

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 STUDI TERDAHULU

Pada Bab Tinjauan Pustaka ini akan dijabarkan mengenai teori teori yang akan digunakan dalam menyelesaikan evaluasi Sistem Drainase Kali Benowo Surabaya. Penjabaran ini diawali dari studi mengenai saluran Kali Benowo agar bisa dilakukan analisa hidrologi yang meliputi pengolahan data hujan, pengujian data, pengambilan metode distribusi yang digunakan hingga perhitungan debit rencana. Setelah didapatkan hasil dari analisa hidrologi, dilanjutkan dengan analisa hidrolika meliputi evaluasi dimensi saluran.

Kali Benowo merupakan saluran pembuang yang terletak di kawasan Jalan Babat Jerawat hingga Jalan Raya Raci Surabaya, termasuk wilayah dibawah pengawasan Dinas PU Pengairan Pemkot Surabaya. Mempunyai panjang ± 2 km, dari saluran mulai dari kawasan Babat Jerawat masih berupa saluran alam, hanya saluran yang berada di kawasan Jalan Raya Sememi sudah terdapat saluran drainase berupa box culvert. Sedangkan saluran sungai dibagian perbatasan dari Jalan Raya Raci mengarah ke Jalan Kauman Baru masih berupa saluran alam yang sebagian tertutup oleh tumbuhan dan mempunyai elevasi dasar yang dangkal serta tanggul yang rendah di bandingkan dengan lokasi pemukiman atau perkampungan yang ada disekitar.

Persoalan penataan sistem drainasenya yang menjadi penyebab utama banjir di wilayah sekitaran Kali Benowo. Banjir yang terjadi tidak hanya di perkampungan tetapi juga melanda perumahan elite salah satunya di Perumahan Pondok Benowo Indah. Di kota Surabaya bagian Barat khususnya di daerah Kecamatan Pakal sistem drainase yang digunakan terbilang masih konvensional,

2.2 ANALISA HIDROLOGI

2.2.1 Data Hujan

Data yang digunakan adalah data pada stasiun hujan Surabaya, Perak I dan Perak II dengan alasan ke 2 stasiun hujan tersebut berdekatan dengan lokasi studi.

2.2.2 Analisa Hujan Rata rata DAS

Metode perhitungan berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan

menggambarkan garis - garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa variasi hujan antara stasiun hujan yang satu dengan lainnya adalah linear dan stasiun hujannya dianggap dapat mewakili kawasan terdekat.

Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien Thiessen. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien Thiessen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut ;

$$C = \frac{A_1}{A_{Total}} = \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

C = Koefisien Thiessen.

A_i = Luas daerah pengaruh dari stasiun pengamatan i (km²).

A_{total} = Luas total dari DAS (km²).

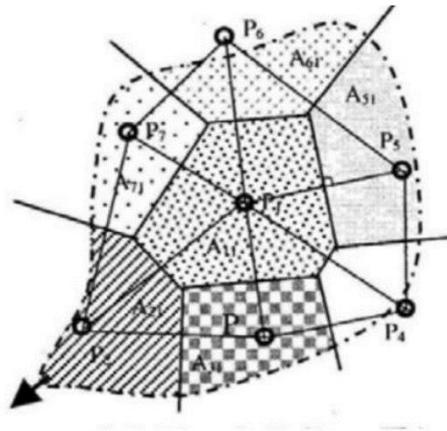
Langkah - langkah metode Thiessen sebagai berikut :

1. Lokasi stasiun hujan di plot pada peta DAS. Antar stasiun dibuat garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah - tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan stasiun yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap stasiun lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada stasiun tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
3. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan luas poligon.
4. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan rumus :

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

keterangan :

- \bar{R} = Curah hujan rata-rata DAS (mm).
- A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pengaruh dari setiap stasiun hujan (km²).
- R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm).
- n = Banyaknya stasiun hujan



Gambar 2.1 : Metode Thiessen Polygon
(Supirin,2004)

2.2.3 Analisa Frekuensi

Curah hujan rencana untuk periode ulang tertentu secara statistik dapat diperkirakan berdasarkan seri data curah hujan harian maksimum tahunan jangka panjang dengan analisa distribusi frekuensi. Curah hujan rencana ini biasanya dihitung untuk periode ulang 2,5,10,20, atau 25 tahun. (E.J.Gumbel 1941)

