



**PEMODELAN INTENSITAS HUJAN SEBAGAI FUNGSI DARI DURASI
HUJAN DAN PROBABILITAS**

(Studi Kasus: Wilayah DAS Lesti, Malang, Jawa Timur)

TESIS

Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister



OLEH :

ANGGUN SUGIARTI

NIM 136060417011001

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK PENGAIRAN
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR**

JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

RINGKASAN

Anggun Sugiarti, Program Magister Teknik Pengairan, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Juni 2015. Pemodelan Intensitas Hujan sebagai Fungsi dari Durasi Hujan dan Probabilitas (Studi Kasus: Wilayah DAS Lesti, Malang, Jawa Timur). Komisi Pembimbing: Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST., MT. dan Emma Yuliani, ST., MT., Ph.D.

Mengenal dan memformulasi pola hujan bermanfaat dalam upaya pengendalian dampak negatif akibat hujan. Intensitas hujan dan probabilitas hujan adalah variabel penting dalam perencanaan teknis. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh suatu model intensitas hujan yang dapat memprediksi intensitas hujan pada durasi lain dan probabilitas secara akurat. Persamaan tersebut dibandingkan dengan metode Talbot, Sherman, dan Ishiguro. Untuk memperkuat hasil pemodelan dilakukan uji verifikasi melalui perbandingan debit dari intensitas hujan pemodelan dengan debit pengamatan di Tawangrejeni. Hasil persamaan model intensitas hujan tergolong baik jika dibandingkan dengan hasil pengamatan perdurasi. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi >0.831 dan koefisien *Nash-Sutcliffe* >99 . Persamaan akhir pola intensitas hujan hasil pemodelan adalah $I_{t,p} = 15,92e^{-0,025p} + 4,4312e^{-0,012p} \cdot (1/t)$. Prediksi intensitas hujan ($I_{t,p}$) pada sembarang durasi (t ;jam) dan probabilitas hujan (p ;%) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan ini.

Kata kunci: Pemodelan, Intensitas Hujan, Durasi, Probabilitas





RESUME

Anggun Sugiarti, Water Resources Engineering, Master Degree, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya. June 2015. *The Rainfall Intensity Model as a Function of Rainfall Duration and Probability (Case Study: Lesti Watershed, Malang, East Java)*. Advisory Committee: Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST., MT. dan Emma Yuliani, ST., MT., Ph.D.

Recognizing and formulating the rainfall intensity are very helpful to control the negative effects of rain. Rainfall intensity and rainfall probability are important for technical planning. This research aims to find a rainfall intensity model which can accurately predicts both of rainfall intensity on other duration and the probability. Further, this formula compared to the rainfall intensity formula based on Talbot, Sherman, and Ishiguro methods. The verification tests through comparison between the discharge of rainfall intensity model and observation discharge in Tawangrejeni were used to affirm the model. The result of rainfall intensity model is quite good compared to periodic observation of rainfall intensity. This is indicated by the correlation coefficient (>0.831) and Nash-Sutcliffe coefficient (>99). The final equation of rainfall intensity model is $I_{t,p} = 15,922e^{-0,025p} + 4,4312e^{-0,012p} \cdot (1/t)$. Rainfall Prediction ($I_{t,p}$) on any duration (t ;h) and rainfall probability (p ;%) can be done by using this equation.

Keywords: Modeling, Rainfall intensity, duration, probability

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Rumusan Masalah.....	4
1.5. Tujuan dan Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Siklus Hidrologi.....	6
2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	8
2.3. Presipitasi (Hujan).....	10
2.3.1. Pengertian Hujan.....	10
2.3.2. Proses Terjadinya Hujan.....	11
2.3.3. Daerah Persebaran Hujan.....	12
2.3.4. Pembagian Hujan.....	13
2.4. Uji Outliers.....	15
2.5. Uji Kesesuaian Distribusi.....	16
2.5.1. Uji <i>Smirnov Kolmogorof</i>	16
2.5.2. Uji <i>Chi Square</i>	18
2.6. Transformasi Data.....	21
2.7. Intensitas Curah Hujan.....	21
2.8. Model Hidrologi.....	24
2.8.1. Analisa Model.....	25
2.8.2. Model Regresi.....	27
2.8.2.1. Analisis Grafis.....	27
2.8.2.2. Prosedur Analitis.....	27
2.8.3. Uji Keakurasian Model.....	28
2.8.4. Analisa Korelasi.....	29
2.8.5. Perhitungan <i>Mean Absolute Error (MAE)</i>	30
2.8.6. Uji <i>Nash-Shutcliffe</i>	31
2.9. Verifikasi Pemodelan.....	31
2.9.1. Validasi Data Debit.....	31
2.9.1.1 Uji Ketidakadaan trend.....	32
2.9.1.2 Uji Stasioner.....	34
2.9.1.3 Uji Persistensi.....	35
2.9.2. Analisis Frekuensi.....	36
2.9.2.1 Metode Log Pearson Tipe III.....	37
2.9.2.2 Metode Gumbel.....	40
2.9.2.3 Metode Log Normal.....	44
2.9.3. Metode Rasional.....	47
2.9.3.1 Waktu Konsentrasi.....	48
2.9.3.2 Luas DAS (A).....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai K_n Untuk Uji <i>Outlier</i>	16
Tabel 2.2 Nilai D_{kritis} untuk Smirnov-Kolmogorof	18
Tabel 2.3 Harga χ^2 untuk <i>Chi Square Test</i>	20
Tabel 2.4 Syarat Pemilihan Metode Frekuensi	37
Tabel 2.5 Nilai C_s Negatif Distribusi Log Pearson Type III	39
Tabel 2.6 Nilai C_s Positif Distribusi Log Pearson Type III	40
Tabel 2.7 Hubungan Reduksi Variat Rata-rata (Y_n) dengan Jumlah Data (n)	42
Tabel 2.8 Hubungan Antara Deviasi Standar dan Reduksi Variat Dengan Jumlah Data	43
Tabel 2.9 Nilai Variabel Reduksi Gumbel	44
Tabel 2.10 Faktor Frekuensi untuk Distribusi Log Normal 3 Parameter	45
Tabel 2.11 Wilayah Luas Di Bawah Kurva Normal	46
Tabel 2.12 Nilai Variabel Reduksi Gauss	46
Tabel 2.13 Nilai k untuk Distribusi Log Normal 3 Parameter	47
Tabel 2.14 Koefisien Limpasan (C) untuk Metode Rasional	50
Tabel 2.15 Koefisien runoff untuk Metode Rasional	51
Tabel 2.16 Koefisien Limpasan C untuk Metode Rasional Berdasarkan Lereng, Tanaman Penutup Tanah dan Tekstur Tanah	51
Tabel 4.1 Perhitungan Intensitas dan Probabilitas Hujan Durasi 5 Jam	76
Tabel 4.2 Nilai K_n untuk Uji <i>Outliers</i>	82
Tabel 4.3 Data Hujan Jam-jaman Setelah dilakukan Uji <i>Outliers</i> Durasi 5 Jam	82
Tabel 4.4 Perhitungan D_{maks} Uji Smirnov-Kolmogorof	88
Tabel 4.5 Hasil D_{maks} dan D_{kritis} Uji Smirnov-Kolmogorof	93
Tabel 4.6 Perhitungan D_{maks} Uji Smirnov-Kolmogorof Menggunakan Transformasi Data	93
Tabel 4.7 Hasil D_{maks} dan D_{kritis} Uji Smirnov-Kolmogorof	99
Tabel 4.8 Nilai Koefisien A dan B dari Persamaan Linier	101
Tabel 4.9 Nilai Koefisien Determinasi (R^2) Persamaan Linier	101
Tabel 4.10 Proyeksi Nilai Intensitas Hujan Menurut $p = 5\%$ sampai 95%	102
Tabel 4.11 Nilai Koefisien A dan B	103
Tabel 4.12 Perbandingan Nilai Intensitas Hujan Durasi 5 Jam	105
Tabel 4.13 Rekapitulasi Nilai Intensitas Hujan Pengamatan	111
Tabel 4.14 Rekapitulasi Nilai Intensitas Hujan Pemodelan	111
Tabel 4.15 Nilai Koefisien Korelasi Intensitas Hujan Pengamatan dan Pemodelan ..	112
Tabel 4.16 Nilai Koefisien E_{NS}	113
Tabel 4.17 Perhitungan Metode Talbot $Tr=2$ tahun	115
Tabel 4.18 Perhitungan Intensitas Hujan Metode Talbot $Tr=2$ tahun	116
Tabel 4.19 Perhitungan Metode Sherman $Tr=2$ tahun	117
Tabel 4.20 Perhitungan Intensitas Hujan Metode Sherman $Tr=2$ tahun	118
Tabel 4.21 Perhitungan Metode Ishiguro $Tr=2$ tahun	119
Tabel 4.22 Perhitungan Intensitas Hujan Metode Ishiguro $Tr=2$ tahun	120
Tabel 4.23 Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan $Tr=2$ tahun	121
Tabel 4.24 Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan $Tr=50$ tahun	123
Tabel 4.25 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Talbot	124
Tabel 4.26 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Sherman	124
Tabel 4.27 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Ishiguro	125





Tabel 4.28 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Pemodelan	125
Tabel 4.29 Nilai Korelasi Masing-masing Metode	126
Tabel 4.30 Nilai <i>Mean Absolute Error (MAE)</i> Masing-masing Metode	128
Tabel 4.31 Debit Harian Maksimum Tahunan DAS Lesti Tahun 1991-2012	130
Tabel 4.32 Data Debit Harian Maksimum Tahunan	133
Tabel 4.33 Uji Ketiadaan Trend Metode <i>Spearman</i>	134
Tabel 4.34 Perhitungan Uji Mann dan Whitney	136
Tabel 4.35 Perhitungan Uji Stasioner	138
Tabel 4.36 Perhitungan Uji Persistensi	140
Tabel 4.37 Perhitungan Distribusi Gumbel	142
Tabel 4.38 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Gumbel	144
Tabel 4.39 Perhitungan Distribusi Log Pearson III	145
Tabel 4.40 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Log Pearson	148
Tabel 4.41 Perhitungan Distribusi Log Normal	149
Tabel 4.42 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Log Normal	150
Tabel 4.43 Rekapitulasi Analisis Frekuensi Berbagai Metode	151
Tabel 4.44 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorof Metode Gumbel	153
Tabel 4.45 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorof Metode Log Pearson Type III	157
Tabel 4.46 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorof Metode Log Normal	160
Tabel 4.47 Perhitungan Uji Chi Square Metode Gumbel	163
Tabel 4.48 Perhitungan Uji Simpangan Vertikal-1 Metode Gumbel	165
Tabel 4.49 Perhitungan Uji Simpangan Vertikal-2 Metode Gumbel	165
Tabel 4.50 Perhitungan Uji Chi Square Metode Log Pearson Type III	166
Tabel 4.51 Perhitungan Uji Simpangan Vertikal-1 Metode Log Pearson Type III	168
Tabel 4.52 Perhitungan Uji Simpangan Vertikal-2 Metode Log Pearson Type III	169
Tabel 4.53 Uji Simpangan Vertikal-1 Metode Log Normal	169
Tabel 4.54 Perhitungan Uji Simpangan Vertikal-2 Metode Log Normal	171
Tabel 4.55 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Smirnov-Kolmogorof	172
Tabel 4.56 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Chi-Square	172
Tabel 4.57 Koefisien Pengaliran Setiap Sub DAS	176
Tabel 4.58 Tabel Kondisi Tata Guna Lahan	177
Tabel 4.59 Tata Guna Lahan pada Sub DAS 1	177
Tabel 4.60 Perhitungan Koefisien Limpasan Setiap Sub DAS	177
Tabel 4.61 Perhitungan Debit Metode Rasional (Kala Ulang 2 Tahun)	179
Tabel 4.62 Rekapitulasi Debit Metode Rasional	179
Tabel 4.63 Indeks Tingkat Percabangan Sungai	181
Tabel 4.64 Lengkung Hidrograf Nakayasu	183
Tabel 4.65 Unit Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu	185
Tabel 4.66 Hidrograf Banjir Kala Ulang 2 Tahun	186
Tabel 4.67 Hidrograf Banjir Kala Ulang 5 Tahun	187
Tabel 4.68 Hidrograf Banjir Kala Ulang 7 Tahun	188
Tabel 4.69 Hidrograf Banjir Kala Ulang 10 Tahun	189
Tabel 4.70 Hidrograf Banjir Kala Ulang 15 Tahun	190
Tabel 4.71 Hidrograf Banjir Kala Ulang 20 Tahun	191
Tabel 4.72 Rekapitulasi Q Rancangan Metode Nakayasu dengan Intensitas Hujan Pemodelan	193
Tabel 4.73 Hidrograf Banjir Kala Ulang 2 Tahun	194
Tabel 4.74 Hidrograf Banjir Kala Ulang 5 Tahun	195



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Hidrologi	6
Gambar 2.2 Proses Terjadinya Hujan	11
Gambar 2.2 Hujan Orografis	14
Gambar 2.3 Hujan Konveksi	13
Gambar 2.4 Hubungan antara Hujan Efektif dengan Limpasan Langsung	52
Gambar 2.5 Prinsip Lebar Dasar yang Konstan	53
Gambar 2.6 Prinsip Proporsional Antara Hujan Efektif	54
Gambar 2.7 Prinsip Superposisi	55
Gambar 2.8 Hidrograf Satuan Sintetik Metode Nakayasu	58
Gambar 3.1 Peta Kabupaten Malang	61
Gambar 3.2 Peta DAS Lesti	62
Gambar 3.3 Peta Sub DAS Brantas Hulu	62
Gambar 3.4 Sungai Lesti Kecamatan Poncokusumo	63
Gambar 3.5 Sungai Lesti Kecamatan Wajak	63
Gambar 3.6 Sungai Lesti Kecamatan Pagelaran	64
Gambar 3.7 Sungai Lesti Kecamatan Gondanglegi	64
Gambar 3.8 Sungai Lesti Kecamatan Dampit	65
Gambar 3.9 Sungai Lesti Kecamatan Turen	65
Gambar 3.10 Diagram Alir Pengerjaan Penelitian	72
Gambar 3.11 Diagram Alir Perhitungan Formulasi Model	73
Gambar 4.1 Hubungan Intensitas dan Probabilitas Hujan Durasi 5 Jam	100
Gambar 4.2 Hubungan dari Persamaan Linier $I_p = f(\frac{1}{T})$	103
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Probabilitas dengan Nilai Koefisien A dan Nilai Koefisien B	104
Gambar 4.4 Hubungan Intensitas Hujan Pengamatan dan Intensitas Hujan Model Durasi 5 Jam	110
Gambar 4.5 Hubungan Intensitas Hujan Pengamatan dengan Metode Lainnya $T_r=2$ tahun	121
Gambar 4.6 Hubungan Intensitas Hujan Pengamatan dengan Metode Lainnya $T_r=50$ tahun	123
Gambar 4.7 Perbandingan Nilai Korelasi Antar Metode	126
Gambar 4.8 Perbandingan Nilai MAE Antar Metode	128
Gambar 4.9 Pembagian Sub DAS Lesti Hulu dan Sub DAS Lesti Genteng	174
Gambar 4.10 Peta Pembagian Sub DAS Berdasarkan Anak Sungai	175
Gambar 4.11 Peta Tata Guna Lahan Sub DAS Lesti Hulu dan Sub DAS Lesti Genteng	178
Gambar 4.11 Unit Hidrograf Satuan Sintetik Metode Nakayasu	184
Gambar 4.12 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu Pemodelan	192
Gambar 4.13 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu (I Talbot)	200



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengamatan	213
Lampiran 2. Uji Outliers Curah Hujan Jam-Jaman	225
Lampiran 3. Uji Normalitas Data	226
Lampiran 4. Hubungan Antara <i>Log I</i> dan Probabilitas (%)	227
Lampiran 5. Hubungan Intensitas Hujan dan Durasi pada Setiap Probabilitas	229
Lampiran 6. Hubungan Intensitas Hujan Pengamatan dengan Persamaan Model	236
Lampiran 7. Perhitungan Intensitas Hujan Metode Sherman, Talbot, dan Ishiguro ..	246
Lampiran 8. Perhitungan Nilai Korelasi Berbagai Metode	250
Lampiran 9. Uji Outliers Debit Harian Maksimum Tahunan	264
Lampiran 10. Koefisien Pengaliran dan Debit pada Sub DAS	265



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perubahan kondisi iklim bumi secara global akibat efek gas rumah kaca telah memberi dampak pada kondisi cuaca atau iklim ekstrim regional dan lokal wilayah Indonesia. Dampak kondisi penyimpangan iklim (cuaca ekstrim) yang nyata adalah meningkatnya intensitas curah hujan, banjir bandang dan banjir pasang (rob), badai lokal atau angin puting beliung, suhu perkotaan kian naik, kekeringan dan tanah longsor.

Analisa data hujan yang memiliki kualitas baik sangatlah penting untuk konservasi sumber daya air misalnya untuk penanganan banjir dan perencanaan bangunan air. Pada perencanaan dan pengelolaan sumber daya air, data debit air adalah salah satu faktor penting, sedangkan untuk mendapatkan perhitungan data debit air, dasarnya adalah data intensitas hujan. Kondisi hidrologi di setiap daerah, termasuk Indonesia sangat bervariasi dan khas, sehingga tidak semua cara atau konsep cocok digunakan dalam memecahkan masalah hidrologi untuk setiap daerah.

