



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sungai

Sungai (disebut juga sebagai bengawan; bahasa Inggris: river) adalah aliran air di permukaan besar dan berbentuk memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Sungai juga salah satu sumber air bagi kehidupan yang ada di bumi baik manusia, hewan dan tumbuhan. Semua makhluk hidup memerlukan air untuk dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya. Sungai merupakan tempat mengalirnya air secara gravitasi menuju ke tempat yang lebih rendah. Arah aliran sungai sesuai dengan sifat air mulai dari tempat yang tinggi ke tempat rendah. Sungai bermula dari gunung atau dataran tinggi menuju ke danau atau lautan. Ditinjau dari segi hidrologi, sungai mempunyai fungsi utama menampung curah hujan dan mengalirkan sampai ke laut. Daerah dimana sungai memperoleh air merupakan daerah tangkapan hujan yang biasanya disebut daerah pengaliran sungai (DPS). Aliran sungai dihubungkan oleh suatu jaringan satu arah dimana cabang dan anak sungai mengalir ke dalam sungai induk yang lebih besar dan membentuk suatu pola. Pola tersebut tergantung dari kondisi topografi, geologi, iklim yang terdapat di dalam DPS yang bersangkutan.

2.1.2 Normalisasi

Normalisasi sungai adalah serangkaian tindakan yang dilakukan untuk memperbaiki tata air alami dari suatu sungai atau saluran air dan melakukan pelurusan alur sungai yang disertai dengan perkuatan tebing dan stabilisasi dasar sungai, sehingga tidak terjadi limpasan/luapan. Tujuan dari normalisasi ini adalah untuk mengembalikan atau mempertahankan keadaan alami sungai, sehingga dapat mengalir dengan baik tanpa menimbulkan ancaman banjir atau erosi. Debit banjir rencana merupakan debit rencana di sungai atau di saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitardan diperoleh dari analisis data hidrologi. Penanganan banjir dengan cara normalisasi dilakukan pada penampang sungai yang kapasitasnya sudah tidak memenuhi terhadap debit banjir yang melewati. Normalisasi yang akan dilakukan tergantung dari bentuk penampangnya.



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Perhitungan penampang disesuaikan dengan debit banjir rencana atau Q_{desain} yang kemudian dapat ditemukan dimensi penampang desain yang mampu menampung debit banjir rencana. Dimensi saluran yang akan ditentukan adalah lebar, tinggi penampang basah, kemiringan, dan tinggi jagaan.

Metode normalisasi sungai dapat dilakukan dengan dua metode yaitu secara manual dengan tenaga manusia atau menggunakan alat berat berupa *excavator*, yaitu :

1. Normalisasi Secara Manual dengan tenaga manusia

Metode ini melibatkan partisipasi masyarakat setempat untuk membersihkan dan memperbaiki sungai secara manual atau dengan membayar upah tenaga. Aktivitas ini dapat meliputi: Pembersihan sampah dan vegetasi liar di sekitar sungai, Membuat saluran irigasi sederhana untuk memperlancar aliran air, Pengerukan lumpur atau endapan di dasar sungai. Partisipasi masyarakat dalam normalisasi sungai tidak hanya memperbaiki kondisi fisik sungai tetapi juga memperkuat ikatan sosial dan kesadaran lingkungan di komunitas tersebut.

2. Normalisasi dengan Menggunakan Alat Berat

Metode ini melibatkan penggunaan peralatan berat seperti ekskavator dan truk pengangkut untuk melakukan pekerjaan normalisasi sungai. Alat berat memungkinkan pekerjaan lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan metode manual. Hal ini sangat penting di daerah-daerah dengan sungai besar atau kompleks.

Melakukan normalisasi sungai memiliki berbagai manfaat penting, terutama menjelang musim penghujan :

1. Mencegah Banjir

Normalisasi sungai membantu meningkatkan kapasitas sungai untuk menampung dan mengalirkan air hujan dengan baik. Dengan demikian, risiko banjir dapat berkurang secara signifikan.

2. Mengurangi Erosi Tanah

Sungai yang tidak terkelola dengan baik cenderung menyebabkan erosi tanah di sekitarnya. Normalisasi sungai membantu mengurangi erosi dengan memperbaiki aliran air dan struktur sungai.



3. Meningkatkan Produktivitas Pertanian

Sungai yang ternormalisasi memungkinkan petani untuk lebih efektif mengelola air untuk keperluan irigasi. Hal ini dapat meningkatkan hasil panen dan produktivitas pertanian secara keseluruhan.

4. Meningkatkan Kualitas Air

Dengan normalisasi sungai, air dapat mengalir lebih jernih dan bersih karena sedimen dan kontaminan dapat disaring dengan lebih efisien.

2.2 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan suatu analisa awal dalam menangani penanggulangan banjir dan perencanaan sistem sungai untuk mengetahui besarnya debit yang akan dialirkan sehingga dapat ditentukan dimensi saluran sungai. Besar debit yang akan digunakan sebagai acuan dasar perencanaan parit terutama dalam penanggulangan banjir adalah debit rancangan yang diperoleh dari penjumlahan debit hujan rencana pada periode ulang tertentu dengan debit air buangan dari daerah tersebut. Perhitungan analisa hidrologi dapat menggunakan data debit pada suatu sungai.

2.3 Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana

Analisis frekuensi yang menggunakan data hidrologi menurut Triatmodjo (2008). Berdasarkan curah hujan rencana dapat dicari besarnya intensitas hujan (analisis frekuensi) yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Dengan analisis frekuensi akan diperkirakan besarnya banjir dengan interval kejadian tertentu seperti 10 tahunan, 100 tahunan atau 1000 tahunan, dan juga besarnya frekuensi banjir dengan skala tertentu yang mungkin terjadi dalam suatu periode. Perhitungan analisis frekuensi menggunakan data debit atau hujan maksimum tahunan yang terjadi selama satu tahun, yang terukur dalam beberapa tahun. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan sebagai berikut:

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

- a. Parameter statistik
- b. Pemilihan jenis sebaran
- c. Uji kecocokan sebaran



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

d. Perhitungan hujan rencana

a. Parameter Statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata (X_t), standar deviasi (S_d), koefisien variasi (C_v), koefisien kemiringan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k). Perhitungan parameter tersebut didasarkan pada data catatan tinggi hujan harian rata-rata maksimum 20 tahun terakhir.

Nilai rata-rata :

$$X_t = \frac{\sum X_i}{n}$$

Dimana :

X_t = nilai rata – rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke i

n = jumlah data curah hujan

1. Standar deviasi

Ukuran sebaran yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. Apabila penyebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai S_d akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka nilai S_d akan kecil. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{X_i - X_t\}^2}{n - 1}}$$

Dimana :

S_d = standar deviasi curah hujan

X_t = nilai rata – rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke i

n = jumlah data curah hujan

2. Koefisien variasi

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata dari suatu sebaran. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

$$C_v = \frac{S_d}{X_t}$$

Dimana :

C_v = koefisien variasi curah hujan

S_d = standar deviasi curah hujan

X_t = nilai rata – rata curah hujan

3. Koefisien kemencengan

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (*symmetry*) dari suatu bentuk distribusi. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut :

$$C_s = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S_d)^3}$$

Dimana :

X_t = nilai rata – rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke i

C_s = koefisien kemiringan curah hujan

S_d = standar deviasi

n = jumlah data curah hujan

4. Koefisien kurtosis

Koefisien *kurtosis* adalah suatu nilai yang menunjukkan keruncingan dari bentuk kurva distribusi. Ukuran keruncingan adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan apakah kepuncakan dari sebuah distribusi data merupakan leptokurtic (lancip), mesokurtik (normal), atau platikurtik (tumpul).

