

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu.

Pada bab ini dipaparkan kajian dari berbagai sumber yang bertujuan untuk memperkuat pembahasan maupun sebagai dasar dalam menggunakan rumus tertentu untuk perencanaan pengendalian banjir di Desa Sitarjo yang penulis rangkum sebagai rujukan, akan tetapi hasil dari setiap kajian tidak sama tergantung lokasi dan jenis pekerjaan, berikut hasil penelitian terdahulu :

- a. Penelitian dengan judul “Studi Pengendalian Banjir Di Sungai Gunting Kabupaten Jombang Jawa Timur” (Faizaturrohmah 2019). Kesimpulannya dengan hasil analisa pada kondisi eksisting kala ulang 25 tahun Kali Gunting tidak dapat menampung limpasan setinggi 1,8 m, sehingga harus dilakukan normalisasi dan pembuatan dinding penahan banjir setinggi 2 m.
- b. Penelitian dengan judul “Perencanaan Penanggulangan Banjir Akibat Luapan Sungai Petung, Kota Pasuruan, Jawa Timur” (Rahmaningtyas 2017). Kesimpulannya Kapasitas Sungai Petung tidak mampu menyalurkan debit banjir rencana periode ulang 25 tahunan dan direncanakan pemasangan tanggul dengan tinggi 3 – 5 meter dan pelebaran sungai tidak dapat dilakukan karena keterbatasan lahan.
- c. Penelitian dengan judul “Studi Perencanaan Tanggul Banjir di Sungai Bengawan Solo pada Ruas Kota Surakarta, Jawa Tengah “ (Dwipayogo 2018). Kesimpulan pada kondisi eksisting dengan menggunakan kala ulang 25 tahun, penampang sungai tidak dapat menampung luapan debit

banjir, dengan limpasan paling besar adalah setinggi 8,586m. Dan tanggul banjir yang di rencanakan adalah dinding penahan tanah (retaining wall) dengan tinggi bangunan 4 - 6 m.

- d. Penelitian dengan judul “Studi Pengendalian Banjir Kali Lamong Di Kabupaten Gresik” (Pratomo 2017). Kesimpulan debit banjir dengan periode ulang 25 tahun tidak mampu dialirkan oleh Kali Lamong sehingga normalisasi dan penambahan tanggul setinggi 4 – 5 meter maka banjir dapat diatasi sepenuhnya.
- e. Penelitian dengan judul “Perencanaan Ulang Normalisasi Kali Ngotok Ring Kanal Kabupaten Mojokerto” (Fauzi 2018). Kesimpulan Pada daerah aliran Kali Ngotok Ring Kanal bila terjadi hujan dengan periode ulang Q25th dengan kondisi eksisting yang ada, kapasitas sungai bagian hulu tidak mampu menampung debit banjir rencana. Dengan cara normalisasi yang berupa penambahan tinggi tanggul, pelebaran penampang sungai, dan penggalian dasar sungai sepanjang 26 km, sungai mampu menampung debit banjir rencana.

2.2. Analisa Hidrologi.

Berdasarkan (Umar, 2014) analisa hidrologi dilakukan untuk menentukan debit banjir rencana, selanjutnya hasil analisa hidrologi dituangkan dalam laporan hidrologi. Sedangkan yang dimaksud dengan hujan rencana adalah besarnya debit dengan kala ulang tertentu.

Hal ini selaras dengan pernyataan (Neutron, 2005) bahwa hujan rencana dihitung dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

2.2.1. Analisa Curah Hujan Rata – Rata.

Dalam buku *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan* (Dr. Ir. Suripin. M, Eng) menjelaskan bahwa ada beberapa cara untuk menghitung curah hujan rata – rata diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Cara Arithmetik Mean

Pada cara *Arithmetik* dianggap bahwa data curah hujan dari suatu tempat pengamatan dapat dipakai untuk daerah pengaliran di sekitar tempat itu dengan merata – rata langsung stasiun penakar hujan yang digunakan.