Mengenal dan memformulasi pola hujan sangat bermanfaat untuk upaya-upaya pengendalian dampak negatif akibat hujan. Hasil formulasi pola hujan sangat penting untuk upaya-upaya penanganan Kawasan DAS Lesti. Perencanaan bangunan konservasi, dan implementasi kegiatan vegetatif semuanya memerlukan masukan data dan pola hujan.

Terdapat tiga variabel utama hujan yang hampir selalu diamati untuk berbagai kebutuhan analisa, prediksi dan perencanaan, yaitu ketebalan hujan (R),



durasi hujan (t), dan distribusinya dalam ruang dan waktu. Berdasarkan tiga variabel utama ini, dapat diturunkan variabel hujan lain, antara lain intensitas hujan (I) dan probabilitas hujan atau periode ulang kejadian hujan (T). Dalam bidang perencanaan teknis, dua variabel ini merupakan variabel yang sangat penting.

Telah dikenal metode prediksi intensitas hujan menurut durasi dan probabilitas hujan, antara lain Jenis Talbot, Jenis Sherman, dan Jenis Ishiguro. Metoda ini menyajikan prediksi intensitas hujan sebagai fungsi durasi hujan menurut kelompok periode ulang kejadian hujan. Artinya, untuk memprediksi intensitas hujan pada sejumlah x periode ulang hujan diperlukan sebanyak x persamaan.

Penelitian ini akan menghasilkan persamaan dengan memasukkan variabel probabilitas dalam proses penyusunan model intensitas hujan, sehingga intensitas hujan dapat ditentukan secara langsung untuk setiap durasi hujan dan probabilitas kejadiannya. Persamaan tersebut akan dibandingkan pula dengan formulasi pola intensitas hujan berdasarkan tiga metode yaitu metode Talbot (1881), metode Sherman (1905), dan metode Ishiguro (1953). Kajian dilakukan untuk data hujan yang dikumpulkan dari kawasan DAS Lesti agar hasil analisa bermanfaat bagi perencanaan upaya konservasi dan rehabilitasi lahan kawasan ini.

1.2. Identifikasi Masalah

Kondisi DAS di Wilayah Sungai Brantas telah banyak mengalami kerusakan dan penurunan fungsi, khususnya di sub DAS Brantas Hulu, sub DAS Lekso, sub DAS Konto Hulu, dan sub DAS Brangkal. Karena kondisinya yang sangat parah,



keempat sub DAS tersebut telah ditetapkan sebagai target area untuk pelaksanaan Rencana Induk Konservasi DAS yang dihasilkan dari *Studi Water Resources Existing Facilities Rehabilitation and Capacity Improvement Project* (WREFR & CIP) yang disusun pada tahun 2005.

Surat kabar *online* Radar Malang pada tanggal 15 Desember 2013 disampaikan bahwa daerah Kabupaten Malang yang memiliki potensi banjir adalah Bumiaji, Lawang, Dau, Wagir, Pakis, Poncokusumo, Wajak, Ampelgading, Tirtoyudo, Pakisaji, Bantur, Turen, Kalipare, dan Dampit.

Beberapa daerah tersebut merupakan bagian dari DAS Lesti dimana DAS tersebut memiliki kondisi banyak hutan gundul yang mengakibatkan kekhawatiran akan bahaya longsor, banjir, dan bencana lain. Masalah banjir dan kekeringan diyakini sebagai dampak dari sistem tata air di wilayah DAS yang buruk.

Bencana banjir yang merusak 11 rumah sempat terjadi pada lokasi studi di Wilayah Poncokusumo. Hal tersebut disampaikan dalam Surat Kabar Tempo pada tanggal 15 Februari 2013. Puncak hujan terjadi pada Bulan Januari hingga Februari. Kerusakan rumah tersebut dikarenakan banjir, angin kencang, hujan es, dan sambaran petir. Sambaran petir tersebut menandakan pertumbuhan awan cumulonimbus. Awan tersebut merupakan pembentukan titik hujan. Hal tersebut terjadi dikarenakan tingginya intensitas hujan dan air yang tidak dapat lagi dikendalikan oleh vegetasi.

Salah satu bentuk penanganan untuk mengendalikan banjir adalah membangun saluran drainase yang dapat menampung debit yang disebabkan oleh curah hujan. Dalam perencanaan bangunan air tersebut, pertama kali harus ditentukan debit banjir perencanaan. Besarnya debit banjir perencanaan tersebut



ditentukan oleh intensitas hujan. Data intensitas hujan tersebut berbeda-beda setiap daerah, tergantung dari lama curah hujan dan frekuensi terjadinya. Data intensitas hujan sangat penting karena akan mempengaruhi proses perhitungan analisa dimensi bangunan air, maka dari itu diperlukan ketelitian dan perhitungan yang tepat.

Berdasarkan permasalahan di atas, peneliti mencoba untuk mengkaji persamaan intensitas curah hujan. Hasil persamaan intensitas curah hujan sangat penting untuk upaya-upaya penanganan perencanaan dan pengelolaan sumber daya air.

1.3. Batasan Masalah

Studi ini perlu batasan masalah agar terarah sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Adapun batasan masalah yaitu:

1. Daerah studi adalah wilayah DAS Lesti pada stasiun curah hujan Dampit dan Poncokusumo serta AWLR di Tawangrejeni.
2. Menganalisis dan menentukan besarnya intensitas hujan pada setiap durasi hujan (jam) tertentu untuk setiap periode ulang kejadian hujan tertentu (tahun).
3. Menganalisis dan memformulasi model intensitas hujan yang paling sesuai untuk kawasan DAS Lesti.
4. Melakukan uji validasi melalui data debit dari AWLR.

1.4. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam studi ini yaitu:

1. Bagaimana intensitas hujan pada DAS Lesti?



2. Bagaimana formulasi model intensitas sebagai fungsi dari lama hujan (duration) dan probabilitas kejadian hujan untuk kawasan DAS Lesti?

3. Bagaimana perbandingan antara intensitas hujan hasil pengukuran stasiun hujan, metode Talbot, metode Sherman, metode Ishiguro dan persamaan model intensitas hujan pada daerah studi?

4. Bagaimana Verifikasi persamaan model intensitas hujan menggunakan debit banjir rancangan metode rasional dan HSS Nakayasu?

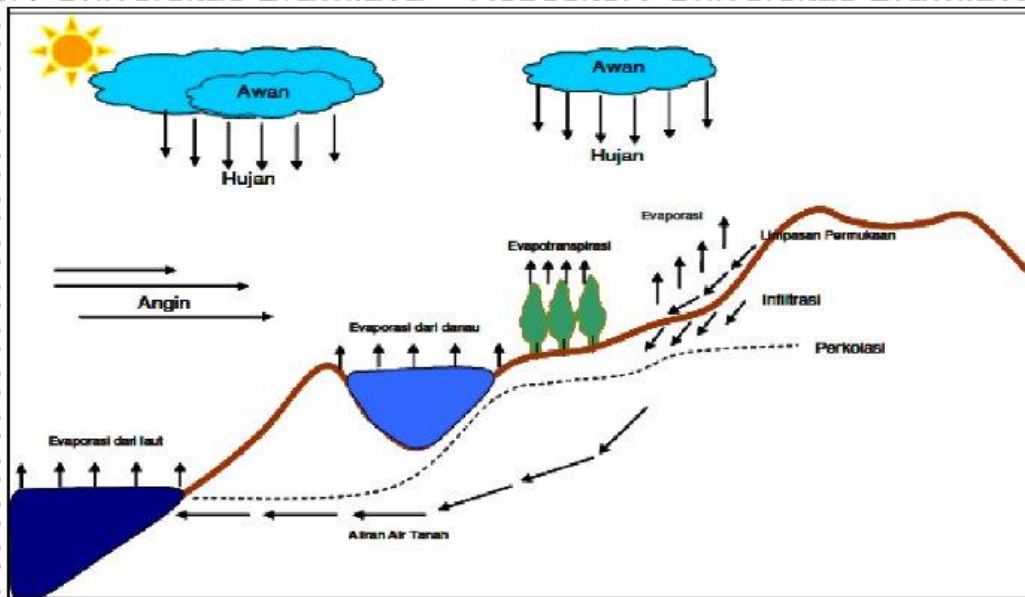
1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan kajian ini antara lain adalah memperoleh suatu model intensitas hujan dalam bentuk persamaan yang sederhana, namun dapat digunakan untuk memprediksi intensitas hujan pada sembarang durasi dan probabilitas secara fleksibel dan akurat. Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah untuk memprediksi intensitas hujan pada kawasan DAS Lesti dan dapat dikembangkan untuk kawasan-kawasan lainnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan salah satu aspek penting yang diperlukan pada proses analisa hidrologi. Siklus hidrologi menurut Soemarto (1987) adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali. Dalam siklus hidrologi ini terdapat beberapa proses yang saling terkait, yaitu antara proses hujan (*presipitation*), penguapan (*evaporation*), transpirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran limpasan (*runoff*), dan aliran bawah tanah.



Gambar 2.1. Siklus Hidrologi

Sumber: Anonim, 2006

Penguapan merupakan proses alami berubahnya molekul cairan menjadi molekul gas/uap. Penguapan dapat terjadi dari semua permukaan yang lembab, baik dari permukaan tanah, permukaan tanaman maupun dari permukaan air. Penguapan yang berasal dari benda-benda mati seperti tanah, danau, dan sungai



disebut evaporasi (*evaporation*), sedangkan penguapan yang berasal dari hasil pernafasan benda hidup seperti tumbuhan, hewan, dan manusia disebut tranpirasi (*transpiration*), dan jika penguapan itu berasal dari benda-benda mati dan tanaman maka disebut *evapotranspirasi*. Akibat penguapan ini terkumpul massa uap air, yang dalam kondisi atmosfer tertentu dapat membentuk awan.

Awan dalam keadaan ini yang kalau masih mempunyai butir-butir air yang berdiameter lebih kecil dari 1 mm, masih akan melayang-layang di udara karena berat butir-butir tersebut masih lebih kecil dari pada gaya tekan ke atas udara. Akibat berbagai sebab klimatologis, awan tersebut akan menjadi awan yang potensial menimbulkan hujan, yang biasanya terjadi bila butir-butir berdiameter lebih besar dari 1 mm. Bila terjadi hujan masih besar kemungkinan air teruap kembali sebelum sampai di permukaan bumi, karena keadaan atmosfer tertentu. Hujan baru disebut sebagai hujan apabila telah sampai di permukaan bumi dan dapat diukur.

Air hujan yang jatuh di permukaan terbagi menjadi dua bagian, pertama sebagai aliran limpasan (*overland flow*) dan kedua bagian air yang terinfiltrasi. Jumlah yang mengalir sebagai aliran limpasan dan yang terinfiltrasi tergantung dari banyak faktor. Makin besar bagian air hujan yang mengalir sebagai aliran limpasan maka bagian air yang terinfiltrasi akan menjadi semakin kecil, demikian juga sebaliknya.

Aliran limpasan selanjutnya mengisi tampungan-cekungan (*depression stroge*). Apabila tampungan ini telah terpenuhi, air akan menjadi limpasan permukaan (*surface runoff*) yang selanjutnya ke sungai atau laut. Air yang terinfiltrasi, bila keadaan formasi geologi memungkinkan, sebagian besar



dapat mengalir lateral di lapisan tidak kenyang air (*unsaturated zone*), sebagai aliran antara (*subsurface flow/interflow*), sebagian yang lain akan mengalir vertikal (*perkolasi/percolation*) yang akan mencapai lapisan kenyang air (*saturated zone/aquifer*). Air dalam akuifer ini akan mengalir sebagai aliran air tanah (*groundwater flow/baseflow*), sungai atau tampungan dalam (*deep storage*). Sebagian besar air yang ada di permukaan bumi akan menguap kembali ke atmosfer.

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS adalah daerah yang dianggap sebagai wilayah suatu titik tertentu pada suatu sungai, dan dipisahkan dari DAS-DAS di sebelahnya oleh suatu pembagi berupa punggung bukit yang dapat ditelusuri pada peta topografi (Chow *et al.*, 1988). Menurut Asdak (1995), DAS adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung, sehingga air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan dialirkan melalui sungai-sungai kecil menuju sungai utama.

Sosrodarsono & Takeda (1993) menyatakan bahwa DAS adalah daerah tempat presipitasi yang akan terpusat ke sungai, dan dibatasi oleh garis batas daerah-daerah aliran yang berdampingan. Luas daerah aliran diperkirakan dengan mengukur daerah tersebut pada peta topografi.

DAS merupakan daerah tempat semua air di daerah tersebut akan mengalir ke dalam suatu sungai tertentu. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasarkan aliran air permukaan. Batas tersebut tidak ditetapkan berdasarkan air bawah tanah, karena permukaan airtanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian. Nama DAS ditandai oleh nama sungai yang bersangkutan dan dibatasi oleh titik kontrol



(*outlet*), yang umumnya merupakan stasiun hidrometri atau lokasi bangunan air (Harto, 1993).

Secara umum Daerah Aliran Sungai (DAS) di definisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan, seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberikan kontribusi aliran ke satu titik kontrol (*outlet*) (Suripin, 2001:183)

Daerah aliran sungai dapat dianggap sebagai suatu ekosistem, dimana di dalamnya terjadi interaksi antara faktor-faktor biotik, non biotik dan manusia.

Sebagai suatu ekosistem maka setiap ada masukan (*input*) ke dalamnya, proses yang terjadi dan berlangsung di dalamnya dapat dievaluasi berdasarkan keluaran (*output*) dari ekosistem tersebut. Komponen masukan dalam ekosistem DAS

adalah curah hujan, sedangkan komponen keluaran terdiri dari debit air dan muatan sedimen, sehingga DAS menjadi dasar dari semua perencanaan hidrologi.

Aktivitas suatu komponen ekosistem selalu memberi pengaruh pada komponen ekosistem yang lain. Manusia adalah salah satu komponen yang penting. Sebagai komponen yang dinamis, manusia dalam menjalankan aktivitasnya seringkali mengakibatkan dampak pada salah satu komponen

lingkungan, dan dengan demikian akan mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan. Maka apabila terjadi perubahan pada salah satu komponen lingkungan, ia akan mempengaruhi komponen-komponen yang lain. Pengaruh

atau interaksi manusia pada suatu DAS yang tercakup dalam pengelolaan tanaman dan praktek konservasi tanah, akan sangat mempengaruhi proses terjadinya erosi atau sebaliknya.



2.3. Presipitasi (Hujan)

2.3.1 Pengertian Hujan

Presipitasi diartikan sebagai air yang terdapat di dalam atmosfer, yaitu berupa embun, kabut, salju dan es. (Limantara, 2010:35). Salah satu bentuk presipitasi dalam siklus hidrologi adalah hujan. Hujan adalah peristiwa turunya air dari langit ke bumi atau jatuhnya hidrometeor yang berupa partikel-partikel air dengan diameter 0.5 mm atau lebih. Jika jatuhnya sampai ke tanah maka disebut hujan, akan tetapi apabila jatuhnya tidak dapat mencapai tanah karena menguap lagi maka jatuhnya tersebut disebut Virga. Hujan juga dapat didefinisikan dengan uap yang mengondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses hidrologi.

Hujan merupakan unsur iklim yang paling penting di Indonesia karena keragamannya yang sangat tinggi baik menurut waktu maupun tempat, sehingga kajian tentang iklim lebih banyak diarahkan pada hujan. Hujan adalah salah satu bentuk dari presipitasi. Presipitasi sebagai bentuk cair dan padat (es) yang jatuh ke permukaan bumi dimana kabut, embun dan embun beku bukan merupakan bagian dari presipitasi (*frost*) walaupun berperan dalam alih kebasahan (*moisture*).

Joyce, Martha *et al.* (1993:18) memaparkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya hujan diantaranya:

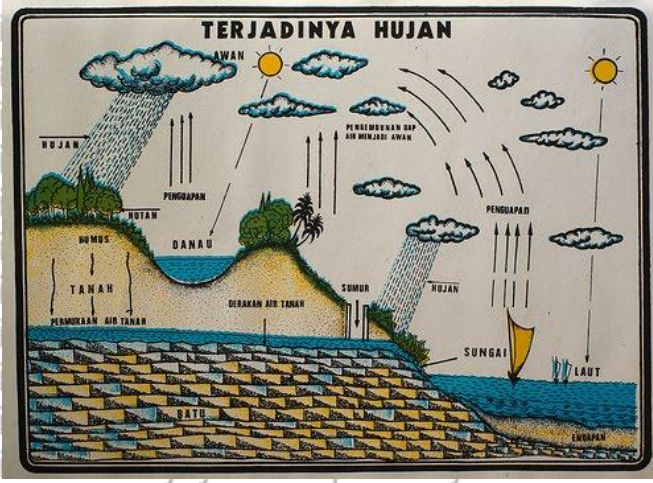
- a. Adanya uap air di atmosfer
- b. Faktor – faktor meteorologi
- c. Lokasi daerah
- d. Rintangan yang disebabkan oleh gunung dan lain-lain

Hujan memerlukan keberadaan lapisan atmosfer tebal agar dapat menemui suhu di atas titik leleh es di dekat dan di atas permukaan Bumi. Dua proses yang

mungkin terjadi bersamaan dapat mendorong udara semakin jenuh menjelang hujan, yaitu pendinginan udara atau penambahan uap air ke udara. Presipitasi terbentuk melalui tabrakan antara butir air atau kristal es dengan awan. Butir hujan memiliki ukuran yang beragam mulai dari butir besar, hingga butiran kecil.