Untuk mencari distribusi yang cocok dengan data data yang tersedia stasiun hujan yang ada disekitar lokasi, pekerjaan itu perlu analisa frekuensi. Analisa frekuensi dapat dilakukan dengan seri data hujan maupun data debit. Jenis – jenis distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam hidrologi yaitu :

a. Metode E.J Gumbel Type I

Menurut Gumbel (1941) persoalan yang berhubungan dengan harga harga ekstrim adalah datang dari persoalan banjir. Gumbel menggunakan teori teori ekstrim $X_1, X_2, X_3 \dots, X_n$, dimana sampel sampelnya sama besar dan X merupakan variabel berdistribusi eksponensial maka probabilitas kumulatifnya adalah $P(x) = e^{-e^{-\alpha(x-b)}}$ (2.3)

Keterangan :

P(x) = Probabilitas

X = variabel berdistribusi eksponensial

E = bilangan alam 2,7182818

A = konstanta

Waktu balik antara dua buah pengamat konstan yaitu :

$$Tr(x) = \frac{1}{1-P(x)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

Tr(x) = waktu balik

P(x) = probabilitas

Menurut Soemartono (1986) dengan persoalan persoalan pengendalian banjir sehingga lebih mementingkan waktu balik Tr (x) dari pada probabilitas P (X), untuk itu maka :

$$X_r = b - \frac{1}{\alpha} \ln \left(- \ln \frac{Tr(x)-1}{Tr(x)} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Atau

$$Y_T = - \ln \left(- \ln \frac{Tr(x)-1}{Tr(x)} \right) \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Tr(x) = waktu balik

X_T = variate X

Y_T = reduced variate

a, b = konstanta

Chow dalam Soemartono (1986) menyarankan agar variate X yang menggambarkan Hidrologi acak dapat dinyatakan dengan rumus berikut ini :

$$X_T = X + K \cdot S_x \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

X = harga rerata dari harga (mm)

X^T = variate yang di ekstrapolasi yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang pada T tahun (mm)

K = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang (*return periode*) dan tipe distribusi frekuensi.

S_x = standar deviasi

Faktor frekuensi K untuk harga harga ekstrim Gumbel ditulis dengan rumus berikut :

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

Keterangan :

Y_t = *Reduced variate* sebagai fungsi periode ulang T

Y_n = *Reduced mean* sebagai fungsi dari banyaknya data n

S_n = *Reduced standart deviation* sebagai fungsi dari banyaknya data n

Dengan mensubstitusi kedua persamaan diatas diperoleh :

$$X_T = X + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} . S \dots\dots\dots (2.9)$$

b. Distribusi Pearson Tipe III dan Normal

Perhitungan Distribusi Pearson Tipe III dan Normal dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + k.S \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

X = Besarnya suatu kejadian

\bar{X} = Nilai rata rata

S = Standart deviasi

K = Faktor sifat dari Distribusi Pearson Tipe III yang merupakan fungsi dari besarnya Cs dan peluang (lihat Tabel 2.1, untuk nilai k Distribusi Pearson Tipe III). Faktor sifat dari Distribusi normal yang merupakan dari peluang dan periode ulang (lihat Tabel 2.2, Nilai *Variabel Reduksi Gauss*).

Tabel 2.1 Nilai K Distribusi Pearson tipe III dan Log Pearson tipe III

Koef. Kemencengan (CS)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
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	-0,225	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
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	-0,050	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	3,330
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	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-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	1,660	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	0,995	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	0,666	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber : Soewarno, 1995)

Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss nilai k Untuk Distribusi Normal

Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

(Sumber : Soewarno,1995)

c. Distribusi Log Pearson Tipe III dan Log Normal

Perhitungan Distribusi Pearson Tipe III dan Distribusi Normal dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Log } R = \overline{\text{Log } R} + k \cdot \overline{\text{SdLog } R} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

Log R = Logaritma curah hujan untuk periode tertentu

$\overline{\text{Log } R}$ = Harga rata rata dari logaritmik data.

$\overline{\text{SdLog } R}$ = Deviasi standar (*standar deviation*)

K = Faktor dari sifat distribusi Log Pearson Tipe III dan Log normal, yang didapat dari tabel fungsi Cs dan probabilitas kejadian (lihat tabel 2.1 nilai k Log Pearson Tipe III). Dan nilai CV dari tabel k Log Normal (Lihat tabel 2.3, Faktor Frekuensi k untuk Distribusi Log Normal).