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

$$C_k = \frac{n^2 \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)S_d^4}$$



Dimana :

C_k = koefisien kurtosis curah hujan

X_t = nilai rata – rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke i

Sd = standar deviasi

n = jumlah data curah hujan

b. Pemilihan Jenis Sebaran

Masing-masing sebaran memiliki sifat-sifat khas sehingga harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing sebaran tersebut. Pemilihan sebaran yang tidak benar dapat mengundang kesalahan perkiraan yang cukup besar. Pengambilan sebaran secara sembarang tanpa pengujian data hidrologi sangat tidak dianjurkan. Penentuan jenis sebaran akan diolah dengan metode analisis frekuensi. Analisis frekuensi data curah hujan rencana dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa distribusi probabilitas. Persyaratan pemakaian distribusi tersebut didasarkan pada nilai Koefisien Skewness dan Koefisien Kurtosis, seperti persyaratan yang tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Tabel Nilai Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1.	Normal	$(\bar{x} \pm s) = 68,27\%$ $(\bar{x} \pm 2s) = 95,44\%$ $C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2.	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3.	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4.	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

(Sumber : Triatmodjo, 2008)



2.3.1 Distribusi Normal

Distribusi normal biasa 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. Sebaran normal atau kurva normal disebut pula sebaran *Gauss Probability Density Function* dari sebaran normal, adapun persamaan umum yang biasanya digunakan adalah sebagai berikut:

$$RTr = X + KTr \times Sd$$

Dimana :

RTr = nilai hujan rencana dengan periode ulang Tr tahun (mm)

Xt = nilai curah hujan rerata (mm)

Sd = standar deviasi

KTr = faktor frekuensi untuk periode ulang tertentu

Tabel 2. 2 Nilai (k) Reduksi 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



2.3.2 Distribusi Log Normal

Sebaran log normal merupakan hasil transformasi dari sebaran normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X. Sebaran log *Pearson* III akan menjadi sebaran log normal apabila nilai koefisien kemencengan $C_s = 0,00$. Metode log normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Log} RTr = \text{Log} X + KTr \times S \text{Log} R$$

Dimana :

$\text{Log} RTr$ = Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T

$\text{Log} X_t$ = Nilai logaritma curah hujan rerata (mm)

KTr = Faktor frekuensi reduksi untuk periode ulang tertentu

S Log X = Standar deviasi



Tabel 2. 3 Reduksi Distribusi Log Normal

Harga KTr		
Sebaran Normal dan Log Normal		
Tabel Variabel Reduksi Gauss		
P	TR	KTr
0.0001	10000	3.719
0.005	2000	3.291
0.001	1000	3.09
0.005	200	2.576
0.01	100	2.326
0.025	40	1.96
0.05	20	1.645
0.1	10	1.282
0.15	6.667	1.036
0.2	5	0.842
0.25	4	0.674
0.3	3.33	0.524
0.35	2.857	0.385
0.4	2.5	0.253
0.45	2.222	0.126
0.5	2	0
0.55	1.818	-0.126
0.6	1.667	-0.253
0.65	1.538	-0.385
0.7	1.429	-0.524
0.75	1.333	-0.674
0.8	1.25	-0.842
0.85	1.176	-1.036
0.9	1.111	-1.282
0.95	1.053	-1.645
0.975	1.026	-1.96
0.99	1.01	-2.326
0.995	1.005	-2.576
0.999	1.001	-3.09

(Sumber : Suripin, 2004)

2.3.3 Distribusi Gumbel

Distribusi *Gumbel* Type-I digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir. Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode sebaran *Gumbel* Type-I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Triatmodjo, 2008) :

$$RTr = X + KTr \times Sd$$



$$KTr = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$Y_t = -Ln x \left(-Ln x \left(\frac{Tr - 1}{Tr} \right) \right)$$

Dimana :

RTr = Nilai hujan rencana dengan periode ulang Tr tahun (mm)

Xt= Nilai curah hujan rerata (mm)

Sd = Standar deviasi.

KTr = Faktor frekuensi untuk periode ulang tertentu

Yt = Nilai reduksi variat (*reduced variate*).

Yn = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduce mean*).

Sn = Deviasi standar dari reduksi variat (*reduced standart deviation*)

Tabel 2. 4 Rata-Rata Tereduksi (Yn) Distribusi Gumbel Type-I

N	Yn	n	Yn	N	Yn	n	Yn
10	0,4592	34	0,5396	58	0,5518	82	0,5572
11	0,4996	35	0,5402	59	0,5518	83	0,5574
12	0,5053	36	0,5410	60	0,5521	84	0,5576
13	0,5070	37	0,5418	61	0,5524	85	0,5578
14	0,5100	38	0,5424	62	0,5527	86	0,5580
15	0,5128	39	0,5430	63	0,5530	87	0,5581
16	0,5157	40	0,5436	64	0,5533	88	0,5583
17	0,5181	41	0,5442	65	0,5535	89	0,5585
18	0,5202	42	0,5448	66	0,5538	90	0,5586
19	0,5220	43	0,5453	67	0,5540	91	0,5587
20	0,5236	44	0,5458	68	0,5543	92	0,5589
21	0,5252	45	0,5463	69	0,5545	93	0,5591
22	0,5268	46	0,5468	70	0,5548	94	0,5592
23	0,5283	47	0,5473	71	0,5550	95	0,5593
24	0,5296	48	0,5477	72	0,5552	96	0,5595
25	0,5309	49	0,5481	73	0,5555	97	0,5596
26	0,5320	50	0,5485	74	0,5557	98	0,5598



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

N	Yn	n	Yn	N	Yn	n	Yn
27	0,5332	51	0,5489	75	0,5559	99	0,5599
28	0,5343	52	0,5493	76	0,5561	100	0,5600
29	0,5353	53	0,5497	77	0,5563		
30	0,5362	54	0,5501	78	0,5565		
31	0,5371	55	0,5504	79	0,5567		
32	0,5380	56	0,5508	80	0,5569		
33	0,5388	57	0,5511	81	0,5570		

(Sumber : Kementrian PU, 2011)

Tabel 2. 5 Standar Deviasi Tereduksi (Sn) Distribusi Gumbel Type-I

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	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	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	1,1538	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	1,1961	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



N	Sn	n	Sn	N	Sn	n	Sn
32	1,1193	55	1,1681	78	1,1923		

(Sumber : Kementrian PU, 2011)

2.3.4 Distribusi Log Pearson Type-III

Distribusi Log Pearson Type-III digunakan dalam analisis hidrologi, Metode Log Pearson III umumnya digunakan untuk perhitungan hujan harian maksimum dalam menghitung debit banjir rencana dalam periode ulang tertentu (Erna *et al.*, 2021).

Penggunaan metode Log Pearson III menurut Shahrul (2021) terdiri atas 3 parameter penting, yaitu harga rata-rata, simpangan baku serta koefisien kemiringan. Adapun prosedur penggunaan metode Log Pearson III adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + K_T \times S \text{ Log } X$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$ = Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T

$\text{Log } X_t$ = Nilai logaritma curah hujan rerata (mm)

K_T = Faktor frekuensi reduksi untuk periode ulang tertentu

$S \text{ Log } X$ = Standar deviasi

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Mengubah data curah hujan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\log(X_1), \log(X_2), \log(X_3), \dots, \log(X_n)$ data kedalam bentuk logaritmis, $R = \text{Log } R$

2. Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus :

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

Dimana :

$\text{Log } X_t$ = Harga rata – rata logaritmik

n = Jumlah data



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

X_i = Nilai curah hujan tiap – tiap tahun ($R_{24\text{maks}}$)

3. Menghitung harga standar deviasinya dengan rumus berikut :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{ \text{Log } (X_i) - \text{Log } (X) \}^2}{n - 1}}$$

Dimana :

Sd = Standar Deviasi

4. Menghitung koefisien skewness (C_s) dengan rumus :

$$C_s = \frac{n \times \sum_{i=1}^n \{ \text{Log } (X_i) - \text{Log } (X) \}^3}{(n - 1)(n - 2)Sd^3}$$

Dimana :

C_s = koefisien skewness

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

$$\text{Log } R_{Tr} = \text{Log } X + K_{Tr} \times \text{Log } X$$

Dimana :

Log R_{Tr} = curah hujan rencana periode ulang T tahun

K_{Tr} = harga yang diperoleh berdasarkan nilai (C_s)

6. Menghitung koefisien kurtosis (C_k) dengan rumus :

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{ \text{Log } (X_i) - \text{Log } (X) \}^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)Sd^4}$$

Dimana :

C_k = koefisien kurtosis



7. Menghitung koefisien variasi (Cv) dengan rumus :

$$C_v = \frac{S_d}{\log (X)}$$

Dimana :

Cv = Koefisien variasi

Sd = Standar deviasi

Tabel 2. 6 Nilai KTr pada distribusi Log Pearson Type-III

Skew coeff.	return period in years						
	2	5	10	25	50	100	200
Cs or	exceedence probability						
Cw	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97
2,9	-0,39	0,44	1,195	2,277	3,134	4,013	4,909
2,8	-0,384	0,46	1,21	2,275	3,114	3,973	4,847
2,7	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932	4,783
2,6	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652
2,4	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,8	4,584
2,3	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444
2,1	-0,319	0,592	1,294	2,23	2,942	3,656	4,372
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,9	-0,294	0,627	1,31	2,207	2,881	3,553	4,223
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,7	-0,268	0,66	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99
1,5	-0,24	0,69	1,333	2,146	2,743	3,33	3,91
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	-0,21	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-0,18	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-0,083	0,908	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949



