

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu daerah atau wilayah yang dibatasi dengan titik-titik tinggi dimana air tersebut berasal dari air hujan dan dialirkan melalui saluran air. Sungai merupakan bagian tanah yang digunakan saluran bagi air yang bersumber dari sumber mata air atau hujan. Sungai juga sebagai bagian permukaan bumi yang tata letaknya lebih rendah dari tanah sekitar sehingga air dapat mengalir menuju ke muara laut, rawa, danau. Banjir merupakan luapan air yang terjadi dari saluran air, danau, sungai, drainase kota yang jebol atau meluap sehingga melampaui Batasan kapasitasnya. Banjir merupakan salah satu jenis dari kerusakan dari air yang terjadi akibat curah hujan yang lebat dan tinggi dimana ketidakmampuan dari tempat tersebut untuk menampung dan mengalirkan air sungai.

Banjir dapat disebabkan akibat luapan sungai, dapat dilakukan penanggulangan menggunakan bangunan pengendali banjir sepanjangn sungai, seperti tembok banjir, tanggul, system drainase. Bangunan pengendali banjir salah satunya tanggul yang berfungsi menjaga kenaikan elevasi muka air di sungai, sebagai penahan konstruksi tepi sungai dari erosi. Berbagai upaya pengendalian banjir dapat dilakukan seperti membangun bendungan, tanggul parapet.

2.1 Sistem Pencegahan Banjir

Kegiatan dalam pencegahan banjir berdasarkan lokasi atau daerah dilakukan sebagai berikut :

1. Bagian hulu (*catchment area*), dengan mendirikan bendungan pengendali banjir yang menghambat waktu kedatangan banjir, mengurangi volume debit banjir, dapat dengan pembanguna bendungan yang dipergunakan untuk mengubah kurva debit banjir dan melakukan penanaman pohon di kawasan aliran sungai.

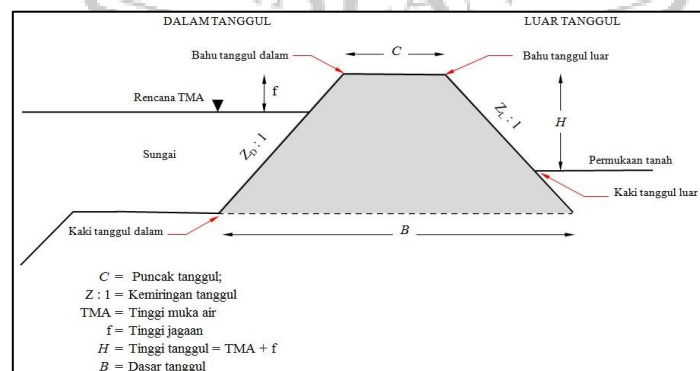
2. Daerah hilir (*lower reach*), dilakukan memperbaiki aliran sungai serta tanggul, memanfaatkan area genangan untuk kolam penahan, dan membuat jalur pengalihan bagian yang bermasalah seperti membangun saluran banjir.

Berdasarkan teknik pengendalian banjir yaitu :

1. Melalui Kegiatan Struktural (Strategi structural)
2. Melalui Kegiatan Non-Struktural (Strategi non-structural)

2.2 Tanggul

Tanggul merupakan tembok yang dibangun dengan tujuan untuk menahan air di saluran sungai, dengan tujuan menjaga dan menahan air daerah sekitar sungai. Tujuannya untuk mencegah air banjir meluap ke daerah sekitarnya, maka tanggul dirancang untuk meningkatkan kapasitas penampang. Semakin tinggi permukaan air maka kecepatan aliran juga akan semakin meningkat. Sedimen pada tanggul awalnya mengendap di daerah genangan air akan berpindah. Mengendapnya sedimen yang terdapat di bantaran sungai akan terbawa mengalir ke daerah hilir (Sosrodarsono, 1990) . Tinggi tanggul ditetapkan dari tinggi permukaan air pada kala ulang 50 tahun diperlukan penambahan jagaan. Pada tanggul merupakan tinggi jagaan yang digunakan untuk menahan luapan air dari muka air banjir yang telah direncanakan. Tanggul berfungsi membatasi banjir di sungai, sehingga tidak merambah di sisi kanan atau sisi kiri dari area yang ditentukan. Bagian tanggul dapat diketahui skema gambar dibawah ini :

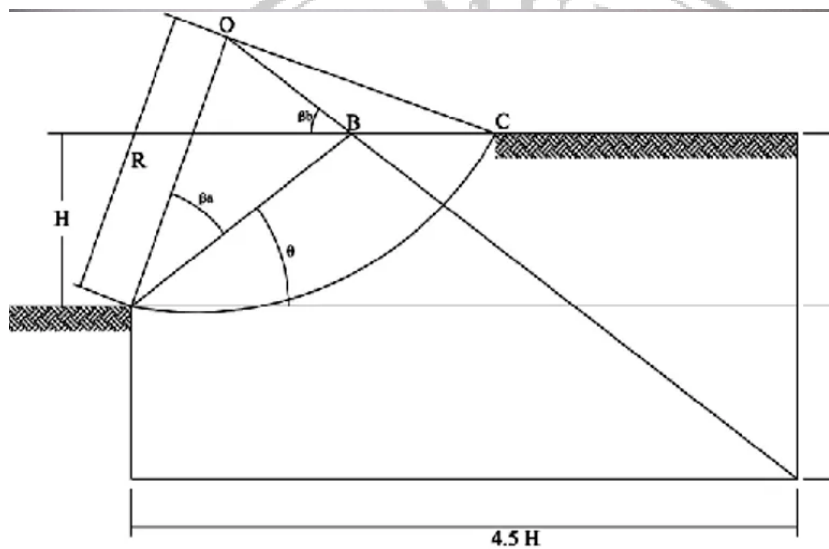


Sumber : Aminulloh dkk, 2024

Beberapa factor yang harus dipertimbangkan dalam perhitungan perencanaan tanggul, meliputi :