Cara *Arithmetik* dipakai pada daerah yang datar dan banyak stasiun penakar hujannya, dimana daerah hujannya uniform / seragam. Persamaan arithmetik mean adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

$\bar{R}$ = Curah hujan daerah rata – rata (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = Curah hujan ditiap titik pos curah hujan

n = Jumlah pos curah hujan

b. Cara Poligon Thiessen

Pada cara *Poligon Thiessen* dianggap bahwa data curah hujan dari suatu tempat pengamatan dapat dipakai untuk daerah pengaliran disekitar tempat itu. Cara ini digunakan apabila titik – titik didalam daerah tersebut tidak menyebar merata, maka dilakukan dengan curah hujan rata – rata daerah pengaruh pada tiap titik pengamatan dengan curah hujan rata – rata daerah pengaliran di dataran yang kondisinya tidak sama.

Cara perhitungan dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Dengan demikian tiap stasiun penakar (R_n) akan terletak pada suatu wilayah poligon tertutup (A_n). Perbandingan luas poligon untuk setiap stasiun yang besarnya A_n / A . Persamaan rumusan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.2)$$

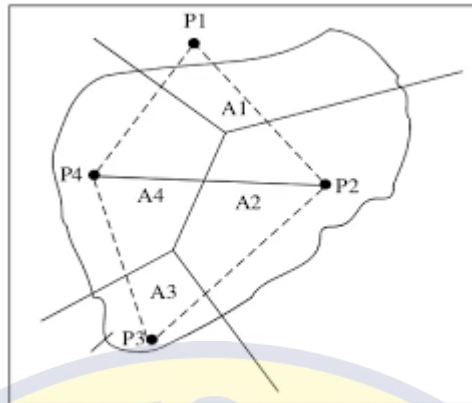
Dengan :

$\bar{R}$ = Curah hujan daerah rata – rata (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = Curah hujan ditiap titik pos curah hujan

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = Luas daerah *Theissen* yang mewakili titik pos curah hujan

A = Luas total daerah *Theissen*



Gambar 2. 1. Metode Theissen

2.2.2. Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana.

Curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi pada suatu daerah tertentu pada periode ulang tertentu, yang dipakai sebagai dasar perhitungan dalam perencanaan suatu dimensi bangunan air. Perhitungan curah hujan rencana didasarkan pada analisis frekuensi, dengan sasaran utama untuk memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana. Untuk mendapatkan nilai curah hujan rencana terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan, antara lain yaitu: *Distribusi Normal*, *Distribusi Log Normal Dua Parameter*, *Distribusi Log Normal Tiga Parameter*, *Gumbel*, *Distribusi Log Pearson III*. Masing – masing metode perhitungan distribusi diatas berdasarkan dari parameter statistik:

a. Koefisien variasi (Cv)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n}$$

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

$$C_V = \frac{S_X}{\bar{X}}$$

b. Koefisien ketajaman (Ck)

$$C_K = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3) S_X^4} \sum (X_i - \bar{X})^4$$

Dengan :

n = jumlah data

X_i = data hujan (mm)

$\bar{X}$ = Data hujan rata - rata

C_K = Simpangan baku

c. Koefisien simetris (Cs)

$$C_K = \frac{n}{(n-1)(n-2) S_X^3} \sum (X_i - \bar{X})^3$$

Dengan :

n = jumlah data

X_i = data hujan (mm)

$\bar{X}$ = Data hujan rata - rata

C_s = Simpangan baku

Persyaratan pemakaian distribusi tersebut didasarkan pada nilai koefisien Skewness (Cs) dan koefisien Kuortosis (Ck). Berdasarkan pernyataan (Bambang Triadmojo, 2008) bahwa nilai koefisien Skewness dan koefisien Kuortes yang diperoleh dari rumus yang tertulis diatas, maka

dapat menjadi dasar dalam pemilihan distribusi yang akan digunakan sesuai dengan tabel dibawah ini:

Tabel 2. 1. Persyaratan Pemelihan Distribusi Frekuensi

Jenis Distribusi Frekuensi	Syarat Distribusi
Distribusi <i>Gumbel</i>	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
Distribusi Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
Distribusi Log Normal 2 Parameter	$C_s = C_v^3 + 3 C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Distribusi Log Person III	Selain Nilai Diatas

Sumber :Hidrologi Terapan (Bambang Triadmojo, 2008)

a. Metode 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. Jika data hujan yang dipergunakan dalam perhitungan adalah berupa sampel data, maka perhitungan hujan rencana berdasarkan distribusi normal sebagai berikut:

$$X_{TR} = \bar{X} + k . s \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

X_{TR} = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

$\bar{X}$ = nilai rata – rata kejadian

k = faktor frekuensi / nilai variabel reduksi Gauss (tabel)

$$s = \text{standart deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Tabel 2. 2. Faktor Frekuensi Untuk Distribusi Normal

No.	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	Kt	No.	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	Kt
1	1,001	0,999	-3,05	12	3,330	0,300	0,52
2	1,005	0,995	-2,58	13	4,000	0,250	0,67
3	1,010	0,990	-2,33	14	5,000	0,200	0,84
4	1,050	0,950	-1,64	15	10,000	0,100	1,28
5	1,110	0,900	-1,28	16	20,000	0,050	1,64
6	1,250	0,800	-0,84	17	50,000	0,020	2,05
7	1,330	0,750	-0,67	18	100,000	0,010	2,33
8	1,430	0,700	-0,52	19	200,000	0,005	2,58
9	1,670	0,600	-0,25	20	500,000	0,002	2,88
10	2,000	0,500	0	21	1000,000	0,001	3,09
11	2,500	0,400	0,25				

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan (Suripin, 2004)

b. Distribusi Log Normal Dua Parameter

Selaras dengan pernyataan (Bambang Triadmojo, 2008) bahwa distribusi log normal dua parameter mempunyai sifat khusus, bahwa besarnya koefisien asimetris $C_s = +$ (positif) atau $\log C_s = 0$ atau $C_s = C_v^3 + 3 C_v$, dengan koefisien kurtosis sebesar $C_k = 3$. Persamaan distribusi log normal dua parameter ditunjukkan sebagai berikut:

$$\log X_{tr} = \log \bar{X} + k.S \log x \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

$\log X_{tr}$ = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

$\log \bar{X}$ = nilai rata – rata kejadian.

$S \log X$ = standart devisiasi sari logaritma.

K = faktor frekuensi ditunjukkan pada tabel.

c. Distribusi Log Normal Tiga Parameter

Distribusi log normal tiga parameter juga memiliki sifat khusus bahwa besarnya koefisien kortusis sebesar $C_k = 1,50 C_s^2 + 3$. Persamaan distribusi log normal tiga parameter ditunjukkan sebagai berikut :

$$\log X_{tr} = \log \bar{X} + k.S \log x \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

$\log X_{tr}$ = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

$\log \bar{X}$ = nilai rata – rata kejadian

$S \log X$ = standart devisiasi dari logaritma

K = nilai karakteristik distribusi log normal tiga parameter, nilai tergantung dari nilai koefisien Skeness

d. Distribusi Gumbel Tipe 1

Untuk menganalisa frekuensi curah hujan dengan metode Gumbel digunakan persamaan sebagai berikut:

$$X_t = \bar{X} + S \cdot \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan:

X_t = curah hujan rencana dengan periode ulang t tahun (mm)

S = standar deviasi

S_n = standart deviasi dari reduksi variat

Y_t = nilai reduksi variat

Y_n = reduksi rata – rata variat

Tabel 2. 3. Nilai Reduced Standart Deviation (S_n) dan Nilai Reduced Mean (Y_n)