Ada beberapa sifat hujan, antara lain adalah intensitas hujan (I), lama waktu hujan (t), kedalaman hujan (d), frekuensi (f) dan luas daerah pengaruh hujan (A). Komponen hujan dengan sifat-sifatnya ini dapat dianalisis berupa hujan titik maupun hujan rata-rata yang meliputi luas daerah tangkapan yang kecil sampai yang besar.

2.3.2 Proses Terjadinya Hujan



Gambar 2.2 Proses terjadinya hujan
Sumber: Anonim, 2006

Awalnya air hujan berasal dari air dari bumi seperti air laut, air sungai, air danau, air waduk, air sawah, air kolam, dan lain sebagainya. Selain air yang berbentuk fisik, air yang menguap ke udara juga bisa berasal dari tubuh manusia, binatang, tumbuh-tumbuhan, serta benda-benda lain yang mengandung air.

Air-air tersebut umumnya mengalami proses penguapan atau evaporasi akibat adanya bantuan panas matahari. Air yang menguap / menjadi uap melayang

ke udara dan akhirnya terus bergerak menuju langit yang tinggi bersama uap-uap air yang lain. Uap tersebut mengalami proses pemadatan atau kondensasi sehingga membentuk awan. Awan-awan tersebut dapat bergerak baik vertikal, horizontal dan diagonal dengan bantuan angin.

Akibat angin atau udara yang bergerak pula awan-awan saling bertemu dan membesar menuju langit atau atmosfer bumi yang suhunya rendah atau dingin dan akhirnya membentuk butiran es dan air. Butiran-butiran air atau es tersebut jatuh ke permukaan bumi (proses presipitasi) karena berat dan tidak mampu ditopang angin. Semakin rendah suhu udara maka semakin tinggi es atau salju yang terbentuk mencair menjadi air, namun jika suhunya sangat rendah maka akan turun tetap sebagai salju. Hujan tidak hanya turun berbentuk air dan es saja, namun juga bisa berbentuk embun dan kabut. Hujan yang jatuh ke permukaan bumi jika bertemu dengan udara yang kering, sebagian hujan dapat menguap kembali ke udara.

2.3.3 Daerah Persebaran Hujan

Pola curah hujan di Indonesia secara astronomis Indonesia terletak diantara 6° LU dan 11° LS dan sebagian besar berada di sekitar khatulistiwa dan memiliki curah hujan yang cukup besar terutama di Indonesia bagian barat, dengan rata-rata curah hujannya 2.000 – 3.000.mm/tahun dan semakin ke arah timur curah hujannya semakin kecil kecuali Maluku dan Papua.

Curah hujan di Indonesia tidak lepas dipengaruhi oleh angin muson barat dan angin muson timur. Angin muson barat pada bulan Januari tekanan udara tinggi berada di atas Asia sedangkan tekanan rendah berada di atas Australia, angin ini berhembus di atas Lautan Pasifik banyak membawa uap air dan akhirnya



menurunkan hujan di wilayah Indonesia bagian barat dan berlangsung antara bulan Oktober – April (musim hujan).

Jumlah curah hujan dicatat dalam inci atau millimeter (1 inci = 25,4 mm).

Jumlah curah hujan 1 mm, menunjukkan tinggi air hujan yang menutupi permukaan bumi 1 mm, jika air tersebut tidak meresap ke dalam tanah atau menguap ke atmosfer. Tinggi curah hujan diasumsikan sama disekitar tempat penakaran, luasan yang tercakup oleh sebuah penakar curah hujan tergantung pada homogenitas daerahnya maupun kondisi cuaca lainnya.

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi, dan makin besar kala ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Kala ulang adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui.

Angin muson timur berhembus dari arah timur pada bula Juli. Tekan udara tinggi berada di atas Australia dan tekanan rendah berada di wilayah Asia, angin ini berhembus melalui banyak daratan daerah laut yang dilaluinya sedikit sekali sehingga udara yang berhembus tidak terlalu banyak mengandung uap air oleh sebab itu hujanya sedikit dan berhembus pada bulan April – Oktober, dan terjadilah di Indonesia musim kemarau.

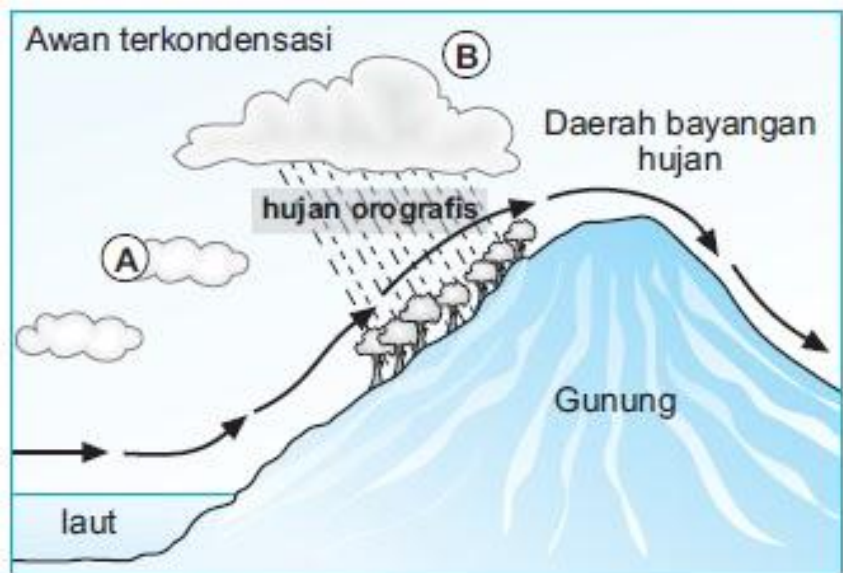


2.3.4 Pembagian Hujan

Secara umum tipe hujan dikategorikan menjadi tiga tipe (Nugroho Hadisusanto, 2010:12), yaitu:

1. Hujan konvektif, hujan ini dihasilkan oleh adanya konveksi *thermal* dari udara yang lembab. Kondisi ini terjadi apabila udara dibawah dipanasi, yang mengakibatkan udara akan mengembang dan dipaksa untuk naik ke atas udara dingin yang lebih berat. Karena hujan ini sering dalam bentuk hujan lebat maka kurang efektif untuk pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan hujan yang jatuhnya merata, dikarenakan lebih banyak yang hilang dipermukaan tanah sebagai aliran permukaan daripada yang masuk meresap kedalam tanah.

2. Hujan orografis, yaitu hujan yang terjadi karena adanya rintangan topografi dan didukung oleh adanya dorongan udara melalui dataran tinggi atau gunung. Jumlah curah hujan tahunan di dataran tinggi umumnya lebih tinggi daripada di dataran rendah terutama pada lereng-lereng dimana angin datang.



Gambar 2.3 Hujan Orografis
Sumber: Anonim, 2006

3. Hujan frontal banyak terjadi di daerah pertengahan dan jarang terjadi pada daerah tropis dimana masa suatu udara hampir mempunyai suhu yang seragam.

Kenaikan udara frontal ditandai oleh lerengnya yang landai, dimana udara panas naik keatas udara dingin. Awan yang terjadi secara demikian meliputi daerah yang sangat luas, sehingga hujan terjadi di daerah yang luas pula.

2.4. Uji Outliers

Outlier adalah data yang menyimpang cukup jauh dari trend kelompoknya.

Keberadaan *outlier* biasanya dianggap mengganggu pemilihan jenis distribusi suatu sample data, sehingga *outlier* ini perlu dibuang. Uji Grubbs dan Beck (Chow, 1987 : 403) menetapkan dua batas ambang X_L dan X_H sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X_H &= \bar{x} + Kn \cdot S \\ X_L &= \bar{x} - Kn \cdot S \end{aligned} \quad (2-1)$$

dengan :

X_H = nilai ambang atas

X_L = nilai ambang bawah

\bar{x} = nilai rata-rata

S = simpangan baku dari logaritma terhadap sampel

Kn = besaran yang tergantung pada jumlah sampel data (pada lampiran tabel outlier)

n = jumlah sampel data

Data yang nilainya di luar X_H dan X_L diklasifikasikan sebagai *outlier*. Berikut tabel nilai Kn pada tabel 2.1



Tabel 2.1. Nilai Kn untuk Uji Outlier

Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,088	25	2,468	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,681	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,700	80	2,940
15	2,247	29	2,549	43	2,710	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,717	95	3,000
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078
21	2,408	35	2,618	49	2,760	130	3,104
22	2,429	36	2,639	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,650	55	2,804		

Sumber : Ven Te Chow (1988: 404)

2.5. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji keselarasan dimaksudkan untuk menetapkan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sample data yang dianalisa. Ada dua jenis keselarasan (*Goodness of Fit Test*), yaitu uji keselarasan *Chi Square* dan *Smirnov Kolmogorof*.

2.5.1 Uji Smirnov Kolmogorof

Uji keselarasan *Smirnov Kolmogorov* adalah uji beda antara data yang di uji normalitasnya dengan data normal baku. Konsep Dasar dari uji normalitas yaitu membandingkan distribusi data (yang akan diuji normalitasnya) dengan distribusi normal baku. Kelebihan dari uji ini adalah sederhana dan tidak menimbulkan perbedaan persepsi di antara satu pengamat dengan pengamat yang lain, yang sering terjadi pada uji normalitas dengan menggunakan grafik.

Uji keselarasan *Smirnov Kolmogorov* digunakan untuk mengetahui





apakah distribusi nilai sampel yang diamati sesuai dengan distribusi teoritis tertentu (normal, *uniform*, *poisson*, eksponensial). Uji keselarasan *Smirnov*

Kolmogorov beranggapan bahwa distribusi variabel yang sedang di uji bersifat kontinu dan pengambilan sampel secara acak sederhana. Dengan demikian uji ini hanya dapat digunakan, bila variabel diukur paling sedikit dalam skala ordinal.

Distribusi dianggap sesuai apabila $D_{maks} < D_{kritis}$. D_{maks} merupakan simpangan maksimum dari data, sedangkan D_{kritis} merupakan simpangan yang diperoleh dari tabel dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Langkah-langkah untuk mendapatkan D_{maks} adalah sebagai berikut:

1. Data disusun dari besar ke kecil
2. Menentukan masing-masing peluang dengan rumus Weibull

$$P_x = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana:

m = nomor urut data

n = jumlah data

3. Menghitung nilai k atau $f(t)$ dengan cara $f(t) = \frac{X_{rancangan} - \bar{X}}{Sd}$
4. Mencari peluang dari nilai k yang ada pada tabel distribusi normal
5. Dari kedua nilai peluang tersebut dapat ditentukan selisih antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis
6. Berdasarkan tabel nilai kritis, tentukan harga D_{kritis}

- Apabila D_{maks} lebih kecil dari D_{kritis} , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan, distribusi dapat diterima.

- Apabila D_{maks} lebih besar dari D_{kritis} , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan, distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 2.2. Nilai D_{kritis} untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

Jumlah data	Derajat kepercayaan (α)			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$n > 50$	$1,07/n^{0,5}$	$1,22/n^{0,5}$	$1,36/n^{0,5}$	$1,63/n^{0,5}$

Sumber : Soewarno (1995:199)

2.5.2 Uji Chi Square

Uji *Chi Square* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dan distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 yang dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995 : 194):

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2-3)$$

Keterangan:

χ_h^2 = Parameter *Chi Square* terhitung

G = Jumlah sub grup

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub grup ke i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub grup ke i



Adapun langkah-langkah perhitungan dari uji *Chi Square* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995 : 194):

1. Mengurutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Mengelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal empat data pengamatan.
3. Menjumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup
4. Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
5. Tiap-tiap sub grup hitung nilai:

$$(O_i - E_i) \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)}{E_i}$$

6. Menjumlah seluruh G sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)}{E_i}$ untuk menentukan nilai *Chi Square* hitung.
7. Menentukan derajat kebebasan $dk = G - R - I$
8. Menentukan χ^2 dari tabel dengan menentukan derajat kepercayaan (α) dan derajat kebebasan (dk)
9. Menyimpulkan hasil perhitungan, apabila nilai $\chi^2_{\text{hit}} < \chi^2_{\text{cr}}$, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima, dan apabila nilai $\chi^2_{\text{hit}} > \chi^2_{\text{cr}}$, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

Tabel 2.3. Harga χ^2 untuk Chi Square Test

Dk	α derajat kepercayaan				
	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2	3,219	4,605	5,991	9,210	13,815
3	4,642	6,251	7,815	11,345	16,268
4	5,989	7,779	9,488	13,277	18,465
5	7,289	9,236	11,070	15,086	20,517
6	8,558	10,645	12,592	16,812	22,457
7	9,803	12,017	14,067	18,475	24,322
8	11,030	13,362	15,507	20,090	26,125
9	12,242	14,684	16,919	21,666	27,877
10	13,442	15,987	18,307	23,209	29,588
11	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
12	15,812	18,549	21,026	26,217	32,909
13	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15	19,311	22,307	24,996	30,578	37,697
16	20,465	23,524	26,296	32,000	39,252
17	21,615	24,769	27,587	33,409	40,790
18	22,760	25,989	28,869	34,805	42,312
19	23,900	27,204	30,144	36,191	43,820
20	25,038	28,412	31,410	37,566	45,315

Sumber : Soewarno, 1995:223

Interpretasi hasil dari perhitungan tersebut adalah :

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Apabila peluang berada diantara 1-5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misalnya diperlukan penambahan data.



2.6 Transformasi Data

Ada beberapa alasan terkait penggunaan transformasi baik untuk variabel bebas maupun variabel tidak bebas. Salah satu alasan perlunya transformasi data statistika adalah untuk memperoleh model matematik yang lebih sederhana (Asdak, 2004:320). Analisis data juga dapat disederhanakan untuk menghindari terjadinya kesalahan penarikan kesimpulan. Alasan lain diperlukannya transformasi data pengamatan adalah banyak hasil pengamatan data lapangan yang penyebarannya tidak selalu mengikuti kurva yang simetris (*bell-shape curve*). Hasil penyimpangan tersebut menyebabkan penyebaran data tidak bersifat normal.

Mengikuti kaidah-kaidah statistika bahwa apabila teknik-teknik statistika diterapkan pada data yang tidak memiliki penyebaran normal, maka dikhawatirkan akan mempunyai resiko kesalahan. Untuk menghindari kemungkinan terjadinya kesalahan akibat penerapan teknik statistika pada data yang penyebarannya tidak normal tersebut maka data perlu dinormalkan dengan cara transformasi data (Asdak, 2004:320).

2.7. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf *I* dengan satuan mm/jam.

Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Ada beberapa metode untuk menghitung intensitas curah hujan (Hindarko, 2000:33) yaitu :



3. Metode Talbot

Rumus ini dikemukakan oleh Prof. Talbot pada tahun 1881. Rumus ini banyak digunakan karena mudah diterapkan dimana tetapan-tetapan a dan b ditentukan dengan harga yang diukur. Metode Talbot juga cocok digunakan untuk hujan yang terjadi selama 5 menit sampai 2 jam. Persamaan ini dinyatakan dengan rumus kuadrat terkecil (*least square*) sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{t+b} \quad (2-8)$$

$$a = \frac{(\sum I.t)(\sum I^2) - (\sum I^2.t)(\sum I)}{n(\sum I^2) - (\sum I)(\sum I)} \quad (2-9)$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I.t) - (n)(\sum I^2.t)}{n(\sum I^2) - (\sum I)(\sum I)} \quad (2-10)$$

keterangan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam);

t = lamanya curah hujan (jam)

a, b = konstanta yang tergantung lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran.

4. Metode Ishiguro

Rumus ini dikemukakan oleh Dr. Ishiguro pada tahun 1953. Rumus intensitas hujan metode Ishiguro adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{\sqrt{t}+b} \quad (2-11)$$

$$a = \frac{(\sum I.t^{0.5})(\sum I^2) - (\sum I^2.t^{0.5})(\sum I)}{n(\sum I) - (\sum I)(\sum I)} \quad (2-12)$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I.t^{0.5}) - (\sum I^2.t^{0.5})}{n(\sum I) - (\sum I)(\sum I)} \quad (2-13)$$



Keterangan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (jam)

a, b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

Durasi adalah lamanya suatu kejadian. Hujan dan intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit.

2.8. Model Hidrologi

Model hidrologi adalah sebuah sajian sederhana (*simple representation*), dari sebuah sistem hidrologi yang kompleks, sistem ditafsirkan sebagai suatu struktur, alat, skema atau prosedur, baik real maupun abstrak yang dikaikan dalam satu referensi waktu tertentu sebuah masukan atau sebab, tenaga atau informasi dengan keluaran, pengaruh atau tanggapan secara menyeluruh (Sri Harto, 1993:190)

Menurut Sri Harto (1993:195), model matematika adalah model yang menyajikan sistem dalam rangkaian persamaan, dan kadang-kadang dengan ungkapan-ungkapan yang menyajikan hubungan antar variabel dan parameter.

Dalam model, variabel dan parameter masukan maupun keluaran dapat disajikan dalam bentuk *lumped* maupun *distributed*. Disebut *lumped* apabila besaran yang diwakilinya tidak mempunyai variabilitas ruang atau (*spatial variability*).

Sebaliknya, variabel dan parameter yang *distributed* mengandung variabel ruang dan waktu. Model menggarap keseluruhan DAS atau bagian yang terpenting, jika DAS tersebut dianggap mempunyai sifat homogen serta curah hujan yang seragam.

