

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data

4.1.1. Letak Geografis

Sungai Item merupakan salah satu sub DAS Sunter yang terletak di Kecamatan Kemayoran, Jakarta Pusat. Aliran Sungai Item menjadi perbatasan antara Kecamatan Kemayoran dan Kecamatan Tanjung Priok. Sungai Item berada di dalam Peta *Catchment Area* Kemayoran. Adapun batas-batas wilayah Kecamatan Kemayoran sebagai berikut:

Sebelah Utara	: Kecamatan Tanjung Priok
Sebelah Timur	: Kecamatan Kelapa Gading
Sebelah Selatan	: Kecamatan Cempaka Putih dan Kecamatan Johar Baru
Sebelah Barat	: Kecamatan Sawah Besar

4.1.2. Data Karakteristik Sungai Item

Tabel 4.1 Data Teknis Sungai Item

Profil Sungai Item	
Panjang sungai	2,86 km
Kemiringan rata-rata	0,002
Hulu sungai	Sungai Sentiong
Hilir sungai	Sungai Sunter

Sumber: Dinas SDA DKI Jakarta

4.2. Analisis Curah Hujan

4.2.1. Curah Hujan Bulanan Maksimum

Data curah hujan bulanan dari setiap stasiun pencatat hujan terdekat dengan lokasi penelitian diperlukan untuk menganalisa debit rencana pada Sungai Item. Penelitian ini menggunakan data curah hujan yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data curah hujan yang digunakan dari stasiun pencatat hujan Kemayoran, Halim Perdana Kusuma, dan Tanjung Priok dalam rentan waktu 10 tahun terakhir (2010-2019). Berikut data curah hujan bulanan dari tiga stasiun dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Kemayoran

Bulan/ Tahun	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Maks Bulan
Januari	377,0	145,6	259,2	621,9	925,6	472,6	163,8	214,2	215,1	383,9	925,6
Februari	233,3	230,7	110,5	146,6	743,6	939,5	516,5	520,8	431,2	270,1	939,5
Maret	242,5	147,7	177,5	184,4	179,8	207,1	350,1	138,7	188,6	327,3	350,1
April	26,7	106,8	195,7	204,3	165,5	82,9	204,0	156,5	159,1	194,6	204,3
Mei	87,7	198,9	78,9	101,0	52,0	16,6	156,3	135,0	16,7	47,8	198,9
Juni	133,8	70,5	66,9	256,7	166,8	10,1	202,1	138,5	12,6	23,1	256,7
Juli	249,6	18,1	21,0	256,7	214,1	0,0	259,3	119,9	14,5	0,0	259,3
Agustus	150,6	1,5	0,0	61,4	38,1	5,20	227,2	0,8	33,0	0,00	227,2
September	256,1	52,6	19,5	49,5	0,1	0,0	237,4	165,8	62,0	1,0	256,1
Oktober	380,9	80,1	20,2	110,1	50,8	0,0	136,8	112,4	133,8	1,0	380,9
November	142,8	44,6	314,7	196,6	65,1	79,5	199,9	195,4	140,9	50,1	314,7
Desember	124,0	177,0	224,1	338,9	235,6	273,2	58,1	254,1	52,3	263,8	338,9
Maks Tahun	380,9	230,7	314,7	621,9	925,6	939,5	516,5	520,8	431,2	383,9	

Sumber: BMKG

Tabel 4.3 Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Tanjung Priok

Bulan/ Tahun	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Maks Bulan
Januari	571,9	258,4	220,0	626,4	912,2	417,9	109,4	273,2	187,2	365,5	912,2
Februari	352,9	183,5	195,4	212,0	963,3	774,5	387,0	620,9	494,4	216,9	963,3
Maret	176,0	104,8	180,5	173,2	273,0	213,2	236,9	186,3	287,0	332,1	287,0
April	21,1	34,4	110,2	131,8	46,4	96,7	180,5	116,1	189,8	132,5	189,8
Mei	134,1	157,1	121,7	276,0	221,6	44,4	67,8	53,0	34,5	24,7	276,0
Juni	172,7	77,7	44,5	112,2	100,4	44,6	170,7	180,5	35,1	5,0	180,5
Juli	86,1	53,1	25,0	188,3	165,5	2,5	117,9	35,2	0,0	0,0	188,3
Agustus	67,2	13,5	0,0	116,8	116,8	0,0	207,7	1,9	46,0	0,0	207,7
September	194,9	2,8	25,5	70,1	69,4	16,0	203,6	74,6	29,7	0,0	203,6
Oktober	219,8	57,7	73,0	82,8	6,0	0,0	208,7	69,3	68,3	1,0	219,8
November	137,7	114,0	252,2	98,0	82,7	159,6	104,9	128,5	191,7	80,0	252,2
Desember	155,0	132,0	279,6	246,8	85,5	241,4	25,3	203,3	36,6	509,3	279,6
Maks Tahun	571,9	258,4	279,6	626,4	963,3	774,5	387,0	620,9	494,4	509,3	

Sumber: BMKG

Tabel 4.4 Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Halim Perdana Kusuma

