

BAB II

LANDASAN TEORI DAN KERANGKA BERPIKIR

2.1. Kerangka Teoritik

Kerangka teoritik memuat uraian mengenai landasan teori yang mendukung pendekatan pemecahan masalah pada penelitian ini. Teori-teori bersumber dari buku, jurnal, penelitian lain yang relevan, dan sumber lainnya. Diperlukan bidang-bidang ilmu pengetahuan terkait yang mendukung dalam penelitian ini. Adapun bidang ilmu pengetahuan tersebut mengenai hidrologi dan hidrolika.

2.1.1. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum dari suatu sungai, atau saluran yang besarnya didasarkan/terkait dengan periode ulang tertentu (SNI 2415: 2016 butir 3.4:1 tentang tata cara perhitungan debit banjir rencana).

Debit banjir rencana dapat diketahui dengan pendekatan pengukuran hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS). Dengan mengetahui debit banjir rencana maka berdasarkan kajian hidrolika sungai dapat dihitung besarnya penampang sungai yang aman (Kodoatie, 2013: 68).

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/s). Mengingat bahwa debit aliran sangat bervariasi dari waktu ke waktu, maka diperlukan data pengamatan debit dalam jangka waktu panjang (Triatmodjo, 2008: 107).

Menurut Subarkah (1980) dan Grigg (1996) diacu dalam Kodoatie (2013: 69) berpendapat perhitungan debit banjir rencana memiliki beberapa metode. Diantaranya metode rasional yaitu dipakai untuk daerah perkotaan dengan luas DAS kurang dari 200 acres atau +81 ha, metode Der Weduwen untuk luas DAS sampai 100 km^2 , sedangkan untuk metode Melchior yang memiliki luas DAS lebih dari 1000 km^2 , dan metode Haspers untuk Daerah Pengaliran Sungai (DPS) lebih dari 50 km^2 (KepDirJen Pengairan No. 185/KPTS/A/1986). Metode yang dipilih tergantung pada data yang tersedia dan lokasi pengamatan.

2.1.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan suatu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografi dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (SNI 2415: 2016 butir 3.3:1 tentang tata cara perhitungan debit banjir rencana).

Suatu kesatuan daerah/wilayah/kawasan tata air yang terbentuk secara alamiah di mana air tertangkap (berasal dari curah hujan) dan akan mengalir dari daerah/wilayah/kawasan tersebut menuju ke anak sungai dan sungai yang bersangkutan (Kodoatie dan Sjarief, 2010: 114, diacu dalam Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

Menurut UU No. 7 tahun 2004 diacu dalam Kodoatie (2013: 50) daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami, untuk batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut hingga daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

2.1.3. Normalisasi Sungai

Normalisasi sungai merupakan usaha untuk memperbesar kapasitas pengaliran dari sungai itu sendiri. Normalisasi sungai dimaksudkan agar dimensi (ukuran saluran) pada sungai diformulasikan sesuai dengan bentuk rancangan yang diperlukan untuk tujuan tertentu. Jadi lebar dan kedalaman saluran pada sungai diatur sedemikian rupa supaya profil tertentu tersebut dapat dipertahankan sepanjang tahun, lazim disebut “normalisasi sungai” (Aminulwahyu, 2016).

Normalisasi disebut juga perbaikan penampang sungai yang dilakukan umumnya untuk mengurangi banjir atau genangan yang terjadi dengan melebarkan sungai atau memperdalam (pengerukan) sungai. Hal ini dilakukan agar aliran air lebih cepat dan kapasitas sungai menampung air lebih besar (Kodoatie dan Sjarief, 2010: 496-497).

Maksud dan tujuan normalisasi adalah untuk keperluan navigasi, melindungi tebing sungai karena erosi (kikisan), atau untuk memperluas profil sungai guna menampung banjir-banjir yang terjadi. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan pada cara penanganan ini adalah perencanaan alur yang stabil terhadap proses erosi dan sedimentasi dasar sungai maupun erosi tebing dan elevasi muka air banjir (Aminulwahyu, 2016).