Model deterministik adalah model yang kesempatan kejadian dari masing-masing variabelnya tidak diikutsertakan. Dengan demikian, setiap masukan dengan sifat-sifat tertentu akan menghasilkan keluaran tertentu pula. Model Empirik adalah model didasarkan pada percobaan, dan pengamatan. Masing-masing model dapat berupa model yang linear dalam pengertian sistem, yaitu model dimana prinsip super posisi masih berlaku dan model non linier, berlaku sebaliknya (Sri Harto, 1993:231).

2.8.1 Analisa Model

Salah satu metode analisa model hidrologi adalah cara statistik berupa analisis regresi. Penggunaan analisis regresi disebabkan karena DAS memiliki kompleksitas dan heterogenitas yang sedemikian rupa sehingga sangat sulit untuk mengenali parameternya secara rinci, yaitu pengaruh suatu parameter terhadap salah satu komponen prosesnya. Analisa regresi dilakukan sebagai sarana untuk membentuk rumus fungsional berdasarkan aspek input dan output tanpa mengungkap kejadian dalam DAS.

Analisa regresi juga digunakan untuk mengkuantifikasikan bentuk hubungan antara dua variabel atau lebih yang menjadi kajian. Dengan mengetahui persamaan regresi antara dua variabel maka besarnya variabel tak bebas dapat diperkirakan dari angka pengukuran variabel bebas.

Penetapan parameter maupun variabel yang digunakan dalam analisis regresi, baik parameter bebas (VB, X) maupun parameter tak bebas (VTB, Y), perlu dilakukan dengan hati-hati, agar masing-masing parameter tersebut secara hidrologik dapat dijelaskan keterkaitannya. Apabila koefisien korelasi tinggi, maka tidak berarti bahwa hubungan fungsional yang di wakilinya memang demikian halnya (Sri Harto, 1993:199).

Lebih lanjut Sri Harto (1993:201), mengemukakan bahwa dalam proses hidrologi, banyak parameter dan variabel yang tersangkut. Sehingga dalam praktek sering dipakai cara regresi majemuk atau berganda, yaitu:

$$Y = C_0 + C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n + error \dots \dots \dots (2-14)$$

Adapun prosedur analisis regresinya adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan bentuk model dan memilih parameter
2. Memperkirakan besaran koefisien regresi
3. Menghitung kesalah dan koefisien korelasi serta koefisien determinasi
4. Verifikasi model
5. Pemakaian model untuk perkiraan dan peramalan

Transformasi data diperlukan dalam analisis statistik regresi untuk memperoleh model matematik yang lebih sederhana sehingga dapat menghindari adanya kesalahan dalam penarikan kesimpulan. Banyak data pengamatan lapangan yang penyebarannya tidak membentuk kurva yang simetris. Untuk melinearkannya, dilakukan transformasi data. Ditambahkan bahwa “y” harus bernilai nol jika parameter fisik DAS bernilai nol, sehingga diperlukan transformasi logaritma ($Y = \ln y$ dan $X = \ln x$) Jadi, persamaan regresi berganda menjadi :





$$Y = e^{c_0} X_1^{c_1} X_2^{c_2} \dots X_i^{c_i} \dots \dots \dots (2-15)$$

2.8.2. Model Regresi

Langkah awal dari regresi dan korelasi adalah menentukan data fenomena hidrologi $\{(X_i, Y_i); i = 1, 2, 3, 4, \dots\}$ yang dipilih sebagai variabel bebas, selanjutnya (Soewarno, 1995:135) :

- Menentukan bentuk kurva dan persamaan yang cocok dengan sebaran data (X_i, Y_i)
- Menentukan interpolasi nilai variabel tak bebas (VTB) berdasarkan nilai variabel bebas (VB) yang telah diketahui
- Bila diperlukan melakukan ekstrapolasi nilai VTB berdasar nilai VB yang telah diketahui.

Pekerjaan tersebut Umumnya dikenal sebagai penyesuaian kurva (*curve fitting*). Metode *curve fitting* dapat dilaksanakan dengan cara :

2.8.2.1. Analisis Grafis

Analisis grafis merupakan cara yang paling mudah untuk menentukan bentuk kurva yaitu dengan membuat kurva secara visual (dengan perasaan) meskipun cara ini praktis tetapi sangat subyektif dan cenderung dapat menimbulkan kesalahan, terutama apabila penyebaran titik-titik cukup besar.

2.8.2.2. Prosedur Analitis

Prosedur analitis memberikan suatu metode yang lebih pasti untuk mendapatkan kurva yang diinginkan. Salah satu caranya adalah dengan melaksanakan prosedur yang disebut dengan metode kuadrat terkecil (*least square method*) dengan metode kuadrat terkecil memilih garis regresi yang

membuat jumlah kuadrat jarak vertical dari titik-titik (X_i, Y_i) ke garis regresi tersebut sekecil mungkin, jadi apabila ΔYi menyatakan simpangan vertical dari titik-titik ke-I ke garis regresi Y seperti ditunjukkan pada gambar 2.6 maka jumlah kuadrat Y , harus minimum dimana:

$$\Delta Yi = Y_i - Y \dots \dots \dots (2-16)$$

dengan:

ΔYi = simpangan terkecil dari titik-titik (X_i, Y_i) ke garis regresi Y

Y_i = nilai Y_i untuk pengukuran untuk $X = X_i$

Y = nilai Y yang diperoleh dr regresi $Y = f(x)$

Apabila nilai $(\Delta Yi)^2$ untuk semua titik adalah minimum maka kurva yang diperoleh dapat disebut sebagai kurva yang paling cocok (a best fitting curve).

2.8.3. Uji Keakurasian Model

Hampir tidak mungkin proses alami yang terjadi di alam dapat disamakan dengan tepat. Oleh sebab itu, akan selalu terjadi penyimpangan antara keluaran terukur dengan terhitung, sehingga perlu di tetapkan patokan kesalahan atau simpangan. Apabila kesalahan yang terjadi sudah lebih kecil dari kesalahan maksimum yang ditetapkan, maka model tersebut dapat dinilai telah berfungsi dengan baik dan dapat digunakan dalam analisis (Sri Harto,1993:205). Untuk menghasilkan model yang bagus jumlah data minimal untuk pembuatan model adalah 10 tahun.

Analisa korelasi bentu analisa statistik yang menunjukkan kuatnya hubungan antara dua variabel atau lebih (Sri Harto, 1993). Satu varibel berasosiasi dengan variabel lainnya tidak dapat diartikan bahwa bentuk hubungannya selalu bersifat sebab akibat. Sebagai aturan umum, dapat ditentukan bahwa korelasi



antara dua variabel adalah lemah apabila $0 \leq [r] \leq 0,5$ dan mempunyai korelasi kuat apabila $0,8 \leq [r] \leq 1$.

Kriteria batasan ketelitian dengan toleransi yang umum dalam analisis hidrologi adalah, koefisien korelasi $> 0,7$ (koefisien determinasi $> 0,5$) dan simpangan relatif volume lebih kecil dari 10%. Pemilihan model terbaik ditetapkan berdasarkan nilai koefisien korelasi (koefisien determinasi) tertinggi.

Model persamaan regresi dianggap sempurna jika koefisien determinasi (r^2) = 1.

2.8.3.1 Analisa Korelasi

Analisa korelasi bentuk analisa statistik yang menunjukkan kuatnya hubungan antara dua variabel atau lebih (Sri Harto, 1993). Satu variabel berasosiasi dengan variabel lainnya tidak dapat diartikan bahwa bentuk hubungannya selalu bersifat sebab akibat. Sebagai aturan umum dapat ditentukan bahwa korelasi antara dua variabel adalah lemah apabila $0 \leq [r] \leq 0,5$ dan mempunyai korelasi kuat apabila $0,8 \leq [r] \leq 1$.

Kriteria batasan ketelitian dengan toleransi yang umum dalam analisis hidrologi adalah, koefisien korelasi $> 0,7$ (koefisien determinasi $> 0,5$) dan simpangan relatif volume lebih kecil dari 10 %. Jika koefisien korelasi melebihi nilai 0,7 maka penelitian dapat dikatakan valid karena memiliki hubungan antar variabel yang kuat. Pemilihan model terbaik ditetapkan berdasarkan nilai koefisien korelasi (koefisien determinasi) tertinggi. Model persamaan regresi dianggap sempurna jika koefisien determinasi (r^2) = 1.





$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad (2-17)$$

Keterangan :

\bar{x} = rerata dari x_i

\bar{y} = rerata dari y_i

n = banyaknya data

2.8.6. Perhitungan Mean Absolute Error

Hasil dari penelitian ini adalah berupa ramalan curah hujan. Untuk mengukur peramalan yang akurat digunakan kontrol peramalan yang bisa meminimalkan kesalahan meramal. Oleh karena itu dalam menghitung kesalahan meramal, digunakan *Mean Absolute Error (MAE)*. *MAE* adalah rata-rata absolut dari kesalahan meramal, tanpa menghiraukan tanda positif atau negatif.

Menurut C.J. Willmott & Kenji Matsuura (2005:79-82), *Mean Absolute Error (MAE)* digunakan untuk mendeskripsikan kesalahan rata-rata dari kesalahan absolut dalam sebuah pemodelan. Kesalahan absolut merupakan nilai absolut dari selisih antara nilai pemodelan dan nilai pengamatan. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |S_i - O_i|}{N} \quad (2-18)$$

dimana:

MAE = Nilai *Mean Absolute Error*

S = Intensitas Permodelan



O = Intensitas Pengamatan

N = Jumlah Data

2.8.3.3 Uji Nash-Sutcliffe

Nash-Sutcliffe (1970) dalam Yopi Ilhamsyah (2012) menyatakan, kalibrasi dan pengujian model bertujuan agar *output* model hasilnya mendekati dengan *output* dari DAS yang diuji. Hal ini dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil prediksi dengan hasil observasi dengan menggunakan kriteria statistik. Metode statistik yang digunakan adalah dengan menghitung efisiensi Nash-Sutcliffe (ENS). Persamaan untuk ENS adalah sebagai berikut:

$$E_{NS} = 100 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} - Q_{Mi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} - \bar{Q}_M)^2} \quad (2-19)$$

keterangan:

E_{NS} = koefisien Nash-sutcliffe

Q_{Si} = nilai simulasi model

Q_{Mi} = nilai observasi

\bar{Q}_M = rata-rata nilai observasi

n = jumlah data

Hasil simulasi dikatakan baik jika $E_{NS} \geq 75$, memuaskan jika $75 > E_{NS} > 36$, kurang baik jika nilai $E_{NS} < 36$.

2.9 Verifikasi Pemodelan

2.9.1 Validasi Data Debit

Umumnya data lapangan setelah diolah dan disajikan dalam buku publikasi data hidrologi, merupakan data dasar sebagai bahan untuk analisis

hidrologi. Data yang tertuang disusun dalam bentuk deret berkala. Umumnya disajikan mulai tanggal 1 Januari sampai dengan 31 Desember setiap tahun.

Tentunya data deret berkala tersebut sebelum digunakan untuk analisis lanjutan harus dilakukan pengujian. Pengujian yang dimaksud meliputi tahap uji:

- Ketidak-adaan trend
- Stasioner
- Persistensi

Ketiga tahap pengujian itu sering disebut dengan penyaringan data (*data screening*).

2.9.1.1 Uji Ketidakadaan Trend

Deret berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecenderungan menuju kesatu arah, arah menaik atau menurun disebut dengan pola atau trend (*trend*). Umumnya meliputi gerakan yang lamanya lebih dari 10 tahun. Trend musim sering disebut dengan variasi musim (*seasonal trend atau seasonal variation*) dan hanya menunjukkan gerakan dalam jangka waktu satu tahun saja. Deret berkala yang datanya kurang dari 10 tahun kadang-kadang sulit untuk menentukan gerakan dari suatu trend. Hasilnya dapat meragukan, karena gerakan yang diperoleh hanya mungkin menunjukkan suatu sikli (*cyclical time series*) dari suatu trend. Sikli adalah gerakan yang tidak teratur dari suatu trend.

Data yang digunakan sebaiknya lebih dari 25 tahun pengamatan runtut waktu untuk mengetahui ada atau tidaknya trend dari suatu deret berkala. Gerakan jangka panjang dari deret berkala umumnya disebut dengan trend sekuler (*secular trend*). Variasi musim dari suatu variable hidrologi umumnya dipengaruhi

oleh kondisi iklim. Variasi acak umumnya gerakan yang disebabkan oleh faktor kebetulan (*chance factor*), misal banjir besar, dan umumnya variasi acak sulit untuk diramal waktu kejadiannya.

Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya trend maka datanya tidak disarankan untuk digunakan beberapa analisis hidrologi, misalnya analisis peluang dan simulasi. Apabila deret berkala itu menunjukkan adanya trend, maka analisis hidrologi harus mengikuti garis trend yang dihasilkan. Ketidakadaan trend dapat diuji dengan banyak cara. Secara visual dapat ditentukan dengan menggambarkan deret berkala dalam kertas grafik aritmatik.

Trend dapat dipandang sebagai korelasi antara waktu dengan variasi dari suatu variabel hidrologi. Oleh karena itu koefisien korelasinya dapat digunakan untuk menentukan ketidakadaan trend dari suatu deret berkala. Salah satu cara adalah dengan menggunakan koefisien korelasi peringkat metode Spearman, yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=3}^n (dt)^2}{n^3 - n} \dots \dots \dots (2-20)$$

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{1/2} \dots \dots \dots (2-21)$$

- Keterangan:
- KP = koefisien korelasi peringkat dari Spearman.
 - n = jumlah data
 - dt = Rt - Tt
 - Tt = peringkat dari waktu
 - Rt = peringkat dari variable hidrologi dalam deret berkala.
 - t = nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5%)

2.9.1.2 Uji Stasioner

Setelah dilakukan pengujian ketidak-adaan trend apabila deret berkala tersebut tidak menunjukkan adanya trend sebelum data deret berkala digunakan untuk analisis lanjutan harus dilakukan uji stasioner. Apabila menunjukkan adanya trend maka deret berkala tersebut dapat dilakukan analisis menurut garis trend yang dihasilkan.

Apabila menunjukkan tidak ada garis trend maka uji stasioner dimaksudkan untuk menguji kestabilan nilai varian dan rata-rata dari deret berkala. Pengujian ini termasuk uji kesamaan jenis tahap ke II, untuk mengetahui homogen atau tidaknya nilai varian dan atau rata-ratanya.

Pengujian nilai varian dari deret berkala dapat dilakukan dengan Uji-F. Data deret berkala dibagi menjadi 2 kelompok atau lebih, setiap dua kelompok diuji menggunakan Uji-F. Apabila hasil pengujian ternyata hipotesis nol ditolak, berarti nilai varian tidak stabil atau tidak homogen. Deret berkala yang nilai variannya tidak homogen berarti deret berkala tersebut tidak stasioner, dan tidak perlu melakukan pengujian lanjutan.

Akan tetapi bila hipotesis nol untuk nilai varian tersebut menunjukkan stasioner, maka pengujian selanjutnya adalah menguji kestabilan nilai rata-ratanya. Untuk rata-rata deret berkala bila datanya dianggap sebuah populasi maka dapat dilakukan pengujian dengan menggunakan Uji-T. Seperti dalam pengujian kestabilan nilai varian, maka dalam pengujian nilai rata-rata, data deret berkala dibagi menjadi dua kelompok atau lebih. Setiap pasangan dua kelompok diuji.

Apabila dalam pengujian ternyata hipotesis nol ditolak, berarti nilai rata-rata





setiap dua kelompok tidak homogen dan deret berkala tersebut tidak stasioner pada derajat kepercayaan tertentu.

$$F = \frac{n_1 S_1^2 (n_2 - 1)}{n_2 S_2^2 (n_1 - 1)} \dots \dots \dots (2-22)$$

Keterangan :

F = Uji F (Uji Kestabilan varian)

n = jumlah data

S = simpangan baku

2.9.1.3 Uji Persistensi

Anggapan bahwa data berasal dari sampel acak harus diuji, yang umumnya merupakan persyaratan dalam analisis distribusi peluang. Persistensi (*Persistence*)

adalah ketidak tergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Untuk melaksanakan pengujian persistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial. Salah satu metode untuk menentukan koefisien korelasi serial adalah dengan metode Spearman.

Koefisien korelasi serial metode Spearman dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m (d_i)^2}{m^3 - m} \dots \dots \dots (2-23)$$

$$T = KS \left[\frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{1/2} \dots \dots \dots (2-24)$$

Keterangan :

KS = koefisien korelasi serial

m = N - 1

N = jumlah data

di = perbedaan nilai antara peringkat data ke X_i dan ke X_{i+1} .



$t =$ nilai dari distribusi- t pada derajat kebebasan $m-2$ dan derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5% ditolak, atau 95% diterima)

2.9.2 Analisis Frekuensi

Pengambilan data dalam analisis frekuensi dari data debit harus dilakukan dengan prosedur yang benar. Data debit yang dimaksudkan dalam analisis adalah data debit harian maksimum tahunan. Data debit harian selanjutnya akan dipilih untuk menentukan debit harian maksimum tahunan lalu dianalisis menjadi data debit banjir rencana periode ulang tertentu.

Adapun langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya.
- b. Menentukan debit harian maksimum tiap tahunnya dari data debit harian dari bendung selama periode 10 tahun.
- c. Menghitung debit harian maksimum yang mewakili DAS.
- d. Menganalisis debit banjir rencana dengan periode ulang T tahun.
- e. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya debit banjir rencana diatas pada periode ulang T tahun.