Bulan/ Tahun	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Maks Bulan
Januari	403,4	130,0	560,8	677,7	854,7	303,9	233,5	214,0	189,5	*	854,7
Februari	270,2	613,9	249,9	282,6	456,4	400,0	516,2	464,6	379,6	*	613,9
Maret	151,2	97,3	253,5	234,7	348,3	423,0	0,0	336,1	185,8	*	423,0
April	109,4	72,6	155,6	259,8	231,8	204,8	225,6	324,6	327,1	196,0	327,1
Mei	275,4	226,9	97,9	270,5	181,7	62,5	211,6	75,4	100,2	*	275,4
Juni	142,2	48,1	93,0	118,7	158,1	47,4	246,0	51,8	45,0	*	246,0
Juli	83,6	12,3	0,9	165,6	203,1	0,0	152,6	6,2	2,2	*	203,1
Agustus	137,0	0,0	0,0	0,2	95,1	2,7	171,4	21,8	0,0	0,0	171,4
September	346,8	9,7	0,0	3,2	23,5	0,0	339,8	3,4	0,0	1,0	346,8
Oktober	519,1	72,9	98,8	24,5	0,0	1,2	324,2	257,1	132,7	*	519,1
November	279,7	263,3	269,1	74,8	340,4	126,6	358,8	217,3	352,9	*	358,8
Desember	177,1	109,9	363,7	48,2	343,7	299,8	135,6	264,6	154,8	229,0	363,7
Maks Tahun	519,1	613,9	560,8	677,7	854,7	423,0	516,2	464,6	379,6	229,0	

Sumber: BMKG

4.2.2. Melengkapi Data Curah Hujan

Berdasarkan tabel data curah hujan yang diperoleh dari BMKG, terdapat beberapa kekosongan data. Hal ini karena data yang tidak ada atau tidak terukur. Data yang kosong tersebut terdapat pada stasiun Halim Perdana Kusuma. Sehingga, kekosongan data tersebut harus dilengkapi terlebih dahulu dengan menggunakan Metode *Normal Ratio*:

$$r_x = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{R_x}{R_1} r_1 \right) + \left(\frac{R_x}{R_2} r_2 \right) \right]$$

Keterangan:

r_x = curah hujan hilang di stasiun x

n = jumlah stasiun

R_x = rata-rata curah hujan tahunan di stasiun x

R_1, R_2 = rata-rata curah hujan tahunan di stasiun terdekat pada periode yang sama

r_1, r_2 = curah hujan di stasiun terdekat pada periode yang sama

Adapun perhitungan yang rinci untuk melengkapi data yang kosong tersebut dapat dilihat pada Lampiran 7. Berikut adalah contoh perhitungan Metode *Normal Ratio* pada bulan Januari 2019 di Stasiun Halim Perdana Kusuma:

Diketahui:

	Halim	Kemayoran	Tj. Priok
R	35,5	142,1	138,9
r	-	383,9	365,5

$$n = 3$$

$$r_{Halim} = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{R_{Halim}}{R_{Kemayoran}} r_{Kemayoran} \right) + \left(\frac{R_{Halim}}{R_{Tj.Priok}} r_{Tj.Priok} \right) \right]$$

$$r_{Halim} = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{35,5}{142,1} 383,9 \right) + \left(\frac{35,5}{138,9} 365,5 \right) \right] = 63,11 \text{ mm}$$

Setelah diperoleh seluruh data yang tidak ada atau tidak terukur, maka dimasukkan ke dalam data curah hujan Stasiun Halim Perdana Kusuma dan didapatkan data berikut pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Halim Perdana Kusuma Setelah Dilengkapi

Bulan/ Tahun	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Maks Bulan
Januari	403,4	130,0	560,8	677,7	854,7	303,9	233,5	214,0	189,5	63,11	854,7
Februari	270,2	613,9	249,9	282,6	456,4	400,0	516,2	464,6	379,6	40,97	613,9
Maret	151,2	97,3	253,5	234,7	348,3	423,0	0,0	336,1	185,8	55,55	423,0
April	109,4	72,6	155,6	259,8	231,8	204,8	225,6	324,6	327,1	196,0	327,1
Mei	275,4	226,9	97,9	270,5	181,7	62,5	211,6	75,4	100,2	6,09	275,4
Juni	142,2	48,1	93,0	118,7	158,1	47,4	246,0	51,8	45,0	2,35	246,0
Juli	83,6	12,3	0,9	165,6	203,1	0,0	152,6	6,2	2,2	0,0	203,1
Agustus	137,0	0,0	0,0	0,2	95,1	2,7	171,4	21,8	0,0	0,0	171,4
September	346,8	9,7	0,0	3,2	23,5	0,0	339,8	3,4	0,0	1,0	346,8
Oktober	519,1	72,9	98,8	24,5	0,0	1,2	324,2	257,1	132,7	0,17	519,1
November	279,7	263,3	269,1	74,8	340,4	126,6	358,8	217,3	352,9	10,99	358,8
Desember	177,1	109,9	363,7	48,2	343,7	299,8	135,6	264,6	154,8	229,0	363,7
Maks Tahun	519,1	613,9	560,8	677,7	854,7	423,0	516,2	464,6	379,6	229,0	

Sumber: Perhitungan

4.2.3. Curah Hujan Tahunan Daerah

Seluruh data curah hujan dari tiga stasiun pencatat hujan telah lengkap, maka langkah selanjutnya menganalisa curah hujan menggunakan metode rata-rata aljabar. Metode ini dipilih sesuai dengan karakteristik Sungai Item.