Adapun data teknis Sungai Item sebagai berikut:

Tabel 2.1 Data Teknis Sungai Item

Profil Sungai Item	
Panjang sungai	= 2,86 km
Hulu sungai	= Sungai Sentiong
Hilir sungai	= Sungai Sunter
Pintu Air Utara	= Pintu Air Honda
Sistem Aliran	= Aliran Timur

Sumber: Dinas Sumber Daya Air Provinsi DKI Jakarta

2.1.4. Analisis Curah Hujan

Menurut (Soewarno, 1995: 64) analisis curah hujan merupakan suatu rangkaian proses pengolahan data curah hujan untuk mendapatkan nilai intensitas curah hujan dalam periode ulang tertentu yang diawali dengan identifikasi kondisi klimatologi atau kondisi curah hujan di suatu wilayah dan selanjutnya analisis data yang terdapat dari suatu penakar atau pengukur akan tercatat secara kualitas dan kuantitas yang dilanjutkan dengan perhitungan macam-macam distribusi frekuensi dan selanjutnya akan dipilih satu distribusi frekuensi yang memenuhi persyaratan.

Data yang dibutuhkan untuk merancang pemanfaatan air dan rancangan pengendali banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah, dan dinyatakan dalam milimeter (mm). Curah hujan harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Terdapat tiga cara yang biasa digunakan untuk menghitung hujan rata-rata dalam seluruh

kawasan yaitu Metode Rata-Rata Aljabar, Metode Polygon Thiessen, dan Metode Isohyet (Suripin, 2004: 26).

1. Metode Rata-Rata Aritmatik (Aljabar)

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana, pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi berdasarkan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah stasiun yang berada dalam wilayah DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Metode rata-rata aljabar memberikan hasil yang baik apabila (Triatmodjo, 2008):

- Stasiun hujan tersebar merata di DAS.
- Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

Hujan kawasan diperoleh dari persamaan sebagai berikut (Suripin, 2004):

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- P = curah hujan tercatat (mm)
 P_1, \dots, P_n = curah hujan di stasiun pengukuran (mm)
 n = jumlah stasiun pengukuran

2. Metode Polygon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun (Triatmodjo, 2008: 33).

Hasil metode Poligon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata-rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah dengan luas 500-5000 km² (Suripin, 2004).

Secara matematis hujan rerata dapat ditulis,

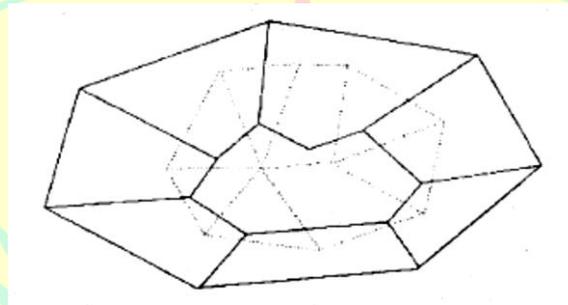
$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

P = curah hujan rerata (mm)

P₁, ..., P_n = curah hujan di stasiun pengukuran (mm)

A₁, ..., A_n = luas daerah pengaruh setiap stasiun (km²)



Gambar 2.1 Metode Poligon Thiessen (Hasmar, 2012)

3. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode Isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis Isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis Isohyet tersebut.

Metode Isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rata-rata di suatu daerah. Pada metode ini, stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata. Metode ini membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibanding dua metode lainnya (Triatmodjo, 2008).

Perhitungan hujan rata-rata DAS dengan persamaan berikut (Suripin, 2004):

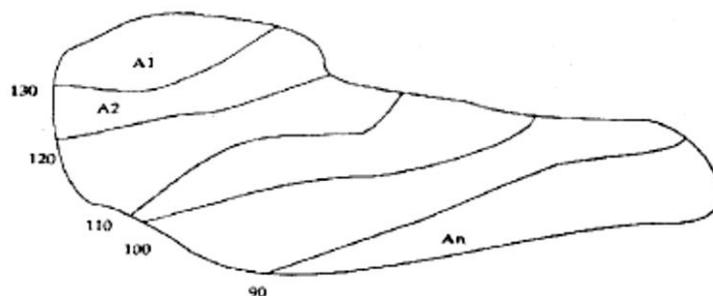
$$P = \frac{A_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right) + A_2\left(\frac{P_2+P_3}{2}\right) + \dots + A_{n-1}\left(\frac{P_{n-1}+P_n}{2}\right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

P = curah hujan rerata (mm)

P₁, ..., P_n = curah hujan di stasiun pengukuran (mm)

A₁, ..., A_n = luas daerah pengaruh setiap stasiun (km²)



Gambar 2.2 Metode Isohyet (Hasmar, 2012)

2.1.5. Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Perhitungan analisis frekuensi data hidrologi bertujuan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Besarnya kejadian ekstrim mempunyai hubungan terbalik dengan probabilitas kejadian. Misalnya frekuensi kejadian debit banjir besar adalah lebih kecil dibanding dengan debit-debit sedang atau kecil. Dengan analisis frekuensi akan diperkirakan besarnya banjir interval kejadian tertentu seperti 10 tahunan, 100 tahunan, atau 1000 tahunan, dan juga berapakah frekuensi dengan besar tertentu yang mungkin terjadi selama satu periode waktu, misalnya 100 tahun (Triatmodjo, 2010).