Tujuan analisa frekuensi adalah memperkirakan besarnya debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu dari data debit harian maksimum tahunan dengan menggunakan distribusi frekuensi yang dipilih dari tahap sebelumnya.

Ada beberapa jenis distribusi statistik yang dapat dipakai untuk menentukan besarnya debit banjir rencana, seperti distribusi *Gumbel*, *Log Pearson III*, *Log Normal* dan beberapa cara lain. Metode-metode tersebut harus diuji untuk menentukan metode yang dipakai dalam perhitungan.



Besarnya parameter-parameter statistik seperti koefisien C_s (koefisien kepepcengan) dan C_k (koefisien puncak) harus dihitung terlebih dahulu untuk menentukan metode yang sesuai. Persamaan yang digunakan adalah:

$$C_s = \frac{n \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2-25)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (2-26)$$

Dimana:

C_s = skewness / kepepcengan

C_k = kurtosis / koefisien puncak

S = simpangan baku

n = jumlah data

Hasil perhitungan C_s dan C_k tersebut kemudian disesuaikan dengan syarat pemilihan metode frekuensi pada tabel berikut ini:

Tabel 2.4. Syarat Pemilihan Metode Frekuensi

Jenis Metode	C_k	C_s
Gumbel	5,4002	1,1396
Normal	3,0	0
Log Person Tipe III	Bebas	bebas

Sumber : Sri Harto, 1993 : 24

2.9.2.1 Metode Log Pearson Tipe III

Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan distribusi *Log Pearson*

Tip III, dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995: 143):

$$\log X = \log \bar{X} + G \cdot S \quad (2-27)$$



Dimana :

$\log X$ = nilai logaritma curah hujan rancangan

$\log \bar{X}$ = nilai rata-rata logaritma dari curah hujan maksimum tahunan

S = nilai deviasi standar

G = merupakan konstanta yang didapatkan dari tabel *Log Pearson Type III* dari hubungan antara C_s dan periode ulang (T).

Prosedur untuk menghitung debit banjir rancangan dengan metode *Log Pearson Type III* adalah sebagai berikut:

1. Data debit harian maksimum tahunan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ diubah dalam bentuk logaritma ($\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \log X_n$)

2. Menghitung nilai logaritma rata-rata dengan rumus :

$$\log \bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \log X_i \dots\dots\dots (2-28)$$

3. Menghitung nilai *standar deviasi* dari $\log X$, dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{(n-1)} \dots\dots\dots (2-29)$$

4. Menghitung nilai *Koefisien kepengcangan* (C_s), dengan rumus sebagai berikut:

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3} \dots\dots\dots (2-30)$$

5. Menghitung logaritma debit dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus sebagai berikut:

$$\log X = \log \bar{X} + k \cdot S \dots\dots\dots (2-31)$$

Dimana :

$\log X$ = logaritma besarnya debit untuk periode ulang T tahun

$\log \bar{X}$ = rata-rata dari logaritma debit

k = faktor sifat distribusi *Log Person Tipe III* yang merupakan fungsi koefisien kemencengan (C_s) terhadap kala ulang atau probabilitas (P)

Sd = simpangan baku (standar deviasi)

Harga-harga k dapat dilihat dengan tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai C_s -nya

6. Mencari anti log X untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu

Nilai C_s Negatif untuk distribusi *Log Pearson Type III* dapat dilihat pada tabel 2.5 di bawah ini:

Tabel 2.5. Nilai C_s Negatif Distribusi Log Pearson Type III

C_s	Return Period											
	1,0101	1,0526	1,1111	1,25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Percent Chance											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
0,0	-2,326	-1,645	-1,282	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	-2,400	-1,673	-1,292	-0,836	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	-2,472	-1,700	-1,301	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	-2,544	-1,726	-1,309	-0,824	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,670
-0,4	-2,615	-1,750	-1,317	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,530
-0,5	-2,686	-1,774	-1,323	-0,808	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	-2,755	-1,797	-1,328	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,270
-0,7	-2,824	-1,819	-1,333	-0,790	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,140
-0,8	-2,891	-1,839	-1,336	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,020
-0,9	-2,957	-1,858	-1,339	-0,769	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,900
-1,0	-3,022	-1,877	-1,340	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,790
-1,1	-3,087	-1,894	-1,341	-0,745	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581	1,680
-1,2	-3,149	-1,910	-1,340	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,580
-1,3	-3,211	-1,925	-1,339	-0,719	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424	1,480
-1,4	-3,273	-1,938	-1,337	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,390
-1,5	-3,330	-1,951	-1,333	-0,690	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282	1,310
-1,6	-3,388	-1,962	-1,329	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,240
-1,7	-3,444	-1,972	-1,324	-0,660	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140	1,155	1,170
-1,8	-3,499	-1,981	-1,318	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,110
-1,9	-3,553	-1,989	-1,310	-0,627	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037	1,044	1,050
-2,0	-3,605	-1,996	-1,302	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995	1,000
-2,1	-3,656	-2,001	-1,294	-0,592	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,946	0,949	0,950
-2,2	-3,705	-2,006	-1,284	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,3	-3,753	-2,009	-1,274	-0,555	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869	0,870
-2,4	-3,800	-2,011	-1,262	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832	0,833	0,830
-2,5	-3,845	-2,012	-1,250	-0,518	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,800
-2,6	-3,889	-2,013	-1,238	-0,499	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769	0,769	0,770
-2,7	-3,932	-2,012	-1,224	-0,479	0,376	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740	0,741	0,740
-2,8	-3,973	-2,010	-1,210	-0,460	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714	0,710
-2,9	-4,013	-2,007	-1,195	-0,440	0,390	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690	0,690
-3,0	-4,051	-2,003	-1,180	-0,420	0,000	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,670

Sumber: CD Soemarto, 1987 : 246

Nilai C_s positif untuk distribusi *Log Pearson Type III* dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut ini:

Tabel 2.6. Nilai Cs Positif Distribusi Log Pearson Type III

Cs	Return Period											
	1,0101	1,0526	1,1111	1,25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Percent Chance											
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
0,0	-2,326	-1,645	-1,282	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
0,1	-2,252	-1,616	-1,270	-0,846	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,230
0,2	-2,178	-1,586	-1,258	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,3	-2,104	-1,555	-1,245	-0,853	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,520
0,4	-2,029	-1,524	-1,231	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,5	-1,955	-1,491	-1,216	-0,856	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,810
0,6	-1,880	-1,458	-1,200	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,7	-1,806	-1,423	-1,183	-0,857	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,100
0,8	-1,733	-1,388	-1,166	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312	4,240
0,9	-1,660	-1,353	-1,147	-0,854	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,390
1,0	-1,588	-1,317	-1,128	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,530
1,1	-1,518	-1,280	-1,107	-0,848	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575	4,670
1,2	-1,449	-1,243	-1,086	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,810
1,3	-1,383	-1,206	-1,064	-0,838	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745	4,960
1,4	-1,318	-1,168	-1,041	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,100
1,5	-1,256	-1,131	-1,018	-0,825	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330	3,910	5,230
1,6	-1,197	-1,093	-0,994	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,370
1,7	-1,140	-1,056	-0,970	-0,808	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069	5,510
1,8	-1,087	-1,020	-0,945	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,640
1,9	-1,037	-0,984	-0,920	-0,788	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223	5,780
2,0	-0,990	-0,949	-0,895	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
2,1	-0,946	-0,914	-0,869	-0,765	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372	6,040
2,2	-0,905	-0,882	-0,844	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,170
2,3	-0,867	-0,850	-0,819	-0,739	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515	6,300
2,4	-0,832	-0,819	-0,795	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584	6,420
2,5	-0,799	-0,790	-0,771	-0,711	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,550
2,6	-0,769	-0,762	-0,747	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718	6,670
2,7	-0,740	-0,736	-0,724	-0,681	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,093	3,932	4,783	6,790
2,8	-0,714	-0,711	-0,702	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847	6,920
2,9	-0,690	-0,688	-0,681	-0,651	-0,390	0,440	1,195	2,277	3,134	4,013	4,909	7,030
3,0	-0,667	-0,665	-0,660	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,150

Sumber: CD Soemarto, 1987 : 245

2.9.2.2 Metode Gumbel

Persamaan garis lurus untuk distribusi frekuensi *Gumbel* dapat menggunakan cara empiris, yaitu (Soewarno, 1995:127):

$$X = \bar{X} + sd.K \dots\dots\dots (2-32)$$

Dimana:

\bar{X} = harga rerata sampel

sd = simpangan baku sampel

K = faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe distribusi frekuensi yang besarnya:

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2-33)$$



Dimana:

Y_t = Reduced variate sebagai fungsi periode ulang T

$$= -\ln \left\{ -\ln \left(\frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right\} \quad (2-33)$$

Y_n = Reduced mean sebagai fungsi dari banyaknya n data (Tabel Y_n)

S_n = Reduced standar deviasi sebagai fungsi dari banyaknya n data (Tabel S_n)

Prosedur dalam perhitungan metode gumbel adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan data debit dari yang terbesar hingga yang terkecil
2. Mencari rerata dari semua data yang ada
3. Menghitung Q-Qrerata kemudian dikuadratkan
4. Menghitung rerata dari hasil no. 3
5. Menghitung standar deviasi dengan cara akar dari hasil no. 4
6. Mencari Y_n dan S_n dari tabel gumbel
7. Dari kala ulang yang diketahui, mencari Y_t pada tabel Gumbel
8. Menghitung nilai faktor frekuensi (K) dari rumus
9. Menghitung debit banjir rancangan dengan rumus $Q_{\text{rancangan}} = Q_{\text{rerata}} + S_d$

Hubungan Reduksi Variat Rata-rata (Y_n) dengan Jumlah Data (n) dapat dilihat pada tabel 2.7 dibawah ini:

Tabel 2.7. Hubungan Reduksi Variat Rata-rata (Y_n) dengan Jumlah Data (n)

N	Y_n	n	Y_n	N	Y_n	n	Y_n
10	0,4592	34	0,5396	58	0,5518	82	0,5572
11	0,4996	35	0,5402	59	0,5518	83	0,5574
12	0,5053	36	0,541	60	0,5521	84	0,5576
13	0,5070	37	0,5418	61	0,5524	85	0,5578
14	0,5100	38	0,5424	62	0,5527	86	0,5580
15	0,5128	39	0,543	63	0,5530	87	0,5581
16	0,5157	40	0,5436	64	0,5533	88	0,5583
17	0,5181	41	0,5442	65	0,5535	89	0,5585
18	0,5202	42	0,5448	66	0,5538	90	0,5586
19	0,5220	43	0,5453	67	0,5540	91	0,5587
20	0,5236	44	0,5458	68	0,5543	92	0,5589
21	0,5252	45	0,5463	69	0,5545	93	0,5591
22	0,5268	46	0,5468	70	0,5548	94	0,5592
23	0,5283	47	0,5473	71	0,5550	95	0,5593
24	0,5296	48	0,5477	72	0,5552	96	0,5595
25	0,5309	49	0,5481	73	0,5556	97	0,5596
26	0,5320	50	0,5485	74	0,5557	98	0,5598
27	0,5332	51	0,5489	75	0,5559	99	0,5599
28	0,5343	52	0,5493	76	0,5561	100	0,5600
29	0,5353	53	0,5497	77	0,5563		
30	0,5362	54	0,5501	78	0,5565		
31	0,5371	55	0,5504	79	0,5567		
32	0,5380	56	0,5508	80	0,5569		
33	0,5388	57	0,5511	81	0,5570		

Sumber : Soewarno, 1995 :129

Hubungan antara deviasi standar dan reduksi variat dengan jumlah data dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.8. Hubungan Antara Deviasi Standar Dan Reduksi Variat Dengan Jumlah Data.

N	Sn	n	Sn	N	Sn	n	Sn
10	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,1930
11	0,9796	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9933	35	1,1285	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,0316	39	1,1388	62	1,1770	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,1980
18	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	43	1,148	66	1,1814	89	1,2001
21	1,0696	44	1,1499	67	1,1824	90	1,2007
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013
23	1,0811	46	1,1538	69	1,1844	92	1,2020
24	1,0864	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0915	48	1,1574	71	1,1863	94	1,2032
26	1,1961	49	1,159	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1623	74	1,1890	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1638	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1658	76	1,1906	99	1,206
31	1,1159	54	1,1667	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1681	78	1,1923		

Sumber : Soewarno, 1995 :130





Tabel 2.9 Nilai Variabel Reduksi Gumbel

T (tahun)	Peluang	Y
1,001	0,001	- 1,930
1,005	0,005	- 1,670
1,01	0,01	- 1,530
1,05	0,05	- 1,097
1,11	0,10	- 0,834
1,25	0,20	- 0,476
1,33	0,25	- 0,326
1,43	0,30	- 0,185
1,67	0,40	0,087
2,00	0,50	0,366
2,50	0,60	0,671
3,33	0,70	1,030
4,00	0,75	1,240
5,00	0,80	1,510
10,00	0,90	2,250
20,00	0,95	2,970
50,00	0,98	3,900
100,00	0,99	4,600
200,00	0,995	5,290
500,00	0,998	6,210
1000,00	0,999	6,900

Sumber: Soewarno, Jilid I (1995:221)

2.9.2.3 Metode Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X. Pada distribusi log-Pearson Tipe III akan menjadi distribusi log normal apabila nilai koefisien kemencengan $C_s=0$. Adapun rumus distribusi log normal ditulis sebagai berikut (Soewarno, 1995:148):

$$P(X) = \frac{1}{(\log X)(S)(\sqrt{2\pi})} \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{\log X - \bar{X}}{S} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (2-34)$$

Dimana:

P(X) = peluang log normal

X = nilai variat pengamatan

\bar{X} = nilai rata-rata dari logaritmik variat X, umumnya dihitung nilai rata-rata geometriknya.

$$\bar{X} = \{(X_1) (X_2) (X_3) \dots (X_n)\}^{1/n}$$

S = deviasi standar dari logaritmik nilai variat X.

Apabila nilai $P(X)$ digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y = \bar{Y} - k \cdot S \dots \dots \dots (2-35)$$

Dimana :

Y = nilai logaritmik nilai X, atau $\ln X$

\bar{Y} = rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y

S = standar deviasi nilai Y

K = karakteristik distribusi peluang log normal nilai variabel reduksi Gauss.

Tabel 2.10 Faktor Frekuensi k untuk Distribusi Log Normal 2 Parameter

Koeffisien Variasi (CV)	Peluang Kumulatif P (%) : P (X ≤ X)					
	50	80	90	95	98	99
	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	20	50	100
0,0500	-0,0250	0,8334	1,2965	1,6863	2,1341	2,4570
0,1000	-0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	2,2130	2,5489
0,1500	-0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	2,2899	2,2607
0,2000	-0,0971	0,7926	1,3200	1,7911	2,3640	2,7716
0,2500	-0,1194	0,7746	1,3209	1,8183	2,4318	2,8805
0,3000	-0,1406	0,7647	1,3183	1,8414	2,5015	2,9866
0,3500	-0,1604	0,7333	1,3126	1,8602	2,5638	3,0890
0,4000	-0,1788	0,7100	1,3037	1,8746	2,6212	3,1870
0,4500	-0,1957	0,6870	1,2920	1,8848	2,6731	3,2799
0,5000	-0,2111	0,6626	1,2778	1,8909	2,7202	3,3673
0,5500	-0,2251	0,6379	1,2613	1,8931	2,7613	3,4488
0,6000	-0,2375	0,6129	1,2428	1,8915	2,7971	3,5211
0,6500	-0,2185	0,5879	1,2226	1,8866	2,8279	3,3930
0,7000	-0,2582	0,5631	1,2011	1,8786	2,8532	3,3663
0,7500	-0,2667	0,5387	1,1784	1,8677	2,8735	3,7118
0,8000	-0,2739	0,5118	1,1548	1,8543	2,8891	3,7617
0,8500	-0,2801	0,4914	1,1306	1,8388	2,9002	3,8056
0,9000	-0,2852	0,4686	1,1060	1,8212	2,9071	3,8137
0,9500	-0,2895	0,4466	1,0810	1,8021	2,9103	3,8762
1,0000	-0,2929	0,4254	1,0560	1,7815	2,9098	3,9035

Sumber: Soewarno, Jilid I (1995:220)



Tabel 2.11 Wilayah Luas Dibawah Kurva Normal

x	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005
-3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0020
-2,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0042	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0053	0,0051	0,0050	0,0048
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0103	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0969	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1057	0,1038	0,1020	0,1001	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2031	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2264	0,2231	0,2198	0,2164	0,2128
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2481	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4089	0,4049	0,4011	0,3974	0,3936	0,3897	0,3858
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,1	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,2	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,3	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5949	0,5988	0,6027	0,6066	0,6104	0,6143
0,4	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,5	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,6	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,7	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,8	0,7580	0,7612	0,7642	0,7671	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,9	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
1,0	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,1	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,2	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,3	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,4	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,5	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,6	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,7	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,8	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,9	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
2,0	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,1	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,2	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,3	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,4	0,9893	0,9896	0,9898	0,9900	0,9904	0,9906	0,9908	0,9911	0,9913	0,9916
2,5	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,6	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,7	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,8	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,9	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9980
3,0	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,1	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,2	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,3	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,4	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,5	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

Sumber: Soewarno, Jilid I (1995:217)

Tabel 2.12. Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,200	2,05
100,000	0,100	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

Sumber: Bonnier, 1980 dalam Soewarno (1995:119)