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

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

Keterangan:

P = curah hujan tercatat (mm)

P_1, \dots, P_n = curah hujan di stasiun pengukuran (mm)

n = jumlah stasiun pengukuran

Contoh perhitungan curah hujan maksimum pada tahun 2010 sebagai berikut:

$$P_{2010} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{n}$$

$$P_{2010} = \frac{380,9 + 571,9 + 519,1}{3}$$

$$P_{2010} = 490,6 \text{ mm}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Data Curah Hujan Maksimum Tahunan

Tahun	Stasiun			P
	Kemayoran	Tanjung Priok	Halim	
2010	380,9	571,9	519,1	490,6
2011	230,7	258,4	613,9	367,7
2012	314,7	279,6	560,8	385,0
2013	621,9	626,4	677,7	642,0
2014	925,6	963,3	854,7	914,5
2015	939,5	774,5	423	712,3
2016	516,5	387	516,2	473,2
2017	520,8	620,9	464,6	535,4
2018	431,2	494,4	379,6	435,1
2019	383,9	509,3	229	374,1
			Jumlah	5330,0

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.7 Data Curah Hujan Maksimum Bulanan

Bulan	Stasiun			P
	Kemayoran	Tanjung Priok	Halim	
Januari	925,6	912,2	854,7	897,5
Februari	939,5	963,3	613,9	838,9
Maret	350,1	287	423	353,4
April	204,3	189,8	327,1	240,4
Mei	198,9	276	275,4	250,1
Juni	256,7	180,5	246	227,7
Juli	259,3	188,3	203,1	216,9
Agustus	227,2	207,7	171,4	202,1
September	256,1	203,6	346,8	268,8
Oktober	380,9	219,8	519,1	373,3
November	314,7	252,2	358,8	308,6
Desember	338,9	279,6	363,7	327,4
			Jumlah	4505,1

Sumber: Perhitungan

4.3. Analisis Distribusi Curah Hujan

4.3.1. Penentuan Jenis Distribusi

Perhitungan distribusi curah hujan diperlukan untuk mendapatkan frekuensi curah hujan pada periode ulang tertentu dengan menggunakan beberapa jenis distribusi probabilitas yaitu Distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel.

Data curah hujan maksimum daerah sebelumnya perlu diurutkan terlebih dahulu dari nilai terbesar sampai terkecil seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.8 Data Curah Hujan Maksimum Daerah Setelah Diurutkan

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2014	914,5
2	2015	712,3
3	2013	642,0
4	2017	535,4
5	2010	490,6
6	2016	473,2
7	2018	435,1
8	2012	385,0
9	2019	374,1
10	2011	367,7

Sumber: Perhitungan

Setelah itu dilakukan perhitungan distribusi probabilitas curah hujan sebagai berikut:

1. Distribusi Normal

Tabel 4.9 Perhitungan Variabel Dispersi Distribusi Normal

No.	Tahun	Curah Hujan (Xi)	Xi-X	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³	(Xi-X) ⁴
1	2014	914,5	381,5	145567,7	55538923,9	21189950754,5
2	2015	712,3	179,3	32160,4	5767439,7	1034294186,9
3	2013	642,0	109,0	11881,0	1295029,0	141158161,0
4	2017	535,4	2,4	5,9	14,4	35,1
5	2010	490,6	-42,4	1794,9	-76045,4	3221789,7
6	2016	473,2	-59,8	3572,1	-213489,8	12759573,0
7	2018	435,1	-97,9	9590,9	-939272,5	91986087,5
8	2012	385,0	-148,0	21894,1	-3239602,1	479353123,1
9	2019	374,1	-158,9	25259,8	-4014624,9	638057720,6
10	2011	367,7	-165,3	27335,1	-4519405,0	747208299,5
Jumlah		5330,0	0,0	279062,0	49598967,3	24337989730,6
Rata-rata (X)		533				

Sumber: Perhitungan

- Rata-rata curah hujan:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{5330}{10} = 533 \text{ mm}$$

- Standard Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{rt})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{279062}{10 - 1}} = 176,1$$

- Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{176,1}{533} = 0,33$$

- Koefisien Skewness (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - X_{rt})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{(10)(49598967,3)}{(10 - 1)(10 - 2)176,1^3} = 1,26$$

- Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - X_{rt})^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4} = \frac{(10^2)(24337989730,6)}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3)176,1^4}$$

$$C_k = 5,02$$

Setelah diperoleh parameter-parameter distribusi normal, maka langkah selanjutnya distribusi frekuensi curah hujan pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 tahun dihitung dengan persamaan $X_T = \bar{X} + K_T S$ dengan nilai Variabel Reduksi *Gauss* yang terdapat pada Lampiran 1. Perhitungan distribusi frekuensi curah hujan sebagai berikut:

- Pada T_2 , $X = 533 + (0 \times 176,1) = 533$ mm
- Pada T_5 , $X = 533 + (0,84 \times 176,1) = 680,91$ mm
- Pada T_{10} , $X = 533 + (1,28 \times 176,1) = 758,39$ mm
- Pada T_{25} , $X = 533 + (1,71 \times 176,1) = 834,11$ mm
- Pada T_{50} , $X = 533 + (2,05 \times 176,1) = 893,98$ mm

Tabel 4.10 Hasil Analisa Frekuensi Hujan Distribusi Normal

No.	Periode Ulang T (tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
1	2	533
2	5	680,91
3	10	758,39
4	25	834,11
5	50	893,98