1. Ketahanan Tanggul

Dalam melakukan pengujian kestabilan tanggul, menggunakan metode irisan bidang luncur bundar yang akan dipakai yaitu memerlukan titik poros yang ditentukan melalui metode irisan. Ilustrasi mengenai bidang kritis dan nilai sudutnya dapat dilihat gambar dibawah ini dan tabel 2.2 dan 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.2 Ketahanan Tanggul

Sumber : Surendra, 2014

Tabel 2.1 Nilai sudut

Sudut Lereng	θ	Ba	Bb
1 : 0,58	50,00	30	40
1 : 1,00	45,00	28	37
1 : 1,50	33,80	26	35
1 : 2,00	26,60	25	35
1 : 3,00	18,40	25	35
1, 5,00	11,30	25	37

Sumber : Surendra, 2014

Persamaan yang digunakan untuk menghitung ketahanan tanggul, yaitu :

$$F_s = \frac{(\sum(C \times L + (N - U)\tan\theta)}{(\sum T)}$$

Dengan :

F_s = Nilai Keamanan.

C = Koefisien kohesi tanah bidang geser.

L= Lebar potongan bidang geser

N = Beban segmen vertical.

U = Tekanan pori air yang bekerja di tiap irisan.

2. Elevasi Tanggul

Tinggi jagaan digunakan dalam jangka waktu beberapa tahun kedepan. Digunakan dalam keamanan tambahan jika terjadi banjir yang melebihi debit air rencana.

Tabel 2.2 Keamana dari tanggul

NO	Debit Banjir Rencana (m ³ /det)	Jagaan (m)
1	<200	0.6
2	200-500	0.8
3	500-2000	1.0
4	2000-5000	1.2
5	5000-10000	1.5
6	>10000	2.0

Sumber : Aminulloh dkk, 2024

Tabel 2.3 Hubungan Lebar Mercu dan Debit Banjir Rencana

No	Debit Perencanaan	Jagaan
1	<500	3
2	500-2000	4
3	2000-5000	5
4	5000-10000	6
5	>10000	7

Sumber : Aplikasi hidrologi, Nugroho H

Normalisasi merupakan tindakan untuk meningkatkan kapasitas tampung sungai dikarenakan adanya penyempitan bagian penampang. Pada kondisi air banjir mengalir dengan cepat. Sungai tidak dapat menampung atau melebihi kapasitas debit air sehingga menyebabkan genangan air. Evaluasi terhadap system pengendalian banjir sangat diperlukan dengan melakukan normalisasi jalur sungai dengan meningkatkan kapasitas aliran.

2.3 Analisa Hidrologi

Stasiun pengukuran hujan di setaip titik perlu dilakukan untuk pengukuran luasan pengaruh pada daerah aliran sungai dalam menmetukan hujan rata-rata daerah. Besarnya debit rencana suatu wilayah dapat diperoleh dengan melakukan analisa hidrologi. Menggunakan data yang didapat pada curah hujan dan hasil perhitungan dari debit banjir akan mempertimbangkan informasi yang tersedia dan dimanfaatkan untuk merencanakan debit banjir interval waktu tertentu. Perhitungan logaritma hujan P dengan waktu menggunakan persamaan dari logaritma dengan curah hujan rancangan satuan (mm)

$$\text{Log } X = \text{Log } X + k (Sd) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Sd = Standart deviasi

K = Konstanta

Analisis hujan jam-jaman metode PSA 007 akan memperkirakan presentase hujan yang akan jatuh di tiap jamnya. Untuk curah hujan rancangan dikalikan factor koefisien pengaliran dan didapatkan nilai distribusi hujan dengan durasi waktu selama enam jam.

2.4 Intensitas Curah Hujan Rata-rata

Perhitungan dari Daerah Aliran Sungai (DAS) sangan penting dilakukan, digunakan untuk mengitung nilai rata-rata curah hujan. Untuk menentukan rata-rata curah hujan dapat diperoleh dengan menggunakan metode berikut :

- Metode Arithmatik (*Mean Arithmatik Methode*)

Metode aritmatik diterapkan diwilayah datar dengan distribusi curah hujan yang seragam. Cara yang dilakukan metode ini dengan menjumlahkan total curah hujan yang terdapat di stasiun hujan didaerah aliran sungai tersebut, setelah itu membagi untuk mendapatkan nilai rata-rata curah hujan, dinyatakan dalam rumus berikut :