Distribusi probabilitas merupakan jumlah kejadian dalam varian diskret dibagi dengan jumlah data, dan dibatasi untuk jumlah total seluruh varian adalah 1. Probabilitas kumulatif adalah jumlah peluang dari varian acak yang mempunyai sebuah nilai sama, kurang ataupun lebih dari nilai tertentu yang ditinjau (Triatmodjo, 2008: 203).

Terdapat parameter-parameter distribusi yang dapat membantu dalam menentukan jenis sebaran yang tepat. Jenis-jenis distribusi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Normal

Distribusi ini disebut juga distribusi Gauss, merupakan distribusi yang memiliki kurva simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk menyerupai lonceng. Distribusi ini memiliki fungsi peluang normal (PDF= *Probability Density Function*). PDF distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan baku dari data curah hujan yang diperoleh, persamaan dari distribusi normal sebagai berikut (Suripin, 2004: 35):

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] - \infty \leq x \leq \infty \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

$P(X)$ = Fungsi densitas peluang normal (ordinat kurva normal)

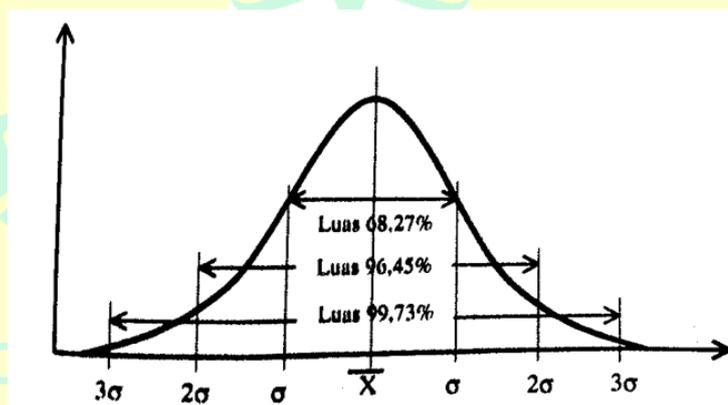
X = Variabel acak kontinu

μ = Rata-rata nilai X

σ = Simpangan baku dari nilai X

Menurut Sri Harto (1993) sifat-sifat distribusi normal, yaitu nilai koefisien kemencengan atau *skewness* sama dengan nol ($C_s=0$) dan nilai koefisien kurtosis sama dengan tiga ($C_k=3$) (Triatmodjo, 2008: 219).

Analisis kurva dari distribusi normal menggunakan parameter statistik μ dan σ . Bentuk kurva yang dihasilkan biasanya simetris terhadap $X=\mu$, dan grafik selalu di atas sumbu datar X , serta mendekati sumbu datar X yang dimulai dari $X = \mu + 3\sigma$ dan $X = \mu - 3\sigma$. Untuk nilai mean, median, modus adalah sama. Sementara, nilai X mempunyai batas $-\infty < X < +\infty$. Kemudian, apabila suatu populasi data hidrologi mempunyai distribusi berbentuk distribusi normal seperti pada gambar dibawah ini, maka syarat batas yang harus dimiliki adalah (Suripin, 2004: 36):



Gambar 2.3 Kurva Distribusi Frekuensi Normal (Suripin, 2004)

- a.) Nilai 68.27% sekiranya terletak di daerah satu standar deviasi yang dimiliki sekitar nilai rata-rata, yaitu diantara $(\mu - \sigma)$ dan $(\mu + \sigma)$.

- b.) Nilai 95.45% sekiranya, terletak di daerah dua standar deviasi yang dimiliki sekitar nilai rata-rata, yaitu diantara $(\mu - 2\sigma)$ dan $(\mu + 2\sigma)$.
- c.) Dan nilai 99.73% sekiranya, terletak di daerah tiga deviasi standar yang dimiliki sekitar nilai rata-rata, yaitu diantara $(\mu - 3\sigma)$ dan $(\mu + 3\sigma)$.
- d.) Sedangkan nilai 50%-nya terletak daerah diantara $(\mu - 0,6745\sigma)$ dan $(\mu + 0,6745\sigma)$.

