



## BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Penentuan Batas DAS

Pada tahap ini, dilakukan penentuan batas DAS Kupang. Diperoleh dari peta topografi yang bersumber dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), kemudian diolah dengan bantuan *software* ArcGIS yaitu ArcMap 10.7. Penentuan batas DAS ini dilakukan untuk memperjelas bagian dari aliran Sungai Kupang dan mempermudah dalam proses penelitian studi kasus.

#### 4.1.1 Batas DAS Kupang

DAS Kupang melintasi tiga kabupaten dan satu kota yaitu mulai dari yang terluas adalah Kabupaten Pekalongan sebesar 10.542,88 ha, Kabupaten Batang 5.770,17 ha, Kota Pekalongan 1.694,36 ha, dan yang terkecil adalah Kabupaten Banjarnegara sebesar 4,38 ha (Purnama dkk., 2012).

Penentuan DAS Kupang dilakukan dengan sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) WGS 1984. Sistem koordinat UTM adalah sistem proyeksi peta yang membagi seluruh permukaan bumi menjadi 60 zona. Sistem ini juga membagi permukaan bumi menjadi dua bagian yaitu belahan bumi utara (*northern hemisphere*) dan belahan bumi selatan (*southern hemisphere*), dan DAS Kupang termasuk di dalam zona 49 S.

Setelah melakukan sistem koordinat UTM, proses selanjutnya yaitu *digitizing*. *Digitizing* dilakukan dengan tujuan untuk menentukan lokasi, memberi tanda alur atau jalur serta membentuk batas DAS di dalam peta. Proses ini dimulai dengan menandai seluruh alur sungai dari hulu hingga ke hilir DAS Kupang.

Saat menentukan batas DAS, ada beberapa syarat untuk menentukan garis batas DAS yaitu:

1. Batas DAS terletak di punggung bukit yang memotong kontur atau tidak sejajar kontur.
  2. Batas DAS dapat menggunakan alur jalan jika kontur tidak terlalu jelas.
-

3. Batas DAS tidak boleh memotong alur sungai.

Gambar batas DAS Kupang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Batas DAS Kupang

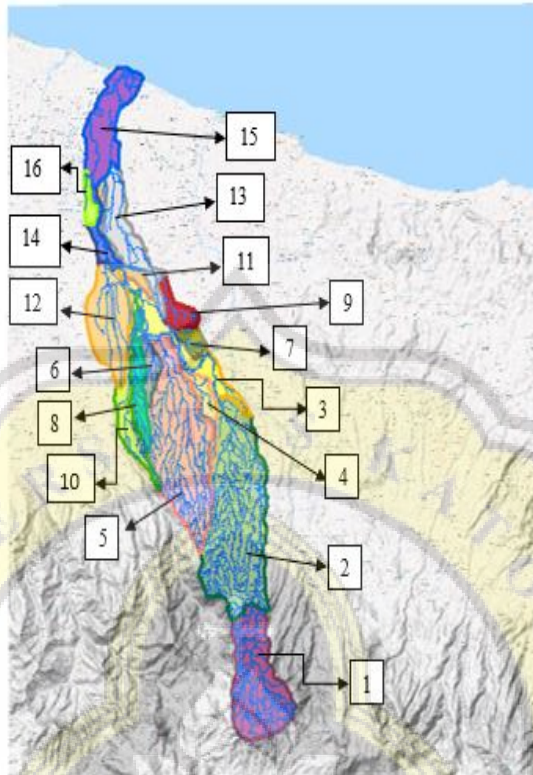
Berdasarkan gambar diatas, warna hitam menunjukkan batas DAS Kupang dengan luas wilayah 167,25 km<sup>2</sup>, sedangkan biru menunjukkan alur sungai yang berada di wilayah DAS Kupang.

#### 4.1.2 Pembagian sub DAS

Saat batas DAS telah ditentukan, langkah selanjutnya yaitu membagi DAS Kupang menjadi beberapa sub DAS. Untuk bisa menentukan pembagian sub DAS, terlebih dahulu menentukan titik kontrol yang terdapat pada titik percabangan sungai utama dengan anak sungai. Setelah menentukan titik kontrol, selanjutnya dapat membuat batas sub DAS sesuai titik kontrol yang telah ditentukan.

---

Gambar 4.2 menunjukkan batas-batas sub DAS Kupang.



Gambar 4.2 Batas Sub DAS Kupang

Pembagian batas sub DAS Kupang yang terbagi menjadi 16 sub DAS, kemudian luas tiap sub DAS Kupang ditampilkan pada Tabel 4.1.

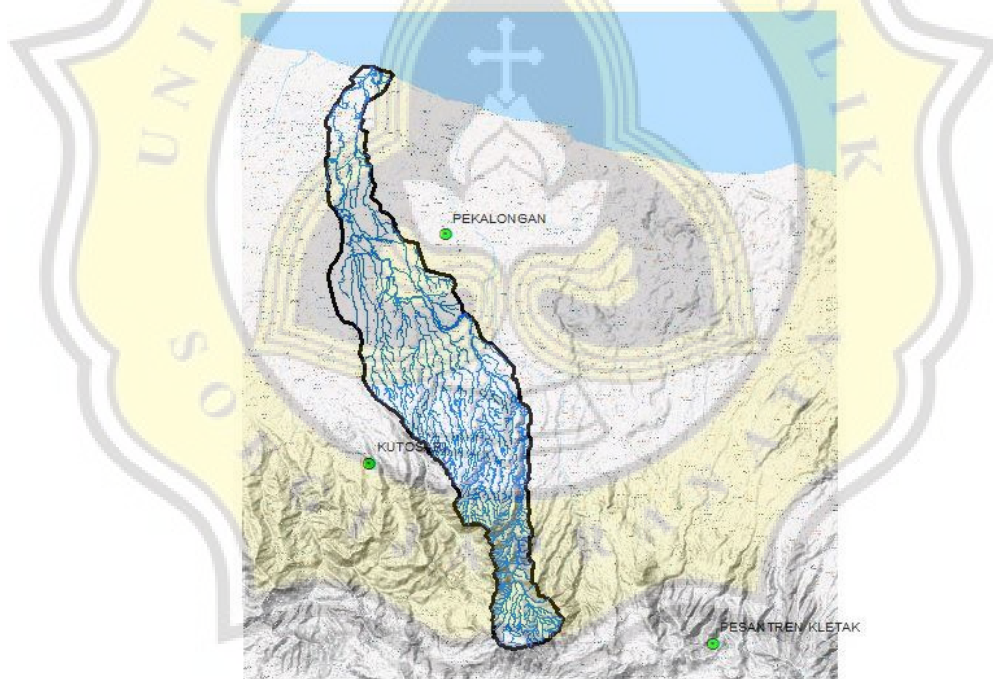
Tabel 4.1 Luas Sub DAS Kupang

Sub DAS	Luas (km <sup>2</sup> )
1	19,83
2	38,81
3	10,37
4	3,77
5	30,54
6	2,90
7	2,29
8	5,56
9	3,51
10	6,82
11	3,03
12	13,51
13	10,10
14	2,80
15	12,11
16	1,32
Σ	167,25

#### 4.1.3 Area pengaruh Poligon Thiessen

Poligon Thiessen ditentukan berdasarkan jumlah dan lokasi stasiun hujan yang tersedia pada DAS Kupang, tujuannya untuk mengetahui perhitungan dari curah hujan area yang terjadi. Pada DAS Kupang terdapat tiga stasiun hujan yaitu Stasiun Hujan Kutosari, Stasiun Hujan Pekalongan, dan Stasiun Hujan Pesantren Kletak.

Sebelum menentukan area Poligon Thiessen, kita harus mengetahui titik koordinat berdasarkan lintang selatan dan bujur timur dari setiap stasiun hujan. Stasiun hujan Kutosari pada  $07^{\circ}01'220''$  LS dan  $109^{\circ}41'33''$  BT. Stasiun hujan Pekalongan pada  $06^{\circ}53'244''$  LS dan  $109^{\circ}40'246''$  BT. Stasiun hujan Pesantren Kletak pada  $06^{\circ}58'761''$  LS dan  $109^{\circ}38'897''$  BT. Gambar 4.3 menunjukkan lokasi stasiun hujan DAS Kupang.

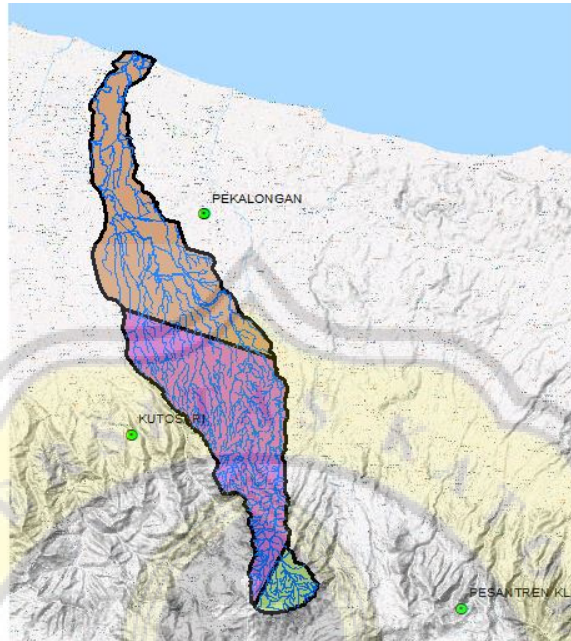


Gambar 4.3 Stasiun Hujan DAS Kupang

Langkah selanjutnya setelah menandai tiga titik stasiun hujan yaitu dengan membuat area pengaruh Poligon Thiessen. Menggambar dua garis tegak lurus dan membagi dua sama panjang garis penghubung dari dua stasiun hujan di dalam dan sekitar wilayah yang bersangkutan.

---

Gambar 4.4 menunjukkan hasil area pengaruh dari Poligon Thiessen.



Gambar 4.4 Area Pengaruh Poligon Thiessen

## 4.2 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Data yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan adalah data curah hujan harian maksimum yang didapat dari data curah hujan harian Sungai Kupang di stasiun hujan Kutosari, Pekalongan dan Pesantren Kletak. Penelitian ini menggunakan data curah hujan harian Sungai Kupang pada tahun 2001-2016.

### 4.2.1 Perhitungan curah hujan area

Setelah mendapatkan wilayah area dari hasil Poligon Thiessen, maka didapatkan luas area wilayah tiap stasiun hujan, dan masuk perhitungan curah hujan area. Pada Stasiun Hujan Kutosari area yang terpengaruh sebesar 80,25 km<sup>2</sup>, pada Stasiun Hujan Pekalongan sebesar 77,43 km<sup>2</sup> dan Stasiun Hujan Pesantren Kletak sebesar 9,57 km<sup>2</sup>. Dari luas area tersebut, dapat dihitung koefisien Thiessen dari masing-masing wilayah, dan contoh perhitungan dapat dilihat di bawah ini:

Luas area pengaruh Sta. Hujan Pekalongan = 77,43 km<sup>2</sup> (diperoleh dari hasil analisis dengan *software* ArcGIS)



$$\begin{aligned}\Sigma \text{ Luas area pengaruh} &= \text{Sta. Hujan Kutosari} + \text{Sta. Hujan} \\ &\quad \text{Pekalongan} + \text{Sta. Hujan Pesantren} \\ &\quad \text{Kletak} \\ &= 80,25 + 77,43 + 9,57 \text{ km}^2 \\ &= 167,25 \text{ km}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koefisien Thiessen Sta. Hujan Pekalongan} &= \frac{\text{Luas area Sta. Hujan Pekalongan}}{\Sigma \text{Luas area}} \\ &= \frac{77,43}{167,25} = 46,30\end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan stasiun lain, dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pembagian Area Pengaruh Metode poligon thiessen

Stasiun Hujan	Luas pengaruh (km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiessen Pi (%)
Stasiun Kutosari	80,25	47,98
Stasiun Pekalongan	77,43	46,30
Stasiun Pesantren Kletak	9,57	5,72
$\Sigma$	167,25	100

Karena nilai koefisien Thiessen pada masing-masing stasiun hujan dengan pengaruh Poligon Thiessen sudah diketahui, kemudian melakukan perhitungan curah hujan maksimum antara 2001-2016. Perhitungan dilakukan dengan cara mengalikan nilai curah hujan maksimum dan koefisien Thiessen pada tiap stasiun hujan yang sudah dihitung sebelumnya.

Contoh perhitungan curah hujan DAS di Stasiun Hujan Pekalongan dapat dilihat di bawah ini:

- Rata-rata

Menghitung nilai rata-rata curah hujan maksimum menggunakan persamaan 2.1:

$$= \frac{21+119+291+159+62+240++209+187+138+161+0+0+0+239+81+112}{16}$$

$$= 126,19 \text{ mm}$$

Tabel 4.3 menunjukkan hasil perhitungan curah hujan DAS Kupang.



Tabel 4.3 Perhitungan Curah Hujan DAS Kupang

Tahun	Sta. Kutosari	Sta. Pekalongan	Sta. Pesantren Kletak	Curah Hujan DAS
	$P_1 = 0,48$	$P_2 = 0,46$	$P_3 = 0,06$	$P_i = 1,00$
	$d_1$ (mm)	$d_2$ (mm)	$d_3$ (mm)	$d = d_1.P_1 + d_2.P_2 + d_3.P_3$ (mm)
2001	122	21	56	71,46
2002	209	119	166	164,87
2003	16	291	0	142,41
2004	113	159	100	133,55
2005	82	62	81	72,68
2006	39	240	82	134,52
2007	222	209	3	203,45
2008	10	187	0	91,38
2009	67	138	82	100,73
2010	0	161	63	78,15
2011	114	0	74	58,93
2012	85	0	0	40,78
2013	106	0	0	50,86
2014	285	239	216	259,76
2015	200	81	73	137,64
2016	125	112	103	117,72
Rata-rata	112,19	126,19	68,69	116,18

Keterangan:

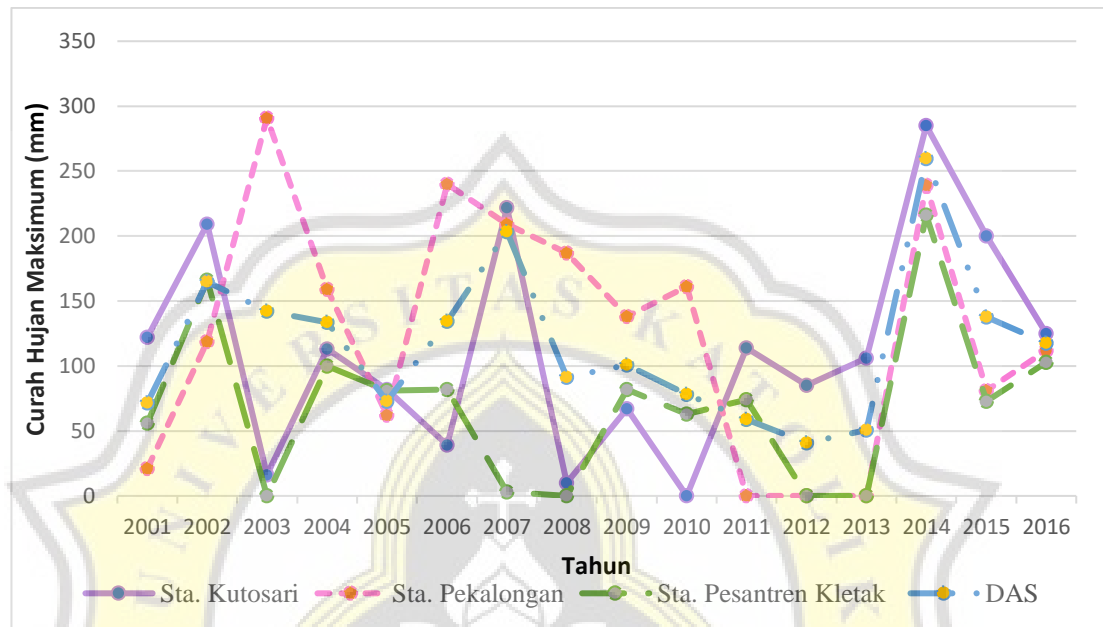
$P_1, P_2, P_3, P_i$  : Koefisien Thiessen

$d_1, d_2, d_3, d$  : Curah hujan harian maksimum (mm)

Dari tabel hasil perhitungan curah hujan DAS Kupang di atas, maka dapat ditunjukkan grafik hubungan antara waktu (tahun) dan curah hujan harian maksimum dari Stasiun Hujan Kutosari, Stasiun Hujan Pekalongan, dan Stasiun Hujan Pesantren Kletak. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Gambar 4.5 menunjukkan gambar curah hujan maksimum DAS Kupang yang didapatkan dari data curah hujan harian maksimum masing-masing stasiun hujan, dengan rentang waktu yang dipakai adalah tahun 2001-2016. Curah hujan harian maksimum pada Stasiun Hujan Kutosari terjadi pada tahun 2014 yaitu sebesar 285 mm, dan yang paling rendah terjadi pada tahun 2010 sebesar 0 mm. Pada Stasiun Hujan Pekalongan, curah hujan maksimum terjadi pada tahun 2003 sebesar 291 mm, dan yang paling rendah terjadi pada tahun 2011, 2012 dan 2013 sebesar 0 mm. Stasiun Hujan Pesantren Kletak curah hujan maksimumnya terjadi pada tahun 2014 sebesar 216 mm, dan yang paling rendah terjadi pada tahun 2003, 2008, 2012 dan

2013 sebesar 0 mm. Untuk curah hujan DAS, nilai tertinggi terjadi pada tahun 2014 sebesar 259,76 mm sedangkan nilai paling rendah terjadi pada tahun 2012 sebesar 40,78 mm.



Gambar 4.5 Grafik Curah Hujan Harian Maksimum DAS Kupang

#### 4.2.2 Perhitungan curah hujan rancangan

Menghitung intensitas hujan perlu dilakukan perhitungan curah hujan rancangan. Beberapa langkah yang dilakukan untuk menghitung intensitas hujan yaitu perhitungan parameter statistik, pemilihan jenis distribusi serta pengujian kecocokan distribusi.

##### 4.2.2.1 Perhitungan parameter statistik

Setelah mendapatkan hasil curah hujan DAS atau curah hujan harian maksimum, pengukuran parameter statistik dapat dihitung sebagai berikut:

- Curah hujan maksimum pada tahun 2015

Curah hujan harian maksimum di setiap stasiun hujan didapatkan dari Tabel 4.3, perhitungan ini dilakukan dengan mengalikan nilai curah harian maksimum dengan koefisien Thiessen ( $P_i$ ) pada setiap stasiun hujan di periode yang sama.





$$\begin{aligned} X_i (2015) &= ((200 \times 0,48) + (81 \times 0,46) + (73 \times 0,06)) \\ &= 137,64 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Rata-rata (*mean*)

Menghitung nilai rata-rata curah hujan maksimum menggunakan Persamaan 2.1:

$$\bar{x} = \frac{259,76+203,45+164,87+142,41+\dots+40,78}{16} = 116,18 \text{ mm}$$

- Nilai tengah (*median*)

Menghitung nilai tengah dari jumlah data (n) menggunakan Persamaan 2.6:

Jumlah data (n) = 16

$$Me = \frac{133,55 + 117,72}{2} = 125,64 \text{ mm}$$

- Standar deviasi

Menghitung nilai standart deviasi menggunakan Persamaan 2.7:

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{(259,76-116,18)^2+(203,45-116,18)^2+(164,87-116,18)^2+\dots+(40,78-116,18)^2}{16-1}} \\ &= 58,77 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Koefisien variasi

Menghitung nilai standar deviasi menggunakan Persamaan 2.8:

$$\begin{aligned} Cv &= \frac{\text{standar deviasi}}{\text{rata-rata}} \\ &= \frac{58,77}{116,18} \\ &= 0,51 \end{aligned}$$

Hasil parameter statistik distribusi curah hujan dapat dilihat lebih lengkap pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Parameter Statistik Distribusi Curah Hujan

No	Tahun	$X_i$ (mm)
1	2014	259,76
2	2007	203,45
3	2002	164,87
4	2003	142,41
5	2015	137,64
6	2006	134,52
7	2004	133,55
8	2016	117,72
9	2009	100,73
10	2008	91,38



Tabel 4.4 Parameter Statistik Distribusi Curah Hujan (Tabel Lanjutan)

No	Tahun	Xi (mm)
11	2010	78,15
12	2005	72,68
13	2001	71,46
14	2011	58,93
15	2013	50,86
16	2012	40,78
Jumlah Data (n)		16
Nilai Rerata (Mean)		116,18
Nilai Tengah (Median)		125,64
Standar Deviasi (S)		58,77
Koefisien Variasi (Cv)		0,51
Koefisien Skewness (Cs)		1,11
Koefisien Kurtosis (Ck)		43,42

Keterangan:

Xi : Curah hujan harian maksimum (mm)

Setelah mendapatkan hasil perhitungan statistik, kemudian menentukan jenis distribusi dengan mencocokkan parameter statistik berdasarkan syarat pada setiap jenis distribusi. Hasil mencocokkan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.5. Dari hasil Tabel 4.5 dapat kita lihat bahwa jenis distribusi yang memenuhi syarat adalah Log-Pearson III. Tetapi untuk pemilihan jenis distribusi ini, dibutuhkan pengujian kembali dengan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov.

Tabel 4.5 Syarat Parameter Statistik Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$	$Cs = 1,11$ $Ck = 43,42$	Tidak memenuhi
Log-Normal	$Cs \approx 3Cv + (Cv^2) = 3$ $Ck = 5,383$	$Cs = 1,11$ $Ck = 43,42$	Tidak memenuhi
Gumbel	$Cs \approx 1,1396$ $Ck \approx 5,4002$	$Cs = 1,11$ $Ck = 43,42$	Tidak memenuhi
Log-Pearson III	$Cs \neq 0$	$Cs = 1,11$ $Ck = 43,42$	Memenuhi

(Sumber: Hadisusanto, 2011)

#### 4.2.2.2 Pemilihan jenis distribusi

Pemilihan jenis distribusi pada penelitian ini adalah Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Log-Pearson Tipe III, dan Distribusi Gumbel. Tujuan perhitungan ini untuk menghitung nilai curah hujan rancangan pada periode ulang



tertentu. Periode / kala ulang yang digunakan pada penelitian ini ada 6 antara lain 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, 25 tahunan, 50 tahunan, dan 100 tahunan. Berikut 4 jenis distribusi dengan contoh perhitungan curah hujan rancangan:

#### 1. Distribusi Normal

Rumus perhitungan curah hujan rancangan distribusi normal menggunakan Persamaan 2.14:

$$X_T = \bar{x} + K_T \times S$$

dengan:

$X_T$  : curah hujan rancangan dengan periode ulang T tahun (mm)

$K_T$  : nilai Faktor Frekuensi dengan periode ulang T tahun

$\bar{x}$  : nilai curah hujan rata-rata (mm)

S : standar deviasi nilai variat

Hasil parameter statistik curah hujan pada distribusi normal dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Parameter Statistik Curah Hujan pada Distribusi Normal

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	$X_i - \bar{x}$	$(X_i - \bar{x})^2$
1	2014	259,76	143,57	20613,46
2	2007	203,45	87,27	7616,56
3	2002	164,87	48,69	2370,63
4	2003	142,41	26,23	687,93
5	2015	137,64	21,46	460,42
6	2006	134,52	18,34	336,40
7	2004	133,55	17,37	301,82
8	2016	117,72	1,54	2,38
9	2009	100,73	-15,45	238,71
10	2008	91,38	-24,80	615,15
11	2010	78,15	-38,03	1446,64
12	2005	72,68	-43,50	1892,12
13	2001	71,46	-44,72	1999,83
14	2011	58,93	-57,25	3277,71
15	2013	50,86	-65,32	4267,03
16	2012	40,78	-75,40	5684,90
	$\sum x_i$	1858,90	0,00	51811,71
	$\bar{x}$	116,18		
	S	58,77		

Keterangan:  $X_i$  : curah hujan maksimum (mm)



Maka, nilai  $K_{25}$  perlu dihitung dengan cara interpolasi. Perhitungan interpolasi dapat dilakukan seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned}\frac{T_{25} - T_{20}}{T_{50} - T_{20}} &= \frac{K_{25} - K_{20}}{K_{50} - K_{20}} \\ \frac{25 - 20}{50 - 20} &= \frac{K_{25} - 1,64}{2,05 - 1,64} \\ \frac{5}{30} &= \frac{K_{25} - 1,64}{0,41} \\ K_{25} &= \left(\frac{5 \times 0,41}{30}\right) + 1,64 \\ K_{25} &= 1,75\end{aligned}$$

dengan:

$T_{20}$  : periode ulang 20 tahunan

$T_{25}$  : periode ulang 25 tahunan

$T_{50}$  : periode ulang 50 tahunan

$K_{20}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 20 tahunan : 1,64 (Tabel 2.1)

$K_{25}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 25 tahunan

$K_{50}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 50 tahunan : 2,05 (Tabel 2.1)

Setelah mendapatkan nilai  $K_{25}$ , dilanjutkan menghitung nilai curah hujan rancangan periode 25 tahunan ( $X_{25}$ ) menggunakan Persamaan 2.14:

$$\begin{aligned}X_{25} &= \bar{x} + K_{25} \times S \\ &= 116,18 + (1,75 \times 58,77) \\ &= 219,07 \text{ mm}\end{aligned}$$

dengan:

Curah hujan rata-rata ( $\bar{x}$ ) : 116,18 mm (Tabel 4.6)

Standar deviasi (S) : 58,77 mm (Tabel 4.6)

Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.10.

