

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. TINJAUAN UMUM

Banyak faktor menjadi penyebab terjadinya banjir. Secara umum, penyebab banjir dapat dikategorikan menjadi dua hal, yaitu karena sebab-sebab alami dan karena disebabkan tindakan manusia :

- Sebab alami
 - ❖ Curah Hujan
 - ❖ Pengaruh Fisiografi
 - ❖ Erosi dan sedimentasi
 - ❖ Kapasitas sungai
 - ❖ Kapasitas drainase yang tidak memadai
 - ❖ Pengaruh air pasang
- Sebab tindakan manusia
 - ❖ Perubahan kondisi Daerah Pengaliran Sungai (DPS)
 - ❖ Kawasan kumuh
 - ❖ Sampah
 - ❖ Drainase lahan
 - ❖ Bendung dan bangunan air
 - ❖ Kerusakan bangunan pengendali banjir
 - ❖ Perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat

Alur sungai termasuk tanah di bantaran sungai mengalami dampak langsung akibat pengaruh-pengaruh di atas sehingga mengalami perubahan bentuk. Perubahan bentuk yang ada dapat secara horisontal (gerusan tebing, tikungan luar sungai yang berbelok) dan secara vertikal (sedimentasi tinggi sehingga sungai mengalami degradasi/agradasi).

Untuk mengatasi kejadian tersebut di atas, diperlukan adanya normalisasi sungai untuk mengoptimalkan kembali fungsi sungai.

2.2. BATASAN DAN PENGERTIAN

Untuk memudahkan pemahaman mengenai uraian dalam Tugas Akhir ini, perlu diketahui beberapa batasan dan pengertian istilah yang digunakan.

2.2.1. Sungai

Sungai adalah tempat atau wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai dengan muara dengan dibatasi kanan kirinya dan sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan (*PP No.35, 1991*).

2.2.1.1. Daerah Pengaliran Sungai (DPS)

Daerah pengaliran sungai adalah suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah dimana air meresap dan atau mengalir melalui sungai dan anak-anak sungai yang bersangkutan (*PP No.22, 1982*).

2.2.1.2. Wilayah Sungai

Wilayah sungai adalah kesatuan wilayah tata pengairan sebagai hasil pengembangan satu atau lebih daerah pengaliran sungai (*Rancangan PP tentang sungai tahun 1987*).

2.2.1.3. Bantaran Sungai

Bantaran sungai adalah lahan di kedua sepanjang palung sungai dihitung dari tepi sampai dengan kali tanggul sebelah dalam (*Rancangan PP tentang sungai tahun 1987*).

2.2.1.4. Garis Sempadan Sungai

Garis sempadan sungai adalah garis batas luar pengaman sungai dihitung kira-kira 5 meter (atau dapat diambil dengan ketentuan lain) dari luar kaki tanggul untuk sungai yang mempunyai tanggul, dan dengan ketentuan tersendiri untuk sungai yang tidak bertanggul (*Rancangan PP tentang sungai tahun 1987*).

2.2.1.5. Daerah Sempadan Sungai

Daerah sempadan sungai adalah lahan yang dibatasi oleh garis sempadan dengan kaki tanggul sebelah luar atau antara garis sempadan dan tebing untuk sungai yang tidak bertanggul (*Rancangan PP tentang sungai tahun 1987*).

2.2.1.6. Daerah Penguasaan Sungai

Daerah penguasaan sungai adalah daerah yang meliputi dataran banjir, daerah retensi banjir, bantaran atau daerah sempadan yang tidak dibebaskan (*PP No.35, 1991*).

2.2.1.7. Daerah Manfaat Sungai

Daerah manfaat sungai adalah daerah yang meliputi mata air, palung sungai dan daerah sempadan sungai yang telah dibebaskan (*PP No.35, 1991*).

2.2.2. Pengendalian Aliran Sungai

Pengendalian aliran sungai dapat dilakukan dengan membangun bangunan pengendali di sungai atau memperbaiki dan menormalisasi sungai untuk memperoleh aliran sungai yang lebih stabil dalam jangka waktu yang lebih panjang.

2.2.3. Pemeliharaan Alur Sungai

Pemeliharaan alur sungai dimaksudkan untuk menjamin kelestarian fungsi sungai dan kelestarian fungsi bangunan sungai. Perubahan alur sungai dapat secara vertikal maupun horizontal akibat pengaruh alam maupun tindakan manusia.

2.2.4. Banjir dan Pengendaliannya

Kecerobohan manusia yang melakukan tindakan-tindakan seperti penggundulan hutan, pembukaan lahan tanpa memperhatikan konservasi lahan telah menyebabkan berkurangnya air yang meresap ke dalam tanah sehingga meningkatkan aliran permukaan (*run off*) yang akhirnya mengakibatkan erosi dan banjir.

Pengendalian banjir dapat dilakukan secara teknis dan non teknis.

Secara teknis, pengendalian banjir dapat dilakukan dengan :

- ❖ Pembuatan bendungan untuk menampung dan mengelola distribusi aliran sungai.
- ❖ Pembuatan kolam penampungan untuk menyimpan sementara debit sungai sehingga debit banjir puncak dapat dikurangi.
- ❖ Pembuatan tanggul sungai untuk menahan air banjir di palung sungai sebagai pelindung bagi daerah sekitarnya.
- ❖ Pembangunan saluran *by pass* untuk mengalihkan aliran air banjir.
- ❖ Sistem pengerukan atau normalisasi alur sungai.
- ❖ Sistem drainase khusus untuk memindahkan air dari daerah rawan banjir dengan beberapa cara diantaranya seperti pemompaan.

Secara non teknis, pengendalian banjir dapat dilakukan dengan :

- ❖ Pengelolaan DPS untuk mengurangi limpasan air hujan DPS.
- ❖ Kontrol pengembangan daerah genangan termasuk peraturan penggunaan lahannya.
- ❖ Konstruksi gedung atau bangunan dibuat tahan banjir dan tahan air.
- ❖ Sistem peringatan dan peramalan banjir.
- ❖ Rencana asuransi nasional atau perorangan menghadapi musibah banjir.

- ❖ Rencana gerakan siap siaga dalam keadaan darurat banjir.
- ❖ Pengoperasian cara kerja pengendalian banjir.
- ❖ Partisipasi masyarakat.
- ❖ Penegakan hukum (*Law Enforcement*).