Tabel 2.3 Faktor Frekuensi k untuk Distribusi Log Normal

Koef. Variasi (CV)	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	20	50	100
0,0500	-0,0250	0,8334	1,2965	1,6863	2,1341	2,4570
0,1000	-0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	2,2130	2,5489
0,1500	-0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	2,2899	2,2607
0,2000	-0,0971	0,7926	1,3200	1,7911	2,3640	2,7716
0,2500	-0,1194	0,7746	1,3209	1,8183	2,4318	2,8805
0,3000	-0,1406	0,7647	1,3183	1,8414	2,5015	2,9866
0,3500	-0,1604	0,7333	1,3126	1,8602	2,5638	3,0890
0,4000	-0,1788	0,7100	1,3037	1,8746	2,6212	3,1870
0,4500	-0,1957	0,6870	1,2920	1,8848	2,6731	3,2799
0,5000	-0,2111	0,6626	1,2778	1,8909	2,7202	3,3673
0,5500	-0,2251	0,6379	1,2613	1,8931	2,7613	3,4488
0,6000	-0,2375	0,6129	1,2428	1,8915	2,7971	3,5211
0,6500	-0,2185	0,5879	1,2226	1,8866	2,8279	3,3930
0,7000	-0,2582	0,5631	1,2011	1,8786	2,8532	3,3663
0,7500	-0,2667	0,5387	1,1784	1,8677	2,8735	3,7118
0,8000	-0,2739	0,5118	1,1548	1,8543	2,8891	3,7617
0,8500	-0,2801	0,4914	1,1306	1,8388	2,9002	3,8056
0,9000	-0,2852	0,4686	1,1060	1,8212	2,9071	3,8137
0,9500	-0,2895	0,4466	1,0810	1,8021	2,9103	3,8762
1,0000	-0,2928	0,4254	1,0560	1,7815	2,9098	3,9035

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.2.4 Pemeriksaan Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Pemeriksaan kesesuaian distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter, yaitu :

a. Metode Smirnov Kolmogorov

Pengujian distribusi metode Smirnov Kolmogorov didasarkan pada perhitungan probabilitas (peluang) dan plotting data untuk mengetahui data yang mempunyai simpangan terbesar. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Urutkan dan pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing masing data tersebut.
2. Tentukan nilai masing masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
3. Dari dua nilai peluang antara peluang tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
4. Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov Kolmogorov test) tentukan harga.

Apabila :

$D < D_0 \rightarrow$ distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.

$D > D_0 \rightarrow$ distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

(Soewarno 1995).

Tabel 2.4 Nilai Delta Kritis (D_0) Untuk Uji Smirnov Kolmogorov

N	α			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,546	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
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	0,20	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	1,07/n	1,22/n	1.36/n	1,63/n

(Sumber : Soewarno, 1995)

b. Metode Chi Kuadrat

Uji kesesuaian Metode Chi Kuadrat dilakukan dengan terlebih dahulu mencari harga dari parameter parameter sebagai berikut :

1. Mencari nilai X dengan probabilitas 80%, 60%, 40% dan 20% dengan mencari nilai G pada tiap probabilitas dari tabel Log Pearson Type III hubungan antara nilai *Skewness I* dengan probabilitas yang dimaksud.

2. Menghitung nilai X untuk menentukan batas kelas dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + G \cdot S_d \dots\dots\dots (2.12)$$

3. Menentukan jumlah kelas pengamatan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jumlahkelas} = 1 + 3,3 \text{ Log } n \dots\dots\dots (2.13)$$

4. Jumlahkan data pengamatan sebesar tiap tiap sub grup.

5. Jumlahkan data pengamatan distribusi yang digunakan sebesar.

6. Tiap – tiap sub grup hitung nilai $(O_1 - E_1)^2$ dan $\frac{(O_1 - E_1)^2}{E_1}$

7. Jumlahkan seluruh G grup nilai untuk menentukan nilai Chi Kuadrat hitung.

8. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai R = 2 untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai R = 1, untuk distribusi poison)