## 2. Distribusi Log-Normal

Rumus perhitungan curah hujan rancangan distribusi log-normal menggunakan Persamaan 2.17:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } x} + K_T \times S_{\text{Log } x}$$

dengan:



$Log X_T$  : nilai logaritma curah hujan rancangan dengan periode ulang T tahun (mm)

$\overline{Log x}$  : nilai rata-rata dari logaritma curah hujan (mm)

$S_{LogX}$  : nilai logaritma standar deviasi

$K_T$  : nilai faktor frekuensi dengan periode ulang T tahun

Hasil parameter statistik curah hujan pada distribusi log-normal dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Parameter Statistik Curah Hujan pada Distribusi Log-Normal

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	Log $X_i$	$\overline{Log x}$	Log $X_i - \overline{Log x}$	(Log $X_i - \overline{Log x}$ ) <sup>2</sup>
1	2014	259,76	2,41	2,01	0,40	0,16
2	2007	203,45	2,31	2,01	0,29	0,09
3	2002	164,87	2,22	2,01	0,20	0,04
4	2003	142,41	2,15	2,01	0,14	0,02
5	2015	137,64	2,14	2,01	0,13	0,02
6	2006	134,52	2,13	2,01	0,12	0,01
7	2004	133,55	2,13	2,01	0,11	0,01
8	2016	117,72	2,07	2,01	0,06	0,00
9	2009	100,73	2,00	2,01	-0,01	0,00
10	2008	91,38	1,96	2,01	-0,05	0,00
11	2010	78,15	1,89	2,01	-0,12	0,01
12	2005	72,68	1,86	2,01	-0,15	0,02
13	2001	71,46	1,85	2,01	-0,16	0,03
14	2011	58,93	1,77	2,01	-0,24	0,06
15	2013	50,86	1,71	2,01	-0,31	0,09
16	2012	40,78	1,61	2,01	-0,40	0,16
		$\sum X_i$	32,22		0,00	0,74
		$\bar{x}$	2,01			
		$S_{Logx}$	0,22			
		Cv	0,11			

Keterangan:

$X_i$  : curah hujan maksimum (mm)

Menghitung nilai rata-rata dari logaritma curah hujan menggunakan Persamaan 2.15:

$$\overline{Log x} = \sum_{i=1}^n \frac{Log X_i}{n} = \frac{32,22}{16} = 2,01 \text{ mm}$$

Menghitung nilai logaritma standar deviasi menggunakan Persamaan 2.16:

$$S_{LogX} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Log X_i - \overline{Log x})^2}{n-1} \right]^{0,5} = \sqrt{\frac{0,74}{16-1}} = 0,22 \text{ mm}$$



Menghitung nilai logaritma koefisien variasi ( $C_v$ ) menggunakan Persamaan 2.16:

$$C_v = \frac{S_{\log x}}{\log \bar{x}} = \frac{0,22}{2,01} = 0,11$$

Selanjutnya melakukan perhitungan curah hujan rancangan pada periode ulang 25 tahunan. Perhitungan distribusi log-normal memerlukan Tabel 2.2 Faktor Frekuensi K untuk Distribusi Log-Normal berdasarkan nilai koefisien variasi ( $C_v$ ) yang telah dilogaritmakan untuk mengetahui nilai faktor frekuensi log-normal. Nilai koefisien variasi ( $C_v$ ) yang digunakan adalah 0,11 (Tabel 4.7).

Kemudian menghitung nilai faktor frekuensi periode ulang 25 tahunan ( $K_{25}$ ) dengan cara interpolasi. Untuk nilai  $C_v$  sebesar 0,11 juga tidak tertulis pada Tabel 2.2 Faktor Frekuensi K untuk Distribusi Log-Normal, maka perlu dihitung dengan cara interpolasi. Perhitungan interpolasi dengan memasukkan nilai koefisien variasi ( $C_v$ ) = 0,11 untuk periode ulang 25 tahunan ( $K_{25}$ ). Maka dari itu untuk memperoleh nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 25 tahunan dibutuhkan nilai faktor frekuensi dari periode ulang 20 dan 100 tahunan untuk perhitungan interpolasi.

Berikut ini perhitungan interpolasi faktor frekuensi untuk periode ulang 20 tahunan berdasarkan koefisien variasi ( $C_v$ ) = 0,11:

$$\begin{aligned} \frac{C_v - C_{va}}{C_{vb} - C_{va}} &= \frac{K_{20} - K_{20a}}{K_{20b} - K_{20a}} \\ \frac{0,11 - 0,100}{0,136 - 0,100} &= \frac{K_{20} - 1,72}{1,75 - 1,72} \\ \frac{0,01}{0,036} &= \frac{K_{20} - 1,72}{1,75 - 1,72} \\ K_{20} &= \left( \frac{0,01 \times -0,01}{0,036} \right) + 1,72 \\ K_{20} &= 1,73 \end{aligned}$$

Berikut ini perhitungan interpolasi faktor frekuensi untuk periode ulang 100 tahunan berdasarkan koefisien variasi ( $C_v$ ) = 0,11:

$$\begin{aligned} \frac{C_v - C_{va}}{C_{vb} - C_{va}} &= \frac{K_{100} - K_{100a}}{K_{100b} - K_{100a}} \\ \frac{0,11 - 0,100}{0,136 - 0,100} &= \frac{K_{100} - 2,55}{2,62 - 2,55} \end{aligned}$$



$$\frac{0,01}{0,036} = \frac{K_{100} - 2,55}{2,62 - 2,55}$$
$$K_{100} = \left( \frac{0,01 \times 0,07}{0,036} \right) + 2,55$$
$$K_{100} = 3,77$$

dengan:

$C_v$  : nilai koefisien variasi : 0,11 (Tabel 4.7)

$C_{va}$  : nilai koefisien variasi pada tabel faktor frekuensi : 0,100 (Tabel 2.2)

$C_{vb}$  : nilai koefisien variasi pada tabel faktor frekuensi : 0,136 (Tabel 2.2)

$K_{20}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 20 tahunan ( $T_{20}$ ) berdasarkan nilai koefisien variasi ( $C_v$  : 0,11)

$K_{20a}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 20 tahunan ( $T_{20}$ ) berdasarkan nilai koefisien variasi ( $C_{va}$  : 0,100) : 1,72 (Tabel 2.2)

$K_{20b}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 20 tahunan ( $T_{20}$ ) berdasarkan nilai koefisien variasi ( $C_{vb}$  : 0,136) : 1,75 (Tabel 2.2)

$K_{100a}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 20 tahunan ( $T_{20}$ ) berdasarkan nilai koefisien variasi ( $C_{va}$  : 0,100) : 2,55 (Tabel 2.2)

$K_{100b}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 20 tahunan ( $T_{20}$ ) berdasarkan nilai koefisien variasi ( $C_{vb}$  : 0,136) : 2,62 (Tabel 2.2)

Selanjutnya untuk nilai faktor frekuensi periode ulang 25 tahunan dihitung dengan cara interpolasi seperti di bawah ini:

$$\frac{25-20}{100-20} = \frac{K_{25}-1,73}{3,77-1,73}$$
$$\frac{5}{80} = \frac{K_{25}-1,73}{0,84}$$
$$K_{25} = \left( \frac{5 \times 0,84}{80} \right) + 1,73$$
$$K_{25} = 2,31$$

dengan:

$T_{25}$  : periode ulang 25 tahunan

$T_{20}$  : periode ulang 20 tahunan

$T_{100}$  : periode ulang 100 tahunan

$K_{25}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 25 tahunan

$K_{20}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 20 tahunan



$K_{100}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 100 tahunan

Setelah mendapatkan nilai  $K_{25}$ , dilanjutkan menghitung nilai curah hujan rancangan periode 25 tahunan ( $X_{25}$ ) menggunakan Persamaan 2.17:

$$\begin{aligned}\text{Log } X_{25} &= \overline{\text{Log } x} + K_{25} \times S_{\text{Log}X} \\ &= 2,01 + (2,31 \times 0,22) \\ &= 2,40\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X_{25} &= 10^{2,40} \text{ mm} \\ &= 251,93 \text{ mm}\end{aligned}$$

Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.10.

dengan:

$$\overline{\text{Log } x} : 2,01 \text{ mm (Tabel 4.7)}$$

$$S_{\text{Log}X} : 0,22 \text{ mm (Tabel 4.7)}$$

### 3. Distribusi Log-Pearson Tipe III

Rumus perhitungan curah hujan rancangan distribusi log-pearson III menggunakan Persamaan 2.21:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } x} + K_T \times S_{\text{Log}X}$$

Keterangan:

$\text{Log } X_T$  : Nilai logaritma curah hujan rancangan dengan periode ulang T tahun (mm)

$\overline{\text{Log } x}$  : Nilai rata-rata dari logaritma curah hujan (mm)

$S_{\text{Log}X}$  : Nilai logaritma standar deviasi

$K_T$  : Nilai faktor frekuensi dengan periode ulang T tahun tergantung  $C_s$   
Hasil parameter statistik curah hujan pada distribusi Log-Pearson tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Menghitung nilai rata-rata dari logaritma curah hujan ( $\bar{x}$ ) menggunakan Persamaan 2.18:

$$\begin{aligned}\overline{\text{Log } x} &= \sum_{i=1}^n \frac{\text{Log } X_i}{n} \\ &= \frac{32,22}{16} \\ &= 2,01 \text{ mm}\end{aligned}$$





Tabel 4.8 Parameter Statistik Curah Hujan pada Distribusi Log-Pearson Tipe III

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	Log Xi	Log x	(Log Xi - Log x) <sup>2</sup>	(Log Xi - Log x) <sup>3</sup>
1	2014	259,76	2,41	2,01	0,16	0,00
2	2007	203,45	2,31	2,01	0,09	0,00
3	2002	164,87	2,22	2,01	0,04	0,00
4	2003	142,41	2,15	2,01	0,02	0,00
5	2015	137,64	2,14	2,01	0,02	0,00
6	2006	134,52	2,13	2,01	0,01	0,00
7	2004	133,55	2,13	2,01	0,01	0,00
8	2016	117,72	2,07	2,01	0,00	0,00
9	2009	100,73	2,00	2,01	0,00	0,00
10	2008	91,38	1,96	2,01	0,00	0,00
11	2010	78,15	1,89	2,01	0,01	0,00
12	2005	72,68	1,86	2,01	0,02	0,00
13	2001	71,46	1,85	2,01	0,03	0,00
14	2011	58,93	1,77	2,01	0,06	0,00
15	2013	50,86	1,71	2,01	0,09	0,00
16	2012	40,78	1,61	2,01	0,16	0,00
		Σxi	1858,90	32,22	0,74	0,01
		$\bar{x}$	116,18	2,01		
		$S_{Logx}$		0,22		
		Cs		0,45		

Keterangan:

Xi : curah hujan maksimum (mm)

Menghitung nilai logaritma standar deviasi menggunakan Persamaan 2.19:

$$S_{LogX} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Log X_i - Log x)^2}{n-1} \right]^{0,5}$$

$$= \sqrt{\frac{0,74}{16-1}} = 0,22 \text{ mm}$$

Menghitung nilai logaritma koefisien kemencengan (Cs) menggunakan Persamaan 2.20:

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (Log X_i - Log x)^3}{(n-1)(n-2)(S_{LogX})^3}$$

$$= \frac{16 \times 0,01}{(16-1)(16-2)(0,22)^3} = 0,45$$

Perhitungan distribusi Log-Pearson Tipe III diperlukan Tabel 2.3 Faktor K untuk Sebaran Log-Pearson Tipe III untuk mengetahui nilai faktor frekuensi Log-Pearson Tipe III berdasarkan nilai faktor kemencengan (Cs). Nilai faktor kemencengan (Cs) yang digunakan adalah 0,45 (Tabel 4.8).



Berikut contoh perhitungan nilai faktor frekuensi periode ulang 25 tahunan ( $K_{25}$ ) di bawah ini dengan cara interpolasi:

$$\begin{aligned}\frac{C_s - C_{sa}}{C_{sb} - C_{sa}} &= \frac{K_{25} - K_{25a}}{K_{25b} - K_{25a}} \\ \frac{0,45 - 0,40}{0,50 - 0,40} &= \frac{K_{25} - 1,88}{1,91 - 1,88} \\ \frac{0,05}{0,10} &= \frac{K_{25} - 1,88}{0,03} \\ K_{25} &= \left( \frac{0,05 \times 0,03}{0,10} \right) + 1,88 \\ K_{25} &= 2,07\end{aligned}$$

Keterangan:

$C_s$  : nilai faktor kemencengan : 0,45 (Tabel 4.8)

$C_{sa}$  : nilai faktor kemencengan pada tabel : 0,40 (Tabel 2.3)

$C_{sb}$  : nilai faktor kemencengan pada tabel : 0,50 (Tabel 2.3)

$K_{25}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 25 tahunan ( $T_{25}$ ) berdasarkan nilai faktor kemencengan ( $C_s$  : 0,45)

$K_{25a}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 25 tahunan ( $T_{25}$ ) berdasarkan nilai faktor kemencengan ( $C_{sa}$  : 0,40) : 1,88 (Tabel 2.3)

$K_{25b}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 25 tahunan ( $T_{25}$ ) berdasarkan nilai faktor kemencengan ( $C_{sb}$  : 0,50) : 1,91 (Tabel 2.3)

Setelah mendapatkan nilai  $K_{25}$ , dilanjutkan menghitung nilai curah hujan rancangan periode 25 tahunan ( $X_{25}$ ) menggunakan Persamaan 2.21:

$$\begin{aligned}\text{Log } X_{25} &= \overline{\text{Log } x} + K_{25} \times S_{\text{Log } x} \\ &= 2,01 + (2,07 \times 0,22) \\ &= 2,47 \text{ mm} \\ X_{25} &= 10^{2,47} \\ &= 296,62 \text{ mm}\end{aligned}$$

Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Keterangan:

$\overline{\text{Log } x}$  : 2,01 mm (Tabel 4.8)

$S_{\text{Log } x}$  : 0,22 mm (Tabel 4.8)



#### 4. Distribusi Gumbel

Rumus perhitungan curah hujan rancangan distribusi Log-Pearson III menggunakan Persamaan 2.22 dan Persamaan 2.23:

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S$$

dengan,

$$K_T = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

Keterangan:

$X_T$  : curah hujan rancangan dengan periode ulang T tahun (mm)

$\bar{x}$  : nilai curah hujan rata-rata (mm)

$K_T$  : nilai faktor frekuensi dengan periode ulang T tahun

$S$  : standar deviasi nilai variat

$Y_T$  : nilai reduksi variat (*reduced variate*)

$Y_n$  : nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduced mean*)

$S_n$  : standar deviasi dari reduksi variat (*reduced standart deviation*)

Hasil parameter parameter statistik curah hujan pada distribusi gumbel dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Menghitung curah hujan rata-rata ( $\bar{x}$ ) menggunakan Persamaan 2.5:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1858,90}{16} = 116,18 \text{ mm}$$

Menghitung standar deviasi menggunakan Persamaan 2.7:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{51811,71}{16-1}} = 58,77 \text{ mm}$$

Perhitungan Distribusi Gumbel menggunakan nilai Tabel 2.4 *Reduced Mean* ( $Y_n$ ), Tabel 2.5 *Reduced Standart Deviation* ( $S_n$ ), dan Tabel 2.6 *Reduced Variate* ( $Y_T$ ). Berikut contoh perhitungan nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 25 tahunan ( $K_{25}$ ) menggunakan Persamaan 2.23:

$$\begin{aligned} K_{25} &= \frac{Y_{25} - Y_{16}}{S_{16}} \\ &= \frac{3,1985 - 0,5157}{1,0316} \\ &= 2,04 \end{aligned}$$



Tabel 4.9 Parameter Statistik Curah Hujan pada Distribusi Gumbel

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	$X_i - \bar{x}$	$(X_i - \bar{x})^2$
1	2014	259,76	143,57	20613,46
2	2007	203,45	87,27	7616,56
3	2002	164,87	48,69	2370,63
4	2003	142,41	26,23	687,93
5	2015	137,64	21,46	460,42
6	2006	134,52	18,34	336,40
7	2004	133,55	17,37	301,82
8	2016	117,72	1,54	2,38
9	2009	100,73	-15,45	238,71
10	2008	91,38	-24,80	615,15
11	2010	78,15	-38,03	1446,64
12	2005	72,68	-43,50	1892,12
13	2001	71,46	-44,72	1999,83
14	2011	58,93	-57,25	3277,71
15	2013	50,86	-65,32	4267,03
16	2012	40,78	-75,40	5684,90
	$\sum x_i$	1858,90	0,00	51811,71
	$\bar{x}$	116,18		
	S	58,77		

Keterangan:

Xi : curah hujan maksimum (mm)

Keterangan:

Jumlah data (n) : 16

Periode ulang (T) : 25 tahunan

*Reduced mean* ( $Y_{16}$ ) : 0,5157 (Tabel 2.4)*Reduce standart deviation* ( $S_{16}$ ) : 1,0316 (Tabel 2.5)*Reduced variate* ( $Y_{25}$ ) : 3,1985 (Tabel 2.6)

Setelah mendapatkan nilai  $K_{25}$ , dilanjutkan menghitung nilai curah hujan rancangan periode 25 tahunan ( $X_{25}$ ) menggunakan Persamaan 2.22:

$$\begin{aligned} X_{25} &= \bar{X} + K_{25} \times S \\ &= 116,18 + (2,04 \times 58,77) \\ &= 236,30 \text{ mm} \end{aligned}$$

Selanjutnya hasil perhitungan untuk periode ulang yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.10.



Keterangan:

Curah hujan rata-rata ( $\bar{x}$ ) : 116,18 mm (Tabel 4.9)

Standar deviasi ( $S$ ) : 58,77 mm (Tabel 4.9)

Tabel 4.10 menunjukkan hasil perhitungan curah hujan rancangan berdasarkan 4 jenis distribusi yaitu adalah Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Log-Pearson Tipe III, dan Distribusi Gumbel.

Tabel 4.10 Perhitungan Faktor Frekuensi dan Curah Hujan Rancangan Tiap Periode Ulang Tertentu

Periode Ulang (tahunan)	Faktor Frekuensi dan Curah Hujan Rancangan							
	Distribusi Normal		Distribusi Log-Normal		Distribusi Log-Pearson Tipe III		Distribusi Gumbel	
	$K_T$	$X_T$ (mm)	$K_T$	$X_T$ (mm)	$K_T$	$X_T$ (mm)	$K_T$	$X_T$ (mm)
2	0	116,18	-0,22	103,18	-0,18	93,95	-0,16	106,53
5	0,84	165,64	1,57	158,48	0,74	150,59	0,72	158,47
10	1,28	191,50	1,40	198,33	1,34	204,33	1,30	192,85
25	1,75	219,07	2,31	251,93	2,07	296,62	2,04	236,30
50	2,05	236,88	3,03	294,03	2,60	387,56	2,59	268,54
100	2,33	252,90	3,77	337,88	3,10	501,98	3,14	300,53

Keterangan:

$X_T$  : Curah hujan rancangan dengan periode ulang T (mm)

$K_T$  : Nilai Faktor Frekuensi dengan periode ulang T

#### 4.2.2.3 Pengujian kecocokan distribusi

Pengujian dilakukan dengan 2 jenis metode, yaitu pengujian Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

##### 1. Uji Chi-Kuadrat

Rumus dari uji kecocokan chi-kuadrat sebagai berikut menggunakan Persamaan

2.24:

$$X^2 = \sum \frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$$

Keterangan:

$X^2$  : nilai chi-kuadrat terhitung

$Ef$  : banyaknya pengamatan (frekuensi) yang diharapkan sesuai kelas pembagi

$Of$  : frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama



Mengurutkan data hujan curah hujan dari besar ke kecil yang ditunjukkan Tabel 4.11. Perhitungan nilai probabilitas atau peluang menggunakan Persamaan 2.11, dapat dilihat pada contoh untuk peringkat (m) ke-1 sebagai berikut:

$$\text{Jumlah data (n)} = 16$$

$$\text{Peringkat (m)} = 1$$

$$\begin{aligned}\text{Probabilitas (P)} &= \frac{m}{n+1} \\ &= \frac{1}{16+1} \\ &= 0,06\end{aligned}$$

Tabel 4.11 Data Curah Hujan yang Diurutkan dari Besar ke Kecil

No	Xi (mm)	m	P = m/(N+1)
1	259,76	1	0,06
2	203,45	2	0,12
3	164,87	3	0,18
4	142,41	4	0,24
5	137,64	5	0,29
6	134,52	6	0,35
7	133,55	7	0,41
8	117,72	8	0,47
9	100,73	9	0,53
10	91,38	10	0,59
11	78,15	11	0,65
12	72,68	12	0,71
13	71,46	13	0,76
14	58,93	14	0,82
15	50,86	15	0,88
16	40,78	16	0,94

Keterangan:

m : Peringkat

P = m/(N+1) : Probabilitas

Xi : Curah hujan maksimum (mm)

Menghitung jumlah kelas pembagi (K) menggunakan rumus 2.26:

$$\text{Jumlah data (n)} = 16$$

$$K = 1 + (3,322 \times \text{Log } n)$$

$$= 1 + (3,322 \times \text{Log } 16)$$

$$= 4,87 \text{ (dibulatkan 5)}$$

$$= 5 \text{ kelas}$$

Menghitung derajat kebebasan (DK) menggunakan rumus 2.25:



Banyaknya parameter ( $R$ ) = 2 (tetapan uji chi-kuadrat)

$$\begin{aligned}DK &= K - (R+1) \\ &= 5 - (2 + 1) \\ &= 2\end{aligned}$$

Taraf Signifikansi ( $\alpha$ ) = 0,05 (dikarenakan nilai signifikansi yang ditentukan yaitu 95%, sehingga nilai kritis nya 5% = 0,05).

Selanjutnya menentukan nilai Chi-Kuadrat Kritik dengan cara mencocokkan taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 0,05 dengan derajat kebebasan (DK) sebesar 2. Maka, berdasarkan Tabel 2.7 Nilai Kritis untuk Uji Chi-Kuadrat yang digunakan untuk perhitungan uji kecocokan Chi-Kuadrat yaitu sebesar 5,991.

Kemudian menghitung kelas distribusi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kelas distribusi} &= \frac{1}{K} \times 100\% \\ &= \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%\end{aligned}$$

Jadi, hasil perhitungan kelas distribusi memperoleh 5 macam kelas distribusi dengan nilai probabilitas ( $P(x)$ ) sebesar 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%.

$$P(x) = 20\% = \frac{20}{100} = 0,20 \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahunan}$$

$$P(x) = 40\% = \frac{40}{100} = 0,40 \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ tahunan}$$

$$P(x) = 60\% = \frac{60}{100} = 0,60 \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,60} = 1,67 \text{ tahunan}$$

$$P(x) = 80\% = \frac{80}{100} = 0,80 \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,80} = 1,25 \text{ tahunan}$$

$$P(x) = 100\% = \frac{100}{100} = 1,00 \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P} = \frac{1}{1,00} = 1 \text{ tahunan}$$

Selanjutnya menghitung interval kelas pada masing-masing distribusi.

a. Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Normal

Pengujian chi-kuadrat dibuat menjadi beberapa batas kelas. Pembagian batas kelas berdasarkan interval kelas yang diperoleh dari curah hujan rancangan ( $X_T$ ). Berikut contoh perhitungan interval kelas pada uji Chi-Kuadrat menggunakan rumus Persamaan 2.14 curah hujan rancangan ( $X_T$ ) untuk periode ulang 5 tahunan pada Distribusi Normal:

$$T = 5 \text{ tahunan} \quad \text{maka } K_T = 0,84 \text{ (Tabel 2.1)}$$



$$\begin{aligned}X_5 &= \bar{X} + K_5 \cdot S \\ &= 116,18 + (0,84 \times 58,77) \\ &= 165,64 \text{ mm}\end{aligned}$$

Keterangan:

Curah hujan rata-rata ( $\bar{x}$ ) : 116,18 mm

Standar deviasi ( $S$ ) : 58,77 mm

Selanjutnya hasil perhitungan curah hujan rancangan interval kelas lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Curah Hujan Interval Kelas Distribusi Normal

No	Periode Ulang (T)	$X_T$
1	5	165,64
2	2,5	131,07
3	1,67	101,29
4	1,25	66,72
5	1	39,44

Keterangan:

$X_T$  : Curah hujan rancangan dengan periode ulang T (mm)

Selanjutnya menentukan interval kelas tiap-tiap kelas pada distribusi normal adalah  $X_i \geq 165,64$ ,  $165,64 > X_i \geq 131,07$ ,  $131,07 > X_i \geq 101,29$ ,  $101,29 > X_i \geq 66,72$ ,  $66,72 > X_i \geq 39,44$ . Setelah itu menentukan batas kelas di tiap kelas berdasarkan nilai data hujan ( $X_i$ ).