2.3. ANALISIS HIDROLOGI

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomena*), seperti besarnya : curah hujan, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai dan lain - lain akan selalu berubah terhadap waktu.

Debit rencana adalah debit yang dijadikan dasar perencanaan, yaitu besarnya debit banjir dalam periode ulang tertentu (Q_{Th}). Yang dimaksud dengan debit banjir periode ulang tertentu adalah debit banjir yang rata – rata terjadi satu kali dalam T tahun. Untuk mendapatkan debit banjir rencana dapat dilakukan melalui dua cara yaitu melalui pengolahan data debit dan melalui pengolahan data hujan.

Data curah hujan didapatkan dari stasiun hujan yang tersebar di daerah pengaliran sungai. Data yang tercatat merupakan data curah hujan harian, yang kemudian akan diolah menjadi data curah hujan harian maksimum tahunan. Baru setelah itu diubah menjadi debit banjir rencana periode ulang tertentu.

Data curah hujan ini lebih lengkap dibandingkan dengan data debit, sebab agar dapat menggunakan data debit harus tersedia *rating curve* yang dapat mencakup debit banjir saat muka air banjir rendah sampai dengan maksimum. Pengukuran tinggi muka air banjir dan kecepatan air banjirnya dilakukan per segmen dalam suatu penampang melintang sungai (*cross section*). Hal ini sangat sulit dilakukan dalam prakteknya dan membutuhkan waktu yang lama serta biaya yang tidak sedikit, antara lain : petugas pencatat seringkali mengalami kesulitan pembacaan *peilschale* dalam pengukuran ketinggian muka air banjir pada saat banjir terlalu tinggi/terlalu deras, perlu adanya konstruksi jembatan, dan terkadang sukar memprediksi kapan waktu terjadi banjir sehingga terkadang *timing* pengukuran tidak tepat. Selain itu untuk daerah yang belum berkembang dimana peralatan minimal, sangat sulit untuk melakukan pengukuran elevasi muka air dan kecepatan saat banjir.

Data debit banjir yang terukur tersebut sahnya harus 20 tahun, namun kendalanya adalah data debit tersebut terkadang tidak lengkap, mahal biayanya dan sulit dilaksanakan. Bagian tempat pengamatan yang memiliki tekanan yang tinggi

atau bagian kecepatan aliran yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya kesalahan pengukuran permukaan air yang tinggi dan juga alat tersebut mudah menjadi rusak oleh aliran.

Dari pencatatan tinggi muka air banjir di atas, dibuat menjadi kurva hubungan antara tinggi muka air dengan debit banjir. Sehingga dapat dicari besarnya debit banjir dari ketinggian air tertentu. Selain diperlukan *rating curve* untuk mengubah data debit menjadi debit banjir, harus pula didukung oleh data yang menerus yang bisa diperoleh dari AWLR.

Sehubungan data yang didapatkan adalah data debit harian, maka digunakan pengolahan data debit harian menjadi debit harian maksimum tahunan. Dari data debit harian maksimum tahunan ini, kemudian dilakukan pemilihan distribusi, dimana dapat diolah dengan dua cara yaitu cara analisis dan cara grafis. Cara analisis menggunakan perbandingan parameter statistik untuk mendapatkan jenis sebaran (distribusi) yang sesuai. Cara grafis adalah dengan mengplot di kertas probabilitas. Plotting ini kemudian harus dicek dengan melakukan uji keselarasan *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorov*.

2.3.1. Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana ini ditujukan untuk mengetahui besarnya debit banjir maksimum dalam periode ulang tertentu yang nantinya dipergunakan untuk perhitungan debit banjir rencana.

Dalam perhitungan analisa debit banjir rencana dilakukan analisis frekuensi, jenis sebaran, pemilihan jenis sebaran (distribusi) serta uji keselarasan.

2.3.1.1. Analisis Frekuensi

2.3.1.1.1. Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan adalah :

- ❖ Koefisien *Skewness* (C_s), adalah nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi
- ❖ Koefisien Kurtosis (C_k), adalah nilai yang digunakan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.
- ❖ Koefisien Variasi (C_v), adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata – rata hitung suatu distribusi.

2.3.1.1.2. Pengukuran Dispersi

Pada kenyataannya tidak semua varian dari suatu variable hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya. Variasi atau *dispersi* adalah besarnya derajat dari sebaran varian di sekitar nilai rata - ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran *dispersi*.

Adapun cara pengukuran *dispersi* antara lain :

1) Standar Deviasi (S)

$$\text{Rumus: } S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.1)$$

(Soewarno, Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data. Jilid I)

dimana : S = standar deviasi.

X_i = nilai varian ke i.

\bar{X} = nilai rata-rata varian

n = jumlah data

2) Koefisien Skewness (Cs)

$$\text{Rumus : } C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum \left(\frac{\log X_i - \log X_{rt}}{S} \right)^3 \dots\dots\dots(2.2)$$

(Soewarno, Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data. Jilid I)

dimana : C_s = koefisien *skewness*.

X_i = nilai varian ke i.

\bar{X} = nilai rata-rata varian.

n = jumlah data.

S = standar deviasi.

3) Pengukuran Kurtosis

$$\text{Rumus : } C_K = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} \dots\dots\dots(2.3)$$

(Soewarno, Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data. Jilid I)

dimana : C_K = koefisien kurtosis.

X_i = nilai varian ke i.

\bar{X} = nilai rata-rata varian.

n = jumlah data.

S = standar deviasi.

4) Koefisien Variasi (C_v)

Rumus : $C_v = \frac{S}{\bar{X}}$ (2.4)

(Soewarno, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data. Jilid I*)

dimana : C_v = koefisien variasi.

\bar{X} = nilai rata-rata varian.

Dari nilai-nilai di atas, kemudian dilakukan pemilihan jenis sebaran yaitu dengan membandingkan koefisien distribusi dari metode yang akan digunakan.

2.3.1.2. Jenis – Jenis Sebaran (Distribusi)

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi. Dalam kajian ini digunakan beberapa jenis distribusi yang kemudian dipilih salah satu distribusi mana yang memenuhi syarat. Distribusi tersebut diantaranya adalah :

- 1) Distribusi *Gumbel*
- 2) Distribusi Log Normal
- 3) Distribusi *Log Pearson Type III*

2.3.1.2.1. Metode Distribusi *Gumbel*

Rumus yang dipakai (Sosrodarsono, 1983) :

$RT = R + k * SD$ (2.5)

Faktor frekuensi k didapatkan dengan menggunakan rumus :

$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$ (2.6)

$Y_t = -\ln \left[-\ln \frac{(T-1)}{T} \right]$ (2.7)

dimana : R_t = debit banjir rencana periode ulang t tahun (m^3/det).