Sumber: Perhitungan

2. Distribusi Log Normal

Tabel 4.11 Perhitungan Variabel Dispersi Distribusi Log Normal

No.	Tahun	Curah Hujan (Xi)	Log Xi	(Log Xi - Log X)	(Log Xi - Log X) ²	(Log Xi - Log X) ³	(Log Xi - Log X) ⁴
1	2014	914,5	2,96	0,25336	0,06419	0,01626	0,00412
2	2015	712,3	2,85	0,14484	0,02098	0,00304	0,00044
3	2013	642,0	2,81	0,09969	0,00994	0,00099	0,00010
4	2017	535,4	2,73	0,02086	0,00044	0,00001	0,00000
5	2010	490,6	2,69	-0,01708	0,00029	0,00000	0,00000
6	2016	473,2	2,68	-0,03277	0,00107	-0,00004	0,00000
7	2018	435,1	2,64	-0,06929	0,00480	-0,00033	0,00002
8	2012	385,0	2,59	-0,12234	0,01497	-0,00183	0,00022
9	2019	374,1	2,57	-0,13489	0,01820	-0,00245	0,00033
10	2011	367,7	2,57	-0,14239	0,02027	-0,00289	0,00041
Jumlah		5330,0	27,08	0,00000	0,15515	0,01276	0,00565
Rata-rata		533	2,71				

Sumber: Perhitungan

- Rata-rata curah hujan:

$$\text{Log}\bar{x} = \frac{\sum \text{log}x}{n} = \frac{27,08}{10} = 2,71$$

- Standard Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}X_i - \text{Log}X_{rt})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,15515}{10-1}} = 0,131$$

- Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S}{\text{Log}\bar{x}} = \frac{0,131}{2,71} = 0,048$$

- Koefisien Skewness (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log}X_i - \text{Log}X_{rt})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{(10)(0,01276)}{(10-1)(10-2)0,131^3} = 0,783$$

- Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n^2 \sum (\text{Log}X_i - \text{Log}X_{rt})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = \frac{(10^2)(0,00565)}{(10-1)(10-2)(10-3)0,131^4}$$

$$C_k = 3,772$$

Setelah itu dihitung dengan persamaan $X_T = \bar{X} + K_T S$ dengan nilai Variabel Reduksi Gauss yang terdapat pada Lampiran 1. Perhitungan distribusi frekuensi curah hujan sebagai berikut:

- $T_2 = 2,71 + (0 \times 0,131) = 2,71$
 $X_2 = 10^{2,71} = 510,32 \text{ mm}$
- $T_5 = 2,71 + (0,84 \times 0,131) = 2,82$
 $X_5 = 10^{2,82} = 657,85 \text{ mm}$
- $T_{10} = 2,71 + (1,28 \times 0,131) = 2,88$
 $X_{10} = 10^{2,88} = 751,45 \text{ mm}$
- $T_{25} = 2,71 + (1,71 \times 0,131) = 2,93$
 $X_{25} = 10^{2,93} = 855,77 \text{ mm}$
- $T_{50} = 2,71 + (2,05 \times 0,131) = 2,98$
 $X_{50} = 10^{2,98} = 948,41 \text{ mm}$

Tabel 4.12 Hasil Analisa Frekuensi Hujan Distribusi Log Normal

No.	Periode Ulang T (tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
1	2	510,32
2	5	657,85
3	10	751,45
4	25	855,77
5	50	948,41

Sumber: Perhitungan

3. Distribusi Log Pearson III

Tabel 4.13 Perhitungan Variabel Dispersi Distribusi Log Pearson III

No.	Tahun	Curah Hujan (Xi)	Log Xi	(Log Xi - Log X)	(Log Xi - Log X)^2	(Log Xi - Log X)^3	(Log Xi - Log X)^4
1	2014	914,5	2,96	0,25336	0,06419	0,01626	0,00412
2	2015	712,3	2,85	0,14484	0,02098	0,00304	0,00044
3	2013	642,0	2,81	0,09969	0,00994	0,00099	0,00010
4	2017	535,4	2,73	0,02086	0,00044	0,00001	0,00000
5	2010	490,6	2,69	-0,01708	0,00029	0,00000	0,00000
6	2016	473,2	2,68	-0,03277	0,00107	-0,00004	0,00000
7	2018	435,1	2,64	-0,06929	0,00480	-0,00033	0,00002
8	2012	385,0	2,59	-0,12234	0,01497	-0,00183	0,00022
9	2019	374,1	2,57	-0,13489	0,01820	-0,00245	0,00033
10	2011	367,7	2,57	-0,14239	0,02027	-0,00289	0,00041
Jumlah		5330,0	27,08	0,00000	0,15515	0,01276	0,00565
Rata-rata		533	2,71				

Sumber: Perhitungan

- Rata-rata curah hujan:

$$\text{Log } \bar{x} = \frac{\sum \log x}{n} = \frac{27,08}{10} = 2,71$$

- Standard Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,15515}{10 - 1}} = 0,131$$

- Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S}{\text{Log } \bar{x}} = \frac{0,131}{2,71} = 0,048$$

- Koefisien Skewness (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} = \frac{(10)(0,01276)}{(10 - 1)(10 - 2)0,131^3} = 0,783$$

- Koefisien Kurtosis (C_k)

$$C_k = \frac{n^2 \sum (\text{Log}X_i - \text{Log}X_{rt})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} = \frac{(10^2)(0,00565)}{(10-1)(10-2)(10-3)0,131^4}$$

$$C_k = 3,772$$

Selanjutnya menentukan nilai K pada distribusi Log Pearson III berdasarkan parameter yang telah didapat. Berikut ini tabel nilai K distribusi Log Pearson III.