Kemudian menghitung frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama ( $O_f$ ), dimana  $O_f$  adalah jumlah nilai data hujan ( $X_i$ ) yang muncul di antara interval kelas yang sama. Berikut contoh perhitungan  $O_f$  untuk kelas kedua pada distribusi normal:

$X_i$  = Curah hujan maksimum (Tabel 4.13)

Interval kelas kedua =  $165,64 > X_i \geq 131,07$

Sehingga nilai  $O_f$  berdasarkan jumlah data hujan ( $X_i$ ) yang terdapat dalam interval kelas sebesar 5.

Hasil perhitungan frekuensi pada masing-masing kelas yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.13.





Tabel 4.13 Frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Normal

Kelas	Interval Kelas	$X_i$ (mm)	Batas Kelas	Of
1	$X_i \geq 165,64$	259,76	165,64	2
		203,45		
		164,87		
2	$165,64 > X_i \geq 131,07$	142,41	131,07	5
		137,64		
		134,52		
3	$131,07 > X_i \geq 101,29$	133,55	101,29	1
		117,72		
		100,73		
4	$101,29 > X_i \geq 66,72$	91,38	66,72	5
		78,15		
		72,68		
5	$66,72 > X_i \geq 39,44$	71,46	39,44	3
		58,93		
		50,86		
		40,78		

Keterangan:  
 $X_i$  : Curah hujan maksimum (mm)  
Of : frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama

Menghitung banyaknya pengamatan (frekuensi) yang diharapkan sesuai kelas pembagi ( $Ef$ ):

Jumlah data (n) = 16

Kelas Pembagi (K) = 5

$$Ef = \frac{n}{K} = \frac{16}{5} = 3,20$$

Kemudian menghitung nilai chi-kuadrat  $X^2$  kelas kedua menggunakan Persamaan 2.24:

$$\begin{aligned}
 X^2 &= \sum \frac{(Of - ef)^2}{Ef} \\
 &= \frac{(1,80)^2}{3,20} \\
 &= 1,01
 \end{aligned}$$

Perhitungan Uji Chi-Kuadrat pada Distribusi Normal dapat dilihat pada Tabel 4.14.



Tabel 4.14 Uji Chi-Kuadrat pada Distribusi Normal

Kelas	Interval Kelas	Of	Ef	Of-Ef	(Of-Ef) <sup>2</sup> / Ef	
1	$X_i \geq 165,64$	2	3,20	1,20	0,45	
2	$165,64 > X_i \geq 131,07$	5	3,20	1,80	1,01	
3	$131,07 > X_i \geq 101,29$	1	3,20	2,20	1,51	
4	$101,29 > X_i \geq 66,72$	5	3,20	1,80	1,01	
5	$66,72 > X_i \geq -65,44$	3	3,20	0,20	0,01	
Jumlah		16	16	Chi-Kuadrat	4,00	
					DK	2
					Chi-Kritik	5,99

Keterangan:

- Ef : banyaknya pengamatan (frekuensi) yang diharapkan sesuai kelas pembagi
- Of : frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama
- Xi : Curah hujan maksimum (mm)

Berdasarkan Tabel 4.14 dari hasil perhitungan didapatkan nilai Chi-Kuadrat = 4,00 lebih kecil dari nilai Chi-Kritik = 5,99. Sehingga pada Distribusi Normal dapat diterima.

b. Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log-Normal

Berikut contoh perhitungan interval kelas pada uji Chi-Kuadrat menggunakan rumus persamaan 2.17 curah hujan rancangan ( $X_T$ ) untuk periode ulang 5 tahunan pada Distribusi Log-Normal:

Nilai  $K_T$  dihitung berdasarkan nilai  $C_v = 0,11$

$T = 5$  dilakukan interpolasi nilai  $C_v = 0,11$  tidak terdapat dalam Tabel 2.2.

$$\frac{T_5 - T_{20}}{T_{100} - T_{20}} = \frac{K_5 - 1,73}{3,77 - 1,73}$$

$$K_5 = \left( \frac{-15 \times 0,84}{80} \right) + 1,73 = 1,57$$

Interval kelas:

$$\begin{aligned} \text{Log } X_5 &= \overline{\text{Log } x} + K_5 \times S_{\text{Log } x} \\ &= 2,01 + (1,57 \times 0,22) \end{aligned}$$

$$X_5 = 158,48 \text{ mm}$$

Keterangan:

- T : 20 ( $K_T = 1,73$ )
- T : 100 ( $K_T = 3,77$ )
- $C_v$  : 0,11 (Tabel 4.7)



$$\overline{\text{Log } x} : 2,01 \text{ mm}$$

$$S_{\text{Log}x} : 0,22 \text{ mm}$$

Selanjutnya hasil perhitungan curah hujan rancangan interval kelas lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Curah Hujan Interval Kelas Distribusi Log-Normal

No	Periode Ulang (T)	$X_T$
1	5	158,48
2	2,5	117,41
3	1,67	90,67
4	1,25	67,17
5	1	21,34

Keterangan:

$X_T$  : Curah hujan rancangan dengan periode ulang T (mm)

Selanjutnya menentukan interval kelas tiap-tiap kelas pada distribusi normal adalah  $X_i \geq 158,48$ ,  $158,48 > X_i \geq 117,41$ ,  $117,41 > X_i \geq 90,67$ ,  $90,67 > X_i \geq 67,17$ ,  $67,17 > X_i \geq 21,34$ . Setelah itu menentukan batas kelas di tiap kelas berdasarkan nilai data hujan ( $X_i$ ).

Kemudian menghitung frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama ( $O_f$ ), dimana  $O_f$  adalah jumlah nilai data hujan ( $X_i$ ) yang muncul di antara interval kelas yang sama. Berikut contoh perhitungan  $O_f$  untuk kelas kedua pada distribusi log-normal:

$X_i$  = Curah hujan maksimum (Tabel 4.16)

Interval kelas kedua =  $158,48 > X_i \geq 117,41$

Sehingga nilai  $O_f$  berdasarkan jumlah data hujan ( $X_i$ ) yang terdapat dalam interval kelas sebesar 5.

Hasil perhitungan frekuensi pada masing-masing kelas yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Menghitung banyaknya pengamatan (frekuensi) yang diharapkan sesuai kelas pembagi ( $E_f$ ):

Jumlah data (n) = 16

Kelas Pembagi (K) = 5

$$E_f = \frac{n}{K} = \frac{16}{5} = 3,20$$



Tabel 4.16 Frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log-Normal

Kelas	Interval Kelas	$X_i$ (mm)	Batas Kelas	Of
		259,76		
1	$X_i \geq 158,48$	203,45		3
		164,87	158,48	
		142,41		
		137,64		
2	$158,48 > X_i \geq 117,41$	134,52		5
		133,55		
		117,72	117,41	
3	$117,41 > X_i \geq 90,67$	100,73		2
		91,38	90,67	
		78,15		
4	$90,67 > X_i \geq 67,17$	72,68		3
		71,46	67,17	
		58,93		
5	$67,17 > X_i \geq 21,34$	50,86		3
		40,78	21,34	

Keterangan:

$X_i$  : Curah hujan maksimum (mm)

Of : frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama

Tabel 4.17 Uji Chi-Kuadrat pada Distribusi Log-Normal

Kelas	Interval Kelas	Of	Ef	Of-Ef	$(Of-Ef)^2 / Ef$
1	$X_i \geq 158,48$	3	3,2	0,2	0,01
2	$158,48 > X_i \geq 117,41$	5	3,2	1,8	1,01
3	$117,41 > X_i \geq 90,67$	2	3,2	1,2	0,45
4	$90,67 > X_i \geq 67,17$	3	3,2	0,2	0,01
5	$67,17 > X_i \geq 21,34$	3	3,2	0,2	0,01
Jumlah		16	16	Chi-Kuadrat	1,50
				DK	2
				Chi-Kritik	5,99

Keterangan:

Ef : banyaknya pengamatan (frekuensi) yang diharapkan sesuai kelas pembagi

Of : frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama

$X_i$  : curah hujan maksimum (mm)



Kemudian menghitung nilai chi-kuadrat  $X^2$  kelas kedua menggunakan Persamaan 2.24:

$$X^2 = \sum \frac{(Of - ef)^2}{Ef}$$

$$X^2 = \frac{(1,80)^2}{3,20} = 1,01$$

Perhitungan Uji Chi-Kuadrat pada Distribusi Log-Normal dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Berdasarkan Tabel 4.17 dari hasil perhitungan didapatkan nilai Chi-Kuadrat = 1,50 lebih kecil dari nilai Chi-Kritik = 5,99. Sehingga pada Distribusi Log-Normal dapat diterima.

c. Uji Chi-Kuadrat untuk Log-Pearson III

Berikut contoh perhitungan interval kelas pada uji Chi-Kuadrat menggunakan rumus Persamaan 2.21 curah hujan rancangan ( $X_T$ ) untuk periode ulang 5 tahunan pada Distribusi Log-Pearson III:

Nilai  $K_T$  dihitung berdasarkan nilai  $C_s = 0,45$

$T = 5$  dilakukan interpolasi karena nilai  $C_s = 0,45$  tidak terdapat dalam Tabel 2.3.

$$\frac{C_s - C_{sa}}{C_{sb} - C_{sa}} = \frac{K_5 - K_{5a}}{K_{5b} - K_{5a}}$$

$$\frac{0,45 - 0,40}{0,50 - 0,40} = \frac{K_5 - 0,816}{0,808 - 0,816}$$

$$K_5 = \left( \frac{0,05 \times -0,008}{0,10} \right) + 0,816 = 0,74$$

Interval Kelas:

$$\text{Log } X_5 = \overline{\text{Log } x} + K_5 \times S_{\text{Log } x}$$

$$= 2,01 + (0,74 \times 0,22)$$

$$X_5 = 150,59 \text{ mm}$$

Keterangan:

$C_s$  : nilai faktor kemencengan : 0,45 (Tabel 4.8)

$C_{sa}$  : nilai faktor kemencengan pada tabel : 0,40 (Tabel 2.3)

$C_{sb}$  : nilai faktor kemencengan pada tabel : 0,50 (Tabel 2.3)



$K_5$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 5 tahunan ( $T_5$ )  
berdasarkan nilai faktor kemencengan ( $C_s : 0,45$ )

$K_{5a}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 5 tahunan ( $T_{25}$ )  
berdasarkan nilai faktor kemencengan ( $C_{sa} : 0,40$ ) : 0,816 (Tabel  
2.3)

$K_{5b}$  : nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 5 tahunan ( $T_5$ )  
berdasarkan nilai faktor kemencengan ( $C_{sb} : 0,50$ ) : 0,808 (Tabel  
2.3)

$\overline{\text{Log } x}$  : 2,01 mm

$S_{\text{Log}x}$  : 0,22 mm

Selanjutnya hasil perhitungan curah hujan rancangan interval kelas lainnya  
dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Curah Hujan Interval Kelas Distribusi Log-Pearson III

No	Periode Ulang (T)	$X_T$
1	5	150,59
2	2,5	118,19
3	1,67	91,29
4	1,25	67,32
5	1	20,07

Keterangan:

$X_T$  : Curah hujan rancangan dengan periode ulang T (mm)

Selanjutnya menentukan interval kelas tiap-tiap kelas pada distribusi log-pearson III adalah  $X_i \geq 150,59$ ,  $150,59 > X_i \geq 118,19$ ,  $118,19 > X_i \geq 91,29$ ,  $91,29 > X_i \geq 67,32$ ,  $67,32 > X_i \geq 20,07$ . Setelah itu menentukan batas kelas di tiap kelas berdasarkan nilai data hujan ( $X_i$ ).

Kemudian menghitung frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama ( $O_f$ ), dimana  $O_f$  adalah jumlah nilai data hujan ( $X_i$ ) yang muncul di antara interval kelas yang sama. Berikut contoh perhitungan  $O_f$  untuk kelas kedua pada distribusi Log-Pearson III:

$X_i$  = Curah hujan maksimum (Tabel 4.19)

Interval kelas kedua =  $150,59 > X_i \geq 118,19$

Sehingga nilai  $O_f$  berdasarkan jumlah data hujan ( $X_i$ ) yang terdapat dalam interval kelas sebesar 4.



Hasil perhitungan frekuensi pada masing-masing kelas yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log-Pearson III

Kelas	Interval Kelas	$X_i$ (mm)	Batas Kelas	Of
		259,76		
1	$X_i \geq 150,59$	203,45		3
		164,87		
		142,41	150,59	
2	$150,59 > X_i \geq 118,19$	137,64		4
		134,52		
		133,55		
		117,72	118,19	
3	$118,19 > X_i \geq 91,29$	100,73		3
		91,38		
		78,15	91,29	
4	$91,29 > X_i \geq 67,32$	72,68		3
		71,46		
		58,93	67,32	
5	$67,32 > X_i \geq 20,07$	50,86		3
		40,78		
			20,07	

Keterangan:  
 $X_i$  : Curah hujan maksimum (mm)  
Of : frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama

Menghitung banyaknya pengamatan (frekuensi) yang diharapkan sesuai kelas pembagi (Ef):

$$\text{Jumlah data (n)} = 16$$

$$\text{Kelas Pembagi (K)} = 5$$

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{n}{K} \\ &= \frac{16}{5} \\ &= 3,20 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai chi-kuadrat  $X^2$  kelas kedua menggunakan Persamaan 2.24:

$$X^2 = \sum \frac{(Of - ef)^2}{Ef} = \frac{(0,80)^2}{3,20} = 0,2$$



Perhitungan Uji Chi-Kuadrat pada Distribusi Log-Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Uji Chi-Kuadrat pada Distribusi Log-Pearson III

Kelas	Interval Kelas	Of	Ef	Of-Ef	(Of-Ef) <sup>2</sup> / Ef	
1	$X_i \geq 150,59$	3	3,2	0,2	0,01	
2	$150,59 > X_i \geq 118,19$	4	3,2	0,8	0,2	
3	$118,19 > X_i \geq 91,29$	3	3,2	0,2	0,01	
4	$91,29 > X_i \geq 67,32$	3	3,2	0,2	0,01	
5	$67,32 > X_i \geq 20,07$	3	3,2	0,2	0,01	
Jumlah		16	16	Chi-Kuadrat	0,25	
					DK	2
					Chi-Kritik	5,99

Keterangan:

Ef : banyaknya pengamatan (frekuensi) yang diharapkan sesuai kelas pembagi

Of : frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama

$X_i$  : Curah hujan maksimum (mm)

Berdasarkan Tabel 4.20 dari hasil perhitungan didapatkan nilai Chi-Kuadrat = 0,25 lebih kecil dari nilai Chi-Kritik = 5,99. Sehingga pada Distribusi Log-Pearson III dapat diterima.

d. Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Gumbel

Berikut contoh perhitungan interval kelas pada uji Chi-Kuadrat menggunakan rumus Persamaan 2.22 dan Persamaan 2.23 curah hujan rancangan ( $X_T$ ) untuk periode ulang 5 tahunan pada Distribusi Gumbel:

$$K_5 = \frac{Y_5 - Y_{16}}{S_{16}}$$

$$= \frac{1,4999 - 0,5157}{1,0316} = 0,72$$

Interval kelas:

$$X_5 = \bar{X} + K_5 \times S$$

$$= 116,18 + (0,72 \times 58,77)$$

$$= 158,47 \text{ mm}$$

Keterangan:

Jumlah data (n) : 16

Periode ulang (T) : 5 tahunan

Reduced mean ( $Y_{16}$ ) : 0,5157 (Tabel 2.4)





*Reduce standart deviation* ( $S_{16}$ ) : 1,0316 (Tabel 2.5)

*Reduced variate* ( $Y_5$ ) : 1,4999 (Tabel 2.6)

Curah hujan rata-rata ( $\bar{x}$ ) : 116,18 mm

Standar deviasi ( $S$ ) : 58,77 mm

Selanjutnya hasil perhitungan curah hujan rancangan interval kelas lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Curah Hujan Interval Kelas Distribusi Gumbel

No	Periode Ulang (T)	$X_T$
1	5	158,47
2	2,5	120,51
3	1,67	93,74
4	1,25	67,92
5	1	1,17

Keterangan:

$X_T$  : Curah hujan rancangan dengan periode ulang T (mm)

Selanjutnya menentukan interval kelas tiap-tiap kelas pada distribusi gumbel adalah  $X_i \geq 158,47$ ,  $158,47 > X_i \geq 120,51$ ,  $120,51 > X_i \geq 93,74$ ,  $93,74 > X_i \geq 67,92$ ,  $67,92 > X_i \geq 1,17$ . Setelah itu menentukan batas kelas di tiap kelas berdasarkan nilai data hujan ( $X_i$ ).

Kemudian menghitung frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama ( $O_f$ ), dimana  $O_f$  adalah jumlah nilai data hujan ( $X_i$ ) yang muncul di antara interval kelas yang sama. Berikut contoh perhitungan  $O_f$  untuk kelas kedua pada distribusi gumbel:

$X_i$  = Curah hujan maksimum (Tabel 4.22)

Interval kelas kedua =  $158,47 > X_i \geq 120,51$

Sehingga nilai  $O_f$  berdasarkan jumlah data hujan ( $X_i$ ) yang terdapat dalam interval kelas sebesar 4.

Hasil perhitungan frekuensi pada masing-masing kelas yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Menghitung banyaknya pengamatan (frekuensi) yang diharapkan sesuai kelas pembagi ( $E_f$ ):

Jumlah data (n) = 16



Tabel 4.22 Frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Gumbel

Kelas	Interval Kelas	$X_i$ (mm)	Batas Kelas	Of
		259,76		
1	$X_i \geq 158,47$	203,45		3
		164,87		
		142,41	158,47	
2	$158,47 > X_i \geq 120,51$	137,64		4
		134,52		
		133,55		
3	$120,51 > X_i \geq 93,74$	117,72	158,47	2
		100,73		
		91,38	120,51	
4	$93,74 > X_i \geq 67,92$	78,15		4
		72,68		
		71,46		
		58,93	93,74	
5	$67,92 > X_i \geq 1,17$	50,86		3
		40,78		

Keterangan:

$X_i$  : Curah hujan maksimum (mm)

Of : frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama

Kelas Pembagi (K) = 5

$$\begin{aligned}
 Ef &= \frac{n}{K} \\
 &= \frac{16}{5} \\
 &= 3,20
 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai chi-kuadrat  $X^2$  kelas kedua menggunakan Persamaan 2.24:

$$\begin{aligned}
 X^2 &= \sum \frac{(Of - ef)^2}{Ef} \\
 &= \frac{(0,80)^2}{3,20} \\
 &= 0,20
 \end{aligned}$$

Perhitungan Uji Chi-Kuadrat pada Distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 4.23.



Tabel 4.23 Uji Chi-Kuadrat pada Distribusi Gumbel

Kelas	Interval Kelas	Of	Ef	Of-Ef	(Of-Ef) <sup>2</sup> / Ef
1	$X_i \geq 158,47$	3	3,2	0,20	0,01
2	$158,47 > X_i \geq 120,51$	4	3,2	0,80	0,20
3	$120,51 > X_i \geq 93,74$	2	3,2	1,20	0,45
4	$93,74 > X_i \geq 67,92$	4	3,2	0,80	0,20
5	$67,92 > X_i \geq 1,17$	3	3,2	0,20	0,01
Jumlah		16	16	Chi-Kuadrat	0,88
				DK	2
				Chi-Kritik	5,99

Keterangan:

Ef : banyaknya pengamatan (frekuensi) yang diharapkan sesuai kelas pembagi

Of : frekuensi yang diamati pada kelas pembagi yang sama

Xi : Curah hujan maksimum (mm)

Berdasarkan Tabel 4.23 dari hasil perhitungan didapatkan nilai Chi-Kuadrat = 0,88 lebih kecil dari nilai Chi-Kritik = 5,99. Sehingga pada Distribusi Gumbel dapat diterima.

Selanjutnya rekapitulasi hasil masing-masing distribusi uji Chi-Kuadrat berdasarkan syarat yang telah ditentukan yaitu nilai Chi-Kuadrat lebih kecil dari nilai Chi-Kritik, hasil yang terbaik adalah distribusi Log-Pearson III dengan nilai Chi-Kritik = 0,25 lebih kecil dari Chi-Kuadrat = 5,99. Rekapitulasi Jenis Distribusi Uji Chi-Kuadrat ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Rekapitulasi Setiap Jenis Distribusi Uji Chi-Kuadrat

Jenis Distribusi	Nilai Chi-Kritik	Hasil Chi-Kuadrat	Keterangan
Log-Pearson III	5,99	0,25	Diterima
Gumbel	5,99	0,88	Diterima
Log-Normal	5,99	1,50	Diterima
Normal	5,99	4,00	Diterima

## 2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan menghitung nilai distribusi kritis ( $\Delta_{cr}$ ) dengan cara mencocokkan nilai taraf signifikansi ( $\alpha$ ) dan jumlah data ( $n$ ) yang dapat dilihat pada Tabel 2.8. Maka berdasarkan jumlah data ( $n$ ) = 16 dan  $\alpha = 0,05$  mendapatkan nilai distribusi kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,33.



Perhitungan nilai peluang lapangan menggunakan Persamaan 2.11, dapat dilihat pada contoh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P(x) &= \frac{m}{n+1} \\ &= \frac{1}{16+1} \\ &= 0,06 \end{aligned}$$

Keterangan:

Jumlah data (n) : 16

Peringkat (m) : 1

Untuk mengetahui nilai peluang teoritis dapat diperoleh dengan bantuan aplikasi pengolah data yaitu Ms. Excel. Di bawah ini contoh perhitungan nilai peluang pada setiap distribusi:

a. Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Normal

Peluang teoritis pada Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Normal dapat dihitung menggunakan persamaan dari buku Soewarno, 1995 hal. 107, seperti contoh dibawah ini:

$$\begin{aligned} P'(x) &= \frac{1}{S} \exp \frac{[-(x_i - \bar{x})^2]}{2S^2} \\ &= \frac{1}{58,77} \exp \frac{[-(259,76 - 116,18)^2]}{2(58,77)^2} \\ &= 0,01 \end{aligned}$$

Keterangan:

Standar deviasi (S) : 58,77 mm (Tabel 4.25)

Curah hujan harian maksimum ( $x_i$ ) : 259,76 mm (Tabel 4.25)

Curah hujan rata-rata ( $\bar{x}$ ) : 116,18 mm (Tabel 4.25)

Kemudian menghitung selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis dengan Persamaan 2.27:

$$\begin{aligned} Do (\Delta) &= |P(x) - P'(x)| \\ &= |0,06 - 0,01| \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

Keterangan:

P(x) : peluang lapangan



$P'(x)$  : peluang teoritis

$Do (\Delta)$  : selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Tabel 4.25 menunjukkan hasil dari selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis dan mendapatkan nilai distribusi maksimum.

Tabel 4.25 Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Normal

No	$X_i$ (mm)	m	$P(x)$	$P'(x)$	$Do (\Delta)$
1	259,76	1	0,06	0,01	0,052
2	203,45	2	0,12	0,07	0,049
3	164,87	3	0,18	0,20	0,027
4	142,41	4	0,24	0,33	0,092
5	137,64	5	0,29	0,36	0,063
6	134,52	6	0,35	0,38	0,025
7	133,55	7	0,41	0,38	0,028
8	117,72	8	0,47	0,49	0,019
9	100,73	9	0,53	0,60	0,074
10	91,38	10	0,59	0,66	0,075
11	78,15	11	0,65	0,74	0,094
12	72,68	12	0,71	0,77	0,065
13	71,46	13	0,76	0,78	0,012
14	58,93	14	0,82	0,84	0,011
15	50,86	15	0,88	0,87	0,016
16	40,78	16	0,94	0,90	0,041
$\sum x_i$	1858,90			$\Delta_{maks} =$	0,094
$\bar{x}$	116,18				
S	58,77				

Keterangan:

$X_i$  : curah hujan harian maksimum (mm)

m : peringkat

$P(x)$  : peluang lapangan

$P'(x)$  : peluang teoritis

$Do (\Delta)$  : selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Nilai distribusi maksimum = 0,094 < nilai distribusi kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,33, maka Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Normal dapat diterima untuk menganalisis data curah hujan.

b. Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log-Normal

Peluang teoritis pada Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log-Normal dapat dihitung menggunakan persamaan dari buku Soewarno, 1995 hal 148, seperti contoh dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 P'(x) &= \frac{1}{\text{Log}x_i \cdot S_{\text{Log}X} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\text{Log}x_i - \overline{\text{Log}x}}{S_{\text{Log}X}}\right)^2\right) \\
 &= \frac{1}{2,41 \cdot 0,22 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{2,41-2,01}{0,22}\right)^2\right) = 0,04
 \end{aligned}$$



Keterangan:

$\text{Log } x_i$  : 2,41 mm (Tabel 4.26)

$\overline{\text{Log } x}$  : 2,01 mm (Tabel 4.26)

$S_{\text{Log}x}$  : 0,22 mm (Tabel 4.26)

Kemudian menghitung selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis dengan Persamaan 2.27:

$$Do (\Delta) = |P(x) - P'(x)| = |0,06 - 0,04| = 0,02$$

Keterangan:

$P(x)$  : peluang lapangan

$P'(x)$  : peluang teoritis

$Do (\Delta)$  : selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Tabel 4.26 menunjukkan hasil dari selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis dan mendapatkan nilai distribusi maksimum.