R = debit rata-rata (m^3/det).

k = faktor frekuensi.

SD = standar deviasi.

Y_t = *reduced variate*.

Y_n = *reduced mean*.

S_n = *reduced standard deviation.*

n = jumlah tahun pengamatan.

T = periode ulang.

Tabel 2.1. Hubungan *Reduced Mean (Yn)* dengan Jumlah Data (n)

n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n
10	0,4592	33	0,5388	56	0,5505	79	0,5567
11	0,4996	34	0,5396	57	0,5511	80	0,5569
12	0,5053	35	0,5402	58	0,5518	81	0,557
13	0,507	36	0,541	59	0,5518	82	0,5572
14	0,51	37	0,5424	60	0,5521	83	0,5574
15	0,5128	38	0,543	61	0,5524	84	0,5576
16	0,5157	39	0,543	62	0,5527	85	0,5578
17	0,5181	40	0,5436	63	0,553	86	0,558
18	0,5202	41	0,5442	64	0,5533	87	0,5581
19	0,522	42	0,5448	65	0,5535	88	0,5583
20	0,5236	43	0,5453	66	0,5538	89	0,5585
21	0,5252	44	0,5458	67	0,554	90	0,5586
22	0,5268	45	0,5463	68	0,5543	91	0,5587
23	0,5283	46	0,5468	69	0,5545	92	0,5589
24	0,5296	47	0,5473	70	0,5548	93	0,5591
25	0,5309	48	0,5477	71	0,555	94	0,5592
26	0,532	49	0,5481	72	0,5552	95	0,5593
27	0,5332	50	0,5485	73	0,5557	96	0,5595
28	0,5343	51	0,5489	74	0,5557	97	0,5596
29	0,5353	52	0,5493	75	0,5559	98	0,5598
30	0,5362	53	0,5497	76	0,5561	99	0,5599
31	0,5371	54	0,5501	77	0,5563	100	0,56
32	0,538	55	0,5504	78	0,5565	-	-

Sumber: Soewarno, *Hidrologi jilid 1*

Tabel.2.2. Hubungan *Reduced Standart Deviasi (Sn)* dengan Jumlah Data (n)

n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
10	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,1930
11	0,9676	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9933	35	1,1285	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,0316	39	1,1388	62	1,1770	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,1980
18	1,0491	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0626	43	1,1480	66	1,1814	89	1,2001
21	1,0696	44	1,1499	67	1,1824	90	1,2007
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013
23	1,0811	46	1,1536	69	1,1844	92	1,2020
24	1,0864	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0915	48	1,1574	71	1,1863	94	1,2032
26	1,0961	49	1,1590	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1623	74	1,1890	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1638	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1658	76	1,1906	99	1,2060
31	1,1159	54	1,1667	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1681	78	1,1923	-	-

Sumber: Soewarno, *Hidrologi jilid 1*

Tabel 2.3. Hubungan antara Periode Ulang(T) dengan *Reduced Variate (Y_t)*

Periode Ulang	<i>Reduced Variate</i>
0	0,3665
5	1,4999
10	2,2052
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

Sumber: Soewarno, *Hidrologi jilid 1*

2.3.1.2.2. Metode Distribusi Log Normal

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode ini adalah sebagai berikut (*Soewarno, Jilid 1, 1995*) :

$$\log X_t = \log X_{rt} + S * K_t \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana :

X_t = besarnya debit banjir yang mungkin terjadi dengan periode ulang T tahun (m^3/det).

X_{rt} = debit rata – rata (m^3/det).

S = standar deviasi data debit maksimum tahunan.

K_t = standar variabel untuk periode ulang T tahun yang besarnya diberikan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Standart Variable (K_t)

T	K_t	T	K_t	T	K_t
1	-1,86	20	1,89	90	3,34
2	-0,22	25	2,10	100	3,45
3	0,17	30	2,27	110	3,53
4	0,44	35	2,41	120	3,62
5	0,64	40	2,54	130	3,70
6	0,81	45	2,65	140	3,77
7	0,95	50	2,75	150	3,84
8	1,06	55	2,86	160	3,91
9	1,17	60	2,93	170	3,97
10	1,26	65	3,02	180	4,03
11	1,35	70	3,08	190	4,09
12	1,43	75	3,60	200	4,14
13	1,50	80	3,21	221	4,24
14	1,57	85	3,28	240	4,33
15	1,63	90	3,33	260	4,42

Sumber : *CD Soemarto, 1999*

Tabel 2.5. Koefisien untuk Metode Sebaran Log Normal

Cv	Periode Ulang T tahun					
	2	5	10	20	50	100
0,0500	-0.2500	0.8334	1.2965	1.6863	2.1341	2.4370
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	2.6607
0,2000	-0.0971	0.7926	1.3200	1.7911	2.3640	2.7716
0,2500	-0.1194	0.7748	1.3209	1.8183	2.4348	2.8805
0,3000	-0.1406	0.7547	1.3183	1.8414	2.5316	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	2.6734	3.2109
0,5000	-0.2111	0.6626	1.2778	1.8909	2.7202	3.3673
0,5500	-0.2251	0.6129	1.2513	1.8931	2.7615	3.4488
0,6000	-0.2375	0.5879	1.2428	1.8916	2.7974	3.5241
0,6500	-0.2485	0.5879	1.2226	1.8866	2.8279	3.5930
0,7000	-0.2582	0.5631	1.2011	1.8786	2.8532	3.6568
0,7500	-0.2667	0.5387	1.1784	1.8577	2.8735	3.7118
0,8000	-0.2739	0.5184	1.1584	1.8543	2.8891	3.7617
0,8500	-0.2801	0.4914	1.1306	1.8388	2.9002	3.8056
0,9000	-0.2852	0.4886	1.1060	1.8212	2.9071	3.8437
0,9500	-0.2895	0.4466	1.0810	1.8021	2.9102	3.8762
1,000	-0.2929	0.4254	1.0560	1.7815	2.9098	3.9036

Sumber : Soewarno, Jilid I, 1995

2.3.1.2.3. Metode Distribusi Log Pearson Type III

Metode Distribusi Log Pearson Type III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (C.D. Soewarto, 1999) :

$$\text{Log}X_t = \text{Log}X_r + k * S \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana :

- X_t = debit banjir rencana (m³/det).
- X_r = debit rata-rata (m³/det).
- k = koefisien untuk distribusi Log Pearson Type III.
- S = standar deviasi.

