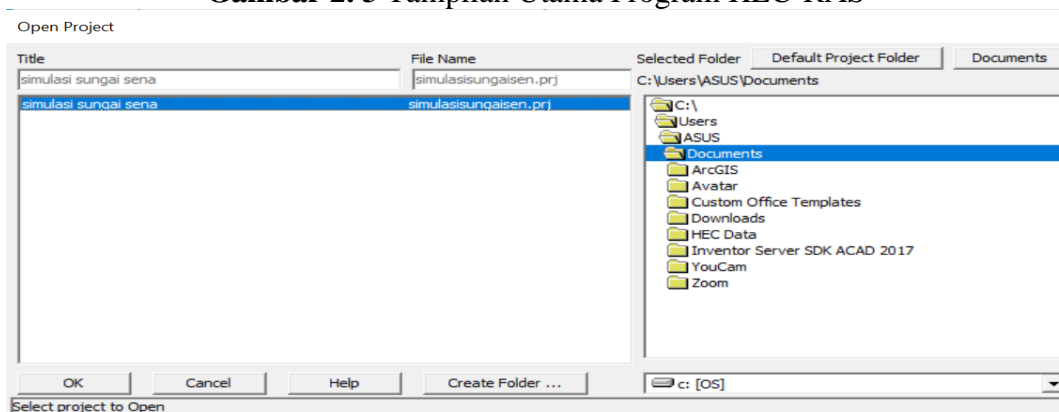
(HEC) yang merupakan satu divisi di dalam *institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun maupun tak permanen (*steady and unsteady one-dimensional flow model*). HEC-RAS versi terbaru saat ini, beredar sejak januari 2010. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi: 1) hitungan profil muka air aliran permanen, 2) simulasi aliran tak permanen, 3) hitungan transport sedimen, dan 4) hitungan kualitas air. Satu elemen penting dalam HEC-RAS adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan.

Secara umum, tahapan analisis pada *software* HEC-RAS 5.0.7 ini adalah:

- 1) Membuat project baru
- 2) Peniruan geometri saluran
- 3) Input data geometri (syarat batas dan syarat awal)
- 4) Running program HEC-RAS 5.0.7
- 5) Analisis hasil keluaran permodelan program HEC-RAS 5.0.7



Gambar 2. 3 Tampilan Utama Program HEC-RAS



Gambar 2. 4 Tampilan Pengisian Nama File Program HEC-RAS

2.9.1 Steady Flow Water Surface Component

Modul ini berfungsi untuk menghitung profil muka air aliran permanen berubah beraturan (*steady gradually varied flow*). Program mampu memodelkan jaring sungai, sungai dendritik, maupun sungai tunggal. Regime aliran yang dapat dimodelkan adalah aliran sub-kritik, maupun campuran antara keduanya.

Langkah hitungan profil muka air yang dilakukan oleh modul aliran permanen HEC-RAS didasarkan pada penyelesaian persamaan energi (satu-dimensi). Kehilangan energi dianggap diakibatkan oleh gesekan (persamaan manning) dan kontraksi /ekspansi (koefisien dikalikan beda tinggi kecepatan). Persamaan momentum dipakai manakala dijumpai aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), misalnya campuran regime aliran sub-kritik dan super-kritik (*hydraulic jump*), aliran melalui jembatan, aliran di percabangan sungai (*stream junctions*). Modul aliran permanen HEC-RAS mampu memperhitungkan pengaruh berbagai hambatan aliran, seperti jembatan (*bridges*), gorong-gorong (*culverts*), bending (*weirs*), ataupun hambatan di bantaran sungai. Modul aliran permanen dirancang untuk dipakai pada permasalahan pengelolaan bantaran sungai dan penetapan asuransi resiko banjir berkenaan dengan penetapan bantaran sungai dan dataran banjir. Modul aliran permanen dapat pula dipakai untuk perkiraan perubahan muka air akibat perbaikan alur atau pembangunan tanggul.

Fitur spesial modul aliran permanen HEC-RAS mencakup analisis plan ganda, hitungan profil ganda, analisis bukaan gorong-gorong atau pintu ganda, optimasi pemisahan aliran, serta desain analisis saluran stabil.

2.9.2 Unsteady Flow Simulation

Modul ini mampu menyimulasikan aliran tak permanen satu dimensi pada sungai yang memiliki alur kompleks. Semula, aliran tak permanen HEC-RAS hanya dapat diaplikasikan pada aliran sub-kritik, namun sejak diluncurkan versi 3.1, modul aliran tak permanen HEC-RAS dapat pula menyimulasikan regime aliran campuran (sub-kritik, super-kritik, loncat air, dan draw-downs). Bagian program yang menghitung aliran tampang lintang, jembatan, gorong-gorong, dan berbagai jenis struktur hidraulik lainnya merupakan program yang sama dengan program hitungan yang ada pada modul aliran permanen HEC-RAS.