Berikut ini adalah rumus untuk distribusi normal (Suripin, 2004: 36):

$$X_T = \bar{X} + K_T S \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variat

S = Deviasi standar nilai variat

K_T = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Nilai variable reduksi Gauss (*Variable Reduced Gauss*) yang memiliki nilai faktor frekuensi K_T untuk memudahkan perhitungan. Nilai variable reduksi Gauss dapat dilihat pada Lampiran 1.

2. Distribusi Log Normal

Jika variabel acak $Y = \text{Log } X$ terdistribusikan secara normal, maka X dianggap mengikuti distribusi Log Normal. Persamaan dari distribusi Log Normal adalah sebagai berikut (Suripin, 2004: 39):

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{Y} = nilai rata-rata hitung varian

S = standar deviasi nilai varian

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang

3. Distribusi Log Pearson III

Pearson telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatar belakangi pemakaian distribusi Log Normal (Suripin, 2004).

Ada tiga parameter penting dalam Log Pearson III, yaitu harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Jika koefisien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal (Suripin, 2004).

Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log Pearson III:

a. Ubah data ke dalam bentuk logaritmis X menjadi Log X

b. Hitung harga rata-rata

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Log} X_i \dots\dots\dots(2.7)$$

c. Hitung harga simpangan baku

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0,5} \dots\dots\dots(2.8)$$

d. Hitung koefisien kemencengan (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots(2.9)$$

e. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T

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

Nilai k untuk distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada Lampiran 2.

4. Distribusi Gumbel

Menurut Sri Harto (1993) distribusi Gumbel mempunyai sifat bahwa koefisien kemencengan (*skewness*) $C_s = 1,1396$ dan nilai koefisien kurtosis $C_k = 5,4002$ (Triatmodjo, 2008: 225).

Apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel), maka persamaan dari distribusi Gumbel sebagai berikut (Suripin, 2004: 50):

$$X_T = \bar{X} + S \cdot \bar{K} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

X_T = besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun

\bar{X} = harga rata-rata dari data curah hujan

S = simpangan baku data hujan

K = faktor frekuensi

Nilai K di atas memiliki persamaan sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

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

Y_T = *Reduced variate* sebagai fungsi banyak periode ulang T tahun

S_n = *Reduced standard deviation* sebagai fungsi dari banyaknya n-data

Nilai Y_n (*Reduced Mean*), Y_T (*Reduced variate*), dan S_n (*Reduced standard deviation*) dapat dilihat pada tabel 2.1, tabel 2.2, dan tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.2 *Reduced Mean, Y_n Sebagai Fungsi Periode Ulang*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber: Suripin, 2004

Nilai Y_T (*Reduced Variate*) dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.3 *Reduced Variate, Y_T Sebagai Fungsi Periode Ulang*

Periode ulang T (tahun)	<i>Reduced variate</i> (Y_{T_r})	Periode ulang, T_r (tahun)	<i>Reduced variate, Y_{T_r}</i>
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

Sumber: Suripin, 2004

Nilai S_n (*Reduced Sandard Deviation*) dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.4 *Reduced Sandard Deviation, S_n Sebagai Fungsi Periode Ulang*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,068	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Sumber: Suripin, 2004

2.1.6. Uji Kecocokan Fungsi Distribusi

Uji kecocokan fungsi distribusi menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang terpilih dapat mewakili distribusi frekuensi tersebut. Uji ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004:57).

1. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan persyaratan yang dijadikan dasar dalam menentukan debit air rencana dengan periode ulang tertentu terhadap distribusi yang telah terpilih. Pengambilan keputusan ini menggunakan nilai X^2 , yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Suripin, 2004: 57):

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

X_h^2 = parameter chi-kuadrat terhitung

G = jumlah sub kelompok

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Interpretasi hasil uji adalah sebagai berikut:

- a. Jika peluang $> 5\%$, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima
- b. Jika peluang $< 1\%$ maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima
- c. Jika peluang diantara $1\% - 5\%$ maka perlu data tambahan karena tidak dapat diambil keputusan.

Parameter X_{hitung}^2 merupakan hasil variabel perhitungan sesuai data yang ada. Peluang untuk mencapai nilai X_{hitung}^2 sama atau lebih besar dari nilai kritis chi-kuadrat sebenarnya X^2 . Tabel dari nilai kritis untuk distribusi chi-kuadrat dapat dilihat pada Lampiran 3.

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Menurut Suripin (2004: 58) uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov atau uji kecocokan *non parametric* tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu untuk menghitung. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- a. Mengurutkan data-data (kecil ke besar) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut, contohnya sebagai berikut:

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2), \text{ dan seterusnya}$$

- b. Mengurutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data atau persamaan distribusinya, sebagai berikut:

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2), \text{ dan seterusnya}$$

- c. Kemudian dapat ditentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

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

- d. Tentukan harga D_0 berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) yang dapat dilihat pada Lampiran 4.