Tabel 4.26 Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log-Normal

No	$X_i$ (mm)	$\text{Log } X_i$	m	$P(x)$	$P'(x)$	$Do (\Delta)$
1	259,76	2,41	1	0,06	0,04	0,024
2	203,45	2,31	2	0,12	0,09	0,026
3	164,87	2,22	3	0,18	0,18	0,003
4	142,41	2,15	4	0,24	0,26	0,028
5	137,64	2,14	5	0,29	0,29	0,008
6	134,52	2,13	6	0,35	0,30	0,051
7	133,55	2,13	7	0,41	0,31	0,105
8	117,72	2,07	8	0,47	0,40	0,073
9	100,73	2,00	9	0,53	0,52	0,011
10	91,38	1,96	10	0,59	0,59	0,006
11	78,15	1,89	11	0,65	0,71	0,060
12	72,68	1,86	12	0,71	0,75	0,048
13	71,46	1,85	13	0,76	0,76	0,000
14	58,93	1,77	14	0,82	0,86	0,040
15	50,86	1,71	15	0,88	0,92	0,035
16	40,78	1,61	16	0,94	0,97	0,024
$\sum x_i$	1858,90	32,22			$\Delta_{\text{maks}} =$	0,105
$\bar{x}$	116,18	2,01				
$S_{\text{Log}x}$		0,22				

Keterangan:

$X_i$  : curah hujan harian maksimum (mm)

m : peringkat

$P(x)$  : peluang lapangan

$P'(x)$  : peluang teoritis

$Do (\Delta)$  : selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis



Nilai distribusi maksimum = 0,105 < nilai distribusi kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,33, maka Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log-Normal dapat diterima untuk menganalisis data curah hujan.

c. Uji Smirnov Kolmogorov untuk Distribusi Log-Pearson III

Persamaan yang digunakan dalam uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log-Pearson III yaitu persamaan dari buku Soewarno, 1995 hal. 138-139. Berikut contoh perhitungan nilai peluang teoritis dengan cara perhitungan parameter skala, parameter bentuk dan parameter letak sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a &= \frac{C_s \times S}{2} \\ &= \frac{0,45 \times 58,77}{2} = 32,62 \\ b &= \left( \frac{1}{C_s} \times 2 \right)^2 \\ &= \left( \frac{1}{0,45} \times 2 \right)^2 = 3,25 \\ c &= \left( \bar{x} \times \frac{2S}{C_s} \right) \\ &= \left( 116,18 \times \frac{2(58,77)}{0,45} \right) = 12.302,52 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung peluang teoritis Distribusi Log-Pearson III:

$$\begin{aligned} P'(x) &= \frac{1}{a \Gamma(b)} \left[ \frac{x_i - c}{a} \right]^{b-1} e^{-\left[ \frac{x_i - c}{a} \right]} \\ &= \frac{1}{32,62 \Gamma(3,25)} \left[ \frac{259,76 - 12302,52}{32,62} \right]^{3,25-1} e^{-\left[ \frac{259,76 - 12302,52}{32,62} \right]} \\ &= 0,03 \end{aligned}$$

Keterangan:

- a : parameter skala  
b : parameter bentuk  
c : parameter letak  
 $\Gamma$  : fungsi Gamma

Standar deviasi ( $S$ )	: 58,77 mm (Tabel 4.27)
Koefisien kemencengan ( $C_s$ )	: 0,45 (Tabel 4.27)
Curah hujan harian maksimum ( $x_i$ )	: 259,76 mm (Tabel 4.27)
Curah hujan rata-rata ( $\bar{x}$ )	: 116,18 mm (Tabel 4.27)



Kemudian menghitung selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis dengan Persamaan 2.27:

$$\begin{aligned} Do (\Delta) &= |P(x) - P'(x)| \\ &= |0,06 - 0,03| = 0,03 \end{aligned}$$

Keterangan:

$P(x)$  : peluang lapangan

$P'(x)$  : peluang teoritis

$Do (\Delta)$  : selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Tabel 4.27 menunjukkan hasil dari selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis dan mendapatkan nilai distribusi maksimum.

Tabel 4.27 Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log-Pearson III

No	$X_i$ (mm)	m	$P(x)$	$P'(x)$	$Do (\Delta)$
1	259,76	1	0,06	0,03	0,026
2	203,45	2	0,12	0,09	0,028
3	164,87	3	0,18	0,18	0,003
4	142,41	4	0,24	0,27	0,031
5	137,64	5	0,29	0,29	0,005
6	134,52	6	0,35	0,31	0,048
7	133,55	7	0,41	0,31	0,102
8	117,72	8	0,47	0,40	0,068
9	100,73	9	0,53	0,52	0,005
10	91,38	10	0,59	0,60	0,011
11	78,15	11	0,65	0,71	0,063
12	72,68	12	0,71	0,76	0,050
13	71,46	13	0,76	0,77	0,002
14	58,93	14	0,82	0,86	0,040
15	50,86	15	0,88	0,92	0,033
16	40,78	16	0,94	0,96	0,022
$\sum x_i$	1858,90			$\Delta_{maks} =$	0,102
$\bar{x}$	116,18				
$S$	58,77				
$C_s$	0,45				

Keterangan:

$X_i$  : curah hujan harian maksimum (mm)

m : peringkat

$P(x)$  : peluang lapangan

$P'(x)$  : peluang teoritis

$Do (\Delta)$  : selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Nilai distribusi maksimum = 0,102 < nilai distribusi kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,33, maka Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log-Pearson III dapat diterima untuk menganalisis data curah hujan.





## d. Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Gumbel

Persamaan yang digunakan dalam uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Gumbel yaitu persamaan dari buku Soewarno, 1995 hal 123. Uji ini menggunakan nilai faktor reduksi gumbel (Y).

$$a = \frac{1,283}{s}$$

$$= \frac{1,283}{58,77}$$

$$= 0,02$$

$$X_0 = \bar{x} - 0,455 \cdot S$$

$$= 116,18 - 0,455(58,77)$$

$$= 89,44$$

$$Y = a(X_i - X_0)$$

$$= 0,02(259,76 - 89,44)$$

$$= 3,72$$

Kemudian menghitung peluang teoritis Distribusi Gumbel.

$$P'(x) = e^{(-e)^{-Y}}$$

$$= 2,71828^{(-2,71828)^{-3,72}}$$

$$= 0,02$$

Keterangan:

Standar deviasi (S) : 58,77 mm (Tabel 4.28)

Curah hujan harian maksimum ( $x_i$ ) : 259,76 mm (Tabel 4.28)

Curah hujan rata-rata ( $\bar{x}$ ) : 116,18 mm (Tabel 4.28)

e : 2,71828

Y : faktor reduksi Gumbel

Kemudian menghitung selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis dengan Persamaan 2.27:

$$Do (\Delta) = |P(x) - P'(x)|$$

$$= |0,06 - 0,04|$$

$$= 0,02$$

Keterangan:

P(x) : peluang lapangan



$P'(x)$  : peluang teoritis

$Do (\Delta)$  : selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Tabel 4.28 menunjukkan hasil dari selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis dan mendapatkan nilai distribusi maksimum.

Tabel 4.28 Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Gumbel

No	$X_i$ (mm)	m	$P(x)$	$P'(x)$	$Do (\Delta)$
1	259,76	1	0,06	0,02	0,035
2	203,45	2	0,12	0,08	0,037
3	164,87	3	0,18	0,18	0,000
4	142,41	4	0,24	0,27	0,036
5	137,64	5	0,29	0,30	0,002
6	134,52	6	0,35	0,31	0,039
7	133,55	7	0,41	0,32	0,093
8	117,72	8	0,47	0,42	0,052
9	100,73	9	0,53	0,54	0,015
10	91,38	10	0,59	0,62	0,031
11	78,15	11	0,65	0,72	0,077
12	72,68	12	0,71	0,77	0,060
13	71,46	13	0,76	0,77	0,010
14	58,93	14	0,82	0,86	0,035
15	50,86	15	0,88	0,90	0,021
16	40,78	16	0,94	0,95	0,004
$\sum x_i$	1858,90			$\Delta_{maks} =$	0,093
$\bar{x}$	116,18				
S	58,77				

Keterangan:

$X_i$  : curah hujan harian maksimum (mm)

m : peringkat

$P(x)$  : peluang lapangan

$P'(x)$  : peluang teoritis

$Do (\Delta)$  : selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Nilai distribusi maksimum = 0,093 < nilai distribusi kritis ( $\Delta_{cr}$ ) = 0,33, maka Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Gumbel dapat diterima untuk menganalisis data curah hujan.

Nilai distribusi diterima apabila nilai  $\Delta_{max}$  lebih kecil dari  $\Delta_{cr} = 0,33$ . Berdasarkan Tabel 4.29 dari hasil perhitungan keempat jenis distribusi memiliki nilai  $\Delta_{max}$  lebih kecil dari 0,33 maka dapat disimpulkan bahwa semua jenis distribusi diterima. Pemilihan distribusi yang terbaik adalah nilai  $\Delta_{max}$  yang terkecil sehingga jenis distribusi yang dipilih adalah distribusi Gumbel dengan



$\Delta_{max}$  sebesar 0,093. Rekapitulasi hasil perhitungan uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Rekapitulasi Setiap Jenis Distribusi Uji Smirnov-Kolmogorov

Jenis Distribusi	Nilai $\Delta_{cr}$	Hasil $\Delta_{max}$	Keterangan
Gumbel	0,330	0,093	Diterima
Normal	0,330	0,094	Diterima
Log-Pearson III	0,330	0,102	Diterima
Log-Normal	0,330	0,105	Diterima

Setelah itu menentukan hasil perhitungan distribusi yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya dengan cara mempertimbangkan hasil pada masing-masing pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Hasil Perhitungan Setiap Distribusi dan Pengujian

Jenis Pengujian	Jenis Distribusi			
	Normal	Log-Normal	Log-Pearson III	Gumbel
Perhitungan Distribusi (Tabel 4.5)	Tidak diterima	Tidak diterima	Diterima	Tidak diterima
Uji Chi-Kuadrat (Tabel 4.16)	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
Uji Smirnov-Kolmogorov (Tabel 4.21)	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

Berdasarkan Tabel 4.30 pengujian kecocokan menggunakan 3 perhitungan distribusi maka dipilih jenis Distribusi Log-Pearson III untuk menganalisis data curah hujan jam-jaman.

#### 4.2.2.4 Perhitungan distribusi hujan jam-jaman

Pada perhitungan distribusi hujan jam-jaman menggunakan jenis distribusi Log-Pearson III yang merupakan distribusi terbaik dari hasil perhitungan setiap distribusi serta didapatkan nilai curah hujan harian maksimum pada DAS Kupang dan nilai curah hujan rencana pada periode ulang T tahunan ( $X_T$ ).

Periode yang digunakan adalah 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, 25 tahunan, 50 tahunan, dan 100 tahunan. Pada Tabel 4.31 merupakan hasil curah hujan rencana pada periode ulang T tahunan pada DAS Kupang.



Tabel 4.31 Curah Hujan Rancangan untuk Tiap Periode Ulang pada DAS Kupang

T (tahunan)	X <sub>T</sub> (mm)
2	93,95
5	150,59
10	204,33
25	296,62
50	387,56
100	501,98

Keterangan:

T : Periode ulang (tahunan)

X<sub>T</sub> : Curah hujan rancangan dengan periode ulang T (mm)

Kemudian hasil curah hujan rancangan pada periode ulang T tahun (X<sub>T</sub>) digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan (i) dengan menggunakan metode Mononobe. Pada penelitian ini, DAS Kupang yang terletak di Jawa Tengah menggunakan durasi hujan (T) 6 jam. Nilai intensitas curah hujan pada metode Mononobe dilakukan dengan cara memasukkan nilai durasi curah hujan (T) menggunakan jam ke-1 sampai jam ke-6. Berikut contoh perhitungan distribusi hujan jam-jaman untuk periode ulang 2 tahunan:

Menghitung intensitas curah hujan jam ke-1

$$\begin{aligned}\text{Intensitas curah hujan (i)} &= \frac{X_2}{24} \left(\frac{24}{1}\right)^{2/3} \\ &= \frac{93,95}{24} \left(\frac{24}{1}\right)^{2/3} \\ &= 32,57 \text{ mm/jam}\end{aligned}$$

Keterangan:

X<sub>2</sub> : curah hujan rancangan periode ulang 2 tahunan = 93,95 mm (Tabel 4.31)

T : 1 jam

Kemudian menghitung intensitas curah hujan dalam persen dengan memasukkan nilai intensitas curah hujan dan nilai Σ<sub>i</sub> (nilai Σ<sub>i</sub> lihat 4.32)

$$\begin{aligned}\text{Intensitas curah hujan dalam persen} &= \frac{32,57}{102,68} \times 100\% \\ &= 31,72 \%\end{aligned}$$

Setelah itu mengkoreksi distribusi hujan jam-jaman dengan T = 1 jam dan periode ulang 2 tahunan seperti berikut:



$$\begin{aligned}\text{Distribusi hujan jam-jaman} &= i (\%) \times X_2 \\ &= 31,72 \% \times 93,95 \\ &= 29,80 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kemudian melakukan langkah yang sama pada periode ulang 5, 10, 25, 50, serta 100 tahunan untuk perhitungan distribusi hujan jam-jaman. Hasil perhitungan distribusi hujan jam-jaman periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahunan dapat dilihat pada Tabel 4.32 sampai dengan Tabel 4.37.

Tabel 4.32 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 2 Tahunan

Jam (T)	Intensitas curah hujan (i)		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm	%	
1	32,57	31,72	29,80
2	20,52	19,98	18,77
3	15,66	15,25	14,33
4	12,93	12,59	11,83
5	11,14	10,85	10,19
6	9,86	9,61	9,03
$\Sigma$	102,68	100	93,95

Tabel 4.33 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 5 Tahunan

Jam (T)	Intensitas curah hujan (i)		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm	%	
1	52,21	31,72	47,77
2	32,89	19,98	30,09
3	25,10	15,25	22,97
4	20,72	12,59	18,96
5	17,85	10,85	16,34
6	15,81	9,61	14,47
$\Sigma$	164,58	100	150,59

Tabel 4.34 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 10 Tahunan

Jam (T)	Intensitas curah hujan (i)		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm	%	
1	70,84	31,72	64,82
2	44,62	19,98	40,83
3	34,06	15,25	31,16
4	28,11	12,59	25,72
5	24,23	10,85	22,17
6	21,45	9,61	19,63
$\Sigma$	223,31	100	204,33



Tabel 4.35 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 25 Tahunan

Jam (T)	Intensitas curah hujan (i)		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm	%	
1	102,83	31,72	94,09
2	64,78	19,98	59,27
3	49,44	15,25	45,24
4	40,81	12,59	37,34
5	35,17	10,85	32,18
6	31,14	9,61	28,50
$\Sigma$	324,17	100	296,62

Tabel 4.36 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 50 Tahunan

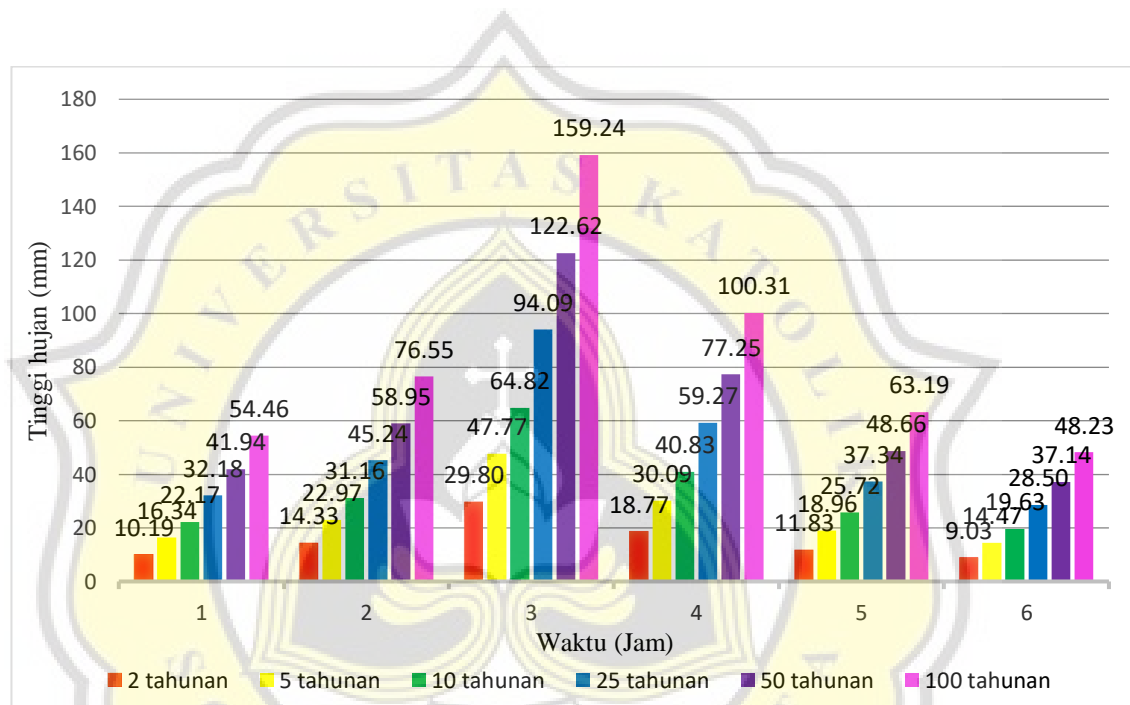
Jam (T)	Intensitas curah hujan (i)		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm	%	
1	134,01	31,72	122,62
2	84,42	19,98	77,25
3	64,43	15,25	58,95
4	53,18	12,59	48,66
5	45,83	10,85	41,94
6	40,59	9,61	37,14
$\Sigma$	422,46	100	386,56

Tabel 4.37 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 100 Tahunan

Jam (T)	Intensitas curah hujan (i)		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm	%	
1	174,03	31,72	159,24
2	109,63	19,98	100,31
3	83,66	15,25	76,55
4	69,06	12,59	63,19
5	59,52	10,85	54,46
6	52,70	9,61	48,23
$\Sigma$	548,60	100	501,98

Berdasarkan Tabel 4.32 sampai dengan Tabel 4.37 akan menghasilkan grafik histogram distribusi hujan jam-jaman untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahunan yang akan dimasukkan sebagai data *Time Series* pada pemodelan HEC-HMS. Metode yang digunakan yaitu metode *Alternating Block Method* (ABM) untuk membuat grafik histogram.

Grafik histogram dibuat dengan cara mengurutkan distribusi hujan jam-jaman ke dalam interval waktu dengan intensitas hujan maksimum berada di tengah-tengah durasi curah hujan (T) dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun pada kanan dan kiri dari blok tengah. Dengan demikian grafik histogram rancangan terbentuk. Berikut grafik histogram distribusi hujan jam-jaman untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Histogram Distribusi Hujan Jam-jaman Untuk Periode Ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 Tahunan

### 4.3 Pemodelan HEC-HMS

Pada pemodelan HEC-HMS ini, beberapa tahapan yang dapat dilakukan yaitu, tahap analisis terhadap parameter model, input data dan tahap kalibrasi pada hidrograf aliran. Langkah-langkah dalam pemodelan HEC-HMS dapat dilihat di bawah ini.

#### 4.3.1 Parameter model

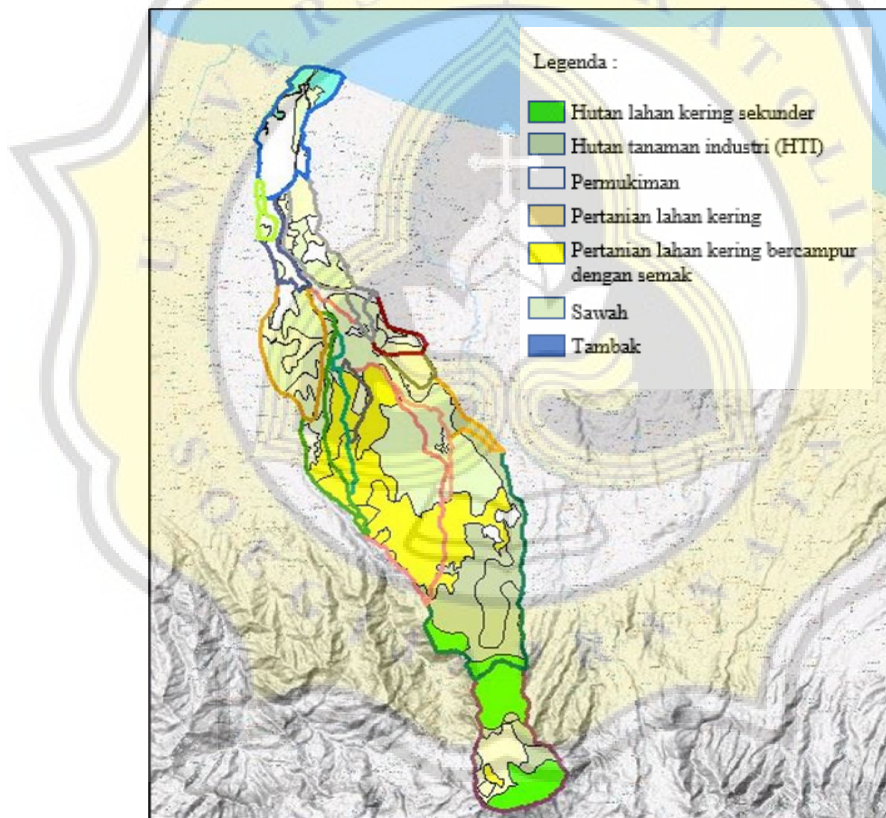
Terdapat 3 tahap yang digunakan pada penelitian ini, dengan 3 parameter model yang memiliki metode masing-masing, seperti tertera pada Tabel 4.38.

Tabel 4.38 Parameter Model dan Metode Parameter HEC-HMS

Parameter Model	Metode Parameter
<i>Loss</i>	<i>SCS Curve Number</i>
<i>Transform</i>	<i>SCS Unit Hydrograph</i>
<i>Routing</i>	<i>Lag</i>

### 1. Parameter *Loss Model*

Metode yang digunakan adalah *SCS Curve Number* yang terdiri dari *curve number* (CN), *impervious* dan *initial abstraction*. Nilai CN didapat dari identifikasi penggunaan lahan di area masing-masing sub DAS. Gambar tata guna lahan DAS Kupang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Tata Guna Lahan DAS Kupang

Contoh perhitungan nilai CN untuk sub DAS 1 dan 2 dapat dilihat seperti contoh berikut:





## a. Sub DAS 1

*Soil group* yang dipilih kategori B karena termasuk wilayah yang potensi air larian kecil, tekstur halus sampai sedang dan memiliki laju infiltrasi sedang.

*Soil Group* = B (Tabel 2.11)

*Land use* = (Tabel 2.12)

Hutan Lahan Kering Sekunder = 58

Pertanian Lahan Kering Bercampur dengan Semak = 75

Pertanian Lahan Kering = 79

Hutan Tanaman Industri (HTI) = 66

$$\text{CN} = \frac{(11,05 \times 58) + (0,48 \times 75) + (5,00 \times 79) + (3,30 \times 66)}{19,83} = 65,04$$

## b. Sub DAS 2

*Soil group* yang dipilih kategori B karena termasuk wilayah yang potensi air larian kecil, tekstur halus sampai sedang dan memiliki laju infiltrasi sedang.

*Soil Group* = B (Tabel 2.11)

*Land use* = (Tabel 2.12)

Hutan Lahan Kering Sekunder = 58

Pertanian Lahan Kering Bercampur dengan Semak = 75

Pertanian Lahan Kering = 79

Sawah = 70

Hutan Tanaman Industri (HTI) = 66

Permukiman = 88

$$\text{CN} = \frac{(3,17 \times 58) + (6,88 \times 75) + (0,09 \times 79) + (5,61 \times 70) + (21,85 \times 66) + (1,20 \times 88)}{38,81} = 68,23$$

Untuk nilai CN tiap sub DAS selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.39.

Langkah selanjutnya setelah memperoleh nilai CN yaitu menghitung nilai *impervious* berdasarkan Persamaan 2.31. Nilai faktor *impervious* diperoleh dari Tabel 2.13.