Langkah-langkah didalam menggunakan Metode Distribusi Log Pearson Type III adalah sebagai berikut :

1. Mengubah data debit sebanyak n buah X₁, X₂, X₃, X_n menjadi log (X₁), log (X₂), log (X₃), , log (X_n).

2. Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus :

$$\log X = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana : $\log X$ = harga rata-rata logaritmik.

n = jumlah data.

X_i = nilai debit maksimum tahunan (m^3/det).

3. Menghitung harga standar deviasinya dengan rumus berikut :

$$S_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \log(X)\}^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana : S_t = standar deviasi.

4. Menghitung koefisien *Skewness* dengan rumus :

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \sum \left(\frac{\log X_i - \log X_{rt}}{S} \right)^3 \dots\dots\dots(2.12)$$

5. Menghitung logaritma debit banjir rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus :

$$\log X_T = \log X + G * S_1 \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana : X_T = debit banjir rencana periode ulang T tahun (m^3/det).

G = harga yang diperoleh berdasarkan nilai C_s yang didapat.

6. Menghitung koefisien Kurtosis (C_k) dengan rumus :

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \log(X)\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_1^4} \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana : C_k = koefisien kurtosis.

7. Menghitung koefisien Variasi (C_v) dengan rumus :

$$C_v = \frac{S_1}{\log(X)} \dots\dots\dots(2.15)$$

dimana : C_v = koefisien variasi.

Tabel 2.6. Harga K untuk Distribusi Log Pearson Type III

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	13	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,3986	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	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,3269	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,262	2,482	3,950
-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	1,488	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	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,089	1,197	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	1,959	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 : CD Soemarto, 1999

2.3.1.3. Pemilihan Jenis Sebaran

Pemilihan jenis sebaran dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan metode analitis dan metode grafis.

❖ Metode Analitis

Metode analitis yaitu dengan memperbandingkan parameter statistik untuk menentukan jenis sebaran yang sesuai dengan kriteria yang dipersyaratkan.

Untuk memilih jenis sebaran, ada beberapa macam distribusi yang sering dipakai yaitu :

1) Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata – rata tahunan. Distribusi tipe normal, mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $C_S = 0$ dan $C_K = 3$.

2) Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi Normal yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X . Distribusi ini dapat diperoleh juga dari distribusi *Log Pearson Type III* apabila nilai koefisien kemencengan $C_S = 0$. Distribusi tipe Log Normal mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $C_S = 3 C_V + C_V^3$.

Syarat lain distribusi sebaran Log Normal $C_V \sim 0,06$, $C_K = C_V^8 + 6 C_V^6 + 15 C_V^4 + 16 C_V^2 + 3$.

3) Distribusi Gumbel I

Distribusi Tipe I *Gumbel* atau Distribusi Ekstrim Tipe I digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Distribusi Tipe I *Gumbel* mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $C_S = 1,139$.

4) Distribusi Log Pearson Type III

Distribusi *Log Pearson Type III* atau Distribusi Ekstrim Tipe III digunakan untuk analisis variable hidrologi dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (*low flows*). Distribusi *Log Pearson Type III*, mempunyai koefisien kemencengan (*Coefficient of skewness*) atau $C_S \neq 0$ dan $C_V \sim 0,3$.

Setelah pemilihan jenis sebaran dilakukan maka prosedur selanjutnya yaitu mencari debit banjir rencana periode ulang 25 tahun.

Tabel 2.7. Kriteria Penentuan Jenis Sebaran

Jenis sebaran	Kriteria
Log Normal	$C_s = 3 C_v + C_v^3$ $C_v \sim 0,06$
<i>Log pearson Type III</i>	$C_s \neq 0$ $C_v \sim 0,3$
<i>Gumbel</i>	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$

Sumber : CD Soemarto, 1999

❖ Metode Grafis

Metode grafis yaitu *plotting* data dengan kertas probabilitas. Sebelum menentukan distribusi yang mana yang cocok, perlu dilakukan *plotting* data dan uji kecocokan sebaran.

Data harus diurutkan dahulu, dari kecil ke besar baru dilakukan penggambaran pada masing – masing kertas probabilitas. Penggambaran posisi (*plotting positions*) yang dipakai adalah cara yang dikembangkan oleh *Weinbull* dan *Gumbel*, yaitu :

$$P(X_m) = \frac{m}{n+1} * 100\% \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana :

P (X_m) = data sesudah dirangking dari kecil ke besar

m = nomor urut

n = jumlah data

Dari pengeplotan tersebut dapat ditarik garis yang mewakili titik yang diplotting hingga dapat mendekati garis regresi. Data yang mendekati garis regresi inilah yang sesuai dan terpilih. Selanjutnya hasil plotting yang sesuai akan dicek kebenarannya dengan metode *smirnov-kolmogorof* dan *chi-kuadrat*.

Setelah dilakukan plotting data pada kertas probabilitas *Gumbel*, Log Normal dan *Log Pearson Type III* kemudian dihitung besarnya debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Dalam kertas probabilitas titik-titik *plotting* merupakan nilai P = m/(n+1) sedangkan garis lurus merupakan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu ($X_t = X_{rt} + k.S$). *Plotting* data dilakukan pada kertas probabilitas Log Normal, *Gumbel* dan *Log Pearson Type III* bertujuan untuk mencocokkan rangkaian

data dengan jenis sebaran yang dipilih, dimana kecocokan dapat dilihat dengan persamaan garis yang membentuk garis lurus. Perhitungan periode ulang dapat dilihat dibawah ini.

1) Metode *Gumbel*

$$X_t = \bar{X}_n + k \times S \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

k = faktor frekuensi untuk periode ulang T

$$k = \left(\frac{Y - Y_n}{S_n} \right) \dots\dots\dots (2.18)$$

X_t = debit banjir rencana untuk periode ulang T (m³/det).

\bar{X}_n = debit rata – rata (m³/det).

S = standar deviasi

S_n = standar deviasi ke n

Y = koefisien untuk distribusi *Gumbel*.