2.1.7. Koefisien Limpasan

Limpasan terdiri dari air yang berasal dari tiga sumber yaitu, aliran permukaan, aliran antara dan aliran air tanah, semua tipe aliran memberi sumbangan pada aliran sungai. Sementara itu limpasan permukaan terjadi setelah hujan. Oleh karena itu, koefisien limpasan merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Koefisien limpasan untuk tiap bagian daerah yang memiliki fungsi lahan yang berbeda (Triatmodjo, 2008: 136). Persamaan koefisien limpasan dapat dihitung dengan rumus:

$$C = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan:

C_i = koefisien limpasan untuk daerah luasan A_i

A_i = luasan dengan nilai C yang berbeda

$\sum A_i$ = penjumlahan semua luasan dengan nilai C yang berbeda

Tabel Koefisien Limpasan dapat dilihat pada Lampiran 5. Tabel tersebut terdapat angka-angka koefisien limpasan pada masing-masing kondisi dari fungsi lahan untuk mempermudah perhitungan.

2.1.8. Waktu Konsentrasi (t_c)

Waktu konsentrasi (t_c) adalah waktu yang diperlukan oleh partikel air hujan di daerah tangkapan sampai titik yang akan ditinjau. Diasumsikan untuk durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian titik yang ditinjau telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol secara bersamaan (Suripin, 2004: 82). Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi dengan persamaan oleh Kirpich (1940), yang dapat ditulis rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

t_c = Waktu Konsentrasi (jam)

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

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

2.1.9. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Menurut Kodoatie (2013: 208) debit banjir rencana pada dasarnya berdasarkan pada skala perencanaan. Biasanya perhitungan debit banjir rencana untuk bangunan air seperti jalur *floodway*, waduk, bendungan dan sebagainya. Agar perencanaan bangunan yang dibuat tidak terdampak limpasan debit maksimum air, maka perhitungan debit banjir rencana diperlukan.

1. Metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Menurut Triatmodjo (2008: 161) hidrogaf adalah hubungan antara parameter (kedalaman aliran atau debit aliran) aliran dan waktu. Sedangkan, hidrograf satuan merupakan hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir DAS disebabkan oleh hujan efektif (1 mm) yang diasumsikan terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas waktu tetap.

Hidrograf satuan sintesis merupakan hidrograf yang berdasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. Hidrograf satuan sintesis digunakan apabila data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan (Triatmodjo, 2008: 177).

Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu merupakan suatu cara mendapatkan hidrograf banjir rancangan dalam suatu DAS. Untuk membuat suatu hidrograf banjir pada sungai, perlu dicari karakteristik berupa luas daerah aliran sungai, panjang sungai utama dan koefisien aliran pada daerah pengaliran tersebut (Hadisusanto, 2010: 185).

Metode ini senantiasa memberikan hasil perhitungan debit banjir yang sangat besar dibandingkan dengan metode lainnya, maka perlu dilakukan kalibrasi dan verifikasi nilai parameternya (SNI 2415: 2016 butir 3.4:1 tentang tata cara perhitungan debit banjir rencana). Sehingga metode ini bisa menjadi acuan maksimum debit banjir rencana.

Persamaan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{AR}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \dots \dots \dots (2.15)$$

Menentukan T_p dan $T_{0,3}$ sebagai berikut:

a. Waktu Konsentrasi (Panjang sungai utama < 15 km)

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \dots \dots \dots (2.16)$$

b. Waktu Konsentrasi (Panjang sungai utama > 15 km)

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \dots \dots \dots (2.17)$$

c. Waktu Konsentrasi (t_r)

$$t_r = 0,75 t_g \dots \dots \dots (2.18)$$

d. Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (T_p)

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \dots \dots \dots (2.19)$$

e. Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 debit puncak ($T_{0,3}$)

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g \dots \dots \dots (2.20)$$

Keterangan:

Q_p = debit puncak banjir (m^3/det)

A = luas DAS (km^2)

R = curah hujan efektif (1 mm)