Tabel 4.39 Nilai CN untuk Tiap Sub DAS Kupang

Sub DAS	Land Use	Luas (km <sup>2</sup> )	Soil Group	CN Tiap Land Use	CN
Sub DAS 1	Hutan Lahan Kering Sekunder	11,05	B	58	65.04
	Pertanian Lahan Kering Bercampur dengan Semak	0,48	B	75	
	Pertanian Lahan Kering	5,00	B	79	
	Hutan Tanaman Industri (HTI)	3,30	B	66	
Sub DAS 2	Hutan Lahan Kering Sekunder	3,17	B	58	68.23
	Pertanian Lahan Kering Bercampur dengan Semak	6,88	B	75	
	Pertanian Lahan Kering	0,09	B	79	
	Sawah	5,61	B	70	
	Hutan Tanaman Industri (HTI)	21,85	B	66	
Sub DAS 3	Permukiman	1,20	B	88	72.12
	Pertanian Lahan Kering Bercampur dengan Semak	0,16	B	75	
	Pertanian Lahan Kering	1,29	B	79	
	Sawah	6,63	B	70	
	Hutan Tanaman Industri (HTI)	1,44	B	66	
Sub DAS 4	Permukiman	0,85	B	88	71.72
	Pertanian Lahan Kering Bercampur dengan Semak	0,06	B	75	
	Sawah	3,37	B	70	
Sub DAS 5	Permukiman	0,34	B	88	73.17
	Pertanian Lahan Kering Bercampur dengan Semak	19,61	B	75	
	Pertanian Lahan Kering	0,05	B	79	
	Sawah	10,45	B	70	
Sub DAS 6	Hutan Tanaman Industri (HTI)	0,43	B	66	75.60
	Pertanian Lahan Kering Bercampur dengan Semak	1,93	B	75	
	Pertanian Lahan Kering	0,73	B	79	
Sub DAS 7	Sawah	0,24	B	70	78.23
	Pertanian Lahan Kering	2,09	B	79	
Sub DAS 8	Pertanian Lahan Kering Bercampur dengan Semak	3,90	B	75	74.27
	Pertanian Lahan Kering	0,47	B	79	
	Sawah	1,19	B	70	
Sub DAS 9	Pertanian Lahan Kering	1,55	B	79	78.64
	Sawah	1,05	B	70	
	Permukiman	0,91	B	88	



Tabel 4.39 Nilai CN untuk Tiap Sub DAS Kupang (Tabel Lanjutan)

Sub DAS	Land Use	Luas (km <sup>2</sup> )	Soil Group	CN Tiap Land Use	CN
Sub DAS 10	Pertanian Lahan Kering Bercampur dengan Semak	3,17	B	75	76.80
	Pertanian Lahan Kering	1,13	B	79	
	Sawah	1,39	B	70	
	Permukiman	1,13	B	88	
Sub DAS 11	Pertanian Lahan Kering	0,75	B	79	79.62
	Sawah	1,04	B	70	
	Permukiman	1,25	B	88	
Sub DAS 12	Pertanian Lahan Kering	3,73	B	79	74.87
	Sawah	7,99	B	70	
	Permukiman	1,79	B	88	
Sub DAS 13	Pertanian Lahan Kering	3,39	B	79	77.13
	Sawah	4,40	B	70	
	Permukiman	2,30	B	88	
Sub DAS 14	Sawah	0,38	B	70	85.56
	Permukiman	2,42	B	88	
Sub DAS 15	Pertanian Lahan Kering	0,05	B	79	87.36
	Sawah	1,64	B	70	
	Permukiman	8,20	B	88	
	Tambak	2,22	B	98	
Sub DAS 16	Sawah	0,29	B	70	84.06
	Permukiman	1,03	B	88	

Contoh perhitungan nilai *impervious* untuk sub DAS 1 dan 2 adalah sebagai berikut:

a. Sub DAS 1

Dari tabel 4.39 dapat diketahui:

Luas sub DAS 1 = 19,83 km<sup>2</sup>

Luas hutan lahan kering sekunder = 11,05 km<sup>2</sup>

Luas pertanian lahan kering bercampur dengan semak = 0,48 km<sup>2</sup>

Luas pertanian lahan kering = 5,00 km<sup>2</sup>

Luas hutan tanaman industri = 3,30 km<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \textit{Impervious} &= \frac{\text{Luas lahan} \times \text{Faktor } \textit{impervious}}{\text{Luas sub DAS 1}} \\
 &= \frac{(11,05 \times 0) + (0,48 \times 5) + (5,00 \times 5) + (3,30 \times 5)}{19,83}
 \end{aligned}$$



$$= 2,21\%$$

## b. Sub DAS 2

Dari tabel 4.39 dapat diketahui:

$$\text{Luas sub DAS 2} = 38,81 \text{ km}^2$$

$$\text{Luas hutan lahan kering sekunder} = 3,17 \text{ km}^2$$

$$\text{Luas pertanian lahan kering bercampur dengan semak} = 6,88 \text{ km}^2$$

$$\text{Luas pertanian lahan kering} = 0,09 \text{ km}^2$$

$$\text{Luas sawah} = 5,61 \text{ km}^2$$

$$\text{Luas hutan tanaman industri} = 21,85 \text{ km}^2$$

$$\text{Luas permukiman} = 1,20 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Impervious} &= \frac{\text{Luas lahan} \times \text{Faktor impervious}}{\text{Luas sub DAS 2}} \\ &= \frac{(3,17 \times 0) + (6,88 \times 5) + (0,09 \times 5) + (5,61 \times 5) + (21,85 \times 5) + (1,20 \times 30)}{38,81} \\ &= 5,36\% \end{aligned}$$

Nilai *impervious* untuk tiap sub DAS selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Tabel 4.40 Nilai *Impervious* untuk Tiap Sub DAS

Sub DAS	<i>Impervious</i> (%)
Sub DAS 1	2,21
Sub DAS 2	5,36
Sub DAS 3	7,05
Sub DAS 4	7,27
Sub DAS 5	5,00
Sub DAS 6	5,00
Sub DAS 7	5,00
Sub DAS 8	5,00
Sub DAS 9	11,49
Sub DAS 10	9,13
Sub DAS 11	15,29
Sub DAS 12	8,31
Sub DAS 13	10,71
Sub DAS 14	26,61
Sub DAS 15	21,93
Sub DAS 16	24,53

Setelah mendapat nilai *impervious*, selanjutnya menghitung nilai *initial abstraction* berdasarkan Persamaan 2.29 dan Persamaan 2.30. Nilai CN diperoleh dari Tabel 4.39. Contoh perhitungan nilai *initial abstraction* untuk sub DAS 1 dan 2 adalah sebagai berikut:



## a. Sub DAS 1

$$\begin{aligned} S \text{ (retensi maksimum)} &= \frac{25400}{\text{CN}-254} \\ &= \frac{25400}{65,04-254} \\ &= 134,42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_a \text{ (initial abstraction)} &= 0,2 \times S \\ &= 0,2 \times 134,42 \\ &= 26,88 \text{ mm} \end{aligned}$$

## b. Sub DAS 2

$$\begin{aligned} S \text{ (retensi maksimum)} &= \frac{25400}{\text{CN}-254} \\ &= \frac{25400}{68,23-254} \\ &= 136,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_a \text{ (initial abstraction)} &= 0,2 \times S \\ &= 0,2 \times 136,73 \\ &= 27,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai *initial abstraction* untuk tiap sub DAS selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.41.

2. Parameter *Transform Model*

Metode yang digunakan adalah *SCS Unit Hydrograph* dengan nilai *time lag*. Nilai *time lag* yang diperoleh adalah dari perhitungan panjang aliran, angka kemiringan sungai dan nilai CN. Perhitungan berdasarkan Persamaan 2.32 dan Persamaan 2.33. Di bawah ini merupakan contoh perhitungan nilai *time lag* untuk sub DAS 1 dan 2.

## a. Sub DAS 1

CN	= 65,04 (Tabel 4.39)
Elevasi Hulu	= 1965,65 m
Elevasi Hilir	= 829,52 m
Panjang Segmen Sungai	= 8515,69 m



Tabel 4.41 Nilai *Initial Abstraction* untuk Tiap Sub DAS

Sub DAS	Retensi	<i>Initial</i>
	Maksimum (S) mm	<i>Abstraction</i> (Ia) mm
Sub DAS 1	134,42	26,88
Sub DAS 2	136,73	27,35
Sub DAS 3	139,65	27,93
Sub DAS 4	139,34	27,87
Sub DAS 5	140,46	28,09
Sub DAS 6	142,37	28,47
Sub DAS 7	144,51	28,90
Sub DAS 8	141,32	28,26
Sub DAS 9	144,85	28,97
Sub DAS 10	143,34	28,67
Sub DAS 11	145,66	29,13
Sub DAS 12	141,80	28,36
Sub DAS 13	143,61	28,72
Sub DAS 14	150,80	30,16
Sub DAS 15	152,43	30,49
Sub DAS 16	149,47	29,89

$$\begin{aligned}
 S \text{ (kemiringan)} &= \frac{(\text{elevasi hulu} - \text{elevasi hilir})}{\text{panjang segmen sungai}} \\
 &= \frac{1965,65 - 829,52}{8515,69} \\
 &= 0,133
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Time Lag} &= \frac{\text{panjang segmen sungai}^{0,8} \times (2540 - (22,86 \times CN))}{14104 \times CN^{0,7} \times S^{0,5}} \\
 &= \frac{8515,69^{0,8} \times (2540 - (22,86 \times 65,04))}{14104 \times 65,04^{0,7} \times 0,133^{0,5}} \\
 &= 15,33 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

b. Sub DAS 2

CN = 68,23 (Tabel 4.39)

Elevasi Hulu = 840,09 m

Elevasi Hilir = 192,62 m

Panjang Segmen Sungai = 15484,85 m

$$\begin{aligned}
 S \text{ (kemiringan)} &= \frac{(\text{elevasi hulu} - \text{elevasi hilir})}{\text{panjang segmen sungai}} \\
 &= \frac{840,09 - 192,62}{15484,85}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &= 0,042 \\ \text{Time Lag} &= \frac{\text{panjang sungai}^{0,8} \times (2540 - (22,86 \times CN))}{14104 \times CN^{0,7} \times S^{0,5}} \\ &= \frac{15848,85^{0,8} \times (2540 - (22,86 \times 68,23))}{14104 \times 68,23^{0,7} \times 0,042^{0,5}} \\ &= 39,76 \text{ menit} \end{aligned}$$

Nilai *time lag* untuk tiap sub DAS selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Tabel 4.42 Nilai *Time Lag* untuk Tiap Sub DAS

Sub DAS	Time Lag (Menit)
Sub DAS 1	15,33
Sub DAS 2	39,76
Sub DAS 3	58,55
Sub DAS 4	14,73
Sub DAS 5	26,65
Sub DAS 6	13,72
Sub DAS 7	7,64
Sub DAS 8	24,34
Sub DAS 9	16,10
Sub DAS 10	27,32
Sub DAS 11	10,08
Sub DAS 12	23,89
Sub DAS 13	79,67
Sub DAS 14	62,60
Sub DAS 15	70,03
Sub DAS 16	16,39

### 3. Parameter *Routing Model*

Metode yang digunakan adalah metode parameter *lag*. Parameter *lag* merupakan data *time lag* pada *reach* DAS Kupang. Perhitungan berdasarkan Persamaan 2.34. Contoh perhitungan untuk nilai *time lag* pada *reach* sub DAS 1 dan 2 adalah seperti berikut:

#### a. *Reach* 1

$$\text{Panjang Reach 1} = 11029,28 \text{ m}$$

$$S \text{ (kemiringan)} = 0,076$$

$$\text{Time Lag} = \left( \frac{0,87 \times (\text{panjang reach}^2)}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$



$$= \left( \frac{0,87 \times (11029,28^2)}{1000 \times 0,076} \right)^{0,385}$$
$$= 232,19 \text{ menit}$$

b. *Reach 2*

$$\text{Panjang } \textit{Reach 2} = 9815,02 \text{ m}$$

$$S \text{ (kemiringan)} = 0,023$$

$$\textit{Time Lag} = \left( \frac{0,87 \times (\text{panjang } \textit{reach}^2)}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$
$$= \left( \frac{0,87 \times (9815,02^2)}{1000 \times 0,023} \right)^{0,385}$$
$$= 336,84 \text{ menit}$$

Nilai *time lag* pada *reach* untuk selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43 Nilai *Time Lag* pada *Reach* untuk Tiap Sub DAS

<i>Reach</i>	<i>Time Lag (Menit)</i>
<i>Reach 1</i>	232,19
<i>Reach 2</i>	336,84
<i>Reach 3</i>	260,74
<i>Reach 4</i>	281,37
<i>Reach 5</i>	257,92
<i>Reach 6</i>	248,67
<i>Reach 7</i>	189,70
<i>Reach 8</i>	118,40
<i>Reach 9</i>	413,85
<i>Reach 10</i>	384,16
<i>Reach 11</i>	612,49
<i>Reach 12</i>	632,31
<i>Reach 13</i>	580,90
<i>Reach 14</i>	502,54

#### 4.3.2 Tahap input data HEC-HMS

Beberapa komponen yang dilakukan dalam proses input data pada HEC-HMS yaitu *basin model*, *meteorology model*, *control specification*, dan *time series data*.

##### 1. *Basin Model*

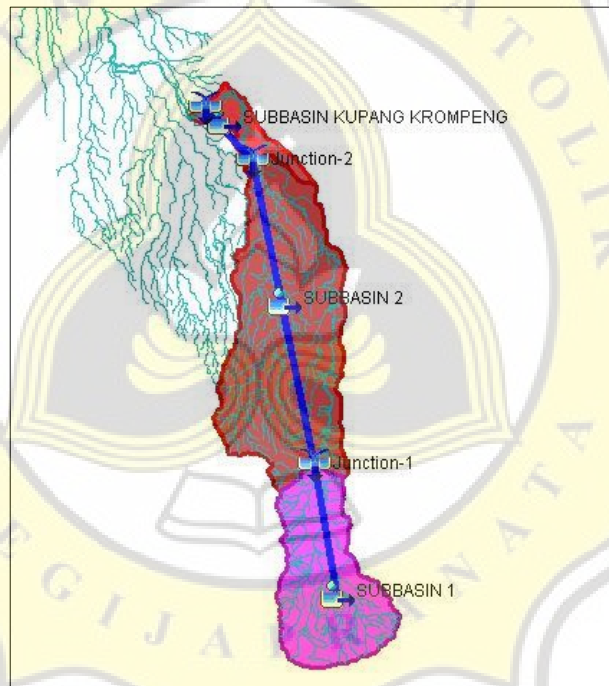
Input data yang dibutuhkan dalam *Basin Model* adalah peta sub DAS 1, sub DAS 2, dan Sub DAS Kupang Krompeng sebagai *background* pada *software* HEC-



HMS. Peta tersebut dapat memudahkan untuk menentukan letak elemen basin model antara lain *subbasin*, *junction*, dan *reach*. Gambar 4.8 menunjukkan *basin model* sub DAS Kupang Krompeng. Pada tabel *subbasin area* akan diinput luas dari masing-masing sub DAS yang telah diperoleh dari *software* ArcGIS yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.

## 2. Meteorology model

Data yang digunakan adalah data *Specified Hyetograph* yang didapat dari *Time Series Data*. Data tersebut berisi data hujan yang digunakan untuk seluruh sub DAS yang ada. Gambar 4.10 menunjukkan data *Specified Hyetograph*.



Gambar 4.8 *Basin Model* sub DAS Kupang Krompeng

Subbasin	Area (KM2)
SUBBASIN 2	38.81
SUBBASIN 1	19.83
SUBBASIN KUPANG K...	4.20

Gambar 4.9 Hasil Input *Subbasin Area*



Specified Hyetograph	
Met Name: Met 1	
Subbasin Name	Gage
SUBBASIN KUPANG KROM...	hujan 2-3 feb 2014
SUBBASIN 1	hujan 2-3 feb 2014
SUBBASIN 2	hujan 2-3 feb 2014

Gambar 4.10 Data *Specified Hyetograph* Pada *Meteorology model*

3. *Time series data*

Pada tahap ini, input data yang digunakan untuk *Time Series Data* adalah data pengukur curah hujan atau *Precipitation Gages* dari data distribusi hujan jam-jaman yang sudah dihitung sebelumnya. Jangka waktu yang digunakan adalah 24 jam dan dengan interval 30 menit. Tabel 4.44 menunjukkan Distribusi Curah Hujan DAS Kupang pada Tanggal 2 Februari 2014 curah hujan terkoreksi yang sudah pengurutan data dengan metode *Alternating Block Method (ABM)*.

Tabel 4.44 Distribusi Curah Hujan DAS Kupang Tanggal 2 Februari 2014 dengan Pengurutan ABM

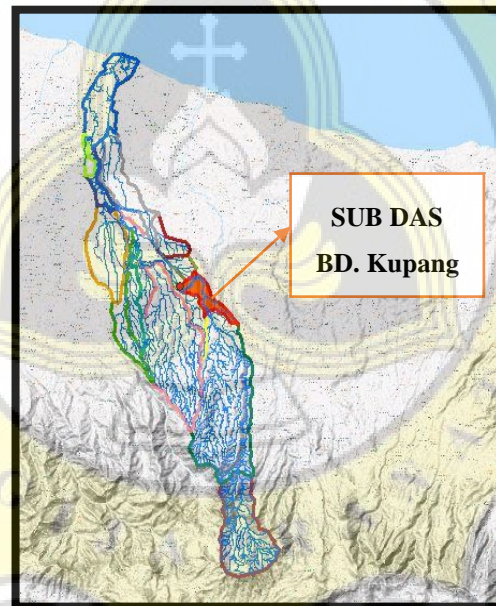
Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm/jam)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm/jam)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm/jam)
0:00	0	8:30	0	17:00	0
0:30	11,63	9:00	0	17:30	0
1:00	13,30	9:30	0	18:00	0
1:30	15,72	10:00	0	18:30	0
2:00	19,67	10:30	0	19:00	0
2:30	27,66	11:00	0	19:30	0
3:00	57,53	11:30	0	20:00	0
3:30	36,24	12:00	0	20:30	0
4:00	22,83	12:30	0	21:00	0
4:30	17,42	13:00	0	21:30	0
5:00	14,38	13:30	0	22:00	0
5:30	12,39	14:00	0	22:30	0
6:00	10,98	14:30	0	23:00	0
6:30	0	15:00	0	23:30	0
7:00	0	15:30	0	24:00	0
7:30	0	16:00	0		
8:00	0	16:30	0		

### 4.3.3 Kalibrasi model

Tahap ini dilakukan untuk dapat menentukan lokasi pengamatan dan juga untuk mengumpulkan data debit maksimum di lapangan. Tahap kalibrasi dilakukan agar debit simulasi tidak jauh berbeda dengan debit yang ada di lapangan.

#### 1. Penentuan lokasi pengamatan

Titik pengamatan yang digunakan untuk kalibrasi adalah bagian dari DAS Kupang yaitu Bendung Kupang Krompeng. Karena terbatasnya ketersediaan data lapangan maka dipilih Bendung Kupang Krompeng, sehingga memudahkan untuk membandingkan antara debit simulasi dan debit yang di lapangan. Gambar letak sub DAS Bendung Kupang Krompeng dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Letak Subdas Bendung Kupang Krompeng

#### 2. Pengumpulan data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data debit maksimum yang diperoleh dari Data Pemantauan Debit 10 Tahun Perwakilan Pemali Comal Wilayah Kupang Pekalongan Bendung Kupang Krompeng dalam bentuk file *excel*. Data debit yang digunakan yaitu sebesar 27,52 m<sup>3</sup>/s. Data debit maksimum tersebut terjadi pada 2 Februari tahun 2014.



Pada tahap ini dilakukan perbandingan antara hasil simulasi dan data yang ada di lapangan. Data diperoleh dari Data Pemantauan Debit 10 Tahun Perwakilan Balai PSDA Pemali Comal Wilayah Kupang Pekalongan Bendung Kupang Krompeng. Lokasi pengamatan yang digunakan yaitu debit puncak di lapangan yang terletak di hulu tepatnya Bendung Kupang Krompeng pada tanggal 2 Februari 2014.

Pembagian luas lahan untuk sub DAS Kupang dapat dilihat pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45 Pembagian Luas Lahan untuk Sub DAS Kupang Krompeng

Sub DAS	Land Use	Luas (km <sup>2</sup> )	Soil Group	Total Luas (km <sup>2</sup> )
Kupang Krompeng	Pertanian Lahan Kering	0,74	B	4,20
	Sawah	2,00		
	Hutan Tanaman Industri (HTI)	1,44		
	Permukiman	0,01		

Berdasarkan Tabel 4.45, parameter model yang dapat di kalibrasi hanya 4 jenis *land use* dan untuk parameter lain dianggap betul. *Land use* sub DAS Kupang Krompeng merupakan bagian dari sub DAS 3, untuk *soil group* yang dipilih kategori B karena termasuk wilayah yang potensi air larian kecil, tanah berpasir lebih dangkal, tekstur halus sampai sedang dan memiliki laju infiltrasi sedang.

*Soil Group* = B (Tabel 2.11)

*Land use* = (Tabel 2.12)

Pertanian Lahan Kering = 79

Sawah = 70

Hutan Tanaman Industri (HTI) = 66

Permukiman = 88

$$CN = \frac{(0,74 \times 79) + (2 \times 70) + (1,44 \times 66) + (0,01 \times 88)}{4,20} = 70,26$$

Langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *impervious*, retensi maksimum, *initial abstraction* dan *time lag*. Contoh perhitungan untuk sub DAS Kupang Krompeng adalah seperti berikut:

$$\text{Luas sub DAS Kupang Krompeng} = 4,20 \text{ km}^2$$

$$\text{Luas pertanian lahan kering sub DAS Kupang Krompeng} = 0,74 \text{ km}^2$$

$$\text{Luas sawah sub DAS Kupang Krompeng} = 2 \text{ km}^2$$



Luas hutan tanaman industri sub DAS Kupang Krompeng = 1,44 km<sup>2</sup>

Luas permukiman = 0,01 km<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Impervious} &= \frac{\text{Luas lahan} \times \text{Faktor impervious}}{\text{Luas sub DAS 1}} \\ &= \frac{(0,74 \times 5) + (2 \times 5) + (1,44 \times 5) + (0,01 \times 30)}{4,20} \\ &= 5,05 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \text{ (retensi maksimum)} &= \frac{25400}{\text{CN}-254} \\ &= \frac{25400}{70,26-254} \\ &= 138,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_a \text{ (initial abstraction)} &= 0,2 \times S \\ &= 0,2 \times 138,24 \\ &= 27,65 \text{ mm} \end{aligned}$$

Elevasi Hulu = 192 m

Elevasi Hilir = 90 m

Panjang Segmen Sungai = 5075,84 m

$$\begin{aligned} S \text{ (kemiringan)} &= \frac{(\text{elevasi hulu} - \text{elevasi hilir})}{\text{Panjang segmen sungai}} \\ &= \frac{192-90}{5075,84} \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Time Lag} &= \frac{\text{panjang segmen sungai}^{0,8} \times (2540 - (22,86 \times \text{CN}))}{14104 \times \text{CN}^{0,7} \times S^{0,5}} \\ &= \frac{5075,84^{0,8} \times (2540 - (22,86 \times 70,26))}{14104 \times 70,26^{0,7} \times 0,02^{0,5}} \\ &= 21,93 \text{ menit} \end{aligned}$$

Perhitungan nilai *time lag* pada *reach* untuk sub DAS Kupang Krompeng:

Panjang *reach* = 2759,39 m

S (kemiringan) = 0,05

$$\begin{aligned} \text{Time Lag} &= \left( \frac{0,87 \times (\text{panjang reach}^2)}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\ &= \left( \frac{0,87 \times (2759,39^2)}{1000 \times 0,05} \right)^{0,385} \\ &= 93,98 \text{ menit} \end{aligned}$$



Berdasarkan Gambar 4.8, Sub DAS 1 dan Sub DAS 2 termasuk dalam kalibrasi model untuk pengamatan di Bendung Kupang Krompeng. Tabel 4.46 dan Tabel 4.47 menunjukkan hasil nilai parameter akhir sub DAS Kupang Krompeng.

Tabel 4.46 Nilai Parameter Akhir Sub DAS Kupang Krompeng

Sub DAS	CN	Imprevious (%)	Initial Abstraction (Ia)	Time Lag (Menit)
Sub DAS 1	65,04	2,21	26,88	15,33
Sub DAS 2	68,23	5,36	27,35	39,76
Sub DAS Kupang Krompeng	70,26	5,05	27,65	21,93

Tabel 4.47 Nilai Parameter Akhir *Reach* Sub DAS Kupang Krompeng

<i>Reach</i>	<i>Time Lag</i> (Menit)
<i>Reach 1</i>	232,19
<i>Reach 2</i>	336,84
<i>Reach</i> Sub DAS Kupang Krompeng	93,98

Setelah itu melakukan input data ke HEC-HMS. Hasil simulasi debit aliran Bendung Kupang Krompeng pada tanggal 2 Februari 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.48.