Y_n = koefisien untuk distribusi *Gumbel* ke n

2) Metode Log normal

$$\text{Log}X_t = (\text{Log}\bar{X}_n) + K \times S \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

- Harga K untuk setiap harga Cs diambil dari tabel.
- $\text{Log}X_t$ adalah logaritma besarnya debit yang mempunyai interval pengulangan atau kemungkinan prosentase yang sama.

3) Metode *Log Pearson Type III*

$$\text{Log}X_t = \text{Log}\bar{X}_n + k \times S \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

X_t = debit rencana periode ulang T (m³/det).

\bar{X}_n = harga tengah (*mean*)

k = faktor frekuensi (dari tabel)

S = penyimpangan standar (standar deviasi)

2.3.1.4. Uji Keselarasan

Untuk menentukan pola distribusi dan debit rata – rata yang paling sesuai dengan beberapa metode distribusi statistik yang telah dilakukan maka dilakukan uji keselarasan. Pada tes ini biasanya yang diamati adalah hasil perhitungan yang diharapkan. Ada dua jenis uji keselarasan (*Goodness of fit tes*), yaitu :

❖ *Chi Square (Chi-kuadrat).*

❖ *Smirnov Kolomogrof.*

2.3.1.4.1. Uji *Chi-Square*

Uji *Chi-Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2Cr yang dihitung dengan rumus :

$$X^2Cr = \sum_{i=1}^G \frac{(Ef - Of)^2}{Ef} \dots\dots\dots(2.21)$$

(Soemarno, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data. Jilid I*)

dimana :

X^2Cr = harga *chi-kuadrat*.

Ef = banyaknya frekuensi yang diharapkan.

Of = frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama.

n = jumlah data.

Prosedur yang digunakan dalam *chi-kuadrat* adalah :

- a. Urutkan data pengamatan dari yang terbesar ke yang terkecil atau sebaliknya.
- b. Hitung jumlah kelas yang ada yaitu $Nc = 1 + 1,33 \ln(n)$.
- c. Dalam pembagian kelas disarankan agar dalam masing-masing kelas terdapat minimal tiga buah data pengamatan.
- d. Tentukan derajat kebebasan (Dk) = $G - P - 1$ (nilai $P = 2$ untuk distribusi normal dan binomial, untuk distribusi *poisson* dan *Gumbel* nilai $P = 1$).
- e. Hitung n .
- f. Nilai Ef = jumlah data (n)/Jumlah kelas.
- g. Tentukan nilai Of untuk masing-masing kelas.
- h. Jumlah G *Sub-group* $\frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$ untuk menentukan nilai *Chi-kuadrat*.

i. Didapat nilai X_2 , harus $< X_2$ CR.

Dapat disimpulkan bahwa setelah diuji dengan *Chi - kuadrat* pemilihan jenis sebaran memenuhi syarat distribusi, maka debit banjir rencana dapat dihitung.

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

- Apabila peluang lebih besar dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- Apabila peluang antara 1%-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, maka perlu penambahan data.

Tabel 2.8. Nilai Kritis untuk Distribusi *Chi-Square*

Dk	Derajat Kepercayaan (α)							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,248	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,54	0,831	1,145	11,010	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	30,758	32,801
16	5,124	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	9,360	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	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	40,401
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	13,949	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, Jilid I, 1995

2.3.1.4.2. Uji *Smirnov-Kolmogorof*

Uji kecocokan *Sminov-Kolgomorof* sering juga disebut uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Rumus yang dipakai adalah :

$$\alpha = \frac{P_{\max}}{P(x)} - \frac{P_{(xi)}}{\Delta_{Cr}} \dots\dots\dots(2.22)$$

(Soewarno, Jilid 1, 1995)

Prosedur pengujian *Sminov-Kolgomorof* adalah :

- a. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan peluangnya dari masing-masing data tersebut :

$$X_1 \rightarrow P(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P(X_2)$$

$$X_n \rightarrow P(X_n)$$

- b. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data, persamaan distribusinya adalah :

$$X_1 \rightarrow P_1(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P_1(X_2)$$

$$X_n \rightarrow P_1(X_n)$$

- c. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum} [P(X_n) - P^1(X_n)]$$

- d. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) tentukan harga D_0 , seperti terlihat dalam tabel 2.9. berikut pada halaman 25.

Tabel. 2.9. Nilai Kritis (Do) untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

n	α (derajat kepercayaan)			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	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
>50	1,07/N ^{0,5}	1,22/N ^{0,5}	1,36/N ^{0,5}	1,63/N ^{0,5}

Sumber: Soewarno, Hidrologi jilid 1, 1995

Interprestasi dari hasil Uji Smirnov - Kolmogorov adalah :

- a. Apabila D lebih kecil dari Do, maka distribusi teoritis yang digunakan untuk persamaan distribusi dapat diterima.
- b. Apabila D lebih besar dari Do, maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

2.4. ANALISIS HIDROLIKA

2.4.1. Perencanaan Penampang Melintang Sungai

Penampang melintang sungai perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Bentuk penampang berdasarkan kapasitas pengaliran yaitu :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.23)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\frac{Q \times n}{I^{\frac{1}{2}}} = A \times R^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.25)$$

$A \times R^{\frac{2}{3}} \Rightarrow$ merupakan faktor bentuk

Maka perlu diperhatikan terhadap bentuk penampang stabil. Rencana penampang perlu dibuat dengan pertimbangan antara lain :

- 1. Alur sungai mampu melewati debit banjir yang diperkirakan terjadi.
- 2. Dasar alur sungai perlu juga dipertimbangkan terhadap bahaya gerusan.

3. Pelaksanaan lebih mudah.
4. Keterbatasan pembebasan lahan.

Berdasarkan rumus di atas diketahui bahwa kapasitas penampang dipengaruhi oleh kekasaran penampang. Hal ini dapat dilihat dari koefisien bentuk kekasaran penampang yang telah ditetapkan oleh *manning* seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.10. Koefisien Kekasaran Manning

Jenis saluran	n
Sungai alam :	
Trase dan profil teratur, air dalam	0,025-0,033
Trase dan profil teratur, bertanggul kerikil dan berumput	0,030-0,040
Berbelok-belok dengan tempat-tempat dangkal	0,033-0,045
Berbelok-belok, air tidak dalam	0,040-0,055
Berumput banyak di bawah air	0,050-0,080

Adapun rumus – rumus yang digunakan dalam pendimensionan saluran – saluran tersebut adalah sebagai berikut :

a. Perencanaan Dimensi Penampang Tunggal Trapezium (*Trapezoidal Channel*).