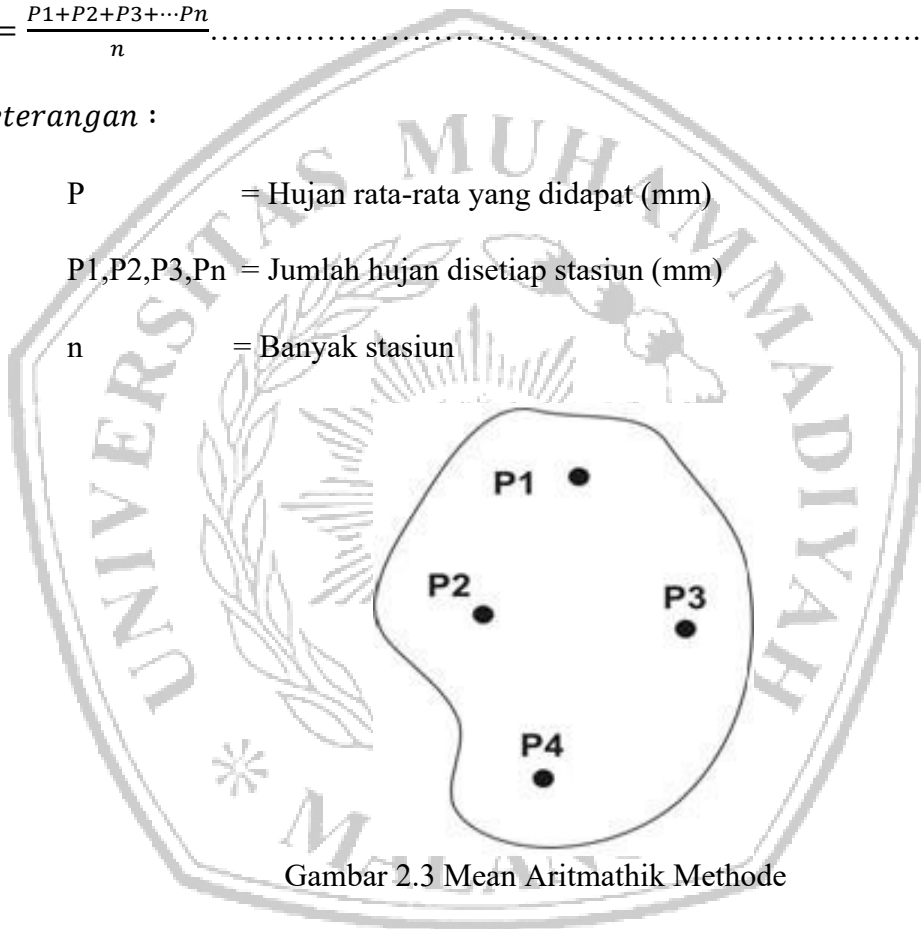
$$P = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

P = Hujan rata-rata yang didapat (mm)

P₁,P₂,P₃,P_n = Jumlah hujan disetiap stasiun (mm)

n = Banyak stasiun



Gambar 2.3 Mean Aritmathik Methode

- Metode Polygon Thiessen

Metode tersebut untuk area stasiun hujan yang tidak seragam. Metode ini akan memberikan pengaruh luas stasiun hujan, dengan memeberikan ketidak samaan jarak, sehigga memberikan hasil yang akurat dan tepat.

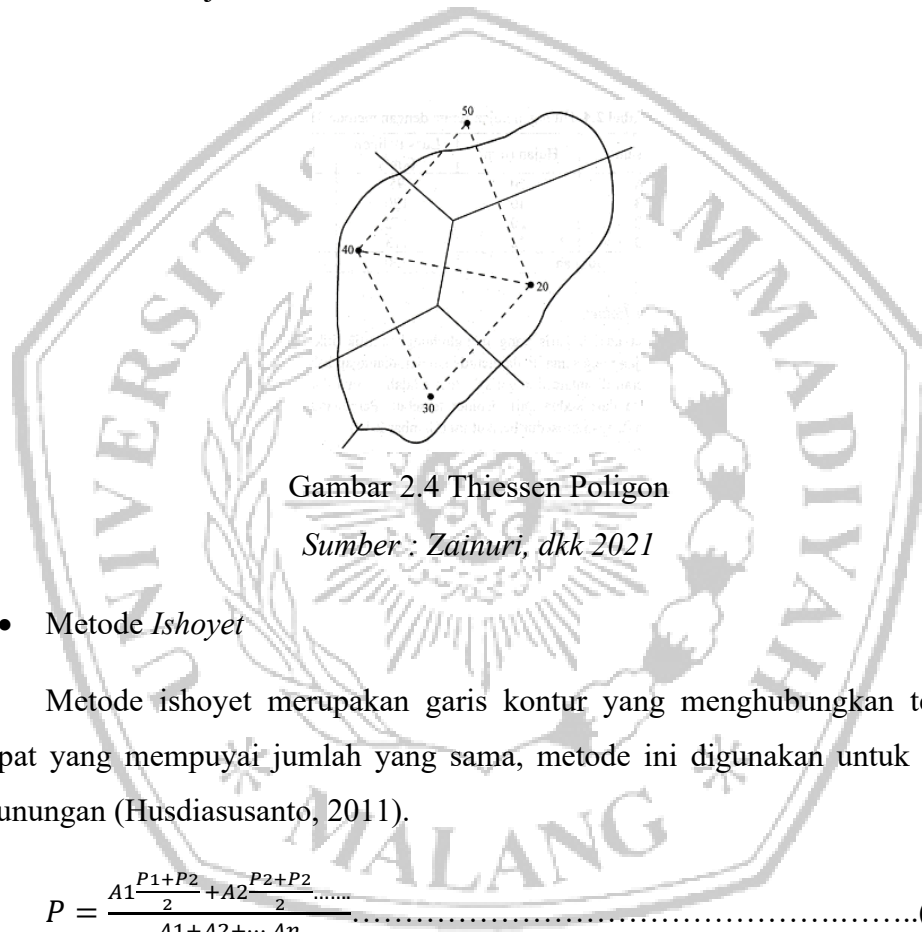
$$P = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