N	Y_n	n	Y_n	n	S_n	n	S_n
10	0,4952	30	0,5362	10	0,9496	30	1,1124
11	0,4996	31	0,5371	11	0,9697	31	1,1159
12	0,5035	32	0,5380	12	0,9833	32	1,1193
13	0,5070	33	0,5388	13	0,9971	33	1,1226
14	0,5100	34	0,5396	14	1,0095	34	1,1226
15	0,5128	35	0,5402	15	1,0206	35	1,1255
16	0,5157	36	0,5410	16	1,0316	36	1,1285
17	0,5181	37	0,5418	17	1,0411	37	1,1313
18	0,5202	38	0,5424	18	1,0493	38	1,1339
19	0,5220	39	0,5430	19	1,0565	39	1,1363
20	0,5236	40	0,5436	20	1,0628	40	1,1413
21	0,5252	41	0,5442	21	1,0696	41	1,1436
22	0,5268	42	0,5448	22	1,0754	42	1,1458
23	0,5283	43	0,5453	23	1,0811	43	1,1480
24	0,5296	44	0,5458	24	1,0864	44	1,1499
25	0,5309	45	0,5463	25	1,0915	45	1,1519
26	0,5320	46	0,5468	26	1,0961	46	1,1538
27	0,5332	47	0,5473	27	1,1004	47	1,1557
28	0,5343	48	0,5477	28	1,1047	48	1,1574
29	0,5353	49	0,5481	29	1,1086	49	1,1590

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan (Suripin, 2004)

Tabel 2. 4. Nilai Reduced Variate (Yt)

Periode Ulang T (tahun)	Peluang (%)	Y
1,001	0,999	-1,930
1,11	0,990	-0,834
2	0,500	0,366
2,5	0,400	0,671
3,33	0,300	1,030
4	0,250	1,240
5	0,200	1,510
10	0,100	2,250
20	0,050	2,970
50	0,020	3,900
100	0,010	4,600
200	0,005	5,290
500	0,002	6,210
1000	0,001	6,900

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan (Suripin, 2004)

e. Distribusi Log Pearson III

Parameter distribusi diperoleh dengan menggunakan metoda momen, hasilnya adalah : (Bambang Triatmojo, 2008)

$$\log X_T = \log \bar{X} + \bar{K} \cdot S_{\log x} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan,

X_T = Curah hujan dengan kala ulang t tahun

$\log \bar{X}$ = Harga rata – rata

$S_{\log x}$ = Standart deviasi

K = Koefisien yang harganya tergantung pada nilai kepencengan (C_s) dan return periode (T)

Distribusi ini mempunyai 3 parameter, yaitu:

α = Parameter Skala

β = Parameter Bentuk

γ = Parameter Lokasi

Untuk menghitung variabel acak x dengan periode ulang tertentu, digunakan rumus berikut :

$$X_T = e^{\mu \gamma + K \sigma \gamma}$$

Dengan,

$\mu \gamma$ = Nilai rata – rata dari logaritma sampel data variabel x ($\ln x$)

$\sigma \gamma$ = Nilai simpangan baku dari logaritma sampel data variabel x ($\ln x$)

K = Faktor frekuensi distribusi pearson III

Tabel 2. 5. Faktor Frekuensi Untuk Distribusi Log Pearson Type III

C_s	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,255	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540

Cs	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,055	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	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	2,540
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,166	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan (Suripin, 2004)

2.2.3. Uji Konsistensi Distribusi Frekuensi.

Menurut (Suripin, 2004) bahwa diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi. Berdasarkan hal itu maka ada dua pengujian yang sering dipakai adalah sebagai berikut:

a. Uji Chi – Kuadrat

Uji chi – kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan pengujian ini menggunakan parameter X^2 , uji chi – kuadrat menggunakan nilai X^2 yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$X^2 = \sum_{t=1}^N \frac{(Of-Ef)^2}{Ef} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan,