9. Uji kesesuaian Metode Chi Kuadrat Square menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X^2 = \sum \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

X^2 = harga Chi Kuadrat

O_j = frekuensi terbaca pada kelas yang sama. Nilai syarat distribusi dapat diterima jika $X^2_{\text{hitung}} < X^2_{\text{kritis}}$

E_j = frekuensi (banyaknya pengamatan) yang diharapkan, sesuai dengan pembagian kelasnya (=20% x n)

Tabel 2.5 Nilai Kritis Distribusi Chi Kuadrat

dk	α Derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00003	0,0001	0,0009	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,071	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	14,860

(Lanjutan)

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	17,535	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	6,265	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	31,41	34,170	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	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	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	48,290
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	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber : Soewarno,1995)

2.2.5 Uji Kecocokan Distribusi

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter, yaitu :

1. Uji Chi Kuadrat
2. Uji Smirnov Kolmogorov

Dimana metode terpilih adalah yang mempunyai simpangan minimum. Dengan mengacu pada hasil perhitungan sebagaimana disajikan pada laporan hidrologi berikut disajikan rekapitulasi curah hujan rencana yang terpilih

berdasarkan simpangan terkecil, sehingga akan dipakai pada perhitungan selanjutnya.

2.2.6 Perhitungan Distribusi Hujan

Untuk perhitungan debit dengan menggunakan rumus hidrograf satuan sintesis diperluka data hujan jam-jaman dapat dihitung dengan rumus :

$$R_t = R_0 \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

R_t = Rata rata hujan pada jam ke I

$$R_0 = \left(\frac{R_{24}}{T}\right)$$

T = Lama waktu hujan terpusat (mm)

t = waktu hujan (jam)

Pada jam ke – t menggunakan rumus :

$$R'_t = t \cdot R_t - (t - t) \cdot R_{(t-1)} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

R'_t = tinggi hujan pada jam ke – t (mm)

R_t = rata rata tinggi hujan pada jam ke – t (mm)

t = waktu hujan (jam)

$R_{(t-1)}$ = rata – rata tinggi hujan dari permulaan sampai jam ke – t (mm)

Dalam perhitungan distribusi hujan efektif, perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R = C \cdot R_t \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

R = Tinggi Hujan efektif (mm)

C = Koefisien pengaliran

R_t = Tinggi hujan rencana (mm)

2.2.7 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara air yang mengalir di permukaan tanah dengan air hujan yang jatuh, maka koefisien pengaliran (RunOff) bergantung pada jenis permukaan tanah dan tata guna lahan daerah aliran. Untuk daerah aliran dimana penggunaanya bervariasi, maka koefisiennya merupakan gabungan antara nilai koefisien pengaliran. Dapat dihitung menggunakan persamaan :

2.2.8 Perhitungan Debit (Q) Banjir Rencana

Perhitungan debit rencana sangat diperlukan untuk memperkirakan besarnya debit hujan maksimum yang sangat mungkin pada periode tertentu. Dan metode yang digunakan adalah metode perhitungan Hidrograf metode Nakayasu. Pemilihan hidrograf ini disesuaikan dengan karakteristik daerah pengalirannya, disamping itu hidrograf satuan ini banyak digunakan dalam perhitungan banjir rencana di Indonesia. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_P = \frac{A \times R_0}{3,6 (0,3 \times T_P + T_{0,3})} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

Q_P = Debit puncak banjir (m^3/dt)

A = Luas DAS

T_P = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak menjadi 30% dari debit puncak (jam).

(Sumber : Soemarto 1999)

Untuk mendapatkan T_P dan $T_{0,3}$ digunakan rumus empiris :

Bila $L > 15$ km

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \dots\dots\dots(2.20)$$

Bila $L < 15$ km

$$t_g = 0,21 \times L^{0,70} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$T_P = t_g + 0,8 t_r \dots\dots\dots(2.22)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g \dots\dots\dots(2.23)$$

(Sumber : Soemarto 1999)

Keterangan :

L = Panjang alur sungai (km).

t_g = Waktu Konsentrasi (jam).

t_r = Satuan waktu hujan (diambil 1 jam).

α = Koefisien pembandingan.

Untuk mencari besarnya koefisien pembandingan (α) digunakan :

$\alpha = 2,0$ Untuk pengaliran biasa.