P_1, \dots, P_n = Pengukuran curah hujan tiap stasiun (mm)

A_1, \dots, A_n = Luas daerah dari tiap stasiun (km²)

P = Hujan rata-rata kawasan



Gambar 2.4 Thiessen Poligon
Sumber : Zainuri, dkk 2021

- Metode *Ishoyet*

Metode *ishoyet* merupakan garis kontur yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai jumlah yang sama, metode ini digunakan untuk daerah pegunungan (Husdiasusanto, 2011).

$$P = \frac{A_1 \frac{P_1 + P_2}{2} + A_2 \frac{P_2 + P_3}{2} + \dots}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.5)$$

2.5 Analisa Curah Hujan Rencana

Dengan menggunakan metode Poligon Thiessen, dapat menentukan curah hujan rata-rata berikutnya menghitung jumlah curah hujan yang direncanakan. Perhitungan curah hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi, bertujuan periode ulang dari keadaan hidrologi yang memiliki nilai penting tertentu, termasuk memiliki nilai yang setara atau lebih tinggi dari rata-rata.

Berbagai macam jenis distribusi dapat dilakukan sesuai dengan perhitungan curah hujan yang didapat dan nilai koefisien dari parameter statistik. Menganalisa curah hujan dapat menggunakan berbagai macam metode yang dapat dipakai, distribusi log normal, distribusi log pearson type III, distribusi gumbel.

Koefisien dari parameter statistik, seperti :

a. Koefisien Variasi (CV)

$$Cv = \frac{Sg}{\bar{X}} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$Sx = \sqrt{(X1 - \bar{X})^2 - (n - 1)} \dots \dots \dots (2.6)$$

b. Koefisien Ketajaman (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum (Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sx^4} \dots \dots \dots (2.7)$$

c. Koefisien Simetris (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sx^3} \dots \dots \dots (2.8)$$

Penggunaan persyaratan distribusi diatas, bergantung terhadap nilai Cs dan Ck yang didapatkan dari rumus diatas. Setelah nilai Cs dan Ck sudah diketahui maka bisa disimpulkan akan berdasarkan persyaratan distribusi tersebut, yang tercantum pada table 2.2

Tabel 2.4 Pemilihan Distribusi Frekuensi

Distribusi Frekuensi	Parameter Data Statistik	
	Koefisien Skewness (Cs)	Koefisien Kurtosis (Ck)
Gumbel	1.14	5.4
Distribusi Normal	$-0.015 \leq Cs \leq 0.05$	$2.7 \leq Ck \leq 3.3$
Log Person type III	Bebas*	$1.5Cs^2 + 3$

Sumber : Hadisusanto dkk, 2010

*) Jika tidak mendekati parameter dari Distribusi Normal dan Gumbel maka nilai K pada distribusi Log Person Type III $-3 \leq Cs \leq 3$

a. Distribusi Normal

Distribusi normal memiliki bentuk seperti lonceng, simetris terhadap garis vertical. Distribusi ini ditentukan oleh dua parameter. Rata-rata μ dan σ deviasi standar dari populasi. Nilai rata-rata \bar{X} dan deviasi S diperoleh dari sampel yang digunakan untuk menggantikan σ dan μ .

b. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal diterapkan jika nilai-nilai dari variable acak, tidak sesuai dengan distribusi normal. Sebagai distribusi yang diubah, distribusi log normal dapat dimodelkan melalui transformasi, dengan tujuan persamaan konversii sebagai berikut :

$$y = \ln x \text{ dan } y = \text{Log } x$$

c. ,Distribusi Log Person III

Distribusi log pearson type III digunakan dalam menghitung rencana curah hujan, yaitu untuk menganalisa data yang paling relevan. Bentuk dari distribusi log person III sebagai berikut :

$$\text{Log } R = \log R + k (\text{Sd } \text{Log } R) \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan :

R = Curah periode ulang (mm)

Log R = Nilai logaritma curah hujan rata-rata

Sd Log R = Standart deviasi untuk Log R

K = Koefisein kepercengan

- Mencari harga Log R

$$\text{Log } R = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } R}{n} \dots \dots \dots (2.10)$$

- Menacri Standart Deviasi

$$S_{Log R} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Log R - Log)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.11)$$

- Mencari harga kepeccengan (Cs)

$$C_S = \frac{\sum_{i=1}^n (Log R - Log R)^2}{(n-1)(n-2)S_{log R}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Tabel 2.5 Distribusi Log Person Type III Nilai K

Cs	Kala Ulang (Thn)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652	6,6
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444	6,2
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,91
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,66
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99	5,39
1,4	-0,255	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,11
1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661	4,82
1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489	4,54
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,25
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,96
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949	3,67
0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,38
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67	3,235
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,09
-0,1	1,017	0,836	1,27	1,716	2	2,252	2,482	2,95
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388	2,81
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,294	2,675
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,201	2,54
-0,6	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	2,016	2,275
-0,7	0,166	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,15
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	1,749	1,91
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,8
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625

Sumber : Hadisusanto dkk, 2020

d. Distribusi Gumbel

Distribusi ini digunakan untuk menganalisa nilai frekuensi hujan dan data maksimum, Densitas kumulatif memiliki bentuk fungsi sebagai berikut :