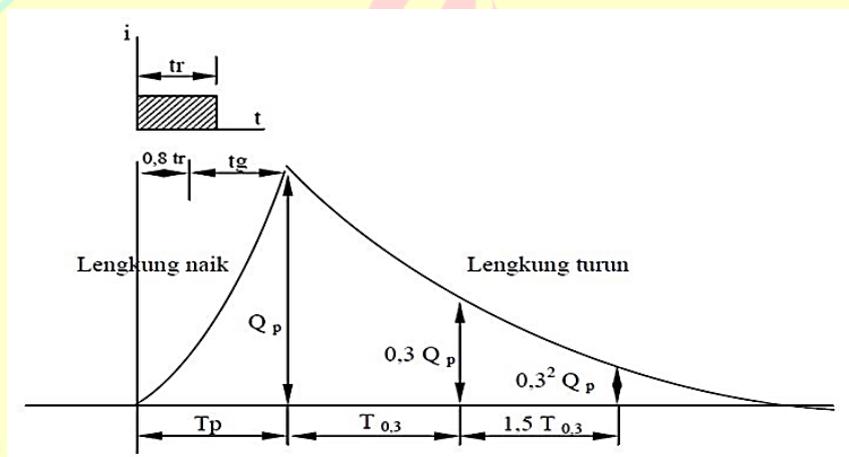
T_p = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0,3}$ = waktu dari permulaan banjir sampai 0.3 kali debit puncak (jam)

L = panjang sungai utama (km)

Berikut ini adalah bentuk grafik Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu.

Adapun penjelasan parameter pada grafik sebagai berikut:



Gambar 2.4 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (Bambang Triatmodjo, 2008)

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

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots (2.21)$$

b. Pada kurva turun

- Pada saat ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \dots\dots\dots (2.22)$$

- Pada saat ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)+(0,5T_{0,3})/1,5T_{0,3}} \dots\dots\dots (2.23)$$

- Pada saat ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)+(1,5T_{0,3})/2T_{0,3}} \dots\dots\dots (2.24)$$

2.1.10. Persamaan Manning

Menurut Sosrodarsono (2003: 99) rumus Manning merupakan salah satu cara untuk menentukan kecepatan aliran seragam dalam perhitungan saluran. Rumus Manning menggunakan kecepatan rata-rata pada perhitungan kapasitas penampang saluran.

Mencari persamaan untuk kecepatan aliran yang terjadi adalah:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.25)$$

Mencari persamaan untuk debit yang mengalir adalah:

$$Q = V \times A \dots \dots \dots (2.26)$$

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \times A \dots \dots \dots (2.27)$$

Keterangan:

- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- Q = Debit saluran (m³/detik)
- n = Koefisien kekasaran Manning
- R = Jari-jari hidrolis saluran (m)
- S = Kemiringan dasar saluran
- A = Luas penampang aliran (m²)

Besarnya koefisien kekasaran Manning mengacu pada tabel yang merupakan daftar nilai-nilai *n* untuk berbagai jenis saluran. Tabel koefisien kekasaran Manning terdapat pada Lampiran 6.

2.1.11. Pengelolaan Sampah

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat (Peraturan Presiden No. 27/2020). Berdasarkan SNI 19-2454-2002 tentang tata cara teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan, sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan.

Perencanaan operasional pengumpulan sampah berdasarkan SNI 19-2454-2002 Tentang Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan sebagai berikut:

1. Rotasi antara 1-4 /hari;
2. Periodisasi: satu hari, dua hari atau maksimal tiga hari sekali, tergantung dari kondisi komposisi sampah, yaitu:
 - a. Semakin besar persentase sampah organik, periodisasi pelayanan maksimal sehari 1 kali,
 - b. Untuk sampah kering, periode pengumpulannya di sesuaikan dengan jadwal yang telah ditentukan, dapat dilakukan lebih dari tiga hari sekali;
 - c. Untuk sampah B3 disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku;
 - d. Mempunyai daerah pelayanan tertentu dan tetap;
 - e. Mempunyai petugas pelaksana yang tetap dan dipindahkan secara periodik;
 - f. Pembebanan pekerjaan diusahakan merata dengan kriteria jumlah sampah terangkut, jarak tempuh dan kondisi daerah.

2.1.12. Sedimentasi

Menurut Anwas (1994) Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai ke laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air. Karena itu pengendapan ini bisa terjadi di sungai, danau dan laut.

Menurut Soewarno (1991), proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (deposition) dan pemadatan (compaction) dari sedimentasi itu sendiri.

2.1.13. Rumah Pompa

Rumah pompa merupakan tempat yang digunakan oleh pompa air untuk memindahkan atau menaikkan debit air serta mengatur besarnya air yang dapat dikeluarkan oleh pompa tersebut (Alinti: 2019).