0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,67
0	0,0	0,8442	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Tabel 2. 7 Nilai KTr pada distribusi Log Pearson Type-III

skew	return period in years						
coeff	2	5	10	25	50	100	200
Cs or	exceedence probability						
Cw	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
-0,1	0,017	0,846	1,27	0,716	2000	2,252	2,482
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,6	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	2,016
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	1,749
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,1	0,18	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,3	0,21	0,838	1,064	1,24	1,324	1,383	1,424
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318	1,351
-1,5	0,24	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
-1,7	0,268	0,808	0,97	1,075	1,116	1,14	1,155
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-1,9	0,294	0,788	0,92	0,996	1,023	1,037	1,044
-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99	0,995
-2,1	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,946	0,949
-2,2	0,33	0,752	0,844	0,888	0,9	0,905	0,907
-2,3	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869
-2,4	0,351	0,725	0,795	0,823	0,83	0,832	0,833
-2,5	0,341	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,8
-2,6	0,351	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769	0,769
-2,7	0,36	0,681	0,724	0,738	0,74	0,74	0,741
-2,8	0,368	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714
-2,9	0,376	0,651	0,681	0,683	0,689	0,69	0,69
-3	0,384	0,636	0,666	0,666	0,666	0,667	0,667

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
- Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
- Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

2.4 Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi/sebaran dilakukan dengan maksud, untuk menentukan apakah persamaan sebaran peluang yang telah dipilih dapat menggambarkan atau mewakili dari sebaran statistik sampel data yang dianalisis tersebut (Soemarto,1999).

Ada dua jenis uji kecocokan (*Goodness of fit test*) yaitu uji kecocokan *ChiSquare* dan *Smirnov-Kolmogorof*. Umumnya pengujian dilaksanakan dengan cara menggambarkan data pada kertas peluang dan menentukan apakah data tersebut merupakan garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data pengamatan terhadap kurva frekuensi teoritisnya.

2.4.1 Uji Kecocokan Chi-Square

Uji kecocokan *Chi-Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan sebaran peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis dengan menggunakan parameter Chi-Kuadrat.

Uji Chi-Kuadrat menurut Triatmodjo (2008) menggunakan nilai χ^2 dengan persamaan berikut:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(o_i - e_i)^2}{E_i}$$

Dimana :

- χ^2 = Nilai Chi-Kuadrat terhitung
- e_i = Frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
- o_i = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama
- G = Jumlah sub kelompok dalam satu grup

$$K = 1 + 3,33 \ln(N)$$

Dimana :

- K = jumlah kelas distribusi
- N = jumlah data

Prosedur uji kecocokan Chi-Square adalah :



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

- Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
- Kelompokkan data menjadi G sub-group, tiap-tiap sub-group minimal
- terdapat lima buah data pengamatan.
- Hitung jumlah pengamatan yang teramati di dalam tiap-tiap sub-group (O_i).
- Hitung jumlah atau banyaknya data yang secara teoritis ada di tiap-tiap subgroup (E_i)
- Tiap-tiap *sub-group* hitung nilai : $(o_i - e_i)^2$ dan $\frac{(o_i - e_i)^2}{E_i}$
- Jumlah seluruh G *sub-group* nilai $\sum \frac{(o_i - e_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai *ChiSquare* hitung.
- Tentukan derajat kebebasan $d_k = G - R - 1$ (nilai $R = 2$, untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai $R = 1$, untuk distribusi Poisson).

Derajat kebebasan yang digunakan pada perhitungan ini adalah dengan rumus sebagai berikut :

$$d_k = G - R - 1$$

Dimana :

d_k = derajat kebebasan

G = banyaknya group

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

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

Tabel 2. 8 Nilai χ^2 Kritis Untuk Uji Kecocokan Chi-Square

DK	Distribusi X^2											
	0.99	0.95	0.90	0.80	0.70	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
1	0.000	0.004	0.016	0.064	0.148	0.455	1.074	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	0.020	0.103	0.211	0.446	0.713	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	9.210	13.815
3	0.115	0.352	0.584	1.005	1.424	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	11.34	16.268



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

4	0.297	0.711	1.064	1.649	2.195	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	13.27	18.465
5	0.554	1.145	1.610	2.343	3.000	4.351	6.064	7.289	9.236	11.07	15.08	20.517
6	0.872	1.635	2.204	1.070	3.828	5.348	7.231	8.558	10.64	12.59	16.81	22.457
7	1.239	2.167	2.833	3.822	4.671	6.346	8.383	9.803	12.01	14.06	18.47	24.322
8	1.646	2.733	3.890	4.594	5.527	7.344	9.524	11.03	13.36	15.50	20.09	26.425
9	2.088	3.325	4.168	5.380	6.393	8.383	10.65	12.24	14.68	16.91	21.66	27.87
10	2.558	3.940	6.179	6.179	7.267	9.342	11.78	13.44	15.98	18.30	23.20	29.58
11	3.053	4.575	5.578	6.989	8.148	10.34	12.89	14.63	17.27	19.67	24.72	31.26
12	3.571	5.226	6.304	7.807	9.034	11.34	14.01	15.81	18.54	21.02	26.21	32.90
13	4.107	5.892	7.042	8.634	9.926	12.34	15.11	16.98	19.81	22.36	27.68	34.52
14	4.660	6.571	7.790	9.467	10.82	13.33	16.22	18.15	21.06	23.68	29.14	36.12
15	5.229	7.261	8.547	10.30	11.72	14.33	17.32	19.31	22.30	24.99	30.57	37.69
16	5.812	7.962	9.312	11.15	12.62	15.33	18.41	20.46	23.54	26.29	32.00	39.25
17	6.408	8.672	10.08	12.00	13.53	16.33	19.51	21.61	24.76	27.58	33.40	40.79
18	7.015	9.390	10.86	12.85	14.44	17.33	20.60	22.76	25.98	28.86	34.80	42.31
19	7.633	10.11	11.65	13.71	15.35	18.33	21.68	23.90	27.20	30.14	36.19	43.82
20	8.260	10.85	12.44	14.57	16.26	19.37	22.77	25.03	28.41	31.41	37.56	45.31
21	8.897	11.50	13.24	15.44	17.18	20.37	23.85	26.17	29.61	32.67	38.93	46.79
22	9.542	12.33	14.04	16.31	18.10	21.33	24.93	27.30	30.81	33.92	40.28	48.26
23	10.19	13.09	14.84	17.18	19.02	22.33	26.01	28.42	32.00	35.17	41.63	49.72
24	10.85	13.84	15.65	18.06	19.94	23.33	27.09	29.55	33.19	36.41	42.98	51.17
25	11.54	14.61	16.47	18.94	20.86	24.33	28.17	30.67	34.38	37.65	44.31	52.62
26	12.19	15.37	17.29	19.82	21.79	25.33	29.24	31.79	35.56	38.88	45.64	54.05
27	12.87	16.15	18.11	20.70	22.71	26.33	30.31	32.91	36.74	40.11	46.96	55.47
28	13.56	16.92	18.93	21.58	23.64	27.33	31.39	34.02	37.91	41.33	48.27	56.89
29	14.25	17.70	19.76	22.47	24.57	28.33	32.46	35.13	39.08	42.55	49.58	58.30
30	14.95	18.49	20.59	23.36	25.50	29.33	33.53	36.25	40.25	43.77	50.89	59.70

(Sumber : Triadmodjo, 2008)

2.4.2 Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorof

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* dilakukan dengan membandingkan probabilitas untuk tiap-tiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis didapat perbedaan (Δ). Perbedaan maksimum yang dihitung (Δ maks) dibandingkan dengan perbedaan kritis (Δ_{cr}) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka sebaran sesuai jika ($\Delta_{maks} < (\Delta_{cr})$).



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

$$\alpha = \frac{P_{max}}{P(x)} - \frac{P(x_i)}{\Delta Cr}$$

Prosedur uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* adalah :

a. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya nilai masing-masing data tersebut :

$$X_1 \rightarrow P(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P(X_n)$$

b. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data(persamaan distribusinya) :

$$X_1 \rightarrow P'(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P'(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P'(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P'(X_n)$$

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

$$D = \text{maksimum} [P'(X_m) - P(X_m)]$$

d. Berdasarkan tabel 2.8 nilai kritis (*Smirnov – Kolmogorof* test), dapat ditentukan harga D_0 .

Tabel 2. 9 Nilai D_0 Kritis Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorof

n	α			
	0,20	0,10	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	0,30	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	0,18	0,18	0,20	0,24



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

n	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n > 50	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Untuk menentukan nilai peluang teoritis dapat dilihat berdasarkan tabel wilayah luas dibawah kurva normal sebagai berikut.