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$v = \frac{x-u}{a} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$a = \sqrt{\frac{\theta s}{\pi}} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$u = \bar{x} - 0,5773 a \dots\dots\dots(2.16)$$

2.6 Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Analisa yang digunakan yaitu menggunakan metode Log Pearson III. Terdapat tiga parameter yang memiliki nilai penting dalam Analisa ini yaitu standar deviasi, nilai rata-rata, dan koefisien kemencengan. Apabila koefisien kemencengan yang didapat yaitu sama dengan nol maka distribusi akan kembali ke normal. Dalam melakukan pengujian kesesuaian menggunakan dua metode untuk menentukan distribusi yang Uji Chi-Kuadrat dan Uji Kolmogorov-Smirnov didapatkan dari data yang sesuai. Kemudian setelah mengetahui hubungan antara curah hujan dan nilai probabilitas maka dilakukan pengujian ini. .

2.7 Metode Smirnov Kolmogorov

Metode Smirnov Kolmogorov diterapkan dengan tujuan menganalisa variasi secara horizontal. Metode pengujian distribusi Smirnov kolmogorov. Proses perhitungan dengan mengatur nilai (x) dari yang terendah hingga tertinggi untuk menentukan simpangan maksimum. Pendekatan menggunakan metode ini dengan cara perhitungan peluang dan pemetaan data guna mengidentifikasi nilai data simpangan terbesar.

- Hitung nilai peluang menggunakan :

$$P = \frac{n}{m+1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.17)$$

- Nilai G dengan tujuan probabilitas dari data yang mempunyai nilai simpangan terjauh melalui persamaan sebagai berikut :

$$\text{Log } X = \text{Log } X + G \times S \dots \dots \dots (2.18)$$

- Persamaan untuk melakukan Uji Smirnov-Kolmogorof

$$Px = 1 - (Pr) \dots \dots \dots (2.19)$$

$$\Delta_{max} = S_n - P_x \dots \dots \dots (2.20)$$

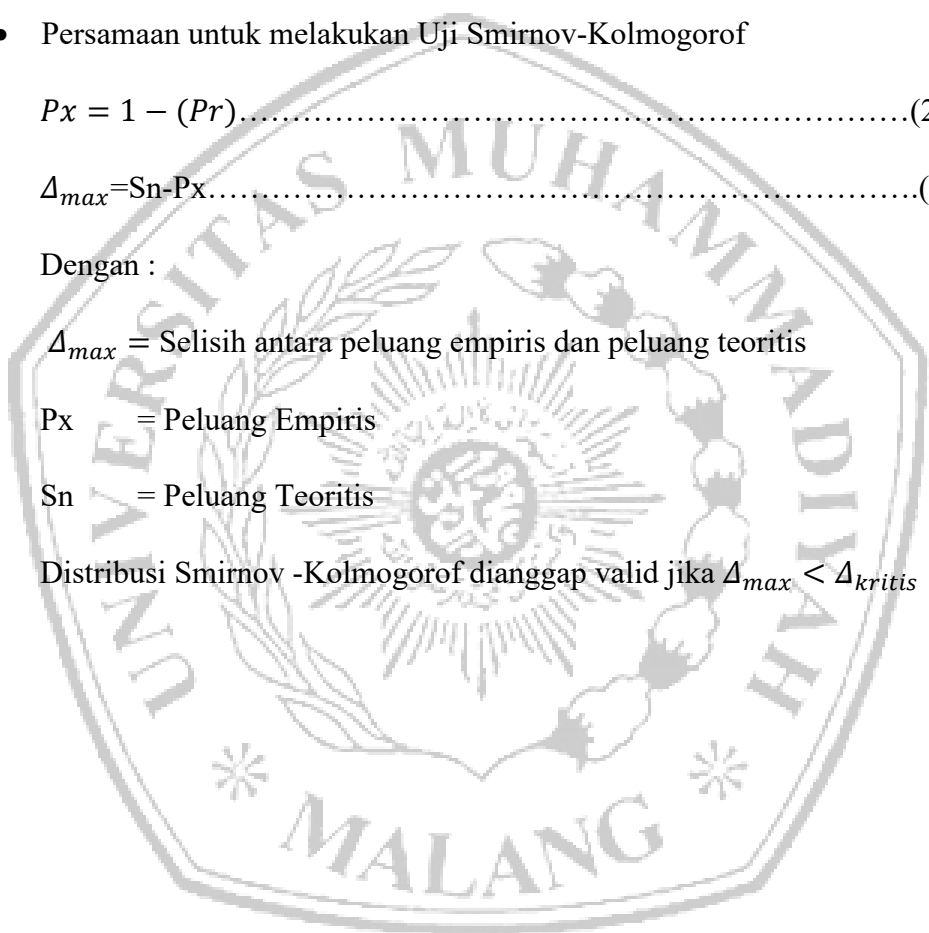
Dengan :

Δ_{max} = Selisih antara peluang empiris dan peluang teoritis

P_x = Peluang Empiris

S_n = Peluang Teoritis

Distribusi Smirnov -Kolmogorof dianggap valid jika $\Delta_{max} < \Delta_{kritis}$



Tabel 2.6 Nilai Delta Kritis (dcr)

$v \backslash \alpha$	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.67
15	0.27	0.3	0.34	0.4
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	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
$n > 50$	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

2.7 Metode Chi Kuadrat (*Chi-Square*)

Metode Chi Kuadrat digunakan membandingkan nilai X hitung dengan X table kritis. Jika Xhitung lebih kecil dari Xnilai kritis maka distribusi sesuai.