Tabel 2.13 Nilai k untuk Distribusi Log Normal 3 Parameter

CS	Periode Ulang (Tahun)						
	1	2	5	10	20	50	100
-2.000	0.5203	0.2366	-0.6144	-1.2437	-1.8916	-2.7943	-3.5196
-1.800	0.5118	0.2240	-0.6395	-1.2621	-1.8928	-2.7578	-3.4433
-1.600	0.5007	0.2092	-0.6654	-1.2792	-1.8901	-2.7138	-3.3570
-1.400	0.4867	0.1920	-0.6920	-1.2943	-1.8827	-2.6615	-3.2601
-1.200	0.4691	0.1722	-0.7186	-1.3067	-1.8696	-2.6002	-3.1521
-1.000	0.4476	0.1495	-0.7449	-1.3156	-1.8501	-2.5294	-3.0333
-0.800	0.4221	0.1241	-0.7700	-1.3201	-1.8235	-2.4492	-2.9043
-0.600	0.3922	0.0959	-0.7930	-0.3194	-1.7894	-2.3600	-2.7665
-0.400	0.3582	0.0654	-0.8131	-0.3128	-1.7478	-2.2631	-2.6223
-0.200	0.3208	0.0332	-0.8296	-0.3002	-1.6993	-2.1602	-2.4745
0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.200	-0.3441	-0.0332	0.8996	1.3002	1.6993	2.1602	2.4745
0.400	-0.3582	-0.0654	0.8131	1.3128	1.7478	2.2631	2.6223
0.600	-0.3910	-0.0950	0.7930	1.3194	1.7894	2.3600	2.7665
0.800	-0.4221	-0.1241	0.7700	1.3201	1.8235	2.4492	2.9043
1.000	-0.4476	-0.1495	0.7449	1.3156	1.8501	2.5294	3.0333
1.200	-0.4691	-0.1722	0.7186	1.3067	1.8696	2.6002	3.1521
1.400	-0.4867	-0.1920	0.6920	1.2943	1.8827	2.6615	3.2601
1.600	-0.5007	-0.2092	0.6654	1.2792	1.8901	2.7138	3.3570
1.800	-0.5118	-0.2240	0.6395	1.2621	1.8928	2.7578	3.4433
2.000	-0.5203	-0.2366	0.6144	1.2437	1.8916	2.7943	3.5196

Sumber: Soewarno, Jilid I (1995:221)

2.9.3 Metode Rasional

Menurut Wanielista (1990) metode Rasional adalah salah satu dari metode tertua dan awalnya digunakan hanya untuk memperkirakan debit puncak (*peak discharge*). Ide yang melatarbelakangi metode Rasional adalah jika curah hujan dengan intensitas I terjadi secara terus menerus, maka laju limpasan langsung akan bertambah sampai mencapai waktu konsentrasi (T_c). Waktu konsentrasi T_c tercapai ketika seluruh bagian DAS telah memberikan kontribusi aliran di *outlet*.

Laju masukan pada sistem (IA) adalah hasil dari curah hujan dengan intensitas I pada DAS dengan luas A . Nilai perbandingan antara laju masukan dengan laju debit puncak (Q_p) yang terjadi pada saat T_c dinyatakan sebagai *run off coefficient*



(C) dengan ($0 \leq C \leq 1$) (Chow 1988). Hal di atas diekspresikan dalam formula Rasional sebagai berikut ini (Chow, 1988) :

$$Q = 0,278 C I A \dots\dots\dots(2-36)$$

Keterangan :

Q : debit puncak (m^3/dtk)

C : koefisien *run off*, tergantung pada karakteristik DAS (tak berdimensi)

I : intensitas curah hujan, untuk durasi hujan (D) sama dengan waktu konsentrasi (T_c) (mm/jam)

A : luas DAS (km^2)

Konstanta 0,278 adalah faktor konversi debit puncak ke satuan (m^3/dtk) (Seyhan, 1990). Beberapa asumsi dasar untuk menggunakan formula Rasional adalah sebagai berikut (Wanjelijsta 1990) :

- a. Curah hujan terjadi dengan intensitas yang tetap dalam satu jangka waktu tertentu, setidaknya sama dengan waktu konsentrasi.
- b. Limpasan langsung mencapai maksimum ketika durasi hujan dengan intensitas yang tetap, sama dengan waktu konsentrasi.
- c. Koefisien *run off* dianggap tetap selama durasi hujan.
- d. Luas DAS tidak berubah selama durasi hujan.

2.9.3.1 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (T_c) dapat dihitung berdasarkan persamaan Kirpich, 1940 dalam Chow, *et. al*, 1988 sebagai berikut.

$$T_c = 0.0195 * L^{0.77} * S^{-0.385} \dots\dots\dots(2-37)$$



Keterangan:

T_c = waktu konsentrasi (menit);

L = panjang sungai (m);

S = landai sungai (m/m).

2.9.3.2 Luas DAS (A)

Wilayah Sub DAS ditentukan berdasarkan batas-batas tangkapan hujan dalam peta topografi. Batas dari DAS ditentukan dengan melihat garis batas DAS dan berdasarkan garis ketinggian dan arah aliran air. Luas DAS dihitung melalui

analisis SIG (sistem informasi geografis) dengan menggunakan *software ArcView*

GIS 3.3.

2.9.3.3 Koefisien Limpasan (*runoff coefficient*) (C)

Perhitungan debit banjir menggunakan Metode Rasional diperlukan data koefisien limpasan (*runoff coefficient*). Koefisien limpasan adalah rasio jumlah limpasan terhadap jumlah curah hujan, dimana nilainya tergantung pada tekstur tanah, kemiringan lahan, dan jenis penutupan lahan. Pada daerah aliran sungai (DAS) berhutan dengan tekstur tanah liat berpasir, nilai koefisien limpasan berkisar antara 0,10 – 0,30. Pada lahan pertanian dengan tekstur tanah yang sama, nilai koefisien limpasan adalah 0,30 – 0,50.

Dengan melihat kenyataan di lapangan dimana sangat sulit menemukan daerah pengaliran yang homogen (tidak melulu aspal semua atau hutan semua, pasti merupakan gabungan atau heterogen), nilai C dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$C = C_{rata-rata} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots (2-38)$$

Keterangan:

C : koefisien *run off*, tergantung pada karakteristik DAS (tak berdimensi)

A : luas daerah berdasarkan koefisien limpasannya.

Dalam tulisan ini data koefisien limpasan disesuaikan dengan kondisi lapangan seperti pada Tabel 2.14, 2.15, dan 2.16.

Tabel 2.14. Koefisien limpasan (C) untuk Metoda Rasional

Karakter Permukaan	Periode Ulang (tahun)						
	2	5	10	25	50	100	500
Daerah telah berkembang :							
Aspal	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Beton/atap	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Rerumputan (taman) :							
• Kondisi Jelek (penutupan < 50%) :							
- Datar (0-2%)	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
- Sedang (2-7%)	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
- Curam (>7%)	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
• Kondisi Sedang (penutupan 50-70%) :							
- Datar	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
- Sedang	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
- Curam	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
• Kondisi baik (penutupan > 70%) :							
- Datar	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
- Sedang	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
- Curam	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Daerah Belum berkembang :							
• Lahan diusahakan pertanian :							
- Datar	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
- Sedang	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
- Curam	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
• Pengembalaan :							
- Datar	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
- Sedang	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
- Curam	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
• Hutan :							
- Datar	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
- Sedang	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
- Curam	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

¹⁾ Digunakan sebagai standard di Austin, Texas, USA.

Sumber : Ven Te Chow; D.R. Maidment; L.W. Mays (1988). *Applied Hydrology*. Mc Graw Hill, Singapore

Tabel 2.15 Koefisien runoff untuk metoda Rasional

Tipe Areal	Koefisien C
Areal bisnis:	
- Downtown	0.70 - 0.95
- Neighborhood	0.50 - 0.70
Perumahan (residential) :	
- Single family	0.30 - 0.50
- Multiunits, detached	0.40 - 0.60
- Multiunits, attached	0.60 - 0.75
Residential (suburban)	0.50 - 0.70
Apartment :	0.50 - 0.70
Daerah Industri :	
- Industri Ringan	0.50 - 0.70
- Industri Berat	0.60 - 0.90
Taman (parks), kuburan (cemeteries)	0.10 - 0.25
Taman bermain (playgrounds)	0.20 - 0.35
Railroad yard	0.20 - 0.35
Unimproved	0.10 - 0.30
Pavement:	
- Asphalt atau concrete	0.70 - 0.95
- Pasangan bata (bricks)	0.70 - 0.85
Atap rumah (Roofs):	
Lawns, tekstur tanah berpasir :	
- Datar, 2%	0.05 - 0.10
- Medium 2-7%	0.10 - 0.20
- Curam > 7%	0.15 - 0.20
Lawns, tekstur tanah liat berat :	
- Datar, 2%	0.13 - 0.17
- Medium 2-7%	0.18 - 0.22
- Curam > 7%	0.25 - 0.35
Kerikil lintasan kendaraan dan pejalan kaki	0.15 - 0.30

Sumber: ASCE and WPCF (1969)

Tabel 2.16 Koefisien limpasan C untuk metoda Rasional berdasarkan lereng, tanaman penutup tanah dan tekstur tanah.

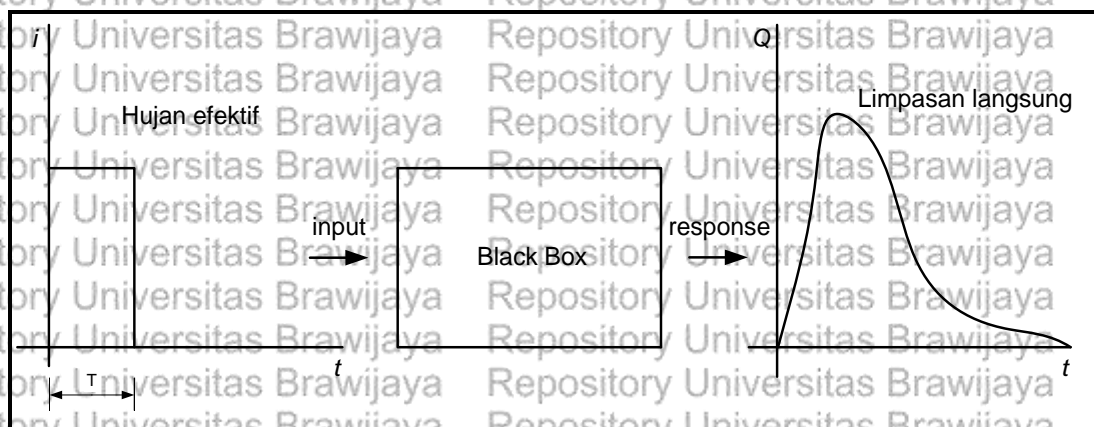
Lereng (%)	Lempung berpasir (sandy loam)	Liat dan debu berlempung (clay and silt loam)	Liat berat (tight clay)
HUTAN			
0 - 5	0.10	0.30	0.40
5 - 10	0.25	0.35	0.50
10 - 30	0.30	0.50	0.60
Padang Rumput			
0 - 5	0.10	0.30	0.40
5 - 10	0.15	0.35	0.55
10 - 20	0.20	0.40	0.60
Lahan Pertanian (Arable land)			
0 - 5	0.30	0.50	0.60
5 - 10	0.40	0.60	0.70
10 - 20	0.50	0.70	0.80

Sumber: Schwab, Frevert and Barnes (1966), Soil and Water Conservation Engineering, Wiley, New York.

2.10 Hidrograf Satuan

Teori klasik hidrograf berasal dari hubungan antara hujan efektif dengan limpasan langsung. Hubungan tersebut merupakan salah satu komponen model watershed yang umum. Definisi hidrograf satuan suatu DAS secara sederhana adalah suatu limpasan langsung yang diakibatkan oleh satu satuan hujan efektif, yang terbagi rata dalam waktu dan ruang (Soemarto, 1999:86). Ada beberapa macam metode untuk menganalisa hidrograf, antara lain HSS Nakayasu, HSS Synder, HSS Gamma-1 dan HSS Isochrones. Pada studi ini digunakan metode Nakayasu.

Teori hidrograf satuan merupakan penerapan teori sistem linear dalam hidrologi Daerah Aliran Sungai yang dipandang sebagai proses *black box* dan sistemnya ditandai oleh tanggapan (*response*) debit Q terhadap input tertentu. Inputnya adalah hujan merata, yaitu hujan dengan intensitas konstan sebesar 1 dan durasi T yang terbagi rata di atas DAS (Soemarto, 1999:86).



Gambar 2.4. Hubungan antara hujan efektif dengan limpasan langsung

Sumber: Soemarto (1999:86)

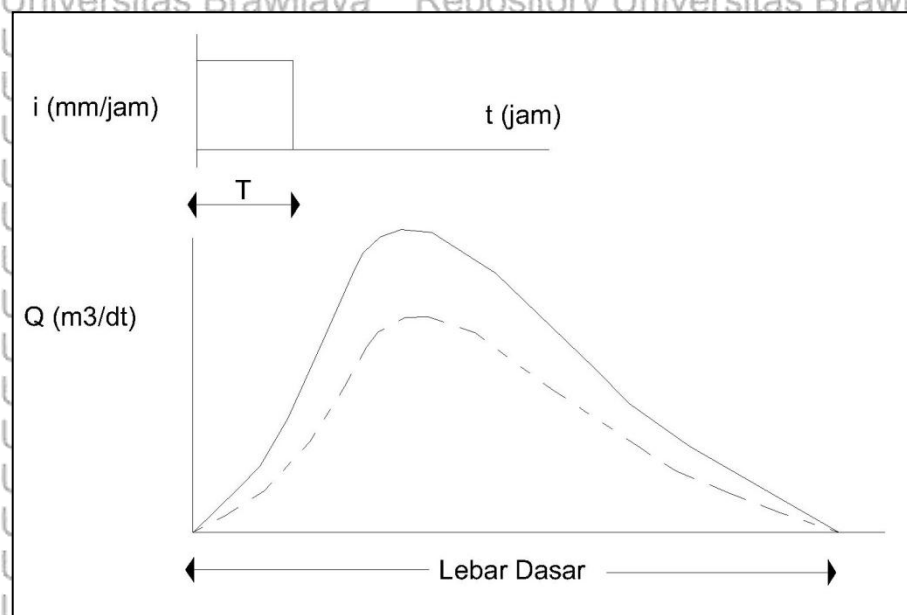
Tujuan dari hidrograf satuan adalah untuk memperkirakan hubungan antara hujan efektif dan aliran permukaan. Limpasan akibat hujan yang lain

dihitung dengan syarat sistem linier dan waktu tidak berubah (*time invariant*).

Anggapan linearitas ini dalam teori klasik terbagi menjadi 3 (tiga) prinsip, yaitu sebagai berikut (Soemarto, 1999:86).

1. Anggapan lebar dasar yang konstan

Hydrograf satuan dalam suatu DAS dihasilkan oleh hujan-hujan efektif yang sama durasinya, mempunyai lebar dasar yang sama, tidak memandang berapa besar intensitas hujannya seperti pada gambar 2.5 dibawah ini.