X^2 = Nilai chi – kuadrat terhitung

Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

Of = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

N = Jumlah sub kelompok dalam satu grup

Tabel 2. 6. Nilai *Chi Kuadrat Kritik*

dk	Distribusi X							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0,00004	0,00016	0,00098	0,00039	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,02	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	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	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,533	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	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	6,625	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,304	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	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,236
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber: Suripin, 2004

b. Uji Smirnov Kolmogrov

Uji kecocokan smirnov kolmogrov juga disebut uji kecocokan non parametric karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, namun dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data pada kertas probabilitas. Dari gambar dapat diketahui jarak penyimpangan setiap titik data terhadap kurva. Jarak penyimpangan terbesar merupakan nilai Δ_{maks} dengan kemungkinan didapat nilai lebih kecil dari nilai Δ_{kritik} , maka jenis distribusi yang dipilih dapat digunakan.

Tabel 2. 7. Nilai Kritik Uji Smirnov Kolmogrov

N	A			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,35	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	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan (Suripin, 2004)

2.2.4. Analisa Intensitas Hujan.

Rumus menghitung intensitas curah hujan (I) menggunakan hasil analisa distribusi frekuensi yang sudah dirata – rata, untuk menghitung intensitas hujan digunakan rumus mononobe sebagai berikut :

$$I_t = \frac{R_t}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan,

R_t = Hujan rencana untuk berbagai kala ulang (mm)

t = Waktu Konsentrasi (jam)

I_t = Intensitas hujan untuk berbagai kala ulang (mm/jam)

2.2.5. Analisa Intensitas Hujan Rencana.

Hujan rencana adalah hujan dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan terjadi di suatu daerah pengaliran. Sedangkan periode ulang merupakan waktu hipotetik di mana suatu kejadian dengan nilai tertentu, hujan rencana misalnya, akan disamai atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk data hujan jangka pendek adalah sebagai berikut:

a. Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots (2.10)$$

b. Metode Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \dots\dots\dots (2.11)$$

c. Metode Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan,

I = Intensitas hujan (mm / jam)

t = Lamanya hujan (jam)

a, b dan n = Konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi di DAS

2.2.6. Debit Banjir Rencana.

Menurut (Suripin, 2004) dalam praktek, perkiraan debit banjir dapat dilakukan dengan beberapa metoda dan debit banjir rencana ditentukan berdasarkan pertimbangan teknis (*engineering judgement*). Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Metode Rasional. Persamaan matematik metode rasional dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$Q_p = 0,2778 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan,

Q_p = Debit rencana (m³/detik)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas curah hujan(mm/jam)

A = Luas daerah aliran (Ha)

a. Koefisien Pengaliran (C)

Menurut (Suripin, 2004) koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk suatu limpasan langsung dengan

intensitas hujan. Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari.

Tabel 2. 8. Koefisien Pengaliran (C)

Karakter Permukaan	Koefisien Aliran (C)
Bisnis	
1. Industri	0, 70 – 0,85
2. Pinggiran	0,50 – 0, 70
Perumahan	
1. Rumah Tunggal	0,30 – 0,50
2. Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
3. Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
4. Perkampungan	0,25 – 0,40
5. Permukiman Padat	0,50 – 0,70
Industri	
1. Ringan	0,50 – 0,80
2. Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan	
1. Aspal dan beton	0, 70 – 0, 95
2. Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Atap	0,75 – 0,95
Halaman , tanah berpasir	
1. Datar 2 %	0,13 – 0,17
2. Rata – rata 2 – 7 %	0, 10 – 0,15
3. Curam 7 %	0, 15 – 0, 20
Halaman kereta api	0, 10 – 0,35
Ruang Terbuka Hijau	0, 20 – 0,30
Taman, perkebunan	0,10 – 0, 35
Hutan	
1. Datar 0 – 5 %	0, 10 – 0,40
2. Bergelombang 5 – 10 %	0, 25 – 0,50
3. Berbukit 10 – 30 %	0,30 – 0,60

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan (Suripin, 2004)

b. Waktu Konsentrasi (t_c)

Menurut (Suripin, 2004) waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi – depresi kecil terpenuhi. Dalam menghitung waktu konsentrasi terdapat beberapa metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi dan salah satunya adalah dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan,

t_c = Waktu konsentrasi (Jam)