Tabel 2. 10 Wilayah Luas Dibawah Kurva Normal

f(t)	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
- 3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
- 3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
- 3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
- 3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
- 3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
- 2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
- 2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
- 2,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,0030	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
- 2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
- 2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
- 2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
- 2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
- 2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
- 2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
- 2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
- 1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
- 1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
- 1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
- 1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
- Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

f(t)	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,6										
- 1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
- 1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
- 1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0855	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
- 1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
- 1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
- 1	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
- 0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
- 0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
- 0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
- 0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
- 0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
- 0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
- 0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
- 0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
- 0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

f(t)	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9696	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.5 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan menurut Shahrul (2021) didefinisikan sebagai banyaknya hujan yang dihitung dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Selang waktu terjadinya hujan berbanding terbalik terhadap intensitas hujan, semakin singkat terjadinya hujan maka akan semakin tinggi intensitas curah hujannya. Namun, intensitas curah hujan memiliki keterkaitan yang berbanding lurus terhadap periode ulangnya.

Menurut Gunadarma (1997) data intensitas curah hujan digunakan dalam perhitungan debit rencana. Data curah hujan dalam suatu waktu tertentu (beberapa menit) yang tercatat pada alat otomatis dapat dirubah menjadi intensitas curah hujan per jam. Untuk merubah hujan 5 menit menjadi intensitas curah hujan per jam, maka curah hujan dikalikan dengan 60/5. Perhitungan intensitas curah hujan dapat dihitung menggunakan model Mononobe dengan rumus:

$$I = \left(\frac{R}{24}\right) \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} \text{ mm/jam}$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R = curah hujan rancangan setempat (mm)

t_c = lama waktu konsentrasi (jam)

2.5.1 Distribusi Hujan Jam-Jaman



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Soewarno dalam (Manahan dan Haekal, 2015), untuk menghitung distribusi hujan diperlukan suatu pendekatan yang mungkin terjadi pada selang waktu tertentu, dan dalam selang waktu tersebut dapat diambil suatu pendekatan 5 jam tiap harinya. Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan curah hujan jam-jaman, adalah sebagai berikut :

$$R_o = \frac{R_{24}}{t}$$

$$R_t = R_o \left(\frac{t}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana:

R_o = hujan harian rerata(mm)

R_{24} = curah hujan netto dalam 24 jam(mm)

R_t = rerata hujan dari awal sampai T(mm)

T = waktu mulai hujan hingga ke – t

t = waktu konsentrasi(jam)

Adapun persamaan yang akan digunakan untuk menentukan jam ke-t, adalah sebagai berikut :

$$R'_t = tR_t - (t - 1)R_{(t-1)}$$

Dimana:

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

T = waktu konsentrasi(jam)

R_t = rata – rata hujan sampai T(mm)

$R_{(t-1)}$ = rata – rata hujan dari awal sampai ke – T jam (jam)

2.5.2 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran menurut Adi (2017) diartikan sebagai perbandingan antara air yang mengalir dipermukaan tanah dengan air hujan yang terjadi. Besarnya nilai koefisien pengaliran sangat mempengaruhi besarnya debit banjir rencana. Hal ini sangat bergantung pada penggunaan lahan, jenis tanah serta topografi daerah pengaliran.



Menurut Hasan (2021) koefisien pengaliran dipengaruhi oleh kondisi karakteristik sebagai berikut :

1. Kondisi hujan
2. Luas dan bentuk daerah pengaliran
3. Kemiringan daerah aliran
4. Daya infiltrasi dan perkolasi tanah

Penentuan nilai koefisien pengaliran (C) ditentukan berdasarkan karakteristik daerah permukaan. Berikut tabel untuk nilai koefisien pengaliran :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Dimana :

C = koefisien pengaliran rata – rata

A = luas masing – masing tata guna lahan (km²)

C_i = koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

n = banyak jenis tata guna lahan dalam satu daerah

Tabel 2. 11 Koefisien Aliran (C)

Tipe daerah aliran	Koefisien aliran (C)
Reremputan	
Tanah pasir,datar,2%	0,50-0,10
Tanah pasir,sedang,2-7%	0,10-0,15
Tanah pasir,curam,7%	0,15-0,20
Tanah gemuk,datar,2%	0,13-0,17
Tanah gemuk,sedang,2-7%	0,18-0,22
Tanah gemuk,curam,7%	0,25-0,35
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75-0,95
Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	
Daerah single family	0,30-0,50



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Tipe daerah aliran	Koefisien aliran (C)
Multi unit terpisah	0,40-0,60
Multi unit tertutup	0,60-0,75
Suburban	0,25-0,40
Daerah apartemen	0,50-0,70
Industri	
Daerah ringan	0,50-0,80
Daerah berat	0,60-0,90
Taman,kuburan	0,10-0,25
Tempat bermain	0,20-0,35
Halaman kereta api	0,20-0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10-0,30
Jalan :	
Beraspal	0,70-0,95
Beton	0,80-0,95
Batu	0,70-0,85
Atap	0,75-0,95

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

2.5.3 Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dapat ditentukan dengan metode hubungan empiris antara curah hujan dengan limpasan, yakni dengan metode Nakayasu. Hidrograf satuan sintetis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter di daerah alirannya, seperti :

1. Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (time of peak)
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (time lag)
3. Tenggang waktu hidrograf (time base of hydrograph)
4. Luas daerah aliran sungai
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (length of the longest channel)

Bentuk persamaan HSS Nakayasu adalah :



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \times R_e}{0,3 \times T_p + T_{0,3}} \right)$$

$$T_p = t_g + 0,8 tr$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g$$

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g$$

Waktu konsentrasi dipengaruhi oleh panjang sungai utama (L) :

$$\text{Jika } L < 15 \text{ km : } t_g = 0,21 \cdot L^{0,70}$$

$$\text{Jika } L > 15 \text{ km : } t_g = 0,4 + 0,058 \cdot L$$

Dimana :

Q_p = debit puncak banjir ($m^3/detik$)

R_e = curah hujan efektif (1 mm)

T_p = waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)

A = luas daerah aliran sungai (km^2)

L = panjang sungai utama (km)

α = koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2

t_g = waktu konsentrasi (jam)

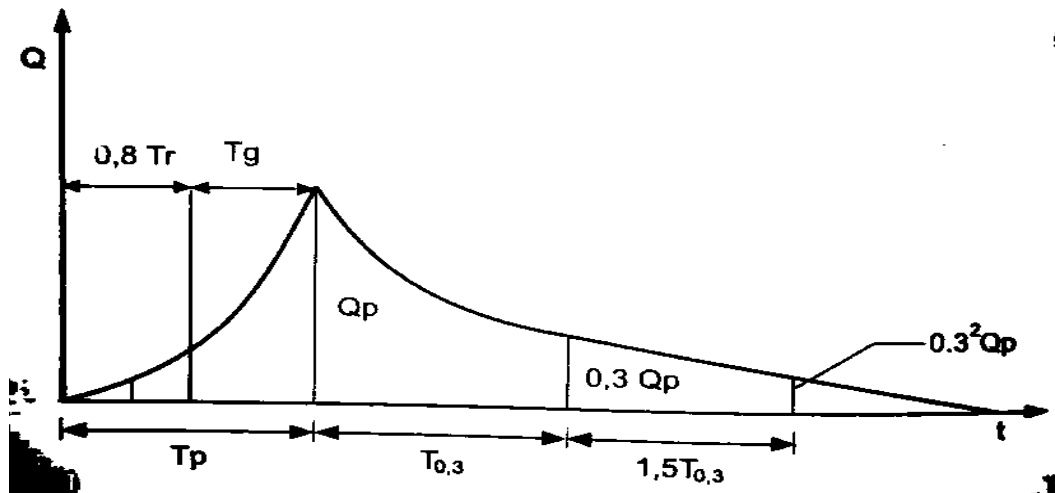
tr = Satuan waktu dari curah hujan (jam)

Bentuk hidrograf satuan diberikan oleh persamaan berikut :

a. Pada kurva naik : $0 < t < T_p$

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



Gambar 2. 1 Hidrograf satuan sintesis Nakayasu
(Sumber : Triatmodjo, 2008)

- b. Pada kurva turun $T_p < t < T_p + T_{0,3}$

$$Q_d = Q_p \cdot 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}}$$

- c. Pada kurva turun $T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$

$$Q_d = Q_p \cdot 0,3^{\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}}$$



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

$$Q_d = Q_p \cdot 0,3^{\frac{t - T_p + 1,5 \cdot T_{0,3}}{2 \cdot T_{0,3}}}$$

Dimana :

Q_a = Limpasan sebelum mencapai debit puncak (m³ /detik)

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

Q_p = debit puncak (m³/det)

t = satuan waktu (jam)

e. Persamaan untuk menentukan kemiringan saluran S (m), berikut ini :

$$S = \frac{T_1 - T_2}{L}$$

Dimana :

S = Kemiringan saluran (m)

T_1 = Tinggi saluran hulu (m)

T_2 = Tinggi saluran hilir (m)

L = Panjang Saluran (m)

2.5.4 Koefisien Kekasaran Manning

Untuk menentukan nilai dari koefisien manning n dapat ditentukan dengan melihat tabel 2.11, berikut ini.