- 1) Menentukan nilai X pada kemungkinan setiap table log pearson type III yang menunjukkan korelasi antara nilai kemiringan dan probabilitas 80%, 60%, 40%,20% untuk mendapatkan nilai G pada tiap probabilitas.
- 2) Hitung nilai X menentukan batas kelas

$$\text{Log } X \text{ Log } X + G. Sd \dots \dots \dots (2.21)$$

- 3) Jumlah kelas pengamatan

$$\text{Jumlah kelas} = 1 + 3,3 \text{ Log } n \dots \dots \dots (2.22)$$

- 4) Melakukan uji kesesuaian

$$X^2 = \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} \dots \dots \dots (2.23)$$

Keterangan :

$X^2 =$ Kai kuadrat

$E_j =$ Frekuensi sesuai pembagian kelas ($=20\% \times n$)

Syarat nilai distribusi dapat diterima jika nilai $X <$ dari X pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Harga Uji Chi-Kuadrat

Degrees of Freedom	Percentage Points of the Chi-Square Distribution								
	Probability of a larger value of x^2								
	0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.000	0.004	0.016	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	6.63
2	0.020	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	9.21
3	0.115	0.352	0.584	1.212	2.366	4.11	6.25	7.81	11.34
4	0.297	0.711	1.064	1.923	3.357	5.39	7.78	9.49	13.28
5	0.554	1.145	1.610	2.675	4.351	6.63	9.24	11.07	15.09
6	0.872	1.635	2.204	3.455	5.348	7.84	10.64	12.59	16.81
7	1.239	2.167	2.833	4.255	6.346	9.04	12.02	14.07	18.48
8	1.647	2.733	3.490	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	20.09
9	2.088	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	21.67
10	2.558	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	23.21
11	3.053	4.575	5.578	7.584	10.341	13.70	17.28	19.68	24.72
12	3.571	5.226	6.304	8.438	11.340	14.85	18.55	21.03	26.22
13	4.107	5.892	7.042	9.299	12.340	15.98	19.81	22.36	27.69
14	4.660	6.571	7.790	10.165	13.339	17.12	21.06	23.68	29.14
15	5.229	7.261	8.547	11.037	14.339	18.25	22.31	25.00	30.58
16	5.812	7.962	9.312	11.912	15.338	19.37	23.54	26.30	32.00
17	6.408	8.672	10.085	12.792	16.338	20.49	24.77	27.59	33.41
18	7.015	9.390	10.865	13.675	17.338	21.60	25.99	28.87	34.80
19	7.633	10.117	11.651	14.562	18.338	22.72	27.20	30.14	36.19
20	8.260	10.851	12.443	15.452	19.337	23.83	28.41	31.41	37.57
22	9.542	12.338	14.041	17.240	21.337	26.04	30.81	33.92	40.29
24	10.856	13.848	15.659	19.037	23.337	28.24	33.20	36.42	42.98
26	12.198	15.379	17.292	20.843	25.336	30.43	35.56	38.89	45.64
28	13.565	16.928	18.939	22.657	27.336	32.62	37.92	41.34	48.28
30	14.953	18.493	20.599	24.478	29.336	34.80	40.26	43.77	50.89
40	22.164	26.509	29.051	33.660	39.335	45.62	51.80	55.76	63.69
50	27.707	34.764	37.689	42.942	49.335	56.33	63.17	67.50	76.15
60	37.485	43.188	46.459	52.294	59.335	66.98	74.40	79.08	88.38

2.8 Koefisien Pengaliran

Koefisien aliran merupakan sebuah faktor yang ditentukan oleh keadaan suatu area aliran dimana sifat curah hujan yang terjadi di lokasi tersebut. Karakteristik berikut yang sesuai dengan keadaan :

1. Luas dari daerah aliran
2. Kondisi kelembaban tanah

3. Perlokasi tanah dan daya infiltrasi
4. Keadaan hujan
5. Kemiringan daerah aliran
6. Tata lahan
7. Suhu, angin, cuaca, dan evaporasi

Koefisien untuk perhitungan di lokasi pengamatan ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.8 Koefisien Pengaliran (C).

No	Penggunaan Lahan	Koefisien Pengaliran	Sub Das II		
			Luas	Bobot	C*(Bobot)
1	Lahan (Kering)	0,04			
2	Semak-Semak	0,07	9,559	0,105	0,033
3	Hutan Murni	0,03			
4	Hutan Monokultur	0,06			
5	Rawa Hutan	0,14			
6	Kebun	0,3	23,463	0,257	0,128
7	Pertanian lahan kering	0,1	5,081	0,057	0,027
8	Pertanian lahan kering + Semak	0,1	-	-	-
9	Pemukiman	0,6	5,834	0,065	0,046
10	Sawah	0,35	47,042	0,517	0,182
11	Rawa Buatan	0,06			
12	Tembakau	0,3			
13	Akuatik area	0,06			
Luas Total			89,978		
Koefisien Pengaliran Rencana					0,415

2.9 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan tingkat aliran air yang mencapai puncak yang dapat terjadi pada wilayah dengan probabilitas tertentu. Dalam memperkirakan curah hujan rencana menggunakan metode yang berdasarkan parameter dan karakteristik daerah aliran yaitu *hydrograph method*.