Tabel 4.14 Nilai K Distribusi Log Pearson III

No.	Periode Ulang T (tahun)	C_s	K
1	2	0,8	-0,132
2	5	0,8	0,78
3	10	0,8	1,336
4	25	0,8	1,998
5	50	0,8	2,453

Sumber: Perhitungan

Setelah itu dihitung dengan persamaan $X_T = \bar{X} + K_T S$ dengan nilai Variabel Reduksi *Gauss* yang terdapat pada Lampiran 1. Perhitungan distribusi frekuensi curah hujan sebagai berikut:

- $T_2 = 2,71 + (-0,132 \times 0,131) = 2,69$
 $X_2 = 10^{2,69} = 490,35 \text{ mm}$
- $T_5 = 2,71 + (0,78 \times 0,131) = 2,81$
 $X_5 = 10^{2,81} = 646,03 \text{ mm}$
- $T_{10} = 2,71 + (1,336 \times 0,131) = 2,88$
 $X_{10} = 10^{2,88} = 764,28 \text{ mm}$
- $T_{25} = 2,71 + (1,998 \times 0,131) = 2,97$
 $X_{25} = 10^{2,97} = 933,62 \text{ mm}$
- $T_{50} = 2,71 + (2,453 \times 0,131) = 3,03$
 $X_{50} = 10^{3,03} = 1071,30 \text{ mm}$

Tabel 4.15 Hasil Analisis Frekuensi Hujan Distribusi Log Pearson III

No.	Periode Ulang T (tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
1	2	490,35
2	5	646,03
3	10	764,28
4	25	933,62
5	50	1071,30

Sumber: Perhitungan

4. Distribusi Gumbel

Tabel 4.16 Perhitungan Variabel Dispersi Distribusi Gumbel

No.	Tahun	Curah Hujan (Xi)	Xi-X	(Xi-X) ²
1	2014	914,5	381,5	145567,7
2	2015	712,3	179,3	32160,4
3	2013	642,0	109,0	11881,0
4	2017	535,4	2,4	5,9
5	2010	490,6	-42,4	1794,9
6	2016	473,2	-59,8	3572,1
7	2018	435,1	-97,9	9590,9
8	2012	385,0	-148,0	21894,1
9	2019	374,1	-158,9	25259,8
10	2011	367,7	-165,3	27335,1
Jumlah		5330,0	0,0	279062,0
Rata-rata (X)		533		

Sumber: Perhitungan

- Rata-rata curah hujan:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{5330}{10} = 533 \text{ mm}$$

- Standard Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{rt})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{279062}{10 - 1}} = 176,1$$

Selanjutnya menentukan nilai Y_n (*Reduced mean*), Y_T (*Reduced variate*), S_n (*Reduced standard deviation*) berdasarkan tabel 2.2, 2.3, dan 2.4 pada Bab II.

Tabel 4.17 Nilai Dispersi Gumbel untuk Y_n , Y_T , dan S_n

Periode Ulang T (tahun)	Y_n	Y_T	S_n
2	0,4952	0,3668	0,9496
5	0,4952	1,5004	0,9496
10	0,4952	2,2510	0,9496
25	0,4952	3,1993	0,9496
50	0,4952	3,9028	0,9496

Sumber: Tabel 2.2, 2.3, dan 2.4

Setelah itu menghitung curah hujan rencana dengan persamaan distribusi Gumbel $X_T = \bar{X} + S \cdot \bar{K}$ dengan nilai K dengan persamaan $K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$, maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + S \cdot \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

Adapun perhitungan distribusi frekuensi curah hujan sebagai berikut:

- Pada T_2 , $X = 533 + 176,1 \cdot \frac{0,3668 - 0,4952}{0,9496} = 509,19$ mm
- Pada T_5 , $X = 533 + 176,1 \cdot \frac{1,5004 - 0,4952}{0,9496} = 719,40$ mm
- Pada T_{10} , $X = 533 + 176,1 \cdot \frac{2,2510 - 0,4952}{0,9496} = 858,58$ mm
- Pada T_{25} , $X = 533 + 176,1 \cdot \frac{3,1993 - 0,4952}{0,9496} = 1034,43$ mm
- Pada T_{50} , $X = 533 + 176,1 \cdot \frac{3,9028 - 0,4952}{0,9496} = 1164,88$ mm

Tabel 4.18 Hasil Analisis Frekuensi Hujan Distribusi Gumbel

No.	Periode Ulang T (tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
1	2	509,19
2	5	719,40
3	10	858,58
4	25	1034,43
5	50	1164,88

Sumber: Perhitungan

Berikut perbandingan hasil pengukuran dispersi dan hasil uji distribusi berdasarkan persyaratan dari masing-masing jenis distribusi dapat dilihat pada tabel 4.18 dan 4.19.

Tabel 4.19 Perbandingan Hasil Dispersi Distribusi

No.	Dispersi	Hasil Dispersi	
		Normal & Gumbel	Log Normal & Log Perason III
1	S	176,1	2,708
2	Cv	0,33	0,048
3	Cs	1,26	0,783
4	Ck	5,02	3,772

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.20 Hasil Uji Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
Normal	Cs = 0,00	1,26	Tidak Memenuhi
	Ck = 3,00	5,02	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = 0,15	0,783	Tidak Memenuhi
	Ck = 3,04	3,772	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Cs ≠ 0	0,783	Memenuhi
	Ck ≠ 0	3,772	Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	1,26	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,4	5,02	Tidak Memenuhi

Sumber: Perhitungan

Tabel diatas menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson III adalah metode yang sesuai dengan parameter yang disyaratkan. Selanjutnya, uji kecocokan distribusi dilakukan untuk mengetahui apakah memenuhi persyaratan perhitungan selanjutnya.