Tabel 2. 12 Nilai Koefisien Kekasaran

Dr	N
Kedap air	0,02
Timbunan tanah	0,1
Tanaman pangan/tegakan dengan sedikit rumput pada tanah gundul yang kasar dan lunak	0,2
Padang rumput	0,4



Tanah gundul yang kasar dengan runtuhan dedaunan	0,6
Hutan dan sejumlah Semak belukar	0,8

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Berdasarkan tipe-tipe saluran, baik saluran terbuka atau saluran tertutup nilai koefisien kekasaran manning (n) dapat mengacu pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2. 13 Nilai Kekasaran Manning (n)

No	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga		
		minimum	normal	Maksimum
1	Beton			
	Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,001	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 pembuang	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-tinggi	0,025	0,030	0,035
	Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

(Sumber : Suripin, 2004)

2.6 Analisa hidraulika

Analisa hidraulika menurut Fauziah (2021) digunakan untuk menghitung besarnya kapasitas saluran sungai yang mampu menampung debit hidraulika. Menurut Hasan (2021) analisa hidraulika juga dapat dijadikan sebagai pedoman yang berkaitan dengan

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
- Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

besarnya nilai dimensi saluran serta bangunan pelengkap dimana aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran dengan saluran terbuka maupun saluran tertutup.

2.6.1 Kapasitas Eksisting Sungai

Kapasitas eksisting merupakan besaran daya tampung suatu saluran/sungai yang di hitung berdasarkan debit maksimum yang masuk ke dalam saluran. Dari perhitungan kapasitas saluran/sungai tersebut akan diketahui apakah saluran eksisting masih mampu menampung debit yang mengalir atau tidak. Dalam perhitungan fullbank capacity tersebut digunakan persamaan kontinuitas dan persamaan sebagai berikut (Suripin, 2004).

- a) Persamaan untuk menentukan debit Q ($m^3/detik$), berikut ini :

$$Q = V \times A$$

Dimana :

Q = Debit ($m^3/detik$)

V = Kecepatan aliran ($m/detik$)

A = Luas penampang (m^2)

- b) Persamaan untuk menentukan kecepatan aliran V ($m/detik$), berikut ini :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

- c) Persamaan untuk menentukan luas penampang saluran A (m^2), berikut ini :

$$A = (b + m \cdot h)h$$

Atau



Dimana :

A = Luas penampang (m^2)

b = Lebar dasar saluran (m)



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

h = Tinggi muka air (m)

m = Kemiringan dinding saluran (m)

d) Persamaan untuk menentukan kemiringan dinding saluran m (m), berikut:

$$m = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Dimana :

m = Kemiringan dinding saluran (m)

x = Sisi vertikal (m)

y = Sisi horizontal (m)

e) Persamaan untuk menentukan jari-jari hidrolis R (m), berikut ini :

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

Atau

$$R = \frac{h}{2}$$

Dimana :

A = Luas penampang (m^2)

P = Keliling basah saluran (m)

f) Persamaan untuk menentukan keliling basah saluran P (m), berikut ini :

$$P = b + 2h (m^2 + 1)$$

Dimana :

P = Keliling basah saluran (m)

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi muka air (m)



m = Kemiringan dinding saluran (m)

2.7. Analisa Hidrometri

Hidrometri adalah ilmu untuk mengukur air atau ilmu untuk mengumpulkan data dasar bagi analisis hidrologi. Pengukuran debit tidak dapat dilakukan secara kontinue, untuk itu diperlukan hubungan antara tinggi muka air dan debit aliran. Hidrometri adalah suatu ilmu yang mempelajari pengukuran air atau suatu ilmu untuk mengumpulkan data dasar bagi analisis hidrologi. Debit aliran sungai, diberi notasi Q , adalah jumlah air yang mengalir melalui tampang lintang sungai tiap satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam meter kubik per detik (m^3/dt). Debit sungai, dengan distribusinya dalam ruang dan waktu, merupakan informasi penting yang diperlukan dalam perencanaan bangunan air dan pemanfaatan sumber daya air. Mengingat bahwa debit aliran sangat bervariasi dari waktu ke waktu, maka diperlukan data pengamatan debit dalam waktu panjang (Triatmodjo, 2008).

Debit suatu lokasi di sungai dapat diperkirakan dengan cara berikut :

1. Pengukuran dilapangan
2. Berdasarkan data debit dari stasiun didekatnya,
3. Berdasarkan data hujan,
4. berdasarkan pembangkitan data debit.

Pengukuran debit dilapangan dapat dilakukan dengan membuat stasiun pengamatan atau dengan mengukur debit di bangunan air seperti bendung dan peluap. Pada pembuatan stasiun pengamatan debit, parameter yang diukur adalah tampang lintang sungai, elevasi muka air dan kecepatan aliran. Selanjutnya, debit aliran dihitung dengan mengalikan luas tampang dan kecepatan aliran. Untuk mendapatkan hasil yang teliti, lebar sungai dibagi menjadi sejumlah pias, dan diukur kecepatan aliran pada vertikal disetiap pias.

Debit disuatu lokasi dapat juga diperkirakan berdasarkan data hujan, misalnya dalam analisis hubungan hujan-limpasan dan analisis hidrograf. Debit aliran di sungai berasal dari hujan yang jatuh di DAS, sehingga dengan mengetahui kedalaman hujan dan kehilangan air seperti penguapan dan infiltrasi, akan dapat diperkirakan debit aliran. Dari data debit dan hujan di DAS yang biasanya terukur dalam satu periode pendek dari



2.7.1. Teori Pengukuran Debit

Debit aliran (Q) diperoleh dengan mengalikan luas tampang aliran (A) dan kecepatan aliran (V), $Q = A \cdot V$. kedua parameter tersebut dapat diukur pada suatu tampang lintang (stasiun) di sungai. Luas tampang aliran diperoleh dengan mengukur elevasi permukaan air dan dasar sungai. Kecepatan aliran diukur dengan menggunakan alat ukur kecepatan seperti *current meter*, pelampung, atau peralatan lain.

2.7.2. Pengukuran Debit

Pengukuran debit sungai dilakukan dengan pemasangan alat disuatu lokasi di sungai yang ditetapkan , yang memungkinkan pengamatan secara kontinyu dan teratur elevasi muka air dan debit serta data lainnya, seperti angkutan sedimen dan salinitas, langkah tersebut dijelaskan pada sub bab berikut :

1. Pemilihan Lokasi Stasiun Pengukuran

Langkah pertama dari kegiatan pengukuran debit sungai adalah memilih lokasi stasiun pengukuran. Pemilihan lokasi tersebut dengan memperhatikan beberapa persyaratan berikut ini.

1. Mudah dicapai oleh pengamat, misalnya di jembatan.
2. Bagian sunga yang lurus dengan penampang sungai yang teratur dan stabil (tidak terjadi erosi maupun sedimentasi).
3. Sebelah hilir pertemuan dengan anak sungai.
4. Bagian mulut sungai menuju ke laut atau danau.
5. Lokasi bangunan air seperti bendungan, bending, dan sebagainya.
6. Tidak dipengaruhi oleh garis pembendungan (*back water*).
7. Aliran berada didalam alur utama (tidak ada aliran dibantaran).