Berdasarkan lokasi pengamatan di hulu yaitu Bendung Kupang Krompeng pada tanggal 2 Februari 2014, debit puncak lapangan yang digunakan pada kalibrasi yaitu sebesar 27,52 m<sup>3</sup>/s. Diketahui bahwa berdasarkan Tabel 4.48 debit maksimum hasil simulasi yaitu sebesar 27,6 m<sup>3</sup>/s. Maka, setelah mendapatkan nilai debit maksimum di lapangan dan hasil simulasi, dapat dihitung nilai *Error*.

$$Q_L = \text{debit puncak di lapangan} = 27,52 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_S = \text{debit puncak hasil simulasi} = 27,60 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{Q_L - Q_S}{Q_L} \times 100\% \\ &= \frac{27,52 - 27,60}{27,52} \times 100\% \\ &= 0,29\% \end{aligned}$$



Nilai *error* yang didapatkan sebesar 0,29% yang berarti lebih kecil dari 1%, dan dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sudah mendekati data yang ada di lapangan.

Tabel 4.48 Hasil Simulasi Debit Aliran Bendung Kupang Krompeng pada Tanggal 2 Februari 2014

Waktu (Jam)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Waktu (Jam)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Waktu (Jam)	Debit (m <sup>3</sup> /s)
00:00	0	08:30	0	17:00	0
00:30	0,5	09:00	0	17:30	0
01:00	1,2	09:30	0	18:00	0
01:30	2,1	10:00	0	18:30	0
02:00	3,7	10:30	0	19:00	0
02:30	7,2	11:00	0	19:30	0
03:00	18,3	11:30	0	20:00	0
03:30	27,6	12:00	0	20:30	0
04:00	24,8	12:30	0	21:00	0
04:30	19,6	13:00	0	21:30	0
05:00	16	13:30	0	22:00	0
05:30	13,8	14:00	0	22:30	0
06:00	12,3	14:30	0	23:00	0
06:30	7,4	15:00	0	23:30	0
07:00	1,9	15:30	0	00:00	0
07:30	0,4	16:00	0		
08:00	0,1	16:30	0		

Curah hujan dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun dihitung menggunakan cara yang sama seperti perhitungan curah hujan untuk distribusi hujan pada tanggal 2 Februari 2014. Kemudian diurutkan dengan metode *Alternating Block Method* (ABM). Tabel 4.49 menunjukkan data curah hujan untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

Parameter yang digunakan untuk mendapatkan nilai debit puncak simulasi mendekati debit puncak yang ada di lapangan ditunjukkan pada Tabel 4.50 dan Tabel 4.51.



Tabel 4.49 Distribusi Curah Hujan DAS Kupang Periode Ulang 2 Tahun, 5 Tahun, 10 Tahun, 25 Tahun, 50 Tahun dan 100 Tahun.

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)					
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
00:00	0	0	0	0	0	0
0:30	4,23	16,77	29,19	43,34	57,39	72,58
1:00	4,84	17,76	30,53	45,29	59,92	75,87
1:30	5,75	19,22	32,51	48,16	63,67	80,73
2:00	7,28	21,67	35,83	52,98	69,95	88,89
2:30	10,68	27,12	43,23	63,73	83,95	107,08
3:00	15,53	34,90	53,78	79,04	103,91	132,99
3:30	13,11	31,01	48,51	71,38	93,93	120,04
4:00	8,26	23,24	37,96	56,07	73,98	94,12
4:30	6,30	20,10	33,71	49,90	65,93	83,67
5:00	5,20	18,34	31,31	46,42	61,40	77,79
5:30	4,48	17,19	29,75	44,15	58,44	73,95
6:00	3,97	16,36	28,63	42,53	56,33	71,21

Tabel 4.50 Nilai Parameter Akhir HEC-HMS

Sub DAS	CN	Imprevious (%)	Initial Abstraction (Ia)	Time Lag (menit)
Sub DAS 1	42,90	2,21	24,06	30,37
Sub DAS 2	50,33	5,36	24,94	69,73
Sub DAS 3	60,06	7,05	26,19	87,14
Sub DAS 4	61,08	7,27	26,33	20,93
Sub DAS 5	62,03	5,00	26,46	38,70
Sub DAS 6	64,60	5,00	26,82	20,05
Sub DAS 7	67,23	5,00	27,20	11,34
Sub DAS 8	63,27	5,00	26,63	35,36
Sub DAS 9	68,68	11,49	27,41	23,13
Sub DAS 10	66,46	9,13	27,09	39,34
Sub DAS 11	70,27	15,29	27,65	14,28
Sub DAS 12	64,40	8,31	26,79	34,22
Sub DAS 13	67,04	10,71	27,17	113,96
Sub DAS 14	78,02	26,61	28,87	86,49
Sub DAS 15	81,09	21,93	29,38	93,27
Sub DAS 16	76,19	24,53	28,57	22,67



Tabel 4.51 Nilai Parameter Akhir *Reach* HEC-HMS

<i>Reach</i>	<i>Time Lag (menit)</i>
<i>Reach 1</i>	232,19
<i>Reach 2</i>	336,84
<i>Reach 3</i>	260,74
<i>Reach 4</i>	281,37
<i>Reach 5</i>	257,92
<i>Reach 6</i>	248,67
<i>Reach 7</i>	189,70
<i>Reach 8</i>	118,40
<i>Reach 9</i>	413,85
<i>Reach 10</i>	384,16
<i>Reach 11</i>	612,49
<i>Reach 12</i>	632,31
<i>Reach 13</i>	580,90
<i>Reach 14</i>	502,54

#### 4.3.4 Pemodelan hidrograf aliran

Berdasarkan Tabel 4.50 dan Tabel 4.51 didapatkan hasil hidrograf aliran dan hasilnya ada pada grafik Gambar 4.12. Untuk tahap ini diperoleh dengan melakukan simulasi *run* pada HEC-HMS. Data yang digunakan adalah data curah hujan jam-jaman dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun. Tabel 4.52 menunjukkan hasil simulasi DAS Kupang.

Tabel 4.52 Hasil Simulasi DAS Kupang

Waktu	Debit (m <sup>3</sup> /s)					
	2 tahunan	5 tahunan	10 tahunan	25 tahunan	50 tahunan	100 tahunan
00:00	0	0	0	0	0	0
00:30	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
01:00	0,1	0,5	1	1,6	2,3	3
01:30	0,4	1,7	3,3	5,4	7,8	10
02:00	1	4	7,9	13,1	19,2	24,9
02:30	1,9	7,7	15,6	26,4	39,3	51
03:00	3,4	13,2	27,2	47,2	71	92,4
03:30	5,7	20,8	43,9	77,3	117,7	153,5
04:00	8,9	30,9	66,2	118,2	181,5	237,4
04:30	13	43,1	93,6	169	261,2	342,3



Tabel 4.52 Hasil Simulasi DAS Kupang (Tabel Lanjutan)

Waktu	Debit (m <sup>3</sup> /s)					
	2 tahunan	5 tahunan	10 tahunan	25 tahunan	50 tahunan	100 tahunan
05:00	17,5	56,7	124,6	226,9	352,1	462
05:30	22	70,7	157,2	288,2	448,5	588,8
06:00	26,3	84,4	189,9	349,8	545,5	716,1
06:30	29,9	97,1	220,9	408,5	638	837,2
07:00	32,8	107,9	248	459,7	718,8	942,9
07:30	34,7	115,9	268,4	498,4	779,6	1022,3
08:00	35,7	120,4	280,3	521	815,2	1068,5
08:30	35,8	121,6	283,8	527,7	825,5	1081,7
09:00	35,1	119,9	280,3	521,3	815,3	1068
09:30	33,8	116,1	271,7	505,2	789,9	1034,6
10:00	32,2	110,7	259,5	482,4	754,2	987,7
10:30	30,2	104,3	244,8	455,2	711,6	931,8
11:00	28	97,2	228,5	424,9	664,3	869,8
11:30	25,7	89,7	211,1	392,7	613,9	803,7
12:00	23,4	82,1	193,3	359,6	562	735,7
12:30	21,2	74,5	175,6	326,6	510,4	668
13:00	19,1	67,3	158,5	294,5	460,2	602,2
13:30	17,1	60,4	142,2	264,1	412,4	539,6
14:00	15,4	54,1	127,2	236	368,3	481,8
14:30	13,8	48,5	113,7	210,8	328,7	430
15:00	12,4	43,6	101,8	188,5	293,7	384,2
15:30	11,2	39,2	91,4	168,8	262,8	343,8
16:00	10,1	35,4	82,2	151,6	235,8	308,4
16:30	9,2	32,1	74,2	136,7	212,4	277,8
17:00	8,5	29,3	67,4	123,9	192,3	251,4
17:30	7,8	26,8	61,4	112,7	174,7	228,3
18:00	7,1	24,6	56,2	102,8	159,2	208,1
18:30	6,6	22,7	51,5	94,2	145,6	190,3
19:00	6,1	21	47,4	86,5	133,6	174,5
19:30	5,7	19,5	43,8	79,7	122,9	160,5
20:00	5,3	18,1	40,5	73,6	113,3	147,9
20:30	5	16,9	37,6	68,1	104,7	136,7
21:00	4,7	15,8	35	63,2	97	126,7
21:30	4,4	14,9	32,7	58,9	90,3	117,8
22:00	4,2	14	30,7	55,1	84,3	109,9



Tabel 4.52 Hasil Simulasi DAS Kupang (Tabel Lanjutan)

Waktu	Debit (m <sup>3</sup> /s)					
	2 tahunan	5 tahunan	10 tahunan	25 tahunan	50 tahunan	100 tahunan
22:30	4	13,3	28,9	51,7	79	103
23:00	3,8	12,6	27,3	48,8	74,3	96,9
23:30	3,6	12	25,9	46,1	70,1	91,4
00:00	3,5	11,5	24,6	43,7	66,4	86,6

Dari hasil simulasi DAS Kupang dan hidrograf aliran maka diperoleh debit banjir rencana Sungai Kupang untuk tiap periode ulang yang dapat dilihat pada Tabel 4.53.

Tabel 4.53 Debit Banjir Rencana DAS Kupang

Periode Ulang	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /s)
2 tahunan	35,8
5 tahunan	121,6
10 tahunan	283,8
25 tahunan	527,7
50 tahunan	825,5
100 tahunan	1.081,7

Hidrograf aliran untuk setiap periode ulang dapat dilihat pada Gambar 4.12.

#### 4.4 Pemodelan HEC-RAS

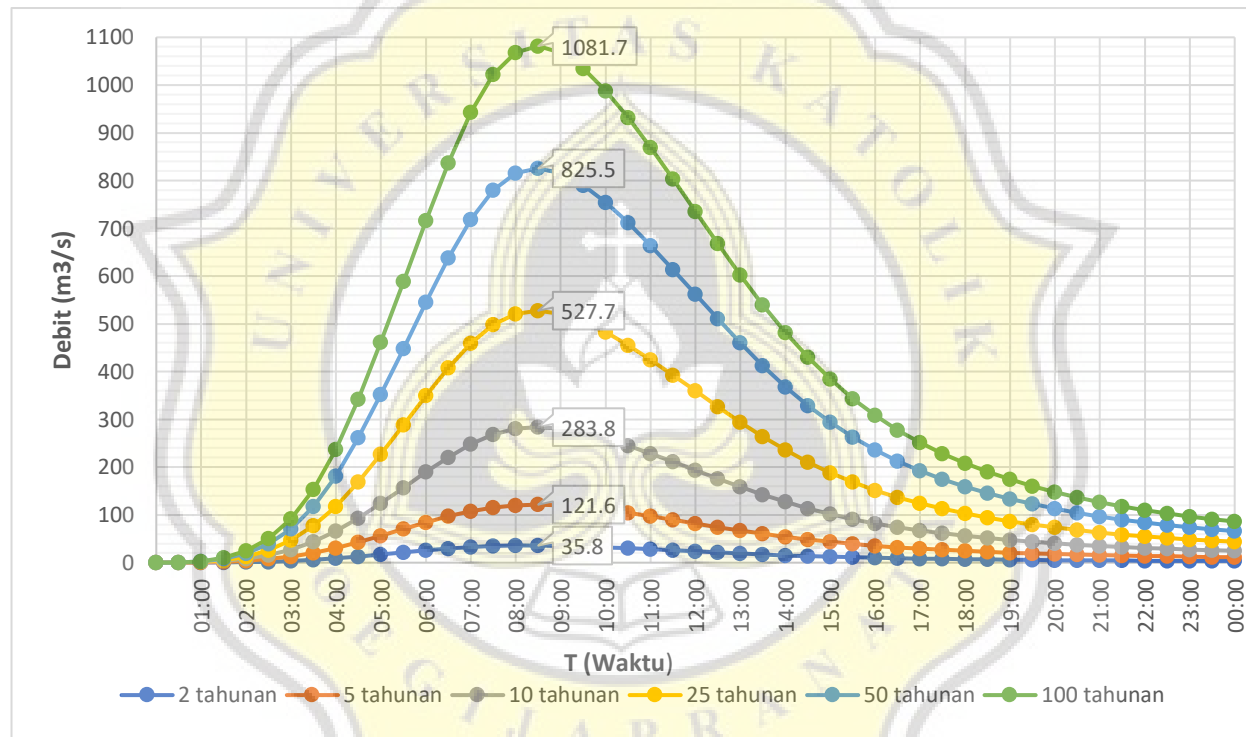
Pada pemodelan HEC-RAS langkah yang dilakukan yaitu input data dan output pemodelan HEC-RAS untuk kondisi eksisting.

##### 4.4.1 Input data pemodelan HEC-RAS untuk kondisi eksisting

Untuk input data pemodelan HEC-RAS diperlukan beberapa data yang akan diinput yaitu data geometri dan debit rencana.

##### 1. Data geometri

Langkah yang dilakukan pada *input* data geometri yaitu menggambar skema alur sungai dan memasukkan data *cross section*.



Gambar 4.12 Hidrograf Aliran Hasil Simulasi

a. Menggambar skema alur sungai (*river reach*)

Tahap pertama untuk memasukkan data geometri ke HEC-RAS yaitu dengan menggambar alur sungai sesuai dengan kondisi di lapangan. Menggambar alur sungai dimulai dari arah hulu kemudian ke hilir sungai. Data yang digunakan untuk memasukkan ke geometri HEC-RAS yaitu data penampang memanjang dan melintang yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Jawa Tengah. Karena alur sungai terpecah menjadi dua yaitu Sungai Kupang dan Sungai Banger, maka skema alur sungai Sungai Kupang dan Sungai Banger dapat dilihat pada Gambar 4.13.

b. Memasukkan data *cross section*

Pada tahap ini, data yang dimasukkan untuk *cross section* yaitu data potongan memanjang dan melintang pada beberapa titik sungai, jarak antara bantaran sungai LOB-Channel-ROB, nilai koefisien kekasaran *manning*, *Main Channel Bank Stations* serta nilai koefisien kontraksi dan ekspansi. Posisi untuk *cross section* Sungai Kupang dan Banger Kota Pekalongan dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.13 Skema Alur Sungai Kupang dan Banger

Contoh data *cross section* pada *station* 12000 Sungai Kupang dapat dilihat pada Tabel 4.54.

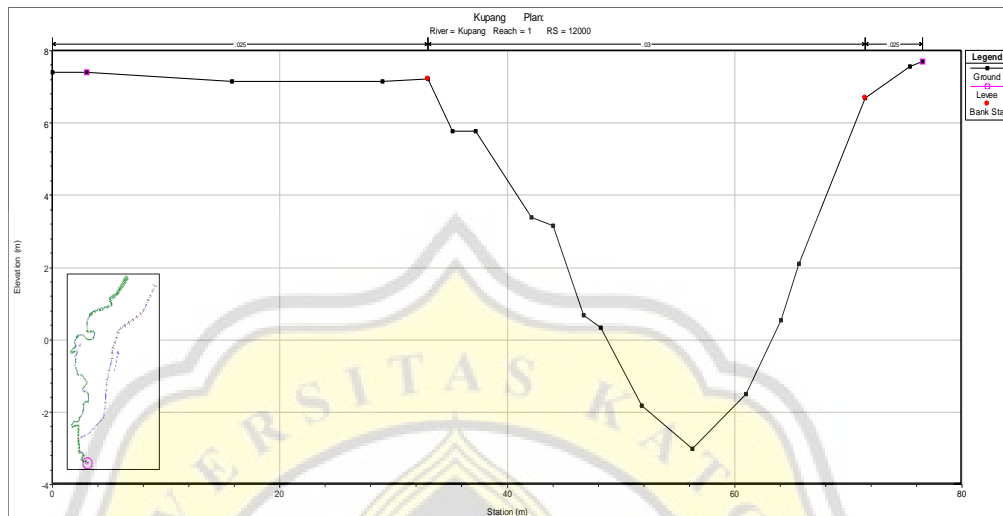
Tabel 4.54 Data *Cross Section Station 12000* Sungai Kupang

Station	Elevation	Downstream Reach Lengths		
0	7,395	LOB	Channel	ROB
3	7,395	100	100	100
15,8	7,153	<b>Manning's Values</b>		
29	7,142	LOB	Channel	ROB
33	7,229	0,025	0,03	0,025
35,2	5,782	<b>Main Channel Bank Sations</b>		
37,2	5,782	<i>Left Bank</i>	<i>Right Bank</i>	
42,1	3,389	3	76,52	
44	3,17	<b>Cont/Exp Coefficient</b>		
46,69	0,691	<i>Contraction</i>	<i>Expansion</i>	
48,21	0,344	0,1	0,3	
51,81	-1,809	Keterangan:		
56,31	-3,009	Nilai koefisien kekasaran		
61,01	-1,509	<i>maning</i>		
64,07	0,554	diperoleh dari Tabel 2.41		
65,66	2,099			
71,46	6,682			
75,42	7,56			
76,52	7,692			



Gambar 4.14 Posisi *Cross Section* Sungai Kupang dan Banger

Tampilan *cross section* pada *station* 12000 pada Sungai Kupang tepatnya di hulu sungai dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 *Cross Section Station* 12000 Sungai Kupang

## 2. Kondisi batas (*boundary conditions*)

Setelah menggambar skema alur sungai (*river reach*) dan memasukkan data *cross section*, langkah selanjutnya yaitu menganalisis dengan menggunakan *unsteady flow* (aliran tidak permanen). Analisis *unsteady flow* ini dilakukan dengan memasukkan data *flow hydrograph* yaitu data debit banjir rencana pada setiap periode ulang (Tabel 4.54) ke dalam tabel *station* 12000 (hulu sungai) dan memasukkan data *stage hydrograph* yaitu data pasang surut Kota Pekalongan tahun 2018 yang dimasukkan ke dalam tabel *station* 0 (hilir sungai) pada Sungai Kupang dan Sungai Banger. Contoh data debit rencana dan pasang surut dapat dilihat pada Tabel 4.55.

### 4.4.2 *Output* pemodelan HEC-RAS untuk kondisi eksisting

Setelah memasukkan data geometri dan data debit rencana, langkah selanjutnya yaitu melakukan *simulation run* pada seluruh tahapan pemodelan untuk kondisi eksisting di HEC-RAS. Hasil *simulation run* berupa bentuk penampang memanjang dan melintang serta tinggi muka air pada Sungai Kupang dan Sungai Banger Kota Pekalongan.

Tabel 4.55 Data Debit Banjir Rencana Periode 2 Tahun dan Data Pasang Surut  
Tahun 2018

Waktu	Flow (m <sup>3</sup> /s)	Stage (m)	Waktu	Flow (m <sup>3</sup> /s)	Stage (m)	Waktu	Flow (m <sup>3</sup> /s)	Stage (m)
00:00	0,01	1,44	08:30	35,8	1,57	17:00	8,5	1,46
00:30	0,02	1,47	09:00	35,1	1,57	17:30	7,8	1,45
01:00	0,1	1,5	09:30	33,8	1,57	18:00	7,1	1,44
01:30	0,4	1,51	10:00	32,2	1,57	18:30	6,6	1,44
02:00	1	1,51	10:30	30,2	1,56	19:00	6,1	1,43
02:30	1,9	1,52	11:00	28	1,55	19:30	5,7	1,42
03:00	3,4	1,52	11:30	25,7	1,57	20:00	5,3	1,4
03:30	5,7	1,55	12:00	23,4	1,58	20:30	5	1,4
04:00	8,9	1,58	12:30	21,2	1,57	21:00	4,7	1,39
04:30	13	1,57	13:00	19,1	1,56	21:30	4,4	1,4
05:00	17,5	1,55	13:30	17,1	1,54	22:00	4,2	1,41
05:30	22	1,56	14:00	15,4	1,52	22:30	4	1,42
06:00	26,3	1,56	14:30	13,8	1,51	23:00	3,8	1,42
06:30	29,9	1,55	15:00	12,4	1,49	23:30	3,6	1,44
07:00	32,8	1,54	15:30	11,2	1,49	00:00	3,5	1,46
07:30	34,7	1,55	16:00	10,1	1,48			
08:00	35,7	1,56	16:30	9,2	1,47			

Hasil output kondisi eksisting wilayah yang terjadi limpasan akibat debit banjir rencana dapat dilihat pada Gambar 4.16 – Gambar 4.21.

Gambar 4.16 menunjukkan lokasi dimana terjadi limpasan di Sungai Kupang dan Banger akibat debit banjir rencana 2 tahunan sebesar 35,8 m<sup>3</sup>/s. Warna ungu menunjukkan daerah yang terjadi limpasan, sedangkan garis biru tua adalah alur Sungai Kupang dan Banger. Pada debit rencana 2 tahunan untuk Sungai Kupang dan Sungai Banger sebagian besar limpasan terjadi pada daerah muara sungai. Limpasan juga terjadi di sebagian hulu Sungai Banger yang terletak di titik awal percabangan.

Gambar 4.17 menunjukkan lokasi dimana terjadi limpasan di Sungai Kupang dan Banger akibat debit banjir rencana 5 tahunan sebesar 121,6 m<sup>3</sup>/s. Warna kuning menunjukkan daerah yang terjadi limpasan, sedangkan garis biru tua adalah alur Sungai Kupang dan Banger. Pada debit rencana 5 tahunan untuk Sungai Kupang dan Sungai Banger sebagian besar limpasan terjadi pada daerah muara sungai. Limpasan juga terjadi di sebagian hulu Sungai Banger yang terletak di titik awal percabangan.



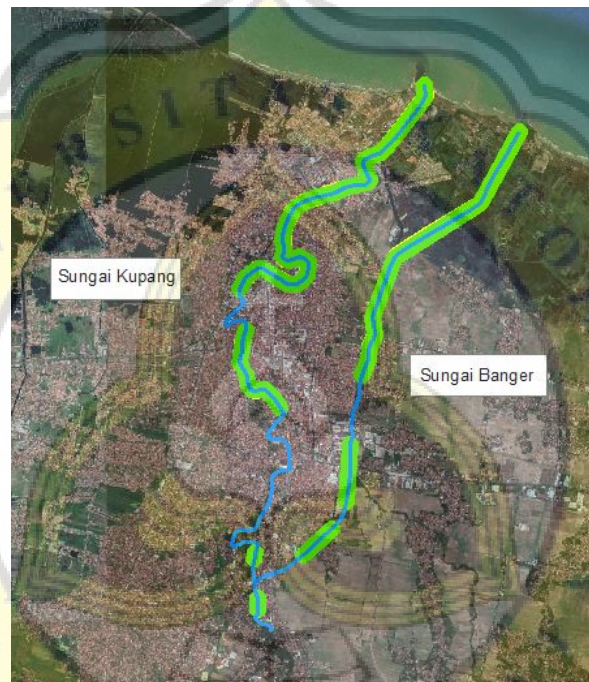


Gambar 4.16 Kondisi Sungai Kupang dan Banger yang Terjadi Limpasan Akibat Banjir Rencana 2 Tahunan



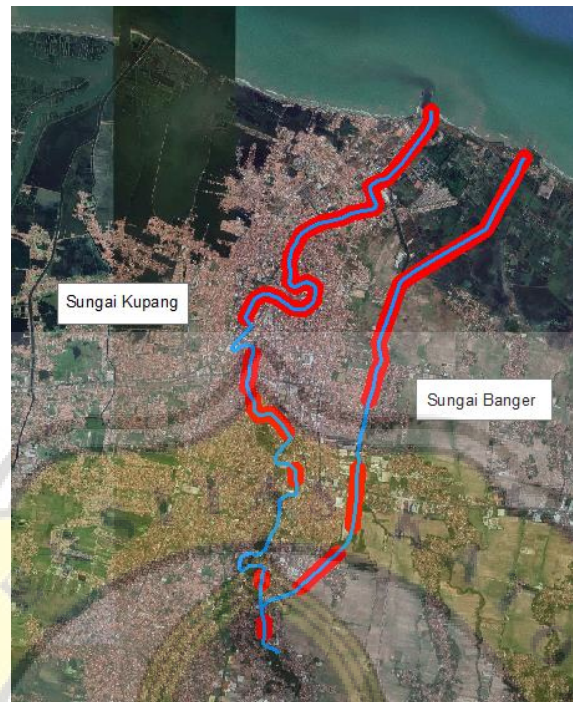
Gambar 4.17 Kondisi Sungai Kupang dan Banger yang Terjadi Limpasan Akibat Banjir Rencana 5 Tahunan

Gambar 4.18 menunjukkan lokasi dimana terjadi limpasan di Sungai Kupang dan Banger akibat debit banjir rencana 10 tahunan sebesar  $283,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Warna Hijau menunjukkan daerah yang terjadi limpasan, sedangkan garis biru tua adalah alur Sungai Kupang dan Banger. Pada debit rencana 10 tahunan untuk Sungai Kupang dan Sungai Banger sebagian besar limpasan terjadi pada daerah muara sungai. Limpasan juga terjadi di sebagian hulu Sungai Kupang dan Banger.