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$P = B + 2H\sqrt{(1 + m^2)}$$

$$A = H \times (B + mH)$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

dimana :

$$Q = \text{Debit aliran } (m^3/s)$$

$$A = \text{Luas Penampang Basah } (m^2)$$

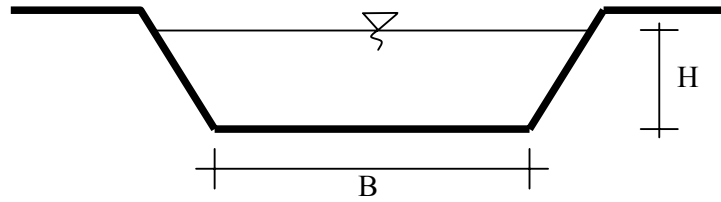
$$V = \text{Kecepatan aliran } (m/s)$$

$$n = \text{Koefisien kekasaran manning}$$

$$R = \text{Keliling basah } (m)$$

$$P = \text{Keliling basah sungai } (m)$$

$$I = \text{Kemiringan hidraulik sungai}$$



Gambar 2.1. Saluran Penampang Tunggal

b. Perencanaan Dimensi Penampang Ganda Trapezium (*Trapezoidal Channel*).

Untuk mendapatkan penampang yang stabil, penampang bawah pada penampang ganda harus didesain dengan debit dominan.

$$B_2 = 15H_1 \Rightarrow \text{direncanakan berdasarkan debit dominan}$$

$$B_1 = B_3$$

$$n_1 = n_3$$

$$A_1 = A_3 = \frac{1}{2} H_2 \times (B_1 + mH_2)$$

$$P = P_1 = B_1 + H_2 \times \sqrt{(1 + m^2)}$$

$$R_1 = R_3 = \frac{A_1}{P_1}$$

$$V_1 = V_3 = \frac{1}{n_1} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_1 = Q_3 = A_1 \times V_1$$

$$A_2 = \frac{1}{2} H_1 \times (B_2 + mH_1) + H_2 \times (B_2 + mH_2)$$

$$P_2 = B_2 + 2H_1 \times \sqrt{(1 + m^2)}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2}$$

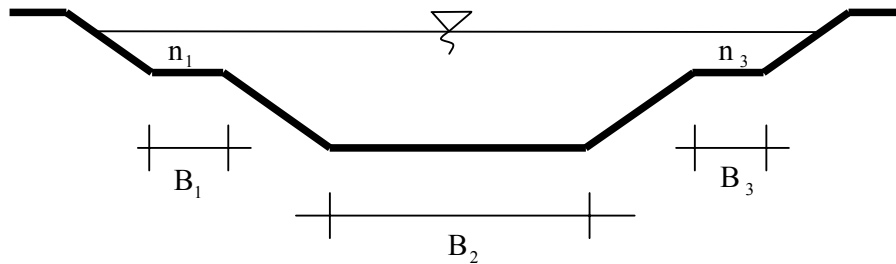
$$V_2 = \frac{1}{n_2} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_2 = A_2 \times V_2$$

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots(2.27)$$

dimana :

- Q = Debit aliran (m^3/s)
 A = Luas Penampang Basah (m^2)
 V = Kecepatan aliran (m/s)
 n = Koefisien kekasaran manning
 R = Keliling basah (m)
 P = Keliling basah sungai (m)
 I = Kemiringan hidraulik sungai



Gambar 2.2. Saluran Penampang Ganda

2.4.2. Pemodelan Dengan Program HEC - RAS

Program HEC - RAS merupakan paket program dari ASCE (*American Society of Civil Engineers*). Paket program ini memakai cara langkah standar sebagai dasar perhitungannya. Komponen-komponen utama yang tercakup dalam analisa HEC-RAS ini adalah :

- Perhitungan profil muka air aliran tetap (*steady flow water surface profile computations*)
- Simulasi aliran tak tetap (*unsteady flow simulation*) dan perhitungan profil muka air.

Paket program ini untuk menghitung profil muka air di sepanjang ruas sungai. Data masukan untuk program ini adalah data *cross section* di sepanjang sungai, profil memanjang sungai, parameter hidrolika sungai (kekasaran dasar dan tebing sungai), parameter bangunan sungai, debit aliran (debit rencana), dan tinggi muka air di muara.

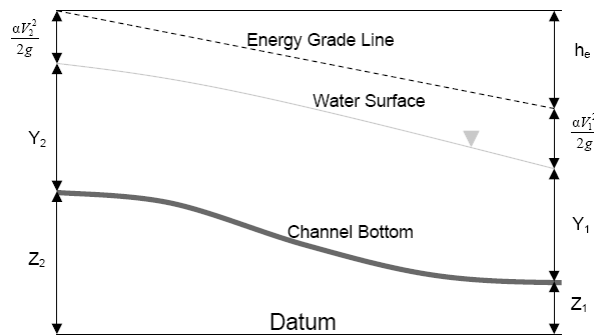
Sedangkan output dari program ini dapat berupa grafik maupun tabel. Diantaranya adalah plot dari skema alur sungai, potongan melintang, profil, lengkung debit (*rating curve*), hidrograf (*stage and flow hydrograph*), juga variabel hidrolik lainnya. Selain itu juga dapat menampilkan gabungan potongan melintang (*cross section*) yang membentuk alur sungai secara tiga dimensi lengkap dengan alirannya.

❖ **Persamaan untuk Dasar Perhitungan Profil**

Profil permukaan air dihitung dari satu potongan melintang kepada yang berikutnya dengan pemecahan Persamaan energi. Persamaan energi di tulis sebagai berikut :

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots(2.28)$$

- dimana : Y1,Y2 = elevasi air di penampang melintang (m)
- Z1, Z2 = elevasi penampang utama (m)
- V1, V2 = kecepatan rata-rata
(total pelepasan / total area aliran) (m/dtk)
- α1, α2 = besar koefisien kecepatan
- g = percepatan gravitasi (m/dtk²)
- he = tinggi energi (m)