a. Metode Satuan Sintetis Nakayusu

Menghitung debit banjir menggunakan *hydrograph method* satuan sintesis nakayusu dengan tahap sebagai berikut, nilai maksimum debit hidrograf diperoleh melalui rumus :

$$Qp = \frac{1}{3,6} \times \frac{A \times Ro}{(0,3 \times Tp) + T0,3} \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan :

- Qp = Puncak debit banjir (m3/detik)
- A = Luas daerah aliran (km2)
- Ro = Hujan satuan (mm)
- Tp = Tenggang waktu permulaan hingga puncak banjir (jam)
- T0,3 = Waktu penuruanan debit

Berdasarkan pernyataan Nakayusu, waktu yang diperlukan untuk meningkatkan hidrograf ditentukan dari waktu konsentrasi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Tp = tg + 0,8 tr \dots\dots\dots(2.25)$$

$$T0,3 = a \times tg \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan :

- Tg = Waktu konsentrasi (jam)
- Tr = Satuan waktu hujan (missal 1 jam)

Panjang jalur utama (L) mempengaruhi waktu konsentrasi

Apabila L < 16 km : $tg = 0,21 \times L^{0,70} \dots\dots\dots(2.27)$

Apabila L > 16 km : $tg = 0,4 + 0,058 \times L \dots\dots\dots(2.28)$

Pembagian bentuk hidrograf menurut Nakayusu dibagi menjadi dua bagian, yakni lengkungan naik dan lengkungan menurun. Pada lengkungan naik nilai hidrograf satuan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

- Lengkungan Naik

$$Qp = Qp \left(\frac{t}{Tp}\right)^{2,4} \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan :

Qa = Sebelum lapisan mencapai debit puncak (m3/detik)

Tp = Waktu tenggang dari awal hujan hingga debit puncak (m3/detik)

- Lengkungan Turun, dapat dihitung dari lapisan permukaan, terdapat tiga bagian :

1. $Qd > 0,30 \cdot Qp$

$$Qd = Qp \cdot 0,30^{\frac{t-Tp}{T0,3}}$$

2. $0,30 Qp > Qd > 0,30 Qp$

$$Qd = Qp \cdot 0,3^{\frac{(t-Tp+0,5.T0,3)}{1,5.T0,3}}$$

3. $0,30 Qp > Qd$

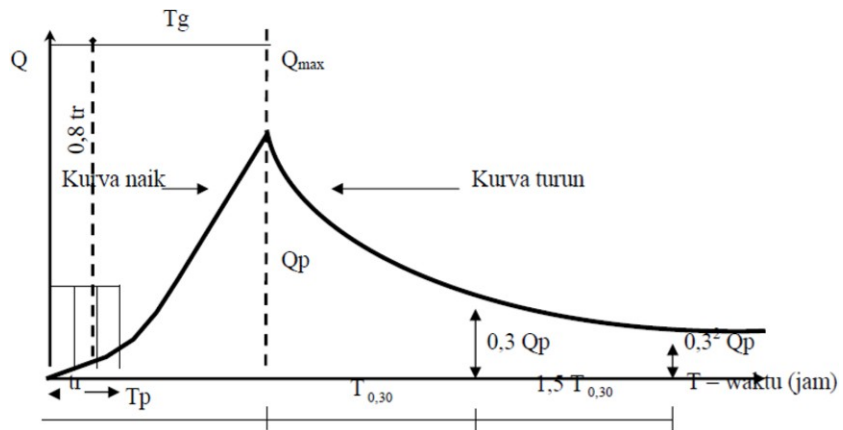
$$Qd = Qp \cdot 0,3^{\frac{(t-Tp+1,5.T0,3)}{2.T0,3}}$$

Keterangan :

Qp = Puncak debit (m3/detik)

t = Waktu (jam)

Waktu penurunan debit diperlukan dari datangnya puncak debit hingga debit diperkirakan sekitar 30% dari puncak hidrograf satuan dihitung $T0,3=a \cdot tg$, untuk a merupakan koefisien tergantung dari karakteristik DAS.



Gambar 2.6 Hidrograf Satuan Nakayusu (HSS)

b. Metode Rational

Debit banjir diperoleh melalui pendekatan rasional dengan beberapa tahapan. Nilai maksimum debit banjir yang diperoleh dari metode rasional dapat dihitung menggunakan :

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan :

Q = Puncak debit banjir (m³/detik)

A = Luas daerah aliran sungai (km²)

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

C = Koefisien dari aliran

c. Metode Weduwen

Metode ini menggunakan rumus :

$$Q_n = a \times \beta \times q_n \times A \dots\dots\dots(2.31)$$

2.10 HEC -RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*)

HEC-RAS merupakan program digunakan untuk menganalisa suatu kapasitas sungai. HEC-RAS merupakan bagian dari *United State Corps of Engineer*. Berikut merupakan bagian utama dari analisa menggunakan HEC-RAS:

- A. *Steady flow water surface profile computations*
- B. *Unsteady flow simulation*

Pada HEC-RAS data yang dimasukkan yaitu data *cross section* sepanjang sungai, dengan profil memanjang, parameter hidrolika, bangunan sungai, aliran debit, tinggi muka air. Untuk hasil yaitu berupa tabel atau grafik. Terdiri dari diagram pola aliran sungai, potongan melintang, lengkungan debit, hidrograf aliran dan tingkatan, variable hidrolik. Dapat juga menunjukkan kombinasi antara potongan melintang yang membentuk aliran sungai tiga dimensi beserta alirannya.