Gambar 4.18 Kondisi Sungai Kupang dan Banger yang Terjadi Limpasan Akibat Banjir Rencana 10 Tahunan

Gambar 4.19 menunjukkan lokasi dimana terjadi limpasan di Sungai Kupang dan Banger akibat debit banjir rencana 25 tahunan sebesar  $527,7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Warna merah menunjukkan daerah yang terjadi limpasan, sedangkan garis biru tua adalah alur Sungai Kupang dan Banger. Pada debit rencana 25 tahunan untuk Sungai Kupang dan Sungai Banger sebagian besar limpasan terjadi pada daerah muara sungai. Limpasan juga terjadi di sebagian hulu Sungai Kupang dan Banger.



Gambar 4.19 Kondisi Sungai Kupang dan Banger yang Terjadi Limpasan Akibat Banjir Rencana 25 Tahunan



Gambar 4.20 Kondisi Sungai Kupang dan Banger yang Terjadi Limpasan Akibat Banjir Rencana 50 Tahunan

Gambar 4.20 menunjukkan lokasi dimana terjadi limpasan di Sungai Kupang dan Banger akibat debit banjir rencana 50 tahunan sebesar  $825,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Warna oranye menunjukkan daerah yang terjadi limpasan, sedangkan garis biru tua adalah alur Sungai Kupang dan Banger. Pada debit rencana 50 tahunan untuk Sungai Kupang dan Sungai Banger terjadi limpasan pada sebagian besar alur sungai. Limpasan juga terjadi di semua bagian hulu Sungai Kupang dan sebagian hulu Sungai Banger.

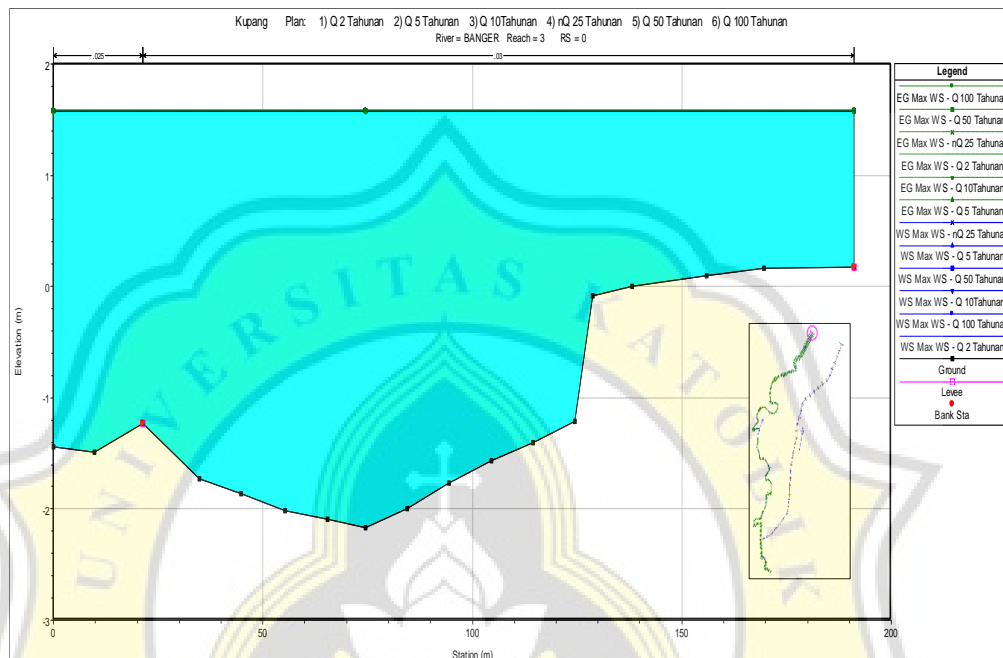


Gambar 4.21 Kondisi Sungai Kupang dan Banger yang Terjadi Limpasan Akibat Banjir Rencana 100 Tahunan

Gambar 4.21 menunjukkan lokasi dimana terjadi limpasan di Sungai Kupang dan Banger akibat debit banjir rencana 100 tahunan  $1.081,7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Warna merah muda menunjukkan daerah yang terjadi limpasan, sedangkan garis biru tua adalah alur Sungai Kupang dan Banger. Pada debit rencana 100 tahunan hampir semua bagian alur Sungai Kupang dan Sungai Banger mulai dari muara dan hulu terjadi limpasan. Hal ini terjadi karena tidak mempunya kapasitas sungai menampung debit yang besar. Maka, perlu dilakukan normalisasi sungai.

Kapasitas sungai untuk kondisi eksisting Sungai Kupang dan Banger Kota Pekalongan untuk periode ulang 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, 25 tahunan, 50 tahunan dan 100 tahunan dijelaskan seperti berikut.

1. Kapasitas sungai untuk kondisi eksisting pada *station* 0 Sungai Kupang



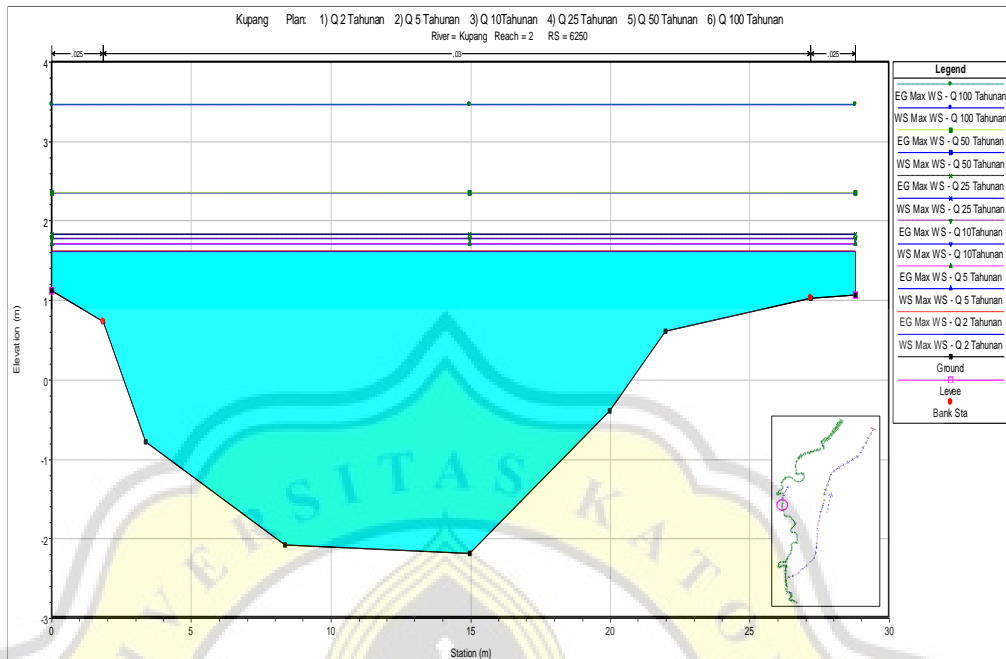
Gambar 4.22 Kapasitas Sungai Kupang *Station* 0 Untuk Kondisi Eksisting Pada Setiap Periode Ulang

Gambar 4.22 menunjukkan kapasitas Sungai Kupang *station* 0 untuk kondisi eksisting pada setiap periode ulang. *Station* 0 menjadi titik terakhir atau hilir Sungai Kupang dan tidak terjadi limpasan, sehingga tinggi muka air 1,58 m pada setiap periode ulangnya.

2. Kapasitas sungai untuk kondisi eksisting pada *station* 6250 Sungai Kupang

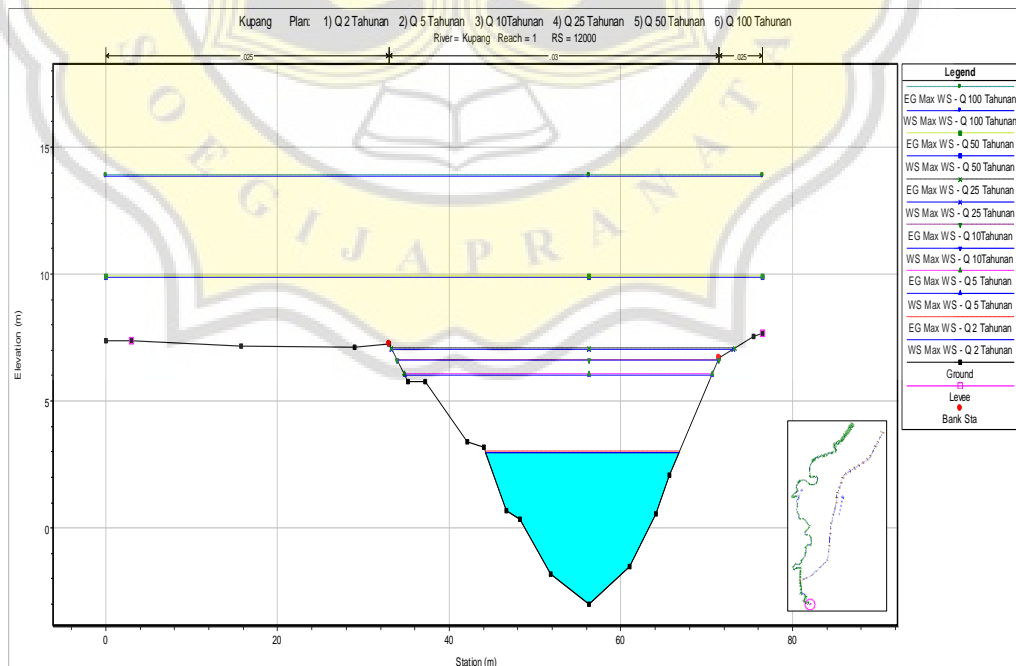
Gambar 4.23 menunjukkan kapasitas Sungai Kupang *station* 6250 untuk kondisi eksisting pada setiap periode ulang. Pada *station* 6250, setiap periode ulangnya terjadi limpasan, sehingga tinggi muka air periode ulang 2 tahunan sebesar 1,62 m, periode ulang 5 tahunan sebesar 1,72 m, periode ulang 10 tahunan sebesar 1,78 m, periode ulang 25 tahunan sebesar 1,83 m, periode ulang 50 tahunan sebesar 2,36 m dan periode ulang 100 tahunan sebesar 3,46 m.

Tugas Akhir  
Kajian Kapasitas Alur Sungai Kupang Kota Pekalongan dalam Mengendalikan Banjir dengan Menggunakan HEC-RAS



Gambar 4.23 Kapasitas Sungai Kupang Station 6250 Untuk Kondisi Eksisting Pada Setiap Periode Ulang

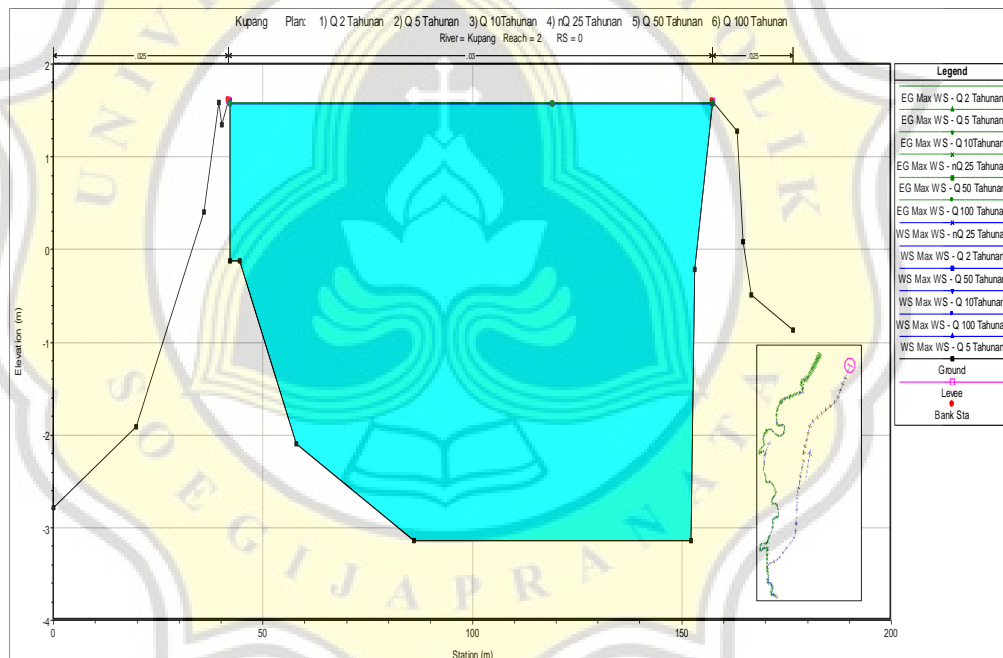
3. Kapasitas sungai untuk kondisi eksisting pada station 12000 Sungai Kupang



Gambar 4.24 Kapasitas Sungai Kupang Station 12000 Untuk Kondisi Eksisting Pada Setiap Periode Ulang

Gambar 4.24 menunjukkan kapasitas Sungai Kupang *station* 12000 untuk kondisi eksisting pada setiap periode ulang. *Station* 12000 yang terletak di hulu Sungai Kupang terjadi limpasan untuk periode ulang 50 dan 100 tahunan. Periode ulang 2 tahunan tidak terjadi limpasan maka, tinggi muka air 3 m. Periode ulang 5 tahunan tidak terjadi limpasan maka, tinggi muka air 6,06 m. Periode ulang 10 tahunan tidak terjadi limpasan maka, tinggi muka air 6,63 m. Periode ulang 25 tahunan tidak terjadi limpasan maka, tinggi muka air 7,08 m. Periode ulang 50 tahunan terjadi limpasan maka, tinggi muka air 9,91 m dan periode ulang 100 tahunan terjadi limpasan maka, tinggi muka air 13,91 m.

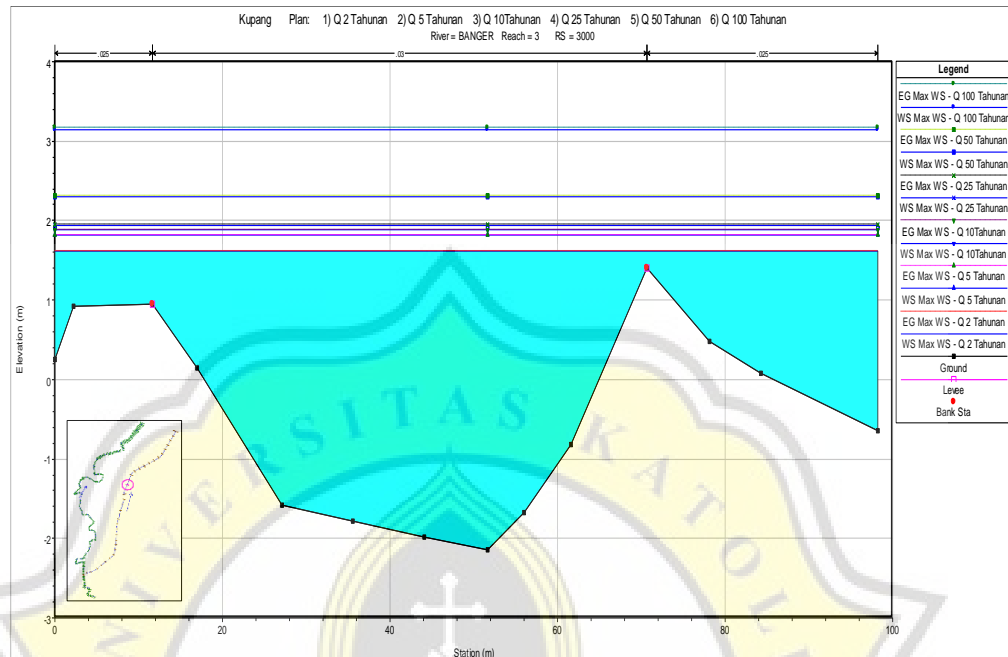
#### 4. Kapasitas sungai untuk kondisi eksisting pada *station* 0 Sungai Banger



Gambar 4.25 Kapasitas Sungai Banger *Station* 0 Untuk Kondisi Eksisting Pada Setiap Periode Ulang

Gambar 4.25 menunjukkan kapasitas Sungai Banger *station* 0 untuk kondisi eksisting pada setiap periode ulang. *Station* 0 menjadi titik terakhir atau hilir Sungai Banger terjadi limpasan, sehingga tinggi muka air 1,58 m pada setiap periode ulangnya.

## 5. Kapasitas sungai untuk kondisi eksisting pada *station* 3000 Sungai Banger



Gambar 4.26 Kapasitas Sungai Banger *Station* 3000 Untuk Kondisi Eksisting Pada Setiap Periode Ulang

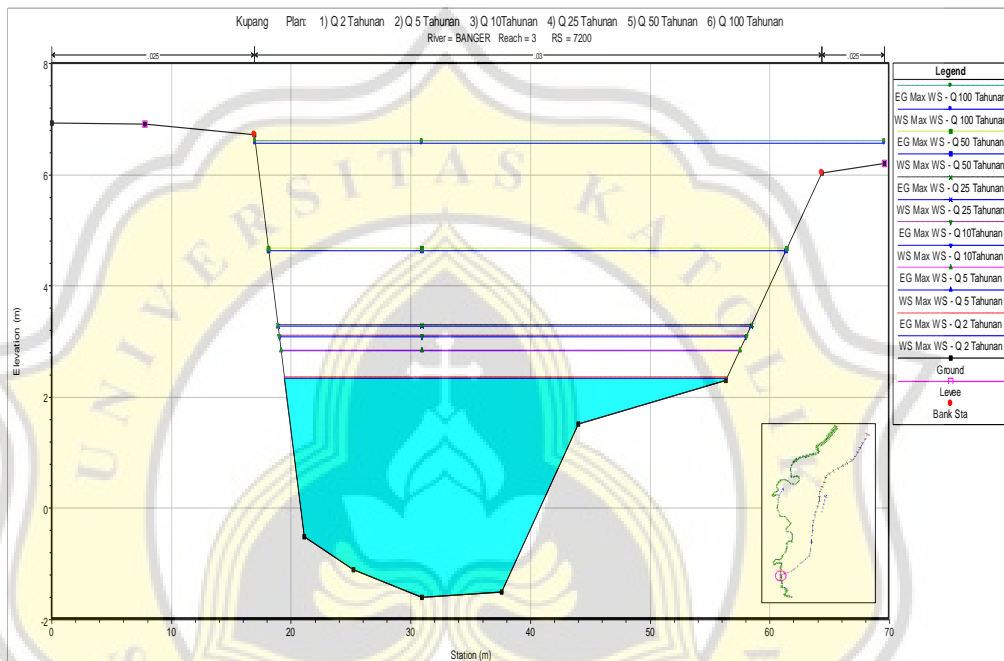
Gambar 4.26 menunjukkan kapasitas Sungai Banger *station* 3000 untuk kondisi eksisting pada setiap periode ulang. Pada *station* 3000, setiap periode ulangnya terjadi limpasan, sehingga tinggi muka air periode ulang 2 tahunan sebesar 1,62 m, periode ulang 5 tahunan sebesar 1,82 m, periode ulang 10 tahunan sebesar 1,89 m, periode ulang 25 tahunan sebesar 1,95 m, periode ulang 50 tahunan sebesar 2,31 m dan periode ulang 100 tahunan sebesar 3,17 m.

## 6. Kapasitas sungai untuk kondisi eksisting pada *station* 7200 Sungai Banger

Gambar 4.27 menunjukkan kapasitas Sungai Banger *station* 7200 untuk kondisi eksisting pada setiap periode ulang. *Station* 7200 yang terletak di hulu Sungai Banger terjadi limpasan untuk periode ulang 100 tahunan. Periode ulang 2 tahunan tidak terjadi limpasan maka, tinggi muka air 2,35 m.



Periode ulang 5 tahunan tidak terjadi limpasan maka, tinggi muka air 2,85 m.  
Periode ulang 10 tahunan tidak terjadi limpasan maka, tinggi muka air 3,10 m.  
Periode ulang 25 tahunan tidak terjadi limpasan maka, tinggi muka air 3,31 m.  
Periode ulang 50 tahunan tidak terjadi limpasan maka, tinggi muka air 4,67 m.  
Periode ulang 100 tahunan terjadi limpasan maka, tinggi muka air 6,60 m.

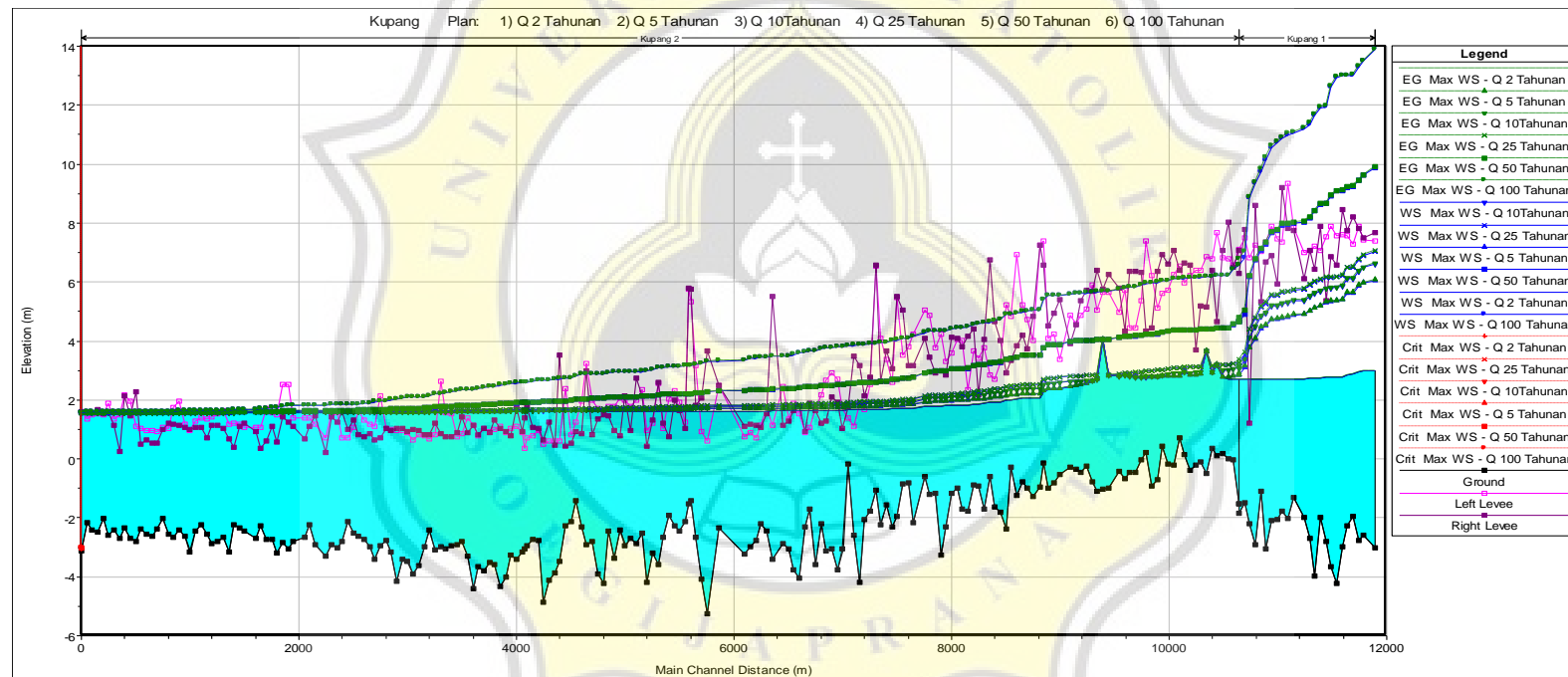


Gambar 4.27 Kapasitas Sungai Banger Station 7200 Untuk Kondisi Eksisting Pada Setiap Periode Ulang



Tugas Akhir  
Kajian Kapasitas Alur Sungai Kupang Kota Pekalongan dalam  
Mengendalikan Banjir dengan Menggunakan HEC-RAS

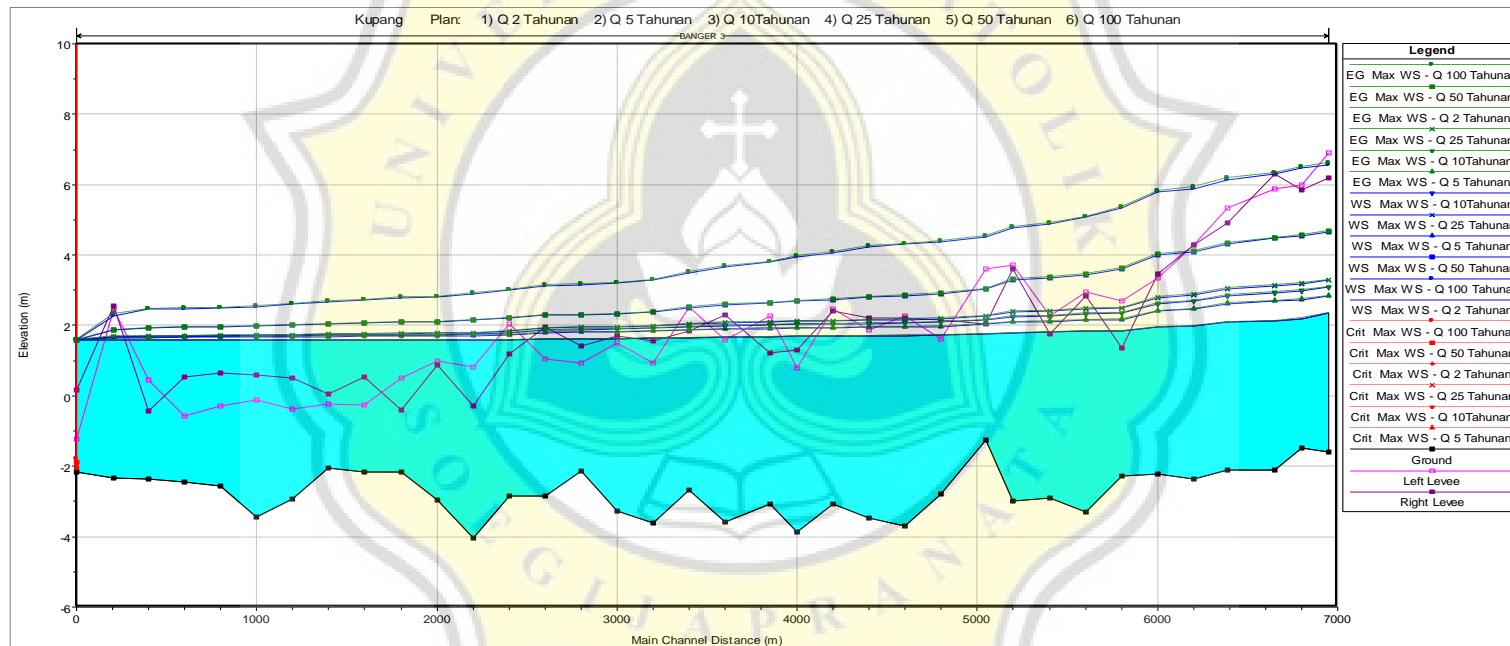
Profil muka air Sungai Kupang untuk kondisi eksisting terhadap debit banjir rencana periode ulang 2 tahunan, 10 tahunan, 25 tahunan, 50 tahunan dan 100 tahunan dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Profil Muka Air Sungai Kupang Kondisi Eksisting Pada Setiap Periode Ulang



Profil muka air Sungai Banger untuk kondisi eksisting terhadap debit banjir rencana periode ulang 2 tahunan, 10 tahunan, 25 tahunan, 50 tahunan dan 100 tahunan dapat dilihat pada Gambar 4.29.