Gambar 2.3. Gambaran dari Persamaan Energi

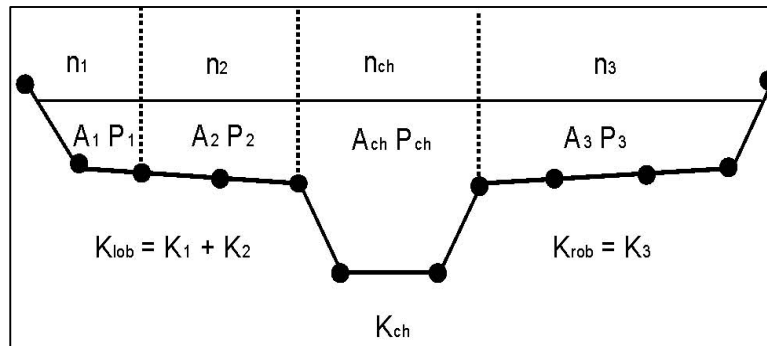
$$h_e = L \bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots(2.29)$$

$$L = \frac{L_{lob} \bar{Q}_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} \bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$Q = K S_f^{1/2} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3} \dots\dots\dots(2.33)$$



Gambar 2.4. Metoda HEC-RAS tentang Kekasaran Dasar Saluran

dimana :

L = panjangnya antar dua penampang melintang.

\bar{S}_j = kemiringan Energi antar dua penampang melintang.

C = koefisien kontraksi atau ekspansi.

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} = panjang jangkauan antar dua potongan melintang yang berturut-turut untuk arus di dalam tepi kiri, saluran utama, dan tepi kanan.

$\bar{Q}_{lob}, \bar{Q}_{ch}, \bar{Q}_{rob}$ = perhitungan rata-rata debit yang berturut-turut untuk arus antara bagian tepi kiri, saluran utama, dan tepi kanan.

K = kekasaran dasar untuk tiap bagian.

N = koefisien kekasaran Manning untuk tiap bagian.

A = Area arus untuk tiap bagian.

R = Radius hidrolik untuk tiap bagian (area : garis keliling basah).

nc = koefisien padanan atau gabungan kekasaran.

P = garis keliling basah keseluruhan saluran utama.

P_i = garis keliling basah bagian I.

n_i = koefisien kekasaran untuk bagian I.

2.4.3. Tinggi Jagaan Sungai

Hal – hal yang mempengaruhi besarnya nilai tinggi jagaan adalah penimbunan sedimen di dalam saluran, berkurangnya efisiensi hidraulik karena tumbuhnya tanaman, penurunan tebing, dan kelebihan jumlah aliran selama terjadinya hujan.

Tabel 2.11. Hubungan Debit – Tinggi Jagaan

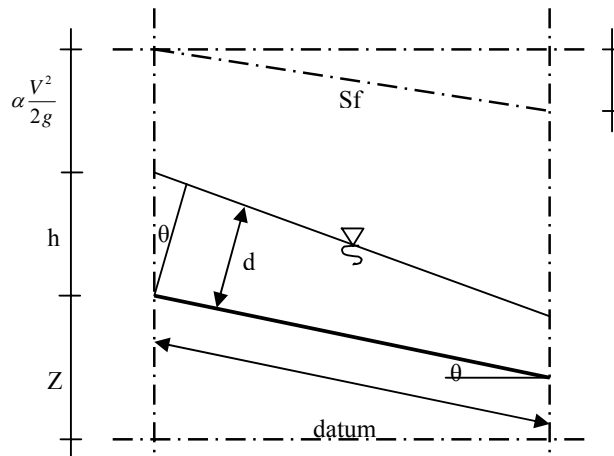
Debit Rencana (m3/det)	Tinggi Jagaan (m)
200 < Q < 500	0,75
500 < Q < 2000	1,00
2000 < Q < 5000	1,25
5000 < Q < 10000	1,50
10000 < Q	2,00

(Suyono Sosrodarsono, “ Perbaikan dan Pengaturan banjir “)

2.4.4. Aliran Balik (Back Water)

Pada pengendalian banjir perlu memperhatikan muka air pada waktu banjir di sepanjang sungai dan muka air banjir akibat back water. Hal ini atas pertimbangan bahwa dengan adanya limpasan pada sebagian tanggul akan mengakibatkan bobolnya tanggul dan ini merupakan gagalnya sistem pengendali banjir.

Cara yang biasa digunakan dalam menghitung pengaruh back water adalah cara analisa hidrolis steady non uniform flow, terutama untuk sungai yang mempunyai bentuk penampang yang tidak beraturan maupun kemiringan dasar sungai yang bervariasi.



Gambar 2.5. Steady Non Uniform Flow

Tinggi tenaga total setiap titik dalam aliran :

$$H = \frac{dz}{dx} + \frac{dh}{dx} + \frac{d}{dx} \left(\frac{V^2}{2g} \right) \dots\dots\dots(2.34)$$

Di integrasikan terhadap jarak (ds) :

$$\frac{dH}{dx} = \frac{dz}{dx} + \frac{dh}{dx} + \frac{d}{dx} \left(\frac{V^2}{2g} \right) \dots\dots\dots(2.35)$$

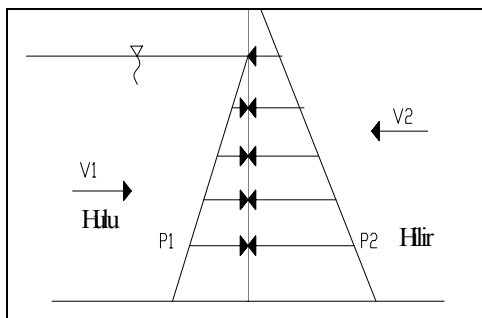
$$-Sf = -S_0 + \frac{dh}{dx} - \frac{Q^2 T}{gA^3} \frac{dh}{dx} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$\frac{dh}{dx} = \frac{S_0 - Sf}{1 - \frac{Q^2 T}{gA^3}} \dots\dots\dots(2.37)$$

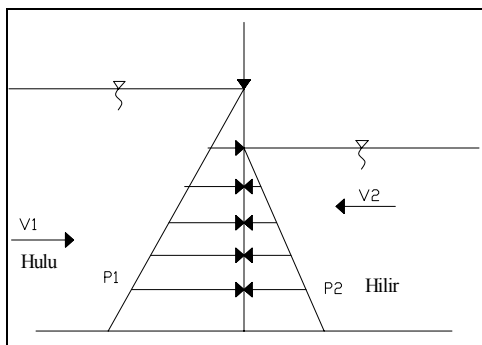
$$\frac{dh}{dx} = \frac{S_0 - Sf}{1 - Fr^2} \dots\dots\dots(2.38)$$

Back water dapat terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan aliran pada suatu titik (saluran) yang ditinjau.