2.11 Perencanaan Tanggul

Dari kestabilan perencanaan tanggul dikategorikan dalam dua situasi yaitu, Ketika tanggul dalam keadaan kosong dan saat tanggul terisi penuh dengan air. Diperkirakan kestabilan tanggul menggunakan debit banjir dalam Q50 tahun. Tanggul yang membentang merupakan struktur dalam upaya mengendalikan dan sebuah bentuk penanganan banjir. Pembangunan tanggul menggunakan pengurangan tanah dengan volume yang besar (Surandono dkk, 2020).

2.11.1 Stabilitas Tanggul

Faktor terjadinya longsor dapat terjadi bisa berkaitan dengan kestabilan dari tanggul atau lereng. Longsor dapat terjadi dikarenakan massa tanah yang aktif bergerak dari wilayah yang tinggi menuju wilayah yang lebih rendah. Saat tanah kehilangan keseimbangan. Gaya gravitasi mendorong tanah ke arah bawah, jika gravitasi cukup besar maka tahanan gesekan tanah akan melebihi kapasitas.

Kestabilan lereng dianalisa berdasarkan prinsip keseimbangan plastis batas. Tujuan dari analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi factor

keamanan pada area longsor yang mungkin akan terjadi. Faktor keamanan (SF) merupakan perbandingan antara penahan dan pendorong. Perhitungan merupakan factor keamanan yang nilai harus >1,5. Apabila nilai factor keamanan sama dengan 1,5 menunjukkan posisi yang kritis untuk penahan dan pendorong longsor berada dalam titik kesetimbangan. Peningkatan pendorong longsor melebihi penahannya yang dapat mengakibatkan bencana longsor terjadi.

$$Sf = \frac{\sum Mv}{\sum Mh} > 1,5 \dots\dots\dots(2.32)$$

Tabel 2.9 Metode irisan tanah

Faktor Keamanan	Kerentanan Gerakan Tanah
≤ 1,2	Tinggi : Gerakan Tanah Sering Terjadi
1,2 < SF ≤ 1,7	Menengah : Gerakan Tanah Dapat Terjadi
1,7 < SF ≤ 2,0	Rendah : Gerakan Tanah Jarang Terjadi
> 2,0	Sangat Rendah : Gerakan Tanah Sangat Jarang Terjadi

Sumber : Ward, R, 1987 dalam SNI 13-7124-2005,2005

Dengan melakukan analisa perhitungan kestabilan tanggul menggunakan analisa stabilitas lereng :

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^n (C \cdot \Delta L + (W_i \cos \theta - U_n \cdot \Delta L) \cdot \tan \varphi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta}$$

dimana:

FK= Faktor Keamanan

C = Kohesi Tanah (kN/m²)

φ = Sudut Geser Dalam Tanah (derajat)

2.11.2 Rembesan

Rembesan merupakan air yang mengalir didalam struktur dasar tanggul. Jumlah rembesan pada sebuah tanggul memiliki batas tertentu, apabila jumlah melebihi batas maka akan kehilangan air yang sangat signifikan. Jumlah rembesan yang tinggi dapat menyebabkan fenomena *piping* dan *boiling* yang dapat mengancam stabilitas struktur tanggul (Surendra dkk,2015).

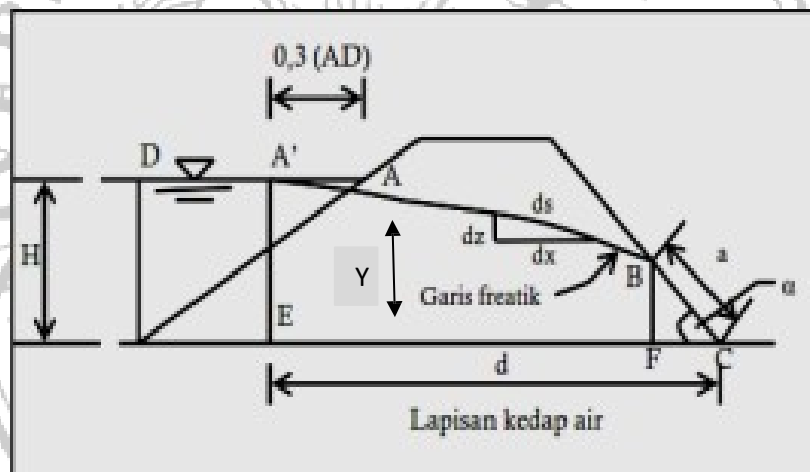
Dalam penelitian yang dilakukan Hardiyatmo pada tahun 2022 menggunakan metode menghitung aliran air melalui bagian tanggul yang didasarkan terhadap pengujian model. Parabola AB di mulai dari titik A' dapat dilihat, dimana dengan panjang ($A'A = 0,3 \times AD$). Garis aliran air sesuai dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$Y = \sqrt{2Y_0 \cdot X + (Y_0)^2} \dots \dots \dots (2.33)$$

$$Y_0 = \sqrt{h^2 + d^2 - d} \dots \dots \dots (2.34)$$

Keteranga :

- (h) = Tinggi tekanan air
- (d) = Lapisan *imprmeabel*



Gambar 2.7 Garis Tekanan Air Pori