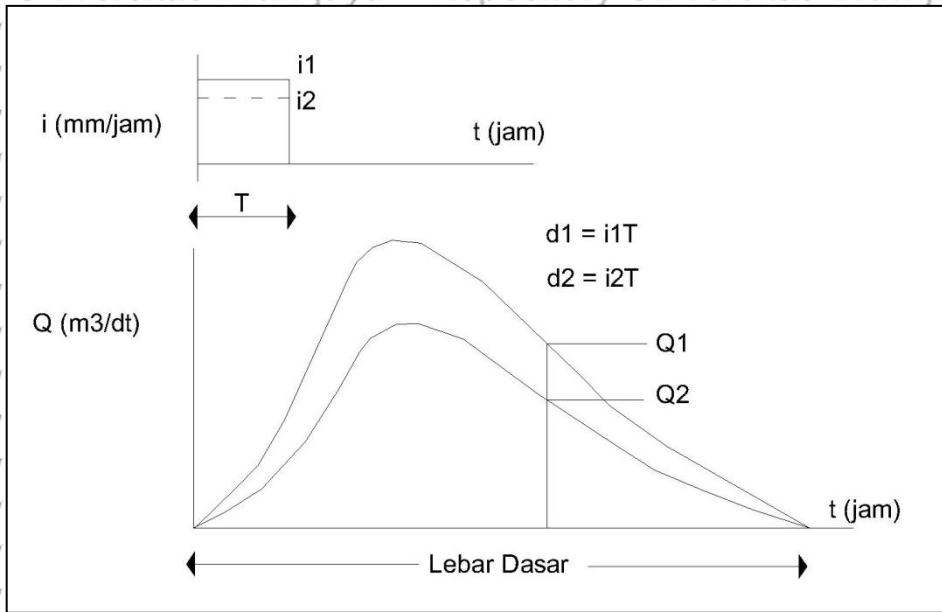


Gambar 2.5 Prinsip lebar dasar yang konstan

Sumber: Soemarto (1999:87)

2. Anggapan proporsional antara aliran/hujan efektif

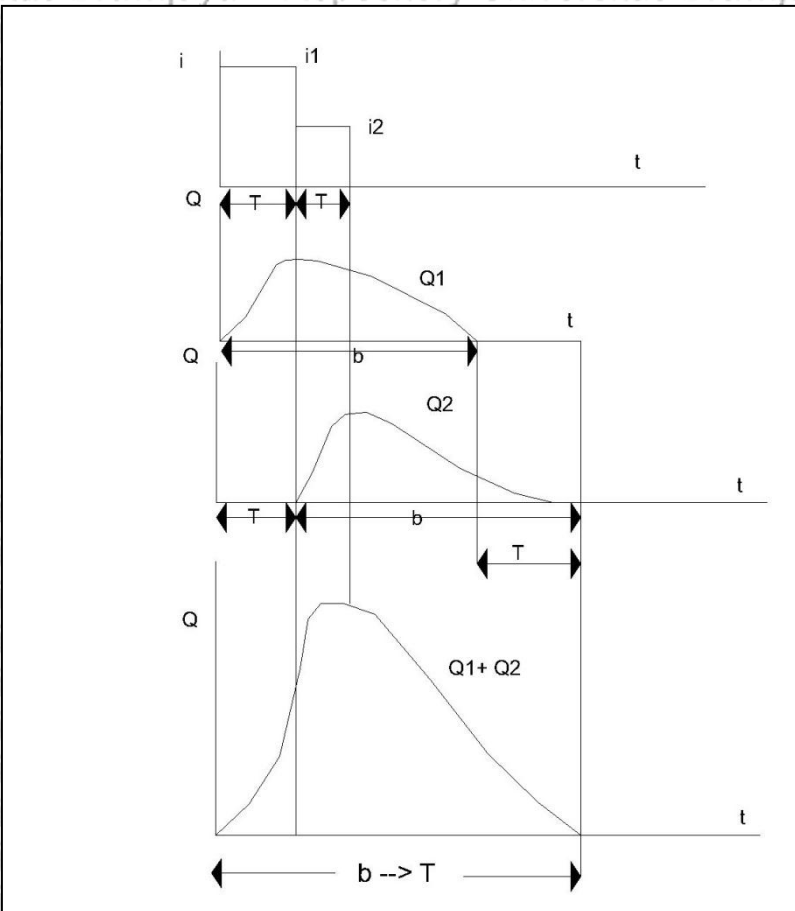
Besar limpasan langsung dalam suatu DAS berbanding lurus terhadap tinggi (d) curah hujan efektif (hujan netto), yang berlaku bagi semua hujan dalam durasi yang sama seperti pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Prinsip proporsional antara aliran/hujan efektif
 Sumber: Soemarto (1999:87)

3. Anggapan superposisi

Limpasan-limpasan langsung yang terjadi akibat hujan efektif yang berurutan, besarnya sama dengan jumlah limpasan langsung yang dihasilkan oleh masing-masing hujan efektif tersebut, dengan memperhitungkan waktu hujan yang terjadi seperti pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Prinsip superposisi

Sumber: Soemarto (1999:87)

Kementerian Pekerjaan Umum RI telah dijadikan hidrograf satuan sintetik metode DR. Nakayasu menjadi salah satu rujukan untuk perhitungan banjir rancangan di Indonesia. Sehingga saat ini di Indonesia sering menggunakan metode ini dalam perhitungan mencari debit limpasan dari curah hujan efektif.

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu adalah sebagai berikut:

1. Menentukan luas DAS (A) yang akan diuji, panjang sungai utamanya (L) dan parameter hidrograf (α) dengan kriteria sebagai berikut:

$\alpha = 2 \Rightarrow$ Pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5 \Rightarrow$ Pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat





$\alpha = 3 \Rightarrow$ Pada bagian naik hydrograf cepat, turun lambat

2. Menentukan Time leg (t_g) atau waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam) dengan kriteria sebagai berikut:

- Sungai dengan panjang alur $L > 15$ km

$$t_g = 0,4 + (0,058 \cdot L) \dots\dots\dots (2-39)$$

- Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km

$$t_g = 0,21 \cdot L^{0,7} \dots\dots\dots (2-40)$$

3. Menentukan satuan waktu hujan (t_r) dengan kisaran sebagai berikut:

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \dots\dots\dots (2-41)$$

4. Menghitung nilai tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir dalam jam (T_p) dengan rumus sebagai berikut:

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \dots\dots\dots (2-42)$$

5. Menghitung nilai Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari puncak sampai 30% dari debit puncak dalam jam ($T_{0,3}$) dengan rumus sebagai berikut:

$$T_{0,3} = \alpha t_g \dots\dots\dots (2-43)$$

6. Menghitung nilai ($T_p + T_{0,3}$) dan ($T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)

7. Menghitung hujan netto atau efektif (R_0) dengan rumus sebagai berikut:

$$R_0 = \frac{\text{Vol UH}}{A} \dots\dots\dots (2-44)$$

8. Menghitung debit puncak hydrograf satuan dalam (m^3/det), dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{A \cdot R_0}{3,6 \left(0,3 T_p + T_{0,3} \right)} \dots\dots\dots (2-45)$$



9. Menentukan debit waktu kurva naik $Q(t)$ saat $(0 < t \leq T_p)$, dengan rumus sebagai berikut:

$$Q(t) = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2.4} \cdot Q_p \dots\dots\dots (2-46)$$

Keterangan :

$Q(t)$ = Debit pada jam ke t (m^3/dtk)

t = Waktu (jam)

10. Menentukan debit waktu kurva turun $Q(t)$ saat $(T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3}))$, dengan rumus sebagai berikut:

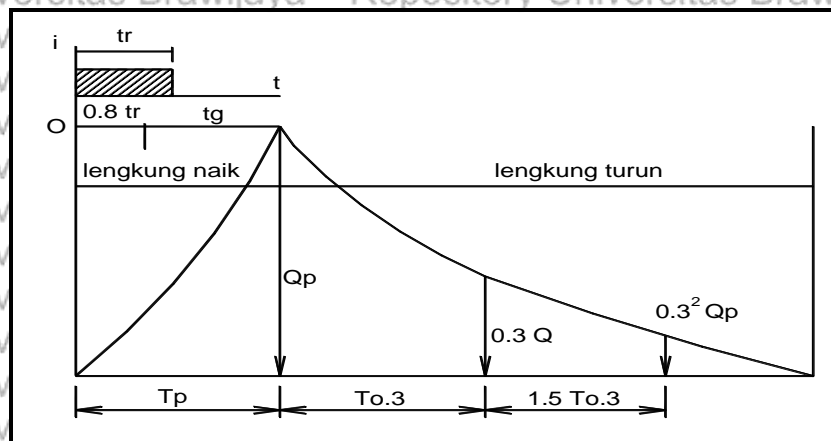
$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots (2-47)$$

11. Menentukan debit waktu kurva turun $Q(t)$ saat $((T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}))$, dengan rumus sebagai berikut:

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5 \cdot T_{0,3}}} \dots\dots\dots (2-48)$$

12. Menentukan debit waktu kurva turun $Q(t)$ saat $(t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}))$, dengan rumus sebagai berikut:

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5 \cdot T_{0,3})}{2,0 \cdot T_{0,3}}} \dots\dots\dots (2-49)$$



Gambar 2.8 Hidrograf Satuan Sintetik Metode Nakayasu
 Sumber: Soemarto (1999:102)

Orde sungai merupakan posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai suatu DAS. Semakin banyak jumlah orde sungai akan semakin luas DAS nya dan akan semakin panjang pula alur sungainya.

Berdasarkan cara Strahler, alur sungai paling hulu yang tidak mempunyai cabang disebut orde pertama, pertemuan antara dua orde pertama disebut orde kedua, pertemuan orde pertama dan kedua juga disebut kedua. Demikian seterusnya sampai pada sungai utama ditandai dengan orde paling besar.

Tingkat percabangan sungai (*bifurcation ratio*), dinyatakan dengan persamaan (Soewarno, 1991:36) :

$$R_b = N_u / N_{u+1} \dots \dots \dots (2-50)$$

dengan : R_b = Indeks tingkat percabangan sungai

N_u = Jumlah alur sungai untuk orde ke u

N_{u+1} = Jumlah alur sungai untuk orde ke u+1

Berdasarkan pengkajian yang telah dilakukan Strahler dapat disimpulkan bahwa (Soewarno, 1991:36) :





1. $R_b < 3$, maka alur sungai mempunyai kenaikan muka air banjir dengan cepat, sedangkan penurunannya berjalan dengan lambat.

2. $R_b > 5$, maka alur sungai mempunyai kenaikan muka air banjir dengan cepat, demikian juga penurunannya akan berjalan dengan cepat.

3. $3 < R_b < 5$, maka alur sungai mempunyai kenaikan dan penurunan muka air banjir tidak terlalu cepat atau tidak terlalu lambat.

Kriteria tingkat percabangan sungai dalam kajian ini digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan nilai koefisien α dalam perhitungan debit banjir rancangan metode Nakayasu.



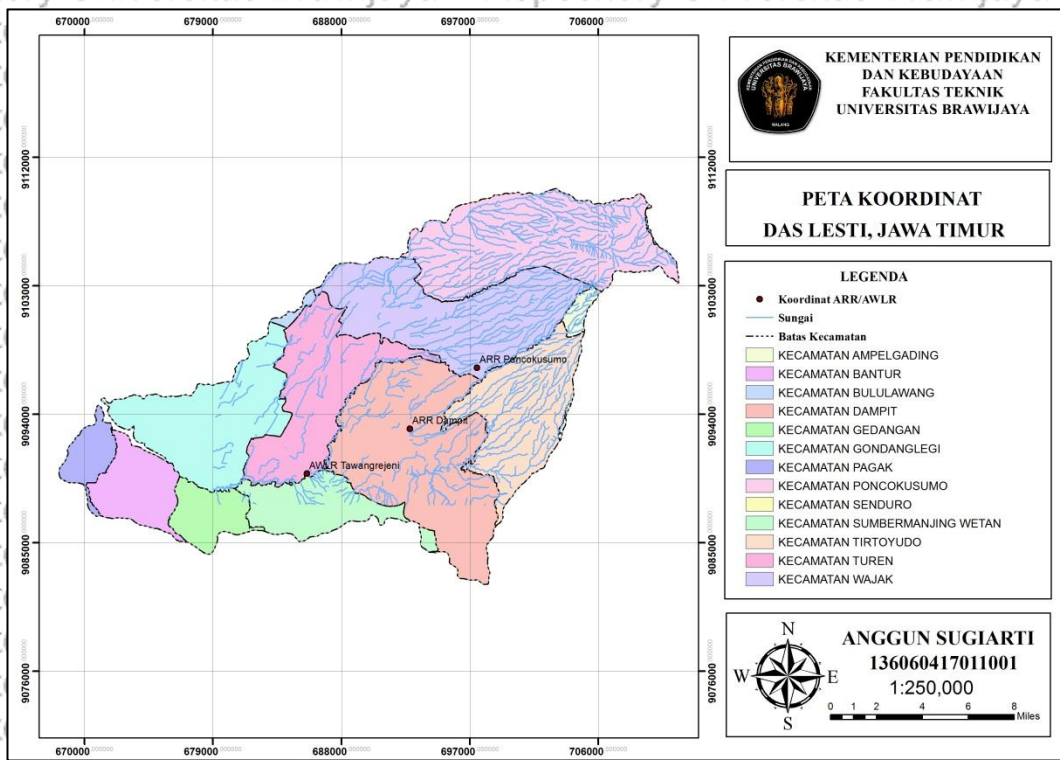
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Daerah Studi

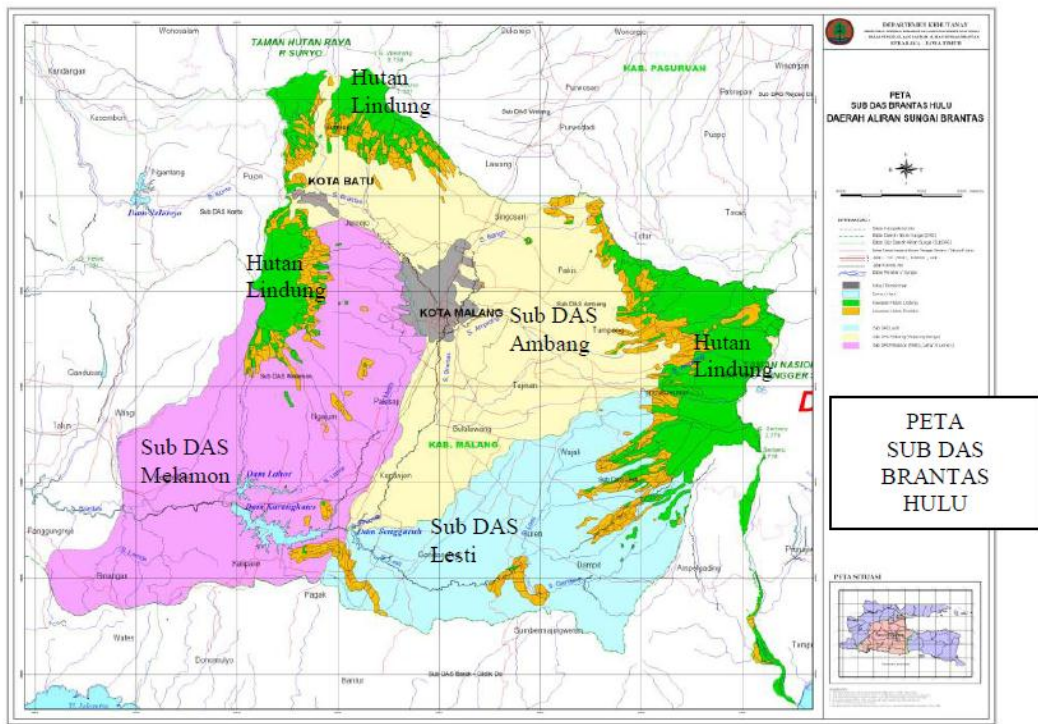
Penelitian ini akan dilakukan pada stasiun hujan Dampit dan Poncokusumo serta AWLR di Tawangrejeni yang berada di wilayah DAS Brantas bagian hulu yaitu DAS Lesti yang terletak di Kabupaten Malang. Pertimbangan utama pemilihan lokasi ini berdasarkan kelengkapan data hujan dan data karakteristik stasiun hujan. DAS Kali Brantas Hulu merupakan daerah tangkapan hujan yang kondisinya sangat memprihatinkan. Dalam *Watershed Conservation Master Plan* yang disusun pada Februari 2005, DAS Brantas Hulu merupakan salah satu wilayah konservasi yang harus dipelihara.

Sub DAS Lesti merupakan bagian dari DAS Brantas yang bermuara ke waduk Sengguruh. Secara administratif Lokasi studi yaitu Sub DAS Lesti terletak pada Kabupaten Malang, di bagian hulu sebelah timur Kabupaten Malang yang memberikan kontribusi debit air sungai yang besar ke bagian hilir Kabupaten Malang, tepatnya di waduk Sengguruh dan bendungan Sutami. Tingginya tingkat erosi yang terjadi di wilayah Sub DAS Lesti disebabkan oleh bentuk topografinya sebagian besar berombak-bergelombang dan berbukit bergunung dengan kemiringan lereng 8-45%, dan besarnya Intensitas curah hujan yang tinggi di wilayah Sub DAS Lesti.

Sungai Lesti merupakan anak sungai Kali Brantas, yang bermata air dari lereng Gunung Semeru. Sungai lesti mengalir sepanjang $\pm 65,505$ km, dan juga merupakan sarana transportasi sedimen hasil erosi vertikal maupun horisontal di daerah hulunya. Di desa Sengguruh Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang,



Gambar 3.2 Peta DAS Lesti
 Sumber : Dinas Pengairan Kabupaten Malang



Gambar 3.3 Peta Sub DAS Brantas Hulu
 Sumber : Nurfatatriani, 2009



3. Kecamatan Pagelaran



Gambar 3.6 Sungai Lesti Kecamatan Pagelaran (Elv +329,7)

Sumber : Survey Lapangan

4. Kecamatan Gondanglegi



Gambar 3.7 Sungai Lesti Kecamatan Gondanglegi (Elv +326,2)

Sumber : Survey Lapangan



5. Kecamatan Dampit



Gambar 3.8 Sungai Lesti Kecamatan Dampit

Sumber : Survey Lapangan

6. Kecamatan Turen



Gambar 3.9 Sungai Lesti Kecamatan Turen (AWLR Tawangrejeni)

Sumber : Survey Lapangan



3.2 Kondisi Umum DAS Lesti

3.2.1 Topografi

Sebagian besar topografi Sub DAS Lesti adalah datar yaitu 20.435 Ha (34,98%), topografi berombak 12.460 Ha (21,34%), Bergelombang 12.833 Ha (21,98%), dan berbukit 10.578 Ha (18,12%) serta topografi bergunung 2.077 Ha (4,58%).

Sungai Lesti mempunyai anak-anak sungai utama yaitu Sungai Bendo, Sungai Aran-aran, Sungai Bambang, Sungai Ngubalan, sungai Grangsil, Sungai Juwok, sungai Padangdan sungai Genteng

3.2.2 Iklim

Iklim di wilayah daerah studi termasuk iklim tropis yang dipengaruhi oleh angin muson. Curah hujan rata-rata berdasarkan catatan di beberapa stasiun pengamat yang ada selama 10 tahun terakhir 1.950 mm/tahun dan terendah sebesar 1.458 mm/tahun sedangkan tertinggi sebesar 2.425 mm/tahun dengan intensitas hujan harian 19 mm/hari terjadi pada wilayah Sub DAS bagian hulu yaitu pada Kecamatan Poncokusumo.