4.3.2. Pengujian Chi-Kuadrat

Uji chi-kuadrat ini bertujuan untuk mengetahui kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang dapat mewakili distribusi frekuensi tersebut. Parameter X^2 digunakan pada pengujian ini dengan rumus sebagai berikut:

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

Pengujian distribusi terpilih yaitu distribusi Log Pearson III terhadap uji chi-kuadrat adalah sebagai berikut:

1. $G = 1 + 3,3 \text{ Log } n = 1 + 3,3 \text{ Log } 10 = 4,3 \sim 4$
2. Derajat Kebebasan (DK) = $4 - R - 1 = 4 - 2 - 1 = 1$
3. $E_i = \frac{N}{G} = \frac{10}{4} = 2,5$
4. $\Delta X = \frac{(X_{maks} - X_{min})}{G - 1} = \frac{(2,96 - 2,57)}{4 - 1} = 0,13$
5. $X_{awal} = X_{min} - \frac{1}{2} \Delta X = 2,57 - \frac{1}{2} (0,13) = 2,49$

Tabel 4.21 Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III

Nilai batas tiap kelas	O _i	E _i	(O _i -E _i) ²	(O _i -E _i) ² /E _i
2,565<X _i <2,697	5	2,5	6,25	2,5
2,697<X _i <2,829	2	2,5	0,25	0,1
2,829<X _i <2,961	2	2,5	0,25	0,1
2,961<X _i <3,093	1	2,5	2,25	0,9
Jumlah	10	10	9	3,6

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan nilai chi-kuadrat pada lampiran 3 dengan menggunakan derajat kebebasan = 1 dan taraf nyata pengujian (α) 0,05 (setara dengan 5%) didapatkan X^2_{tabel} sebesar 3,841. Sedangkan dari hasil perhitungan didapatkan X^2_{hitung} sebesar 3,6. Sehingga dapat disimpulkan metode distribusi Log Pearson III dapat digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana karena memenuhi syarat $X^2_{\text{hitung}} < X^2_{\text{tabel}}$.

4.3.3. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Perhitungan curah hujan rencana dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun dilakukan dengan menggunakan metode distribusi terpilih yaitu metode distribusi Log Pearson III dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log}X_T = \text{Log}\bar{X} + K \cdot S$$

Dimana:

X_T = curah hujan rencana dalam periode ulang n tahun (mm)

S = standar deviasi

K = koefisien kemencengan distribusi Log Pearson III

\bar{X} = curah hujan rata-rata hasil pengamatan (mm)

Tabel 4.22 Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III

No.	Periode ulang T	Rata-rata Log Xi	S	Cs	K Log Pearson	Log Pearson III	
						Log Xi	P rencana (mm)
1	2	2,708	0,131	0,783	-0,132	2,69	490,35
2	5	2,708	0,131	0,783	0,78	2,81	646,03
3	10	2,708	0,131	0,783	1,336	2,88	764,28
4	25	2,708	0,131	0,783	1,998	2,97	933,62
5	50	2,708	0,131	0,783	2,453	3,03	1071,30

Sumber: Perhitungan

4.3.4. Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan (C) ditentukan dengan merujuk data penggunaan tata guna lahan pada wilayah Sungai Item. Adapun nilai koefisien terdapat pada lampiran 5. Berdasarkan data tata guna lahan sungai Item maka koefisien limpasan dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.23 Data Tata Guna Lahan Sungai Item

No.	Jenis Tata Guna Lahan	A (km ²)	C
1	Jalan Aspal	0,0325	0,95
2	Permukiman	5	0,50
3	Bisnis	1	0,90

$$C = \frac{(0,0325 \times 0,95) + (5 \times 0,50) + (1 \times 0,90)}{0,0325 + 5 + 1}$$

$$C = 0,57$$

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa 0,57 atau 57% dari air hujan yang turun akan mengalir ke permukaan yang selanjutnya diteruskan ke hilir.

4.3.5. Waktu Konsentrasi (t_c)

Perhitungan waktu konsentrasi bertujuan untuk mengetahui seberapa lama daerah layanan menyalurkan aliran limpasan permukaan secara simultan dengan menggunakan rumus (Kirpich: 1940):

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

$$\text{Panjang sungai (L)} = 2860 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan sungai (S)} = 0,002$$

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times 2860^2}{1000 \times 0,002} \right)^{0,385} = 332,83 \text{ menit} \sim 5,55 \text{ jam}$$

4.3.6. Intensitas Hujan Jam-Jaman

Penelitian ini menggunakan rumus Mononobe untuk menghitung intensitas curah hujan jam-jaman pada Sungai Item dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Berikut ini perhitungan intensitas curah hujan jam-jaman untuk durasi 6 jam dan R_{24} dengan $T_d = \Delta t$, $T_d = 2\Delta t$, $T_d = 3\Delta t$, dan seterusnya.

Tabel 4.24 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Jam-Jaman

Td (jam)	Δt (jam)	It (mm/jam)	It.Td	ΔP	Rasio (%)	Kumulatif (%)
1	0~1	18.8601	18.8601	18.8601	58.5117	58.5117
2	1~2	11.8784	23.7567	4.8966	15.1914	73.7031
3	2~3	9.0637	27.1910	3.4343	10.6545	84.3576
4	3~4	7.4812	29.9247	2.7337	8.4811	92.8387
5	4~5	6.4466	32.2330	2.3083	7.1613	100
Jumlah	0	0	0	32.23	100	-

Sumber: Perhitungan

Berikut ini perhitungan curah hujan periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun dalam waktu durasi selama 5 jam.