L = Panjang saluran utama dari hulu sampai penguras (Km)

S = Kemiringan rata – rata saluran utama (m/m)

Berdasarkan buku (Suripin, 2004) waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen yaitu:

1. Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai saluran terdekat (t_0)
2. Waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran t_d , sehingga

$$t_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana,

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right) \dots\dots\dots (2.16)$$

Dan

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan,

n = Angka manning

S = Kemiringan lahan

L = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

L_s = Panjang lintasan aliran di dalam saluran / sungai (m)

V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

Tabel 2. 9. Tabel Kecepatan Maksimum Yang Diiijinkan

No	Material Asli dimana saluran digali	n	Kecepatan rata – rata (m/detik)	
			Air Jernih	Air Mengangkut Kolloid
1	Pasir halus (koloidal)	0,020	0,457	0,767
2	Lempung kepasiran, non koloidal	0,020	0,533	0,767
3	Slit loam, non koloidal	0,020	0,610	0,914
4	Lempung alluvial, non koloidal	0,020	0,610	1,067
5	Ordinary ferm loam	0,020	0,762	1,067
6	Abu vulkanis	0,020	0,762	1,067
7	Lempung kaku sangat koloidal	0,025	1,143	1,524
8	Lempung alluvial, koloidal	0,025	1,143	1,524
9	Lempung keras	0,025	1,143	1,524

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan (Suripin, 2004)

2.3. Analisa Hidrolika.

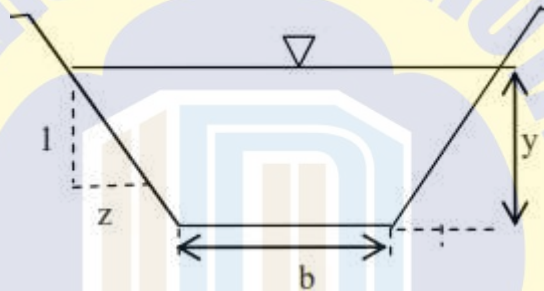
Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini

digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu

2.3.1. Analisa Dimensi Saluran.

Penampang basah yang paling ekonomis untuk menampung debit maksimum (A_e), yaitu :

- a. Saluran bentuk trapesium



Gambar 2. 2. Penampang Melintang Saluran Trapesium

Untuk menghitung luas penampang basah (A_e) dapat digunakan persamaan (2.18), sebagai berikut:

$$A_e = (b + z \cdot y) y \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan ,

A_e = luas penampang basah (m^2)

b = lebar saluran (m)

y = dalamnya air (m)

z = perbandingan kemiringan talud

Untuk menghitung keliling basah (P) dapat digunakan persamaan (2.19), sebagai berikut:

$$P = b + 2y \sqrt{(1 + z^2)} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan,

P = keliling basah saluran (m)

b = lebar saluran (m)

y = dalamnya air (m)

z = perbandingan kemiringan talud

Untuk menghitung jari – jari hidrolis (R) dapat digunakan persamaan (2.20), sebagai berikut:

$$R = \frac{A_e}{P} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan,

R = jari – jari hidrolis (m)

P = keliling basah saluran (m)

A_e = luas penampang basah (m²)

Seorang insinyur Irlandia bernama Robert Manning (1889) mengemukakan sebuah rumus yang akhirnya diperbaiki menjadi rumus yang sangat terkenal sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana n dikenal sebagai koefisien kekerasan Manning. Disini hanya ditampilkan beberapa yang dianggap paling sering dipakai dalam perencanaan praktis.