Stasiun pompa terdiri dari pompa dan panel operasi pompa. Fungsi pompa banjir dalam sistem drainase perkotaan adalah untuk melayani aliran banjir yang cukup besar. Untuk mengeringkan air hujan dari suatu daerah yang luas di daerah perkotaan diperlukan pompa-pompa berdiameter besar guna menanggulangi jumlah air yang banyak (Alinti: 2019)



2.2. Penelitian Relevan

Untuk mendukung penelitian ini, berikut beberapa hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini, antara lain:

1. Judul Penelitian : **Analisis Limpasan Sungai Cipinang Terhadap Banjir di Kelurahan Cibubur, Ciracas, Jakarta Timur**

Penulis : Rifki Harbi Awali, Univeristas Negeri Jakarta, 2017

Hasil Penelitian : Penelitian dilakukan berdasarkan luapan Sungai Cipinang ke Wilayah Kelurahan Cibubur khususnya RW 02, 03, 10 dan 12. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi lapangan serta data karakteristik Wilayah Kelurahan Cibubur dan Sungai Cipinang didapatkan dari instansi-instansi terkait.

Perhitungan data curah hujan maksimum menggunakan metode rata-rata Al Jabar. Dari data curah hujan maksimum yang telah didapat, dilakukan perhitungan distribusi probabilitas. Pengujian kesesuaian distribusi menggunakan uji dispersi dan uji Chi-Kuadrat. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu pada periode ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun serta perhitungan kapasitas pengaliran sungai menggunakan metode Manning dan bantuan program aplikasi HEC-RAS. Dari hasil perhitungan debit banjir rencana dan kapasitas pengaliran sungai, diketahui bahwa kapasitas pengaliran sungai kurang dari debit banjir rencana ($Q_s < Q_r$). Besarnya debit limpasan yang mengalir ke masing-masing segmen di RW 02, 03, 10 dan 12 berturut-turut sebesar 46,62 m³/detik, 55,69 m³/detik, 14,77 m³/detik dan 56,1 m³/detik.

Hasil analisis yang didapat berupa penyebab serta akibat dari limpasnya Sungai Cipinang ke Kelurahan Cibubur seperti debit limpasan yang cukup besar yang dapat mengakibatkan aliran air melalui saluran menuju sungai meluap ke permukaan. Nilai koefisien pengaliran yang didapat cukup besar yaitu sekitar 0,6 atau dapat diartikan sekitar 60% dari air hujan yang turun akan melimpas ke permukaan. Selain itu sampah yang dibuang ke sungai mengakibatkan aliran sungai menjadi terganggu.

2. Judul Penelitian : **Analisis Kapasitas Pengaliran Dengan Simulasi Banjir Pada Kali Sunter Di Wilayah Cipinang Melayu Jakarta Timur**

Penulis : Lisda Lismaya, Universitas Negeri Jakarta, 2017

Hasil Penelitian : Penelitian dilakukan dengan melakukan pengumpulan data dan analisis data yang berupa: data curah hujan, data DAS Sunter, data kondisi existing penampang sungai dan data genangan yang terjadi pada sekitar kali Sunter. Analisa distribusi curah hujan dilakukan berupa perhitungan curah hujan rencana periode ulang 5, 10, 20, 25 dan 50 tahun dengan perhitungan metode Normal, Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson III. Sementara, berdasarkan uji dispersi dan uji chi kuadrat dengan taraf nyata pengujian (α) 0,05 maka, hasil curah hujan yang memenuhi syarat adalah distribusi Log Pearson III. Perencanaan debit banjir rencana dengan metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu (HSS Nakayasu) dengan periode ulang 5 tahun sebesar 144.49 m³/det, kala ulang 10 tahun sebesar 169.20 m³/det, kala ulang 20 tahun sebesar 191,48 m³/det, kala ulang 25 tahun sebesar 203.69 m³/det, dan kala ulang 50 tahun sebesar 231.40 m³/det. Setelah mengetahui debit banjir rencana, selanjutnya menggunakan simulasi HEC-RAS dengan 28 *section* yaitu STR 82-109 dan didapatkan hasil limpasan air dengan lima periode ulang.

Hasil analisis yang didapat adalah dengan menggunakan 28 *section* penampang sungai menggunakan data existing, seluruh *section* tidak dapat menampung debit banjir rencana dengan ketinggian limpasan 0.74-3.19 m pada periode 5 tahun. Setelah itu melakukan redimensi penampang sungai agar penampang yang baru dapat menampung debit banjir rencana sampai periode 50 tahun. Dengan memanfaatkan pengerukan dasar sungai membuat profil dasar penampang menjadi seragam hasil selisih yaitu 1.23-2.55 m, sehingga kapasitas penampang tidak menimbulkan luapan air lagi sampai periode ulang 50 tahun.