$\alpha = 1,5$ Untuk bagian naik Hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat.

$\alpha = 3,0$ Untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat.

a. Pada kurva naik ($0 < t < T_P$)

$$Q = \left[\frac{t}{T_P} \right]^{2,4} \times Q_P \dots\dots\dots(2.24)$$

b. Pada kurva turun ($T_P < t << T_P + T_{0,3}$)

$$Q = 0,3 \left(\frac{t-T_P}{T_{0,3}} \right) \times Q_P \dots\dots\dots(2.25)$$

c. Pada kurva turun ($T_P + T_{0,3} < t << T_P + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)

$$Q = 0,3 \left(\frac{t-T_P+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right) \times Q_P \dots\dots\dots(2.26)$$

d. Pada kurva turun ($t > T_P + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)

$$Q = 0,3 \left(\frac{t-T_P+0,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right) \dots\dots\dots(2.27)$$

(Sumber : Soemarto 1999)

2.3 ANALISA HIDROLIKA

2.3.1 Kapasitas Saluran

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 untuk ditampung oleh saluran pada kondisi eksisting tanpa terjadi peluapan air. (Anggrahini, 2005)

Kapasitas saluran dihitung berdasarkan rumus :

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot A \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan :

Q = Debit saluran, satuan meter kubik per detik (m^3/det)

n = Koefisien kekerasan Manning.

R = Jari jari hidrolis saluran (m)

I = Kemiringan saluran

A = Luas penampang saluran (m^2)

Tabel 2.7 Koefisien Kekasaran Manning ‘n’ untuk saluran

Tipe Saluran	n
Saluran dari pasangan batu tanpa plengsengan	0.025
Saluran dari pasangan batu dengan pasangan	0.015
Saluran dari Beton	0.017
Saluran alam dengan rumput	0.020
Saluran dari batu	0.025

(Sumber : Chow, 1988)

a. Dimensi Saluran

Nilai – nilai yang dibutuhkan pada perhitungan kapasitas saluran dengan menggunakan rumus manning, adalah :

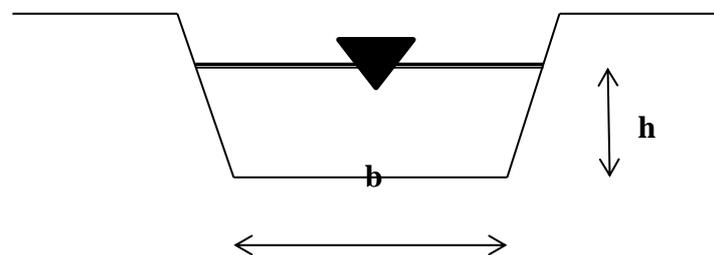
- a. Luas penampang basah saluran (A)
- b. Keliling basah saluran (P)

Keliling basah saluran adalah panjang basah saluran melintang yang terendam air atau panjang garis pertemuan antara cairan dan batas penampang melintang saluran tegak lurus arah aliran.

- c. Jari – jari hidrolis saluran (R)

Jari – jari hidrolis adalah perbandingan antara luas penampang basah saluran (A) dengan keliling basah saluran (P)

Untuk perencanaan sistem drainase Kali Benowo menggunakan saluran berpenampang Trapesium. Perencanaan saluran terbuka berpenampang Trapesium dengan berpenampang seperti Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Penampang saluran Trapesium

Rumus – rumus yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut :

$$A = (b + m.h) . h \dots\dots\dots(2.29)$$

$$P = b + 2 h (m^2 + 1)^{0,5} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b+m .h) .h}{b+2 h .(m^2+1)^{0,5}} \dots\dots\dots(2.31)$$

Keterangan :

- A = Luas penampang saluran (m²)
- b = Lebar saluran (m)
- h = Tinggi saluran (m)
- P = Penampang basah saluran (m)
- R = Jari- jari hidrolis dari penampang saluran (m)

b. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai ke permukaan air pada kondisi perencanaan.