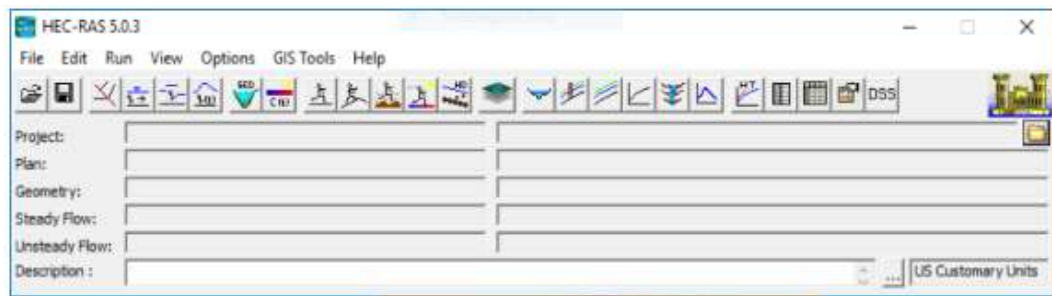
Tabel 2. 10. Kekasaran Manning Untuk Saluran (n)

No.	Tipe Saluran Dan Jenis Bahan	Harga n		
		Min	Normal	Maks
1.	Beton			
	Gorong gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	Gorong gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran / gangguan	0,011	0,013	0,014
	Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	Saluran pembuangan dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2.	Tanah, lurus, dan seragam			
	Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3.	Saluran alam			
	Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	Bersih, berkelok – kelok	0,033	0,040	0,045
	Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	Dataran banjir berumput pendek sampai tinggi	0,025	0,030	0,035
	Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan (Suripin, 2004)

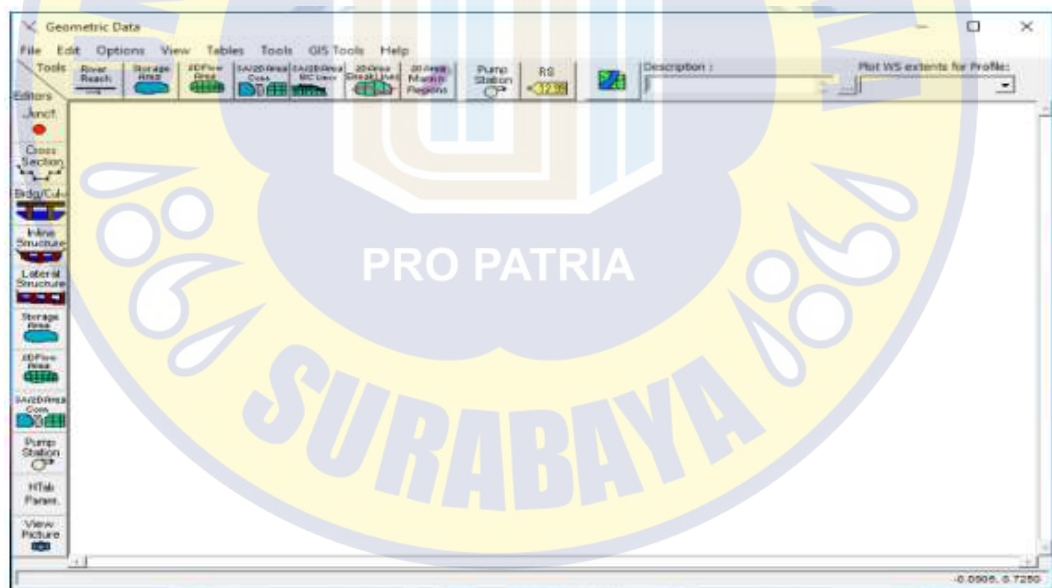
2.3.2. Analisa Permodelan dengan menggunakan HEC – RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System)

Tampilan utama menu Program HEC–RAS yang berbasis windows memberikan fasilitas input, proses dan output data. Fasilitas input terdiri dari atas 3 (tiga) bagian yaitu : *Geometri data*, *Steady Flow Data* dan *Unsteady Flow Data*, sedangkan output terbagi menjadi beberapa bagian *View Cross Section*, *View Profil*, *Rating Curve View*, *3D Multiple Cross Section* dan *Profile Table*.