Tabel 4.25 Perhitungan Intensitas Hujan Jam-Jaman Pada Periode Ulang

jam ke-	rasio	Curah Hujan Jam-jaman (mm)				
		2th	5th	10th	25th	50th
		490.355	646.029	764.280	933.621	1071.298
1	58.51	286.915	378.003	447.194	546.278	626.835
2	15.19	74.492	98.141	116.105	141.830	162.745
3	10.65	52.245	68.831	81.430	99.473	114.141
4	8.48	41.587	54.790	64.819	79.181	90.857
5	7.16	35.116	46.264	54.733	66.860	76.719

Sumber: Perhitungan

4.4. Perhitungan Debit Banjir Rencana

4.4.1. Metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Debit banjir rencana dihitung dengan metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu. Dibutuhkan beberapa data dan parameter hitungan yang sesuai karakteristik Sungai Item untuk menghitung dengan HSS Nakayasu sebagai berikut:

1. Luas DAS (A) = 6,03 km²
2. Panjang sungai (L) = 2,86 km
3. Hujan satuan (Re) = 1 mm
4. Koefisien DAS (α) = 2 (SNI 2415:2016)

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Waktu konsentrasi hujan (t_g), untuk panjang sungai (L) < 15 km

$$t_g = 0,21 L^{0,7}$$

$$t_g = 0,21 \times 2,86^{0,7} = 0,438 \text{ jam}$$

2. Waktu konsentrasi hujan (t_r)

$$t_r = 0,75 t_g$$

$$t_r = 0,75 \times 0,438 = 0,329 \text{ jam}$$

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

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

$$T_p = 0,438 + 0,8 (0,329) = 0,701 \text{ jam}$$

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

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

$$T_{0,3} = 2 \times 0,438 = 0,876 \text{ jam}$$

5. Untuk kurva turun $T_p + T_{0,3}$

$$0,701 + 0,876 = 1,578 \text{ jam}$$

6. Untuk kurva turun $T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$

$$(1,578) + 1,5 (0,876) = 2,892 \text{ jam}$$

7. Debit banjir puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{A \times Re}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})} = \frac{6,03 \times 1}{3,6 (0,3(0,701) + 0,876)} = 1,541 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Setelah menghitung parameter HSS Nakayasu yang akan digunakan untuk menghitung ordinat hidrograf. Berikut ini waktu yang ditentukan berdasarkan persamaan dari HSS Nakayasu:

1. Pada kurva naik ($0 < t < T_p = 0,701$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} = 1,541 \left(\frac{t}{0,701} \right)^{2,4}$$

Tabel 4.26 Perhitungan Kurva Naik

t (jam)	Q (m3/det)
0.000	0.000
0.701	1.541

Sumber: Perhitungan

2. Pada kurva turun ($T_p = 0,701 < t < T_p + T_{0,3} = 1,578$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} = 1,541 \times 0,3^{(t-0,701)/0,876}$$

Tabel 4.27 Perhitungan Kurva Turun ($T_p = 0,701 < t < T_p + T_{0,3} = 1,578$)

t (jam)	Q (m3/det)
1.000	1.022
1.578	0.462

Sumber: Perhitungan

3. Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} = 1,578 < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 2,892$)

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

$$Q_t = 1,541 \times 0,3^{(t-0,701)/(0,5(0,876))/(1,5(0,876))}$$

Tabel 4.28 Perhitungan Kurva Turun ($T_p + T_{0,3} = 1,578 < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 2,892$)

2.000	0.314
2.892	0.139

Sumber: Perhitungan

4. Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 2,892$)

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

$$Q_t = 1,541 \times 0,3^{(t-0,701)/(1,5(0,876))/(2(0,876))}$$

Tabel 4.29 Perhitungan Kurva Turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 2,892$)

t (jam)	Q (m3/det)
3.000	0.125669
4.000	0.050290
5.000	0.020125
6.000	0.008054
7.000	0.003223
8.000	0.001290
9.000	0.000516
10.000	0.000207
11.000	0.000083
12.000	0.000033
13.000	0.000013
14.000	0.000005
15.000	0.000002
16.000	0.000001

Sumber: Perhitungan

Setelah perhitungan analisa di atas maka langkah selanjutnya yaitu perhitungan debit banjir rencana Sungai Item pada periode 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Perhitungan hidrograf debit banjir rencana 5 jam pada periode ulang di wilayah Sungai Item terdapat pada Lampiran 8 sampai dengan Lampiran 12.