Tabel 2.8 Tinggi Jagaan Minimum untuk Saluran dari Tanah dan Pasangan

Komponen	Tinggi jagaan (m)
Saluran Tersier	0.10 – 0.20
Saluran Sekunder	0.20 – 0.40
Saluran Premier	0.40 – 0.60
Saluran <i>basin drainage</i>	1.00

(Sumber :Drainase Perkotaan-Permen PU,2014)

2.3.2 Analisa Pemodelan

Analisa hidrolika dalam pengerjaannya dilakukan dengan program bantu yang digunakan untuk analisa hidrolika. Program bantu ini menggunakan asumsi dua jenis aliran *Steady* dan *Unsteady* dan akan memberikan dan akan memberikan desain hasil kalkulasi analisa hidrolika tersebut :

Dan data input yang harus dimasukkan untuk melakukan analisa hidrolika menggunakan program bantu adalah:

1. Data geometrik sungai yang ditinjau (koordinat x,y untuk potongan memanjang, penampang melintang).
2. Koefisien Manning.

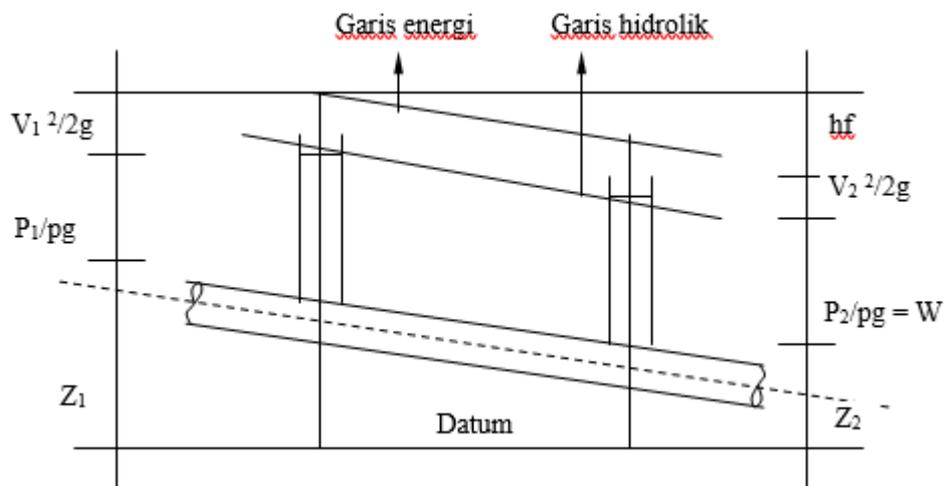
3. Data aliran (debit tiap titik penampang) dan output dari analisa program bantu adalah :
 - a. Elevasi muka air di sepanjang aliran
 - b. Profil aliran yang ditinjau.

Ada dua jenis asumsi yaitu aliran steady dan unsteady. Aliran steady adalah aliran yang kecepatan (v) tidak berubah (constant) selama selang waktu tertentu, sedangkan aliran unsteady adalah aliran yang memiliki parameter aliran selalu berubah selama selang waktu tertentu.

Prinsip dasar perhitungann yang dilakukan dalam aliran steady dan aliran unsteady adalah sebagai berikut

1. Persamaan energi

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots \dots \dots (2.32)$$



Gambar 2.2 : Persamaan Energi

Keterangan :

- Z_1, Z_2 = Elevasi dasar saluran
- Y_1, Y_2 = Tinggi air dalam saluran
- V_1, V_2 = Kecepatan rata rata
- a_1, a_2 = Koefisien kecepatan
- h_e = Kehilanga energi

2. Persamaan Kontiunitas

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \sum Q_m - \sum Q_{out}$$

Terjadi perbedaan hasil pada aliran steady dan unsteady. Jika pada aliran steady, debit yang masuk akan sama dengan debit yang keluar. Sedangkan

untuk aliran unsteady, debit yang masuk akan berbeda dengan debit yang keluar.

3. Persamaan Momentum

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + g \cdot A \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 00$$

(Suber : *Hec-Ras 4.1.0 Reference Manual*)

2.4 Langkah Pengendalian Banjir dengan cara Normalisasi Sungai

Jenis normalisasi sungai berdasarkan pekerjaan dilakukan dibagi menjadi 2 yaitu :

a. Normalisasi dengan cara memperlebar penampang sungai

Langkah ini dapat dilakukan jika daerah sekitar sungai masih memiliki lahan yang cukup. Artinya tidak mengganggu tata guna lahan yang ada.

b. Menambah kedalaman sungai

Langkah ini dimaksudkan menambah kapasitas sungai dengan memperdalam sungai dari kedalaman awal.