Gambar 2. 3. Tampilan Utama Program *HEC-RAS*

Untuk memasukkan data geometri dapat dilakukan secara langsung menggambar dalam tampilan menu Geometrik data atau dengan memasukkan data koordinat x,y setiap section trase sungai. Sungai dapat dibagi menjadi beberapa ruas sungai yang dihubungkan dengan Junction.



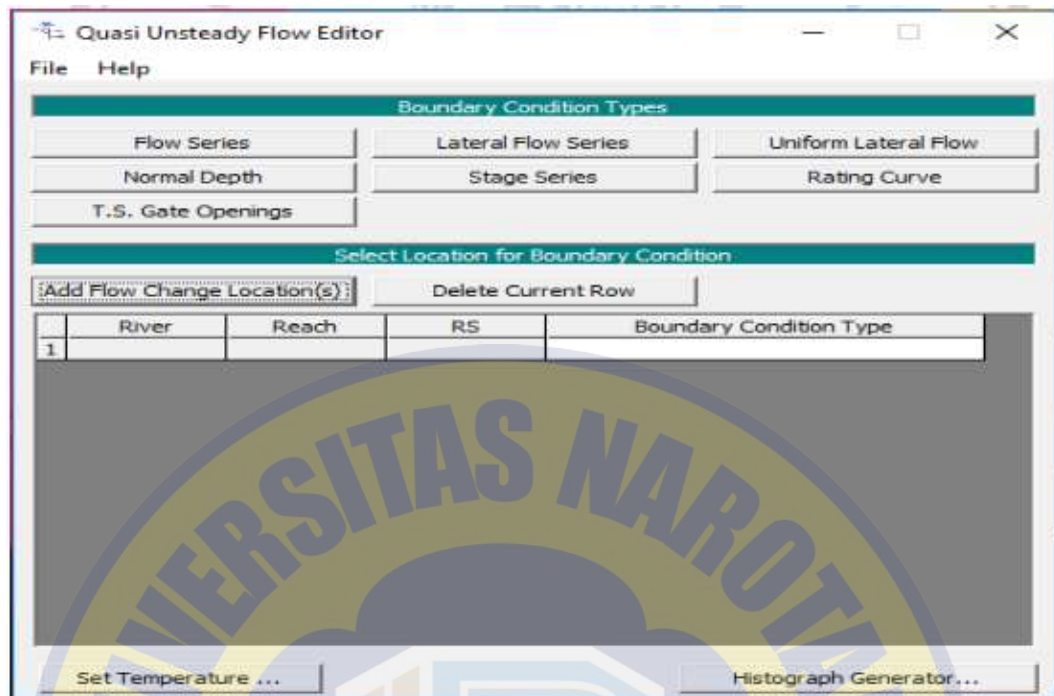
Gambar 2. 4. Tampilan Menu Geomatic Data

Penampang sungai dibagi menjadi 3 (tiga) daerah utama yaitu tanggul kiri (Left of Bank, LOB), Sungai (Channel), dan Tanggul kanan (Right of Bank, ROB). Data karakteristik penampang adalah jarak antar

penampang dan koefisien Manning, karakteristik lain yang perlu dimasukan adalah batas kanan – kiri sungai, koefisien kontraksi dan koefisien ekspansi. Tampilan input data penampang melintang (crosssection) dapat dilihat pada Gambar 2.5. berikut,

Gambar 2. 5. Tampilan Input Data Penampang Melintang

Untuk memasukan data debit pada kondisi aliran tetap (steady flow) dapat dilakukan dengan menggunakan tampilan menu steady flow data (Gambar 2.6). Data yang perlu dimasukan dalam menu ini adalah nama-nama sungai beserta ruasnya (reach), letak posisi station yang berfungsi sebagai Junction, dan data debit masing-masing ruas sungai.



Gambar 2. 6. Tampilan Menu Input Data Aliran Tetap

Input Data, ada 2 bagian input data yaitu :

- a. Data geometri, yaitu trase sungai dan potongan melintang sungai.
- b. Data aliran adalah data debit yang dihitung berdasarkan analisa hidrologi.