3. Judul Penelitian : **Evaluasi Debit Banjir Rencana Pada Normalisasi Sungai Sunter Di Wilayah Cipinang Melayu Jakarta**

Penulis : Galuh Pradnya Paramita, Universitas Negeri Jakarta, 2015

Hasil Penelitian : Evaluasi debit banjir rencana di wilayah Cipinang Melayu dilakukan dengan cara melakukan observasi lapangan, studi kepustakaan, serta dengan mengikuti pedoman terkait perhitungan debit banjir rencana dari Departemen Pekerjaan Umum dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Analisa distribusi curah hujan dilakukan dengan metode Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Normal. Sementara, berdasarkan uji dispersi dan uji chi kuadrat dengan taraf nyata pengujian (α) 0,05 maka, hasil curah hujan yang memenuhi syarat adalah distribusi Log Pearson III dengan nilai curah hujan (X_r) sebesar 550,57 mm. Dengan rumus Mononobe, didapat nilai Intensitas hujan sebesar 154,15 mm/jam. Sesuai dengan luas DAS yang memenuhi, maka perhitungan debit banjir (Q_r) menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dengan periode ulang 2 tahun didapatkan sebesar 78,351 m³/dtk ; periode ulang 5 tahun didapatkan sebesar 91,631 m³/dtk ; periode ulang 10 tahun didapatkan sebesar 120,515 m³/dtk ; periode ulang 25 tahun didapatkan sebesar 156,690 m³/dtk ; periode ulang 50 tahun didapatkan sebesar 239,906 m³/dtk ; periode ulang 100 tahun didapatkan sebesar 262,447 m³/dtk. Kapasitas daya tampung (Q_s) dari saluran dihitung dan didapatkan yaitu sebesar 216,84 m³/dtk karena $Q_r > Q_s$, sehingga diperlukan redimensi saluran. Metode perhitungan ini dilakukan secara trial and error atau coba-coba yaitu pelebaran badan penampang sungai menjadi 25 dan 28,4 meter. Saluran yang direncanakan dengan lebar badan penampang sungai menjadi 28,4 meter dapat menampung debit banjir rencana sampai periode ulang 100 tahun dengan hasil kapasitas saluran sebesar 274,34 m³.

2.3. Kerangka Berpikir

Banjir menjadi permasalahan bencana di wilayah DKI Jakarta. Hal ini merupakan salah satu akibat luapan air sungai yang tidak dapat tertampung lagi. Curah hujan yang tinggi menjadi penyebab jumlah debit air meningkat. Ditambah dengan persolaan pengelolaan drainase yang kurang baik dengan adanya sampah dan endapan di aliran sungai. Salah satu aliran sungai yang meluap dan menyebabkan banjir yaitu Sungai Item di wilayah Kemayoran, Jakarta Pusat.

Dalam menanggulangi banjir pada wilayah tersebut salah satu upaya pemerintah yaitu melakukan normalisasi sungai dengan tujuan untuk mengembalikan fungsi sungai agar penampang sungai dapat menampung debit air maksimum. Kegiatan normalisasi yang sudah dilakukan meliputi pengerukan sungai dan pembuatan tanggul dengan dinding beton (turap) yang dipasang memanjang di Sungai Item. Normalisasi Sungai Item belum dapat menampung debit banjir yang terjadi beberapa waktu di tahun 2020. Sehingga aliran sungai tidak tertampung dan meluap.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan sebagai salah satu bahan evaluasi dalam mengatasi banjir di wilayah Kecamatan Kemayoran, khususnya wilayah sepanjang aliran Sungai Item, untuk itu dilakukan perhitungan debit banjir rencana pada normalisasi Sungai Item. Penganalisaan data curah hujan dihitung berdasarkan data curah hujan maksimum tahunan dari ketiga stasiun curah hujan yang berbeda, kemudian dianalisis debit banjir rencana Sungai Item tersebut dengan HSS Nakayasu untuk periode ulang 5, 10, 20, 25, dan 50 tahun. Selanjutnya menghitung debit saluran untuk menganalisis penampang sungai.

Dengan demikian penelitian ini diharapkan untuk meninjau Sungai Item setelah dinormalisasi dengan analisis debit banjir rencana dan melalui observasi mengenai dampak sampah, sedimentasi, serta penggunaan rumah pompa. Sehingga normalisasi yang sudah dilaksanakan apakah mampu menampung debit air tertinggi dan dapat mengurangi banjir yang terjadi di wilayah Kecamatan Kemayoran.