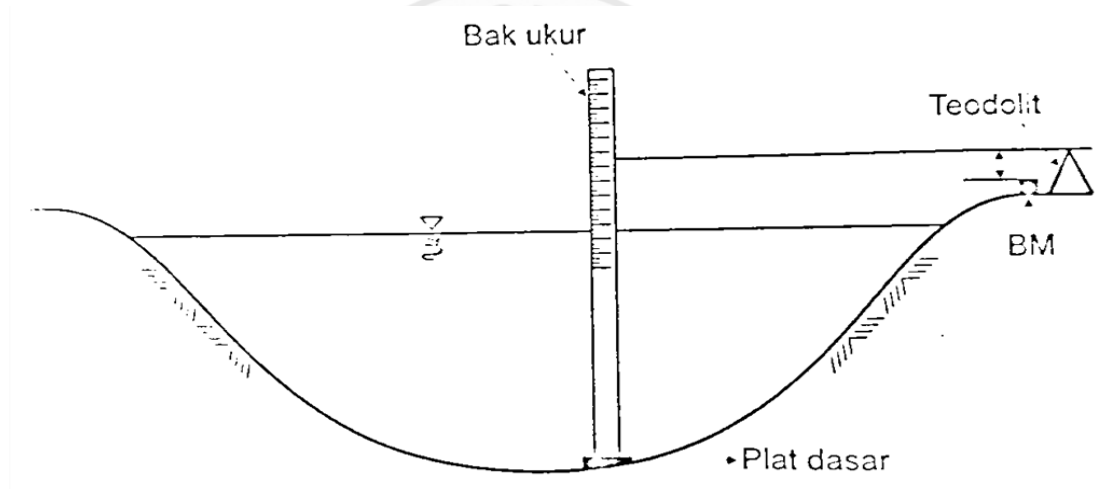
1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

2. Pengukuran Kedalaman Sungai

Pengukuran kedalaman sungai dapat dilakukan dengan menggunakan bak ukur, tali yang diberi pemberat atau dengan *echosounder*. Pengukuran dilakukan di beberapa titik dalam arah melintang sungai untuk mendapatkan bentuk tampang lintang sungai.

1. Bak ukur

Sungai yang dangkal, bak ukur yang telah diberi skala dan plat dibagian bawahnya dimasukan kedalam sungai sampai plat dasar mencapai dasar sungai. Papan tersebut dapat tersebut dapat ditegakkan dengan bantuan perahu atau oleh orang jika dangkal.



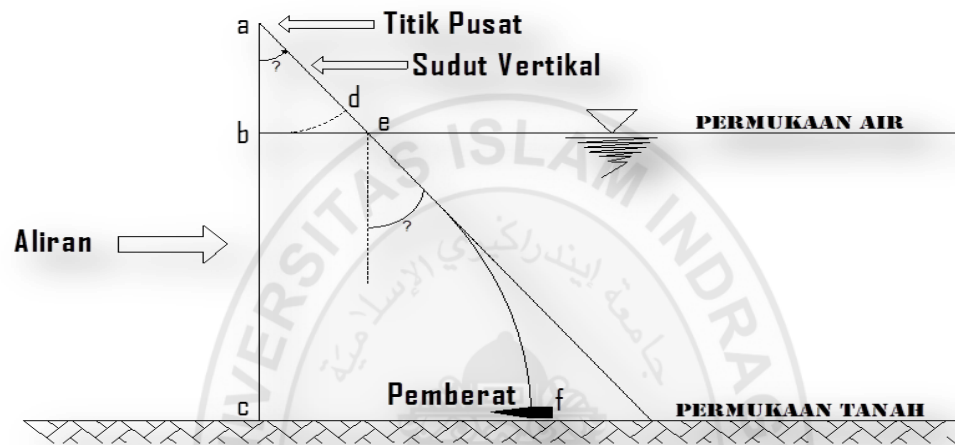
Gambar 2. 2 Pengukuran Kedalaman sungai dengan bak ukur
(Sumber : Triatmodjo, 2008)

2. Tali dengan pemberat

Apabila sungai dalam atau kecepatan arus besar, kedalaman air diukur dengan menggunakan tali yang diberi pemberat. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan perahu, pada jembatan, atau kabel yang digantungkan melintas sungai. Pengukuran ini biasanya dilakukan bersamaan dengan pengukuran kecepatan dengan menggunakan *current meter*. Diatas pemberat dipasang *current meter*, sehingga sambil mengukur kedalaman dapat diketahui kecepatan aliran di beberapa titik yang ditentukan. Pemberat mempunyai bentuk yang halus (*streamline*) sehingga hambatan yang ditimbulkan arus kecil. Pemakaian kabel/tali untuk mengukur kedalaman perlu diperhitungkan koreksi, karena pengaruh arus dapat menyebabkan posisi tali tidak vertikal seperti ditunjukkan dalam gambar 2.34. koreksi perlu diberikan pada bagian tali

yang berada diatas permukaan air (*air correction*) dan dibawah permukaan air (*wet-line correction*). Koreksi diberikan oleh bentuk berikut :

$$de = \left(\frac{1 - \cos \theta}{\cos \theta} \right) ab$$



Gambar 2. 3 Pengukuran Kedalaman dan Kecepatan dengan Current Meter
(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Tabel 2. 14 Koreksi diatas permukaan air (air correction)

Sudut Vertikal (derajat)	Koreksi (%)	Sudut Vertikal (derajat)	Koreksi (%)
4	0,24	18	5,15
6	0,55	20	6,42
8	0,98	22	7,85
10	1,54	24	9,6
12	2,23	26	11,26
14	3,06	28	13,26



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Sudut Vertikal	Koreksi	Sudut	Koreksi
16	4,03	30	15,47

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Tabel 2. 15 Koreksi dibawah muka air (wet-line correction)

Sudut Vertikal (derajad)	Koreksi (%)	Sudut Vertikal (derajad)	Koreksi (%)
4	0,06	18	1,64
6	0,16	20	2,04
8	0,32	22	2,48
10	0,50	24	2,96
12	0,72	26	3,50
14	0,98	28	4,08
16	1,28	30	4,72

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

Berikut ini prosedur untuk menghitung nilai koreksi tersebut.

- a. Kedalaman aef diukur oleh tali.
- b. Ukur jarak vertikal ab , dengan tali tersebut ketika pemberat berada pada permukaan air.
- c. Ukur sudut θ pada tali di udara.
- d. Kedalaman tali basah, $ef = aef - (ab + \text{koreksi di udara})$
- e. Hitung koreksi tali basah untuk menghitung ef .
- f. Hitung koreksi bc , $bc = aef - ab - (\text{koreksi di udara} + \text{koreksi tali basah})$

3. Echosounder

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Pada sungai yang lebar dan dalam, pengukuran tampang lintang dapat dilakukan dengan menggunakan *echosounder*. Selain itu alat ini juga dapat digunakan untuk mengukur bathimetri (kedalaman) laut.

2.7.3. Pengukuran Kecepatan

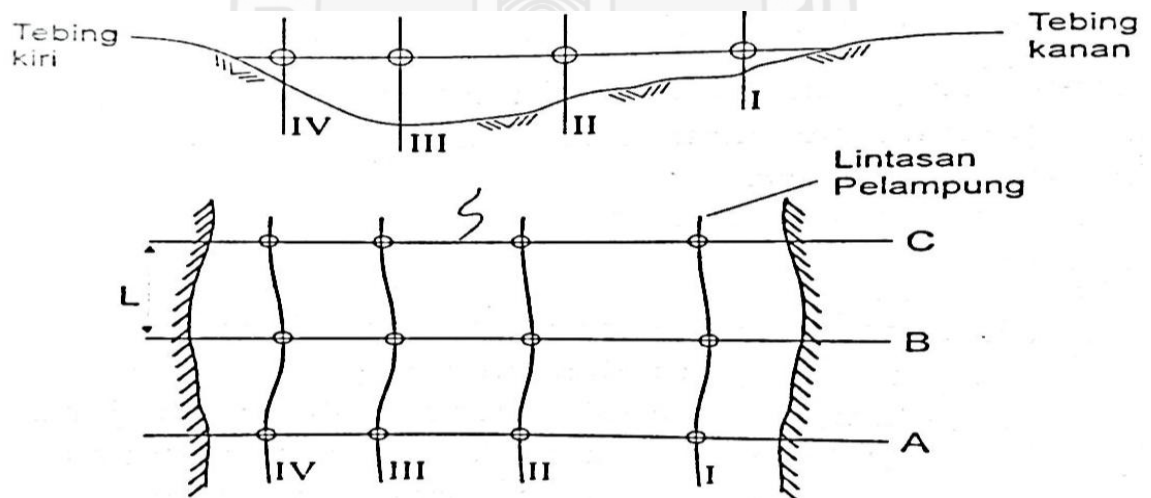
Pengukuran kecepatan air dapat dilakukan secara langsung dengan menggunakan pelampung atau secara tidak langsung yang biasanya menggunakan *current meter*.