- a. Terjadi *back water* (H hulu < H hilir)



- b. Tidak terjadi *back water* (H hulu > H hilir)



Gambar 2.6. Syarat Terjadinya Back Water

Dalam perhitungan panjang back water dapat digunakan dengan dua cara, yaitu :

1. Metode Tahapan Langsung (*Direct Step Method*)

Energi spesifik :

$$E = h + \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$\frac{V^2}{2g} + h_2 + S_o.\Delta x = \frac{V_1^2}{2g} + h_1 + S_f.\Delta x \dots\dots\dots(2.40)$$

$$E_2 + S_o.\Delta x = E_1 + S_f.\Delta x \dots\dots\dots(2.41)$$

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_f - S_o} \dots\dots\dots(2.42)$$

$$S_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \dots\dots\dots(2.43)$$

2. Metode Tahapan Standar

Energi total :

$$H = Z + h + \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.44)$$

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H \dots\dots\dots(2.45)$$

$$H_1 = H_2 + \Delta H \dots\dots\dots(2.46)$$

$$\Delta H = S_f.\Delta x \dots\dots\dots(2.47)$$

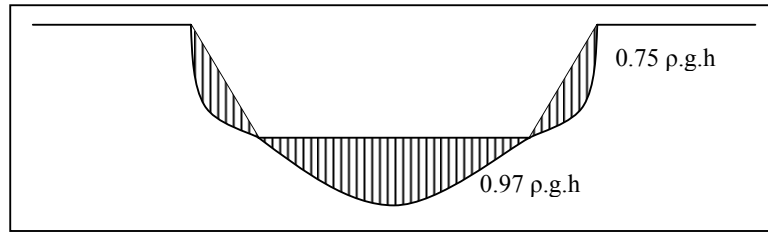
$$\Delta H = S_f.\Delta x \dots\dots\dots(2.48)$$

(DR. Ir. Suripin, M.Eng. Diktat Mekanika Fluida dan Hidrolika)

2.5. STABILITAS ALUR TERHADAP EROSI DAN LONGSORAN

2.5.1. Stabilitas Alur Terhadap Erosi

Butiran tanah pembentuk penampang sungai harus stabil terhadap aliran yang terjadi, karena akibat pengaruh kecepatan aliran dapat mengakibatkan gerusan pada talud maupun dasar sungai. Maka perlu mengecek stabilitas butiran pada talud dasar sungai.



Gambar 2.7. Tegangan Geser Penampang Sungai

Tegangan geser yang terjadi adalah :

$$\tau_0 = \rho \times g \times h \times l \dots\dots\dots(2.49)$$

Sedang berdasarkan hasil penyelidikan besarnya tegangan yang terjadi adalah :

$$\tau_b = 0,97 \times \rho \times g \times h \times l \Rightarrow \text{pada dasar sungai} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$\tau_b = 0,75 \times \rho \times g \times h \times l \Rightarrow \text{pada talud sungai} \dots\dots\dots(2.51)$$

dimana :

ρ = Density air

h = Tinggi air

l = Kemiringan dasar sungai

(Sugiyanto, " Pengendalian Banjir")

2.5.2. Stabilitas Alur Terhadap Longsoran

Longsoran atau *land slide* merupakan pergerakan massa tanah secara perlahan – lahan melalui bidang longsoran karena tidak stabil akibat gaya – gaya yang bekerja. Untuk memperhitungkan kestabilan maka bidang longsoran dibagi dalam beberapa pias atau segmen dan apabila lebar segmen semakin kecil maka akan semakin teliti. Perhitungan berdasarkan pada keadaan terburuk, yaitu pada waktu muka air banjir drop dan muka air tanah dalam tanggul masih tinggi.

2.5.3. Analisis Stabilitas dengan Metode Irisan (*Method of Slices*)

Analisis Stabilitas dengan Metode Irisan dapat dijelaskan dengan menggunakan gambar 2.8. dengan AC merupakan lengkungan lingkaran sebagai permukaan bidang longsor percobaan. Tanah yang berada di atas bidang longsor percobaan dibagi dalam beberapa irisan tegak. Lebar dari tiap irisan tidak harus sama. Tegangan air pori dianggap nol.

Untuk pengamatan keseimbangan :

$$N_r = W_n \cos \alpha_n$$

$$|T_r = \tau_d(\Delta L_n) = \frac{1}{F_s} [c + \sigma \tan \phi] \Delta L_n \dots\dots\dots(2.52)$$

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \cdot \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \cdot \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n} \dots\dots\dots(2.53)$$

dimana :

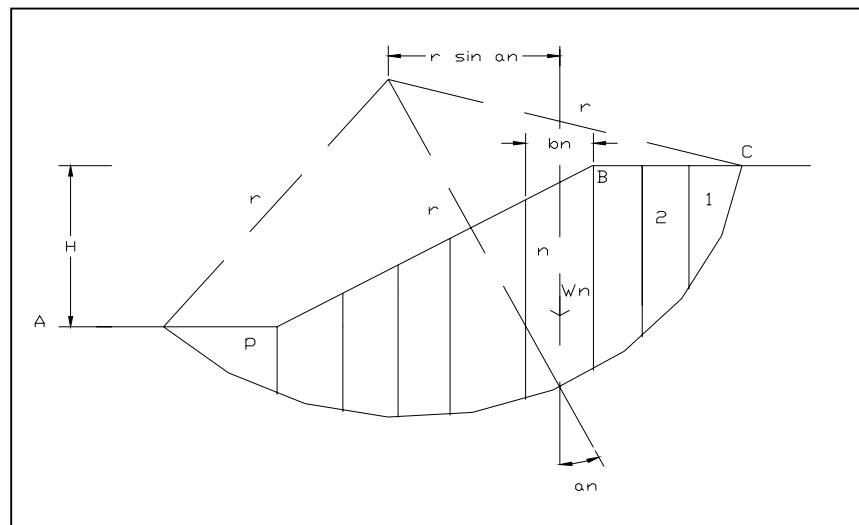
W_n = Berat irisan

N_r dan $|T_r$ = Komponen tegak dan sejajar dari reaksi R

N_r dan $|T_r$ = Komponen tegak dan sejajar dari reaksi R

$$\Delta L_n = \frac{(b_n)}{\cos \alpha_n}$$

b_n = Lebar potongan



Gambar 2.8. Skema Stabilitas Lereng