Hasil rekapitulasi perhitungan debit banjir puncak pada Sungai Item untuk berbagai periode ulang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.30 Rekapitulasi Debit Puncak (Maksimum) Sungai Item

No.	Periode Ulang (tahun)	Debit Banjir Puncak (Q_r) ($m^3/detik$)
1	2	88.44450209
2	5	116.5232787
3	10	137.852045
4	25	168.3957377
5	50	193.2282971

Sumber: Perhitungan

4.5. Analisis Hidrolika

Data yang diperoleh dari Dinas SDA DKI Jakarta dan observasi di lokasi penelitian, untuk Sungai Item dipakai koefisien kekerasan Manning (n) = 0,02 dengan parameter dan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Lebar penampang sungai (B)} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan dasar sungai (S)} = 0,002$$

$$\begin{aligned} 1. \text{ Luas penampang (A)} &= (B \times h) \\ &= 10 \times 5 = 50 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Keliling basah (P)} &= (B + 2h) \\ &= 10 + (2 \times 5) = 20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{50}{20} = 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ Debit (Q}_s\text{)} &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \times A \\ &= \frac{1}{0,02} \times 2,5^{\frac{2}{3}} \times 0,002^{\frac{1}{2}} \times 50 \\ &= 205,94 \text{ m}^3/detik \end{aligned}$$

4.6. Pengelolaan Sampah

Berdasarkan data observasi dari Unit Pelaksana Kebersihan (UPK) Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta, sampah yang berada di permukaan aliran sungai Item mencapai 2-4 m³/hari.

Ada 2 metode yang dilakukan pihak UPK untuk pengambilan sampah:

1. Pengambilan sampah yang tertahan di kubus apung dilakukan setiap hari yaitu di pagi dan sore hari untuk memaksimalkan kapasitas saluran sungai.



Gambar 4.1 Kubus Apung Penahan Sampah di Sungai Item (Dokumentasi Pribadi, 2020)

2. Pengambilan sampah dengan saringan sampah robotik berada di hulu Sungai Item, sebagai penjarang sampah di awal badan sungai.



Gambar 4.2 Saringan Sampah Robotik di Stasiun Pompa Sungai Item (UPK Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, 2021)

4.7. Sedimentasi

Berdasarkan data observasi dari Dinas SDA DKI Jakarta, sedimentasi berupa lumpur bercampur sampah yang terdapat pada aliran Sungai Item tercatat setiap tahunnya mencapai 20% dari kapasitas sungai, bahkan pernah mencapai 40%. Hal ini menyebabkan debit saluran Sungai Item berkurang sebesar 20%.

4.8. Rumah Pompa

Pada hulu Sungai Item, terdapat rumah pompa Sungai Item. Pompa air berjumlah 4 pompa dengan masing-masing kapasitas 2000 liter/detik. Air akan dipompa ke Sungai Sunter yang diarahkan ke Waduk Sunter Selatan guna menangani masalah banjir. Berdasarkan data observasi, sebagian pompa tersebut mengalami kerusakan akibat terendam banjir saat beroperasi di awal tahun 2020.

4.9. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini, dengan menggunakan metode curah hujan rata-rata daerah dari tiga stasiun berbeda dalam jangka waktu 10 tahun (2010-2019), maka didapatkan nilai curah hujan maksimum tahunan. Kemudian analisis distribusi frekuensi menggunakan 4 jenis distribusi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel. Lalu menggunakan metode uji sebaran untuk menentukan distribusi yang cocok dari keempat jenis distribusi tersebut. Maka distribusi Log Pearson III memenuhi syarat untuk digunakan analisis debit banjir rencana.

Perhitungan debit banjir rencana dengan metode HSS Nakayasu dengan periode ulang 2 tahun didapat sebesar 88,44 m³/detik, periode 5 tahun sebesar 116,52 m³/detik, periode 10 tahun sebesar 137,82 m³/detik, periode 25 tahun sebesar 168,4 m³/detik, dan periode 50 tahun sebesar 193,23 m³/detik.

Sedangkan, hasil debit saluran kapasitas Sungai Item sebesar 205,94 m³/detik. Dapat disimpulkan bahwa debit saluran cukup untuk menampung debit banjir dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun, namun debit banjir rencana pada periode ulang 50 tahun mendekati besar debit saluran.

Tinjauan yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan terjadinya luapan Sungai Item ke Jalan Sunter Kemayoran pada beberapa waktu setelah awal tahun 2020 disebabkan faktor lain yaitu diantaranya:

1. Curah hujan dengan intensitas tinggi dalam jangka waktu lama.
2. Lingkungan sekitar sungai diperuntukkan perumahan dan bisnis yang mengakibatkan daerah resapan air berkurang.
3. Sampah yang menggenangi sungai dan sedimentasi pada dasar sungai menyebabkan debit saluran Sungai Item berkurang sebesar 20% sehingga debit rencana tidak tertampung.
4. Sebagian pompa mengalami kerusakan akibat terendam banjir di awal tahun 2020. Sehingga, rumah pompa tidak maksimal dalam mengendalikan banjir.

4.10. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini terdapat beberapa keterbatasan disebabkan oleh beberapa faktor. Beberapa keterbatasan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Terdapat data curah dari ketiga stasiun yang kurang lengkap sehingga tingkat keakuratan data berkurang.
2. Kurangnya ketersediaan data pada daerah pengaliran.
3. Perhitungan luas DAS Sungai Item dan kemiringan sungai dengan cara manual, memungkinkan perbedaan dengan data sebenarnya dari Dinas SDA DKI Jakarta sehingga terjadi perbedaan perhitungan.
4. Penentuan angka atau nilai konstanta dalam penelitian ini kemungkinan berbeda dengan penelitian rencana sebenarnya.
5. Perhitungan debit banjir rencana yang digunakan hanya satu metode yaitu metode HSS Nakayasu sehingga memungkinkan hasil yang diperoleh berbeda dengan perhitungan perencanaan.
6. Data pengelolaan sampah, sedimentasi, dan rumah pompa bersifat data observasi pendahuluan sehingga perlu data yang lebih detail.