1. Pelampung

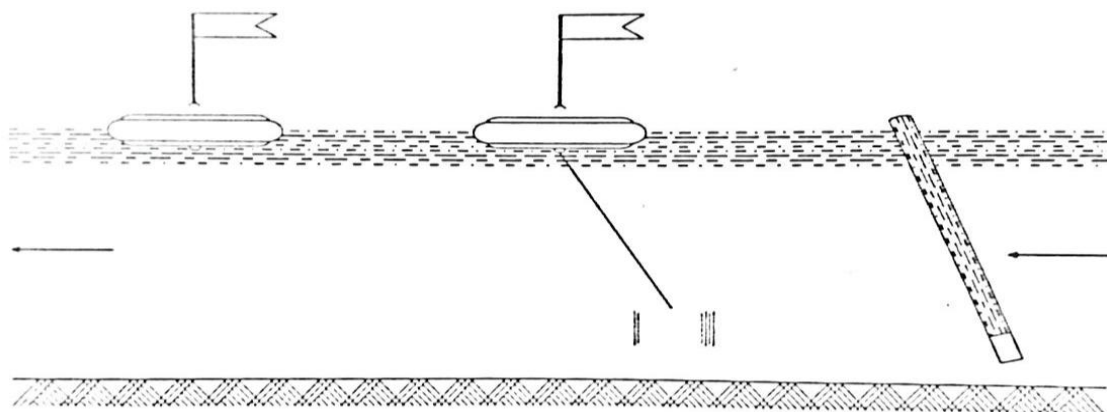
Pengukuran kecepatan arus secara langsung dapat dengan menggunakan pelampung, yaitu dengan mengukur selang waktu yang diperlukan oleh pelampung untuk menempuh suatu jarak tertentu. Biasanya cara ini dilakukan pada waktu banjir dimana pemakaian *current meter* sulit dilakukan, atau pada survey pendahuluan.

Kecepatan aliran dapat dihitung dengan persamaan :

$$V = \frac{L}{t}$$



Gambar 2. 4 Pengukuran Kecepatan dengan pelampung
(Sumber : Triatmodjo, 2008)



Gambar 2. 5 Tipe pelampung
(Sumber : Triatmodjo, 2008)

2. Current meter

Pengukuran kecepatan arus dengan *current meter* adalah yang paling banyak dilakukan. Ada dua tipe alat ukur yaitu tipe mangkok (*priece-cup current meter*) dan baling-baling (*propeller current meter*), Karena adanya partikel air yang melintasinya maka mangkok dan baling-baling akan berputar. Pada tipe pertama mangkok-mangkok berputar terhadap sumbu vertikal, sedang yang kedua baling-baling berputar terhadap sumbu horizontal. Jumlah putaran persatuan waktu dapat dikonversi menjadi kecepatan arus.

Hubungan antara jumlah putaran perdetik, n , dan kecepatan aliran, v , mempunyai bentuk linier berikut :

$$v = a + b n$$

dengan a dan b adalah konstanta yang diperoleh dari kalibrasi alat yang dilakukan oleh pabrik pembuatnya. Sebagai contoh *current meter* tipe baling-baling dengan diameter 0,125 mm mempunyai bentuk :

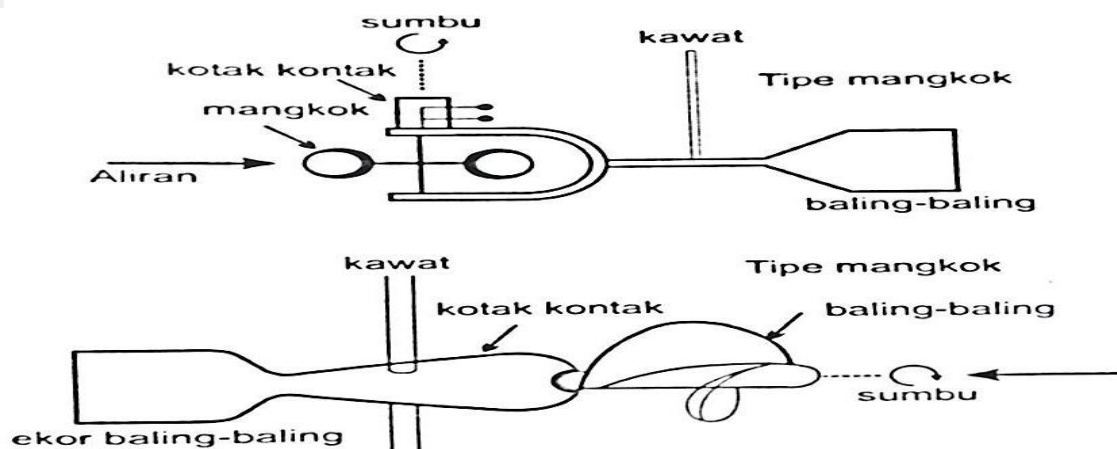
$$\text{jika } n < 2,22 \quad v = 0,2543 n + 0,018 \text{ (a)}$$

$$\text{jika } n < 2,22 \quad v = 0,264 n + 0,02 \text{ (b)}$$

dengan :

$$v = \text{kecepatan (m/dt)}$$

n = jumlah putaran per detik



Gambar 2. 6 Menunjukkan bentuk current meter tipe mangkok dan balok-balok

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

2.8. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar dari pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari (Bambang Triatmodjo, 1999).

Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting di dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut.

2.8.1. Tipe-tipe pasang surut

Bentuk pasang surut diberbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut diberbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), harian ganda (*semidiurnal tide*) dan dua jenis campuran. Gambar 2.7. menunjukkan keempat jenis pasang surut tersebut. Sedang gambar 2.8. adalah sebaran keempat jenis pasang surut tersebut di Indonesia dan sekitarnya.

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

Satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur (gambar 2.7.a). priode

pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat diselat malaka sampai laut Andaman.

2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

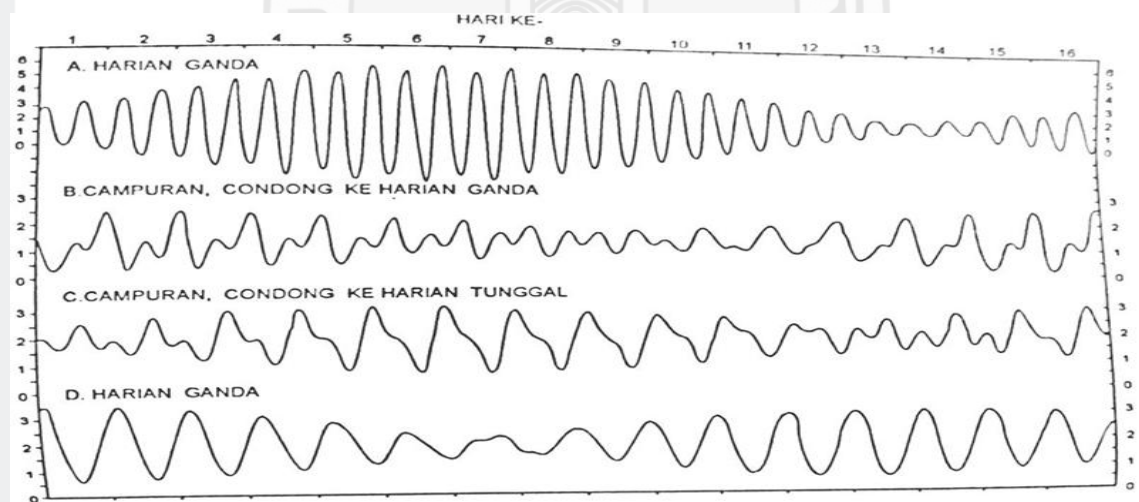
Satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut (gambar 2.7.d). priode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi perairan selat karimata.

3. Pasang surut campuran condong keharian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)

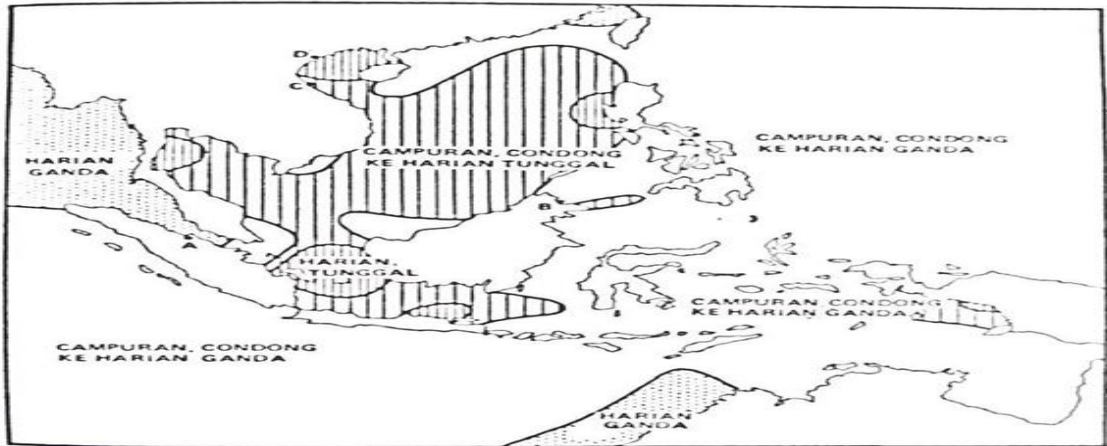
Satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan priodenya berbeda (gambar 2.7. b). pasang surut jenis ini banyak terdapat di perairan Indonesia Timur.