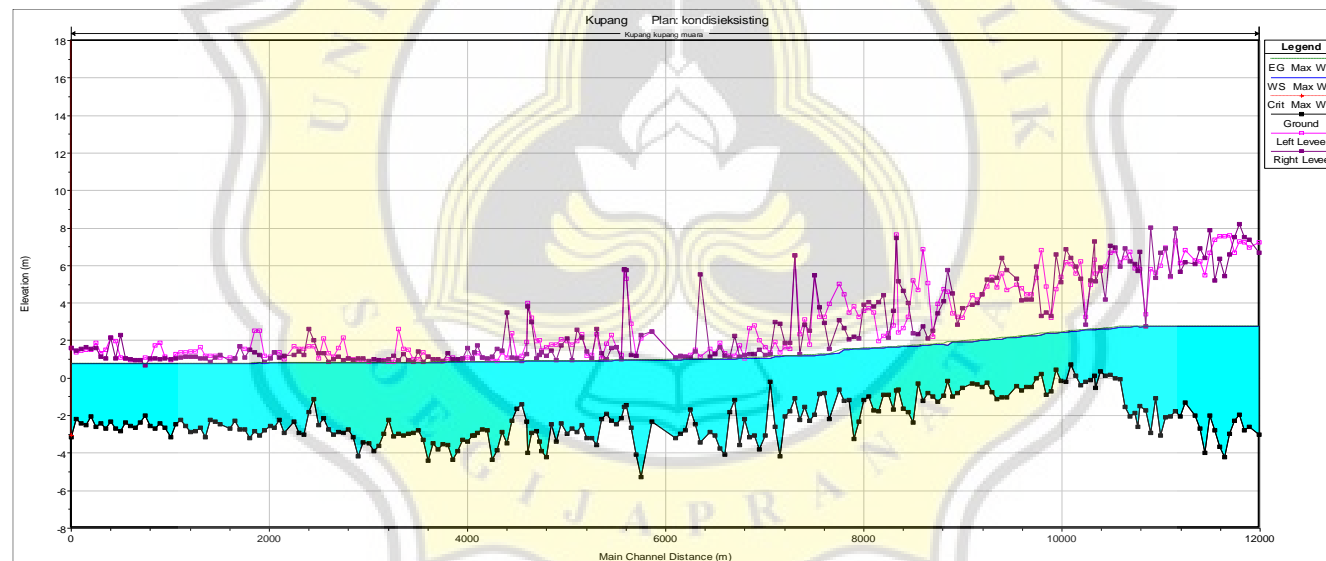


Gambar 4.29 Profil Muka Air Sungai Banger Kondisi Eksisting Pada Setiap Periode Ulang



#### 4.4.3 Kapasitas eksisting Sungai Kupang

Setelah dilakukan simulasi dengan debit banjir rencana, diketahui bahwa kapasitas Sungai Kupang tidak cukup menampung debit banjir rencana. Hal ini disebabkan karena elevasi muka air banjir melebihi kapasitas tampungan untuk kondisi eksisting Sungai Kupang. Pada saat kondisi eksisting Sungai Kupang hanya mampu menampung air sebesar 0,08 % dari periode ulang 10 tahunan yaitu  $25,06 \text{ m}^3/\text{s}$ . Gambar 4.30 menunjukkan profil muka air eksisting Sungai Kupang.



Gambar 4.30 Profil Muka Air Eksisting Sungai Kupang Debit  $25,06 \text{ m}^3/\text{s}$



#### 4.4.4 Solusi alternatif

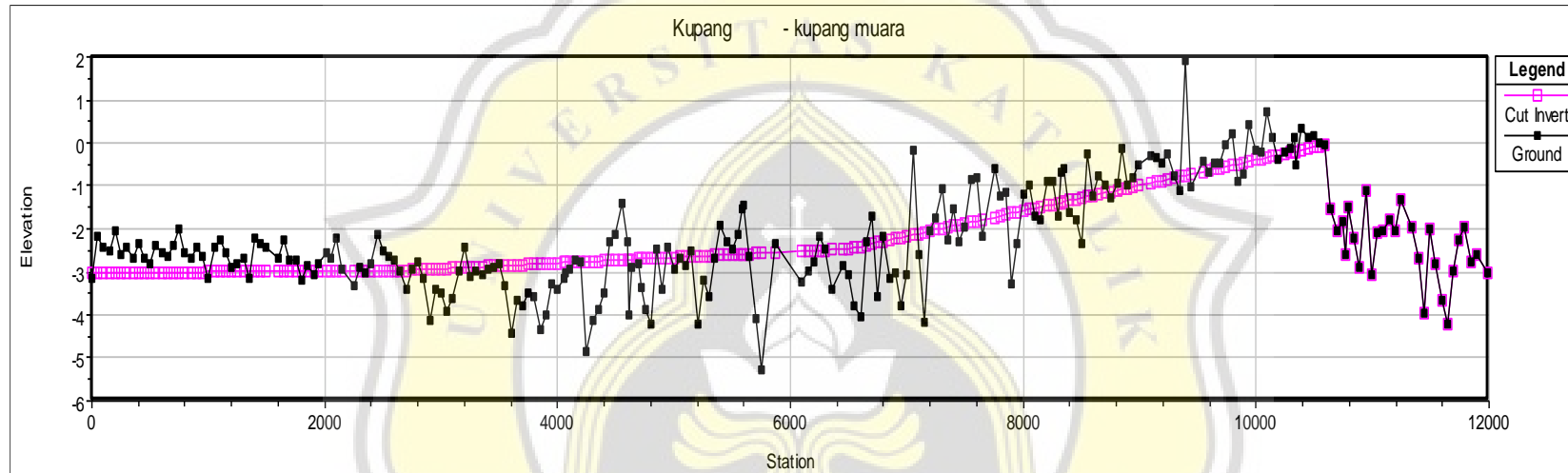
Hasil analisa menunjukkan ketidakmampuan kapasitas Sungai Kupang dalam menampung debit banjir rencana pada setiap periode ulang. Solusi alternatif dalam pengendalian banjir yang dapat dilakukan adalah normalisasi sungai. Normalisasi dilakukan dengan cara pengerukan sedimentasi dan pelebaran penampang sungai sehingga tidak terjadi limpasan.

##### 1. Pengerukan sedimentasi

Sedimentasi di Sungai Kupang mengakibatkan penyempitan penampang dan pendangkalan sungai yang mengakibatkan banjir, maka perlu dilakukan pengerukan sedimentasi atau pengerukan alur sungai yang bertujuan untuk memperbesar kapasitas tampungan sungai dan mempelancar aliran sungai. Pengerukan sedimentasi dilakukan mulai dari *station* 10650 (percabangan sungai) hingga *station* 0 (hilir sungai). Gambar perbandingan elevasi dasar sungai eksisting dan normalisasi dapat dilihat pada Gambar 4.31.

##### 2. Pelebaran penampang sungai

Memperbesar penampang sungai dilakukan dengan bantuan HEC-RAS dengan cara coba-coba (*trial and error*) agar tidak terjadi banjir lagi. Pelebaran penampang dilakukan dari *station* 12000 (bagian hulu) – *station* 0 (bagian hilir) yakni sepanjang  $\pm 12$  km. Penampang yang dipilih adalah segi empat dengan dinding penahan *sheet pile*. Koefisien manning untuk *sheet pile* adalah 0,018 (beton kasar). Lebar penampang dipilih sedemikian rupa dan disesuaikan dengan kondisi lapangan. Gambar 4.32 menunjukkan Pelebaran penampang *cross section* Sungai Kupang.

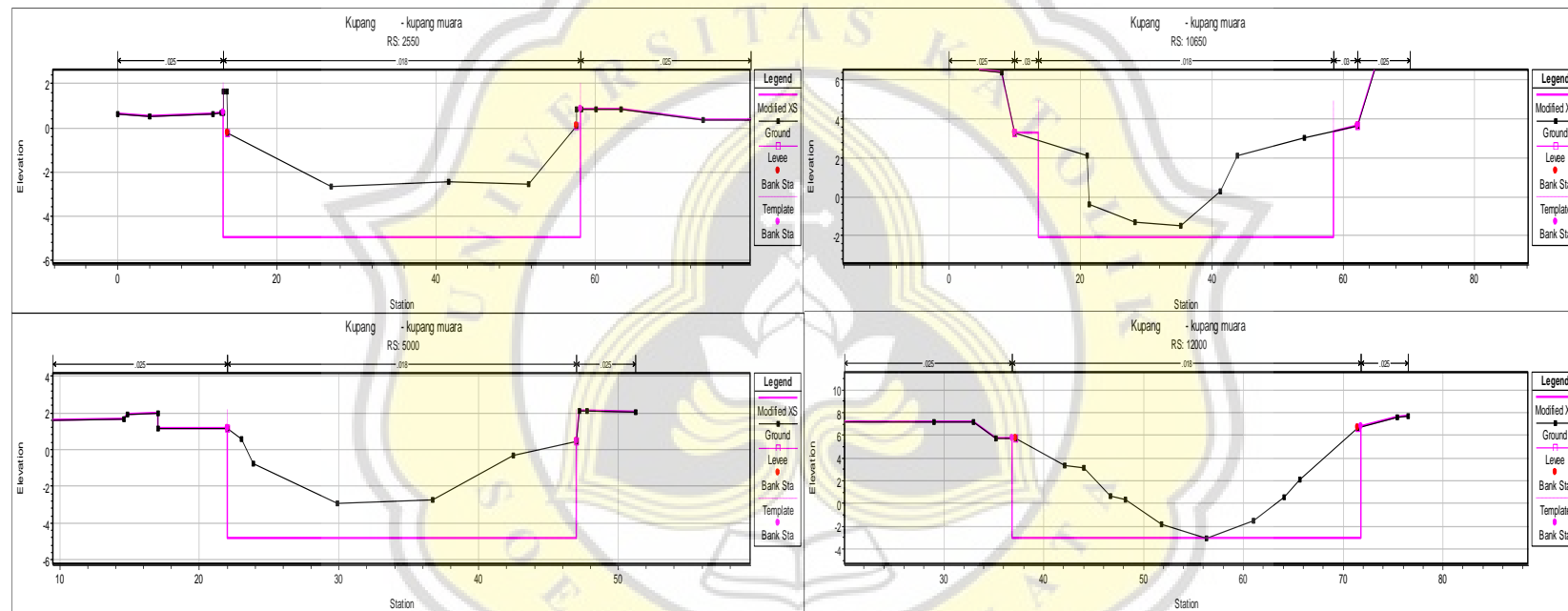


Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Elevasi Dasar Sungai Eksisting dan Normalisasi di Sungai Kupang

Gambar 4.31 menunjukkan grafik perbandingan elevasi dasar Sungai Kupang eksisting dengan normalisasi. Warna hitam menunjukkan elevasi dasar sungai eksisting dan warna ungu menunjukkan elevasi dasar sungai setelah dinormalisasi. Elevasi dasar sungai normalisasi memiliki rentang kemiringan sebesar 0,00003 – 0,0006 dan dibagi dalam beberapa segmen, sehingga air dapat mengalir menuju muara dengan lancar.



Tugas Akhir  
Kajian Kapasitas Alur Sungai Kupang Kota Pekalongan dalam  
Mengendalikan Banjir dengan Menggunakan HEC-RAS

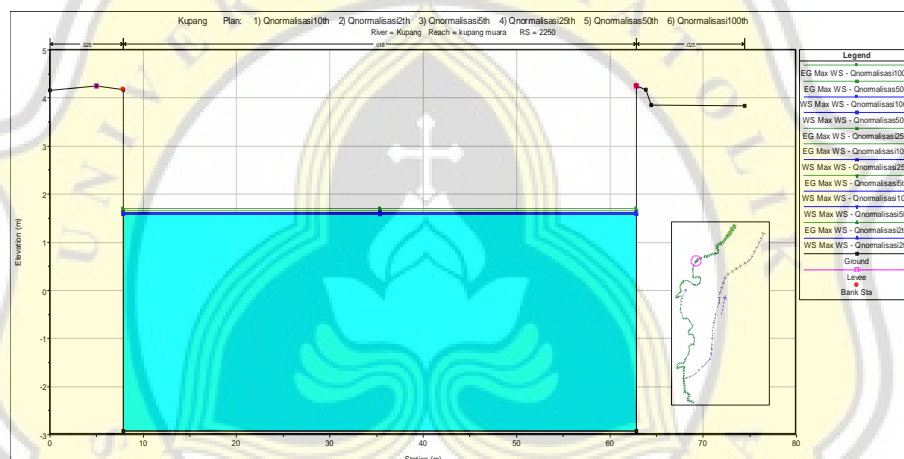


Gambar 4.32 Pelebaran Penampang *Cross Section* Sungai Kupang

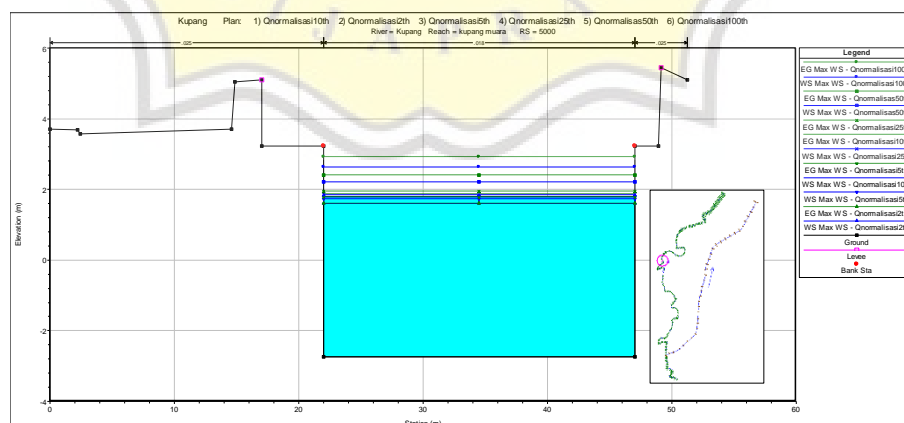
Gambar 4.32 menunjukkan pelebaran penampang *cross section* Sungai Kupang di *station* 2550, 5000, 10650 dan 9400. Garis ungu menunjukkan pelebaran penampang normalisasi sedangkan titik merah adalah *bank station* atau bantaran sungai sebelum normalisasi.

#### 4.4.5 Output pemodelan HEC-RAS normalisasi

Setelah dilakukan pengerukan sedimentasi dan pelebaran penampang sungai, maka dilakukan *simulation run* sehingga dapat diketahui bentuk penampang sungai, tinggi muka air dan kapasitas Sungai Kupang memenuhi atau tidak. Jika hasil simulasi masih belum memenuhi, maka dilakukan pelebaran penampang pada *cross section* tertentu sehingga kapasitas Sungai Kupang dapat menampung debit banjir rencana. Berdasarkan tipologi kota, periode ulang yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan normalisasi sungai adalah 10 tahunan. Berikut Gambar 4.33 – Gambar 4.36 menunjukkan kapasitas Sungai Kupang normalisasi pada setiap periode ulang.

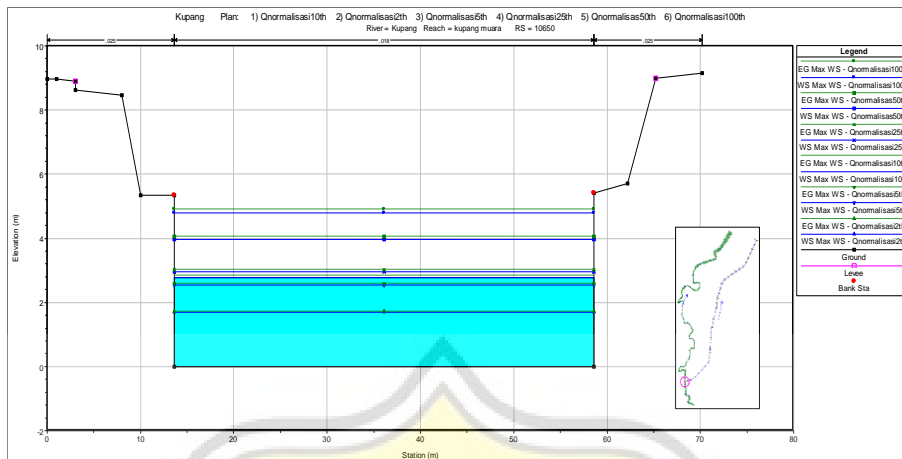


Gambar 4.33 Kapasitas Sungai Kupang Normalisasi di *Station 2550* Pada Setiap Periode Ulang

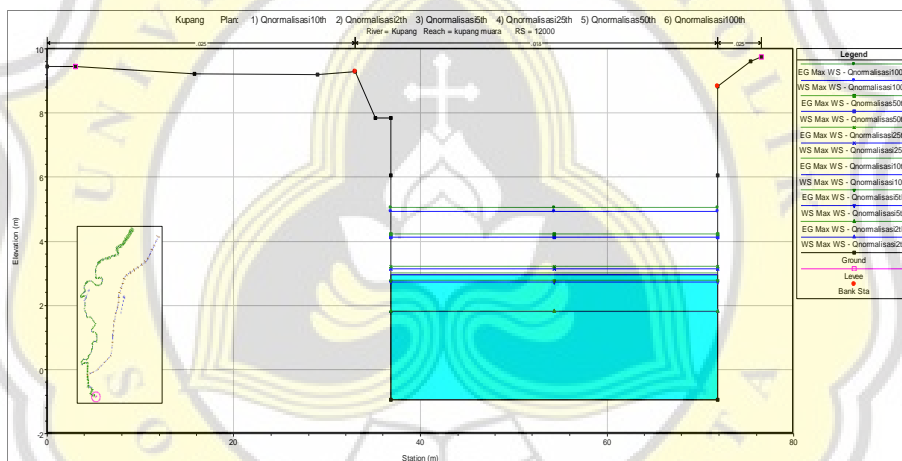


Gambar 4.34 Kapasitas Sungai Kupang Normalisasi di *Station 5000* Pada Setiap Periode Ulang





Gambar 4.35 Kapasitas Sungai Kupang Normalisasi di *Station* 10650 Pada Setiap Periode Ulang

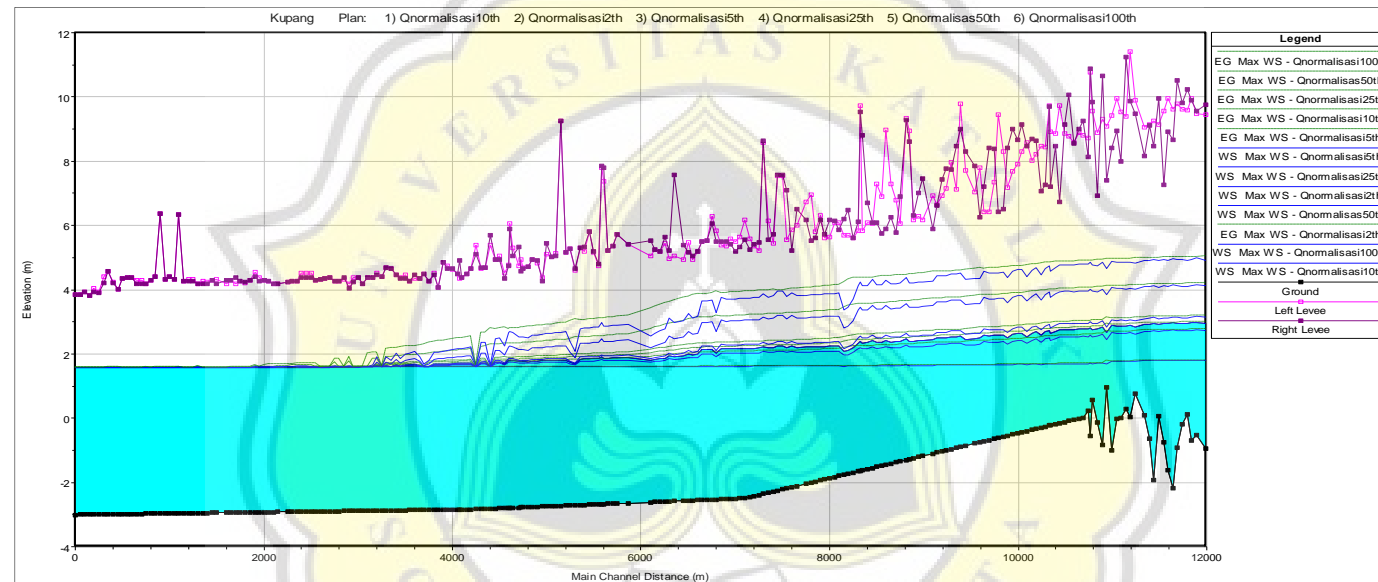


Gambar 4.36 Kapasitas Sungai Kupang *Station* Normalisasi di 12000 Pada Setiap Periode Ulang

Pada contoh Gambar 4.33 - Gambar 4.36 penampang Sungai Kupang dengan penampang yang sudah diperlebar dan diperbaiki dengan rentang lebar penampang sebesar 25 – 120 meter tidak ditemukan lagi air sungai yang meluap, sehingga *cross section* tersebut dapat menampung debit banjir rencana Sungai Kupang.



Tugas Akhir  
Kajian Kapasitas Alur Sungai Kupang Kota Pekalongan dalam  
Mengendalikan Banjir dengan Menggunakan HEC-RAS



Gambar 4.37 Profil Muka Air Sungai Kupang Normalisasi Pada Setiap Periode Ulang

Gambar 4.37 menunjukkan profil muka air setelah dilakukan normalisasi. Dari gambar tersebut tidak ditemukan lagi limpasan di sepanjang alur Sungai Kupang terhadap debit banjir 10 tahunan.