4. Pasang surut campuran condong keharian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)

Tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan priode yang sangat berbeda (gambar 2.7. c). pasang surut jenis ini terdapat di selat Kalimantan dan pantai Utara Jawa Barat.



Gambar 2. 7 Tipe Pasang Surut
(Sumber : Triatmodjo, 1999)



Gambar 2. 8 Sebaran Pasang Surut di Indonesia dan sekitarnya
(Sumber : Triatmodjo, 1999)

2.8.2. Definisi Elevasi Muka Air

Mengingat elevasi muka air laut yang selalu berubah, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman didalam perencanaan suatu pelabuhan atau bangunan air lainnya.

Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Muka air tinggi (*High water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*Low water level*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level*), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*mean sea level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi dan muka air rendah. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*higest high water level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Air rendah terendah (*Lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.



2.9. Penelitian Software Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS)

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis System (RAS)*, yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (steady and unsteady one-dimensional flow model). HEC-RAS versi terbaru saat ini, Versi 4.1, beredar sejak Januari 2010. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi:

- 1) hitungan profil muka air aliran permanen,
- 2) simulasi aliran tak permanen,
- 3) hitungan transpor sedimen, dan
- 4) hitungan kualitas air.

Satu elemen penting dalam HEC-RAS adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, routine hitungan hidraulika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan (Istiarto, 2014).

Analisa hidraulika menggunakan *software* HEC-RAS dilakukan tahapan sebagai berikut:

1. Membuat file project baru

Langkah ini dilakukan dengan membuat folder baru, nama file serta meletakkan lokasi file yang akan disimpan di direktori yang diinginkan.

2. Menginput geometri data

Langkah ini dilakukan dengan memasukkan data arah aliran, panjang saluran, kekasaran manning, koefisien ekspansi, jarak jangkauan serta batas saluran.

3. Memasukkan data aliran dan kondisi batas

Langkah ini dilakukan dengan memasukkan data aliran serta nilai debit banjir rencana yang telah dihitung.

4. Hasil perhitungan *software* HEC-RAS

Langkah ini dilakukan untuk melihat hasil output pada perhitungan dengan mengklik tombol View.



2.10. Penelitian Terdahulu

Penulis memaparkan beberapa penelitian yang relevan tentang analisis normalisasi saluran sungai yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun pemaparannya sebagai berikut:

a. Zulkarnain (2021)

Zulkarnain (2021) didalam penelitiannya yang berjudul “Studi Normalisasi Sungai Lapri Untuk Pengendalian Banjir”. Pada penelitian ini didapatkan Hasil analisis menunjukkan bahwa direncanakan debit banjir dengan metode Nakayasu dengan periode ulang 100 tahun (Q100). 86,947 m³/detik. Dengan demikian, debit banjir Sungai Lapri eksisting untuk masing-masing STA adalah didapatkan sebagai berikut : STA 10 sebesar 87,742 m³/detik, STA 9 sebesar 87,953 m³/detik, STA 8 sebesar 88,192 m³/detik, STA 7 sebesar 88,481 m³/detik, STA 6 sebesar 87,912 m³/detik, STA 5 sebesar 88,028 m³/detik, STA 4 sebesar 87,532 m³/detik, STA 3 sebesar 87,730 m³/detik, STA 2 sebesar 88,233 m³/detik, STA 1 sebesar 87,874 m³/detik dan STA 0 sebesar 88,624 m³/detik. Berdasarkan hasil debit, penampang saluran Sungai Lapri dimensinya mampu mengalirkan debit banjir dengan tinggi bangunan 5,37 m, 1,64 m tinggi penahan, dan lebar dasar saluran 6,20 m.

b. Ichwan Frendi (2013)

Ichwan Frendi (2013) didalam penelitiannya yang berjudul “Perencanaan Normalisasi Sungai Kemuning Kabupaten Sampang Pulau Madura” Pada penelitian ini didapatkan dengan menggunakan program HEC-RAS 4.0 dapat diketahui kondisi muka air banjir pada Sungai Kemuning kondisi eksisting terjadi luberan atau banjir. Sebagai contoh pada stasiun 88 tinggi muka air 10.02 m melebihi elevasi tebing kiri dan kanan setinggi 5.28 m dan 5.84 m. sedangkan tinggi muka air pada Stasiun 92 adalah 10.22 m melebihi dari elevasi tebing kiri dan kanan setinggi 5.30 m dan 5.81 m. Pada kala ulang 2 tahun tinggi muka air sudah melampaui bantaran atau tebing sungai yang ada, sehingga dapat disimpulkan bahwa kapasitas Sungai Kemuning tidak mampu menampung debit banjir yang direncanakan.

c. Muhammad Luthfi Fauzi (2018)

Muhammad Luthfi Fauzi (2018) didalam penelitiannya yang berjudul “Perencanaan Ulang Normalisasi Kali Ngotok Ring Kanal Kabupaten Mojokerto” Pada penelitian ini



didapatkan Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Dalam perhitungan debit Nakayasu didapat Q_{25th} total = $1.025 \text{ m}^3/\text{dt}$. Jumlah tersebut merupakan total kapasitas debit tampungan yang masuk ke Kali Ngotok Ring Kanal.
2. Pada daerah aliran Kali Ngotok Ring Kanal bila terjadi hujan dengan periode ulang Q_{25th} dengan kondisi eksisting yang ada, kapasitas sungai bagian hulu tidak mampu menampung debit banjir rencana.
3. Dengan cara normalisasi yang berupa penambahan tinggi tanggul, pelebaran penampang sungai, dan penggalian dasar sungai sepanjang 26 km, sungai mampu menampung debit banjir rencana.

d. Syofyan Z (2020)

Syofyan Z (2020) didalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Normalisasi Pengendalian Banjir Di Sungai Batang Ulakan Kabupaten Padang Pariaman” Pada penelitian ini didapatkan secara garis besar, hasil yang didapatkan dari analisa dan perhitungan bab – bab sebelumnya dalam Tugas Akhir “ Analisis Normalisasi Pengendalian Banjir Di Sungai Batang Ulakan Kabupaten Padang Pariaman” adalah sebagai berikut: Pemilihan jenis sebaran dilakukan dengan metode analitis. Ada beberapa macam distribusi yang dipakai yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel Tipe 1 dan Log Person Tipe III. Perhitungan debit rencana untuk periode ulang tertentu dengan metode Hasper, Weduwen dan Rasional. Dari hasil perhitungan menggunakan metode Rasional. Debit banjir (Q_d) setara dengan debit (Q_{20}) = $1690.94 \text{ m}^3/\text{dt}$. Dimensi penampang saluran yang diperoleh adalah lebar (B) = 20 m, tinggi (H) 7.7 m, kemiringan talud $z = 1$, panjang sungai 14.35 km, kemiringan sungai (S/I) = 0,067, debit saluran (Q) = $1690.94 \text{ m}^3/\text{dt}$.

e. Sukiyoto, dkk (2022)

Didalam penelitiannya yang berjudul “Perhitungan Kapasitas Pengaliran Kali Cipinang Dari Kelurahan Kebon Pala Sampai Dengan Banjir Kanal Timur Dalam Pengendalian Banjir” Pada penelitian ini didapatkan Dimensi ekisting alur sungai Kebon Pala dengan lebar 15 m dan kedalaman alur sungai 1,2 m hanya mampu mengalirkan debit banjir sebesar $76,1 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dimensi rencana alur sungai dengan metode trial and error, diperoleh lebar 18 m dan kedalaman 2,1 m dengan



debit debit pengaliran rencana sebesar 192,5m³/detik dengan model desain berbentuk segiempat. Kapasitas pengaliran alur sungai sebelah utara kalimalang adalah sebesar 212,0 m³/detik, alur sungai Cipinang belakang kantor KLHK sebesar 195,6m³/detik, dan samping Jayamix yaitu sebesar 255,4m³/detik. Alur sudetan kali Ciliwung yang masuk ke daerah Banjir Kanal Timur direncanakan sebesar 59,8m³/detik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