3.2.3 Jenis Tanah dan Geologi

Jenis tanah di wilayah daerah studi terdiri dari 5 jenis tanah sebagai berikut:

- 1) Aluvial (tanah berasal dari endapan baru berlapis-lapis, bahan organik jumlahnya berubah tidak teratur dengan kedalaman. Hanya terdapat epipedon ochrik, histik atau sulfuric, kandungan pasir kurang dari 60%),
- 2) Regosol (tanah bertekstur kasar dengan pasir lebih dari 60%, hanya mempunyai horizon penciri ochrik, histik atau sulfurik),



- 3) Andosol (tanah yang pada umumnya berwarna hitam dan mempunyai horizon kambik, bulk density (kerapatan limbak) kurang dari 0,85 g/cm³, banyak mengandung bahan amorf atau kurang lebih dari 60% terdiri dari abu vulkanik *vitrik*, cinders, atau bahan *pyroklastik* lain),
- 4) Mediteran (mempunyai horizon argilik tetapi kejenuhan basa lebih dari 50%),
- 5) Latosol (tanah dengan kadar tanah liat lebih dari 60%, remah sampai gumpal, gembur, warna tanah seragam dengan batas-batas horizon yang kabur, solum dalam (30 cm sampai 5 meter), kejenuhan basa kurang dari 50%, umumnya mempunyai epipedon umbrik dan horizon kambik.

3.2.4 Data Kependudukan

Berdasarkan data jumlah penduduk (Data Statistik Kecamatan Dalam Angka Tahun 2012), total jumlah penduduk pada semua kecamatan yang masuk dalam Sub DAS Lesti dari tahun 2011 sampai 2012 meningkat sekitar 4.828 jiwa. Selama kurun waktu 1 tahun tersebut terdapat perkembangan jumlah penduduk yang cukup besar dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 0,20% pertahun. Pada wilayah Kecamatan Sumbermanjing tidak mengalami penambahan jumlah penduduk, sedangkan wilayah Kecamatan Wajak mengalami penambahan jumlah penduduk paling tinggi. Penyebaran kepadatan penduduk pada masing-masing kecamatan yang paling kecil dan paling besar berturut-turut adalah Kecamatan Pagak, sebesar 61,53 jiwa/km² dan Kecamatan Turen, sebesar 1.767,25 Jiwa/km². Rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 0,46%/th, sedangkan kepadatan penduduk yang masuk dalam wilayah Sub DAS lesti adalah 815,53 jiwa/m².

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data menggunakan pendekatan metode survei, yaitu pengumpulan data primer dan sekunder didapat dari instansi terkait atau secara tidak langsung.

Data primer merupakan data yang diperlukan di lapangan, data tersebut antara lain adalah :

- a. Pengumpulan data informasi lokasi beserta kondisi stasiun hujan yang termasuk dalam penelitian.
- b. Melakukan pengukuran langsung dan inventarisasi di lapangan, untuk selanjutnya mengetahui keadaan AWLR dan ARR yang berpengaruh pada lokasi studi penelitian.

Sedangkan data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data DAS

Data DAS digunakan untuk mengetahui karakteristik DAS yang mendukung proses penelitian yang meliputi luas DAS dan karakteristik sungai.

2. Data tata guna lahan 2012

3. Data curah hujan jam-jaman tahun 2009-2013

Data curah hujan digunakan untuk menentukan besarnya intensitas hujan yang terjadi di DAS Lesti.

4. Data debit harian (AWLR) tahun 1991-2012

Data debit harian digunakan sebagai perbandingan dengan debit bajir rasional dari Intensitas model, pengamatan, dan metode lain dalam uji verifikasi.



3.4. Langkah Pengerjaan

Analisis dilakukan terhadap data yang telah dikelompokkan berdasarkan durasinya. Rangkaian tahapan analisis untuk memperoleh model (persamaan) intensitas hujan adalah:

1. Inventarisasi data intensitas hujan empirik dalam jam-jaman
2. Mengelompokkan data berdasarkan durasi (jam) = 1, 2, 3, 4, dan 5 jam.
3. Data yang bersifat *outliers* dikeluarkan dari analisis.
4. Uji normalitas data untuk melihat apakah data tersebar secara normal atau tidak.
5. Pengurutan data. Pada setiap kelompok durasi hujan, intensitas hujan diurutkan dari intensitas tinggi ke intensitas rendah (*descending*).

6. Penghitungan probabilitas hujan dengan menggunakan persamaan weibull = $p = \frac{m}{N+1} \cdot 100\%$ dengan p adalah probabilitas hujan (%); m adalah nomor urut intensitas hujan pada kelompok durasi hujan yang telah diurutkan secara *descending*; dan N adalah banyaknya data pada kelompok durasi hujan.

7. Formulasi persamaan hubungan antara probabilitas hujan dengan intensitas hujan, untuk masing-masing kelompok durasi hujan, sehingga diperoleh persamaan $I_t = f(p)$.

8. Menghitung nilai proyeksi intensitas hujan untuk nilai probabilitas tertentu. Dalam hal ini dihitung untuk $p = 5$ sampai dengan 95 % dengan interval 5 %, sehingga diperoleh nilai proyeksi intensitas hujan menurut nilai interval probabilitas hujan tersebut pada masing-masing kelompok t .



9. Formulasi persamaan linier antara intensitas hujan sebagai fungsi dari t pada setiap nilai interval probabilitas hujan. Guna memperoleh pola hubungan yang

baik, durasi hujan t , ditransformasi menjadi $(1/t)$. Diperoleh hubungan linier

$$I_p = a + b \cdot (1/t)$$

10. Nilai koefisien a dan b dari persamaan (hubungan) linier diatas dikelompokan berdasarkan nilai interval probabilitas.

11. Formulasi hubungan antara : (A) p dengan koefisien a ; dan (B) p dengan koefisien b . Dalam hal ini bentuk hubungan bersifat hubungan eksponensial.

12. Menyusun persamaan akhir, mencakup substitusi persamaan (A) dan (B) ke dalam bentuk persamaan $I_p = a + b \cdot (1/t)^p$; dan menyederhanakannya, diperoleh

13. Perbandingan hasil pemodelan, dilakukan melalui dua cara, yaitu: membandingkan intensitas hujan hasil model dengan intensitas hujan empirik (I_e) sebagai data dasar; dan membandingkan intensitas hujan hasil model dengan hasil perhitungan metode lain yang sudah ada (Talbot, Sherman, dan Ishiguro).

14. Perhitungan nilai korelasi pada semua metode intensitas hujan.

15. Perhitungan nilai akurasi menggunakan MAE (Mean Absolute Error).

16. Verifikasi data melaluj perbandingan debit dari data intensitas model menggunakan rumus debit rasional dan HSS Nakayasu dengan debit dari data AWLR (*Automatic Water Level*).

Berikut ini langkah-langkah uji verifikasi dalam pemodelan intensitas hujan:

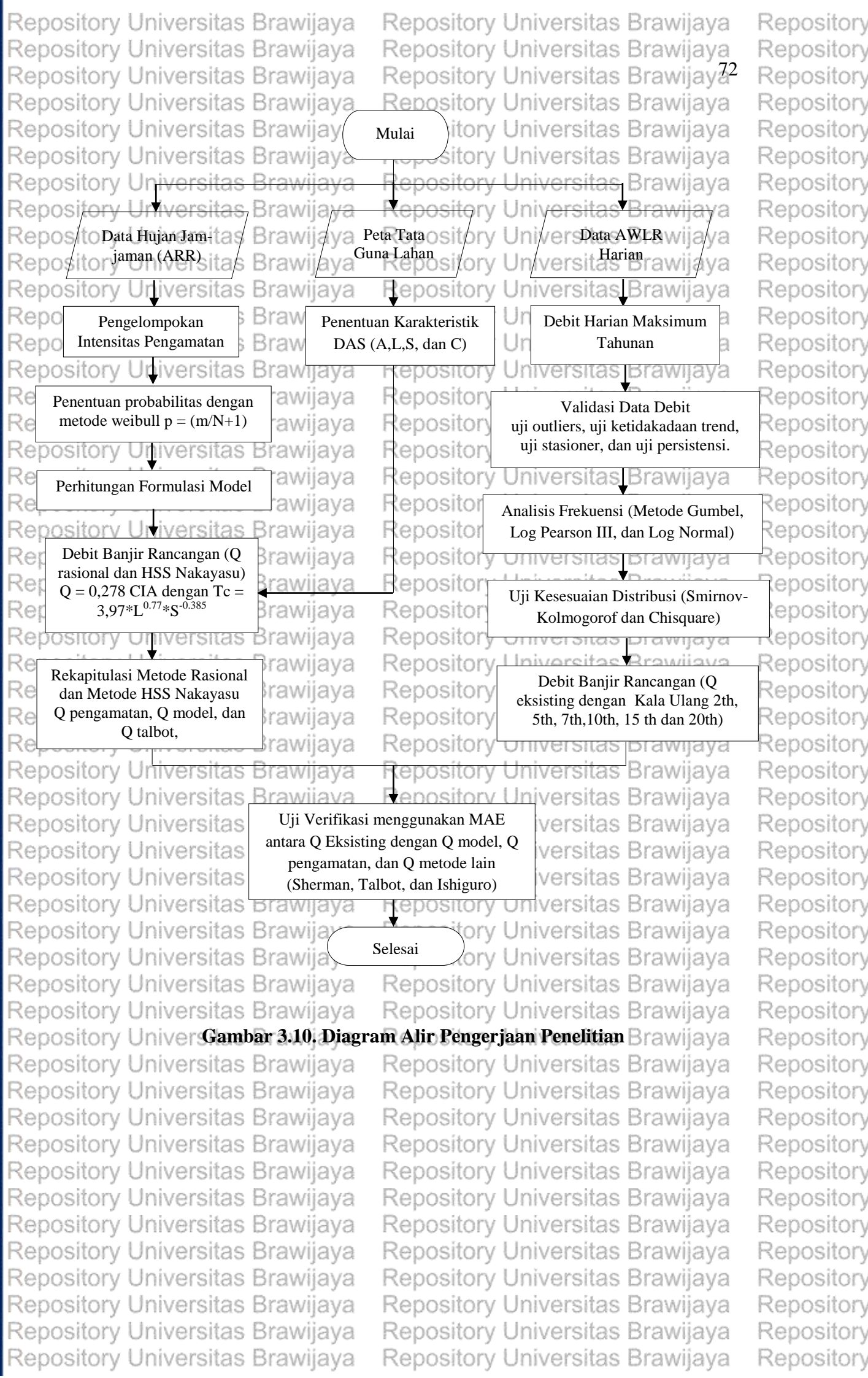
a) Penentuan debit harian maksimum tahunan.



- b) Melakukan validasi data debit melalui uji outliers, uji ketidakadaan trend, uji stasioner, dan uji persistensi.
- c) Penentuan analisis frekuensi (metode gumbel, log pearson III, dan log normal) dengan menggunakan uji kesesuaian distribusi (Smirnov Kolmogorof dan Chi Square).
- d) Perhitungan waktu konsentrasi (tc).
- e) Penentuan Koefisien Limpasan (C) dari peta tata guna lahan
- f) Perhitungan debit banjir rancangan (Q rasional) metode rasional dan HSS Nakayasu dari intensitas hujan model, dan intensitas metode lain (sherman, talbot, atau ishiguro) dengan berbagai kala ulang 2, 5, 7, 10, 15, dan 20 tahun.
- g) Perhitungan *Mean Absolute Error* (MAE) antara debit eksisting dengan debit model dan debit metode lain (Sherman, Talbot, Ishiguro).

3.5 Keluaran Data

Keluaran data yang diperoleh dari studi ini yaitu persamaan model di lokasi studi serta akurasinya berdasarkan nilai perbandingan korelasinya dengan metode pengukuran stasiun hujan, Talbot, Sherman, Ishiguro. Nilai korelasi tersebut diperoleh dari hubungan perhitungan intensitas hujan (x) dan durasi hujan (y). Dalam uji verifikasi hasil pemodelan didapatkan nilai MAE perbandingan antara debit yang didapatkan dari AWLR dengan debit dari hasil pemodelan intensitas hujan, debit pengamatan, dan debit metode lain (Sherman, Talbot, dan Ishiguro).



Gambar 3.10. Diagram Alir Pengerjaan Penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Tahapan dalam penyusunan persamaan model intensitas hujan DAS Lesti terbagi menjadi beberapa tahapan, diantaranya:

1. Pengumpulan data
2. Pengelompokan data
3. Uji *outliers*
4. Uji normalitas data
5. Perhitungan probabilitas hujan
6. Penyusunan formulasi persamaan intensitas hujan
7. Verifikasi persamaan model intensitas hujan menggunakan debit banjir rancangan

4.2. Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari Stasiun Hujan Dampit dan Poncokusumo adalah data curah hujan dengan durasi 60 menit atau 1 jam dalam 5 tahun yaitu tahun 2009 hingga 2013.

4.3. Pengelompokan Data

Berdasarkan hasil pembacaan data hujan selama 5 tahun di Stasiun Hujan Dampit dan Poncokusumo, diperoleh 6353 buah data dasar kejadian hujan. Data terdiri atas dua variabel yaitu data ketebalan hujan (R_i) dan durasi hujan (t_i).

Data intensitas hujan dikelompokkan berdasarkan durasi 1 jam (3848 data), 2 jam (1342 data), 3 jam (628 data), 4 jam (334 data) dan 5 jam (201 data).

Untuk tahap analisis selanjutnya, terdapat 6348 data intensitas hujan.



4.3.1. Perhitungan Intensitas Hujan dan Probabilitas Curah Hujan

Data intensitas hujan dikelompokkan berdasarkan durasi hujan 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Contoh perhitungan untuk intensitas hujan 5 jam adalah sebagai berikut:

$$I_i = \frac{R_i}{T_i}$$

$$I_i = \frac{78}{5}$$

$$I_i = 15,6 \text{ mm/jam}$$

Keterangan:

I_i = Intensitas hujan pada durasi 5 jam

R_i = Curah hujan (mm) pada durasi 5 jam

t_i = Durasi pada suatu kejadian hujan (jam)

Selanjutnya kita menghitung probabilitas:

$$p = \frac{m}{N+1} \cdot 100\%$$

$$p = (1 / (200+1)) \times 100\%$$

$$p = 0,50 \%$$

Keterangan:

p = probabilitas hujan (%)

m = nomor urut intensitas hujan yang telah diurutkan

N = banyaknya data pada kelompok durasi 5 jam

Perhitungan selanjutnya data intensitas hujan durasi 5 jam dapat dilihat pada tabel 4.1. dan hasil perhitungan untuk durasi lainnya dapat dilihat pada lampiran 1.

Tabel 4.1. Perhitungan Intensitas dan Probabilitas Hujan Durasi 5 Jam

No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
1	89.50	5	17.90	1.25	0.49
2	84.00	5	16.80	1.23	0.99
3	78.00	5	15.60	1.19	1.48
4	77.00	5	15.40	1.19	1.97
5	77.00	5	15.40	1.19	2.46
6	76.00	5	15.20	1.18	2.96
7	73.00	5	14.60	1.16	3.45
8	72.00	5	14.40	1.16	3.94
9	68.50	5	13.70	1.14	4.43
10	67.36	5	13.47	1.13	4.93
11	67.30	5	13.46	1.13	5.42
12	65.66	5	13.13	1.12	5.91
13	65.50	5	13.10	1.12	6.40
14	60.00	5	12.00	1.08	6.90
15	57.00	5	11.40	1.06	7.39
16	56.00	5	11.20	1.05	7.88
17	52.00	5	10.40	1.02	8.37
18	51.50	5	10.30	1.01	8.87
19	51.00	5	10.20	1.01	9.36
20	51.00	5	10.20	1.01	9.85
21	50.50	5	10.10	1.00	10.34
22	50.50	5	10.10	1.00	10.84
23	49.50	5	9.90	1.00	11.33
24	49.00	5	9.80	0.99	11.82
25	48.50	5	9.70	0.99	12.32
26	48.00	5	9.60	0.98	12.81
27	47.00	5	9.40	0.97	13.30
28	47.00	5	9.40	0.97	13.79
29	47.00	5	9.40	0.97	14.29
30	47.00	5	9.40	0.97	14.78
31	46.00	5	9.20	0.96	15.27
32	46.00	5	9.20	0.96	15.76
33	45.50	5	9.10	0.96	16.26
34	45.00	5	9.00	0.95	16.75
35	45.00	5	9.00	0.95	17.24
36	44.50	5	8.90	0.95	17.73
37	44.00	5	8.80	0.94	18.23



No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
38	42.00	5	8.40	0.92	18.72
39	42.00	5	8.40	0.92	19.21
40	41.00	5	8.20	0.91	19.70
41	40.50	5	8.10	0.91	20.20
42	40.50	5	8.10	0.91	20.69
43	40.50	5	8.10	0.91	21.18
44	40.00	5	8.00	0.90	21.67
45	39.50	5	7.90	0.90	22.17
46	39.50	5	7.90	0.90	22.66
47	39.00	5	7.80	0.89	23.15
48	38.50	5	7.70	0.89	23.65
49	38.00	5	7.60	0.88	24.14
50	37.00	5	7.40	0.87	24.63
51	36.50	5	7.30	0.86	25.12
52	33.50	5	6.70	0.83	25.62
53	33.50	5	6.70	0.83	26.11
54	32.50	5	6.50	0.81	26.60
55	32.50	5	6.50	0.81	27.09
56	31.00	5	6.20	0.79	27.59
57	30.50	5	6.10	0.79	28.08
58	30.00	5	6.00	0.78	28.57
59	30.00	5	6.00	0.78	29.06
60	29.50	5	5.90	0.77	29.56
61	29.50	5	5.90	0.77	30.05
62	29.50	5	5.90	0.77	30.54
63	29.50	5	5.90	0.77	31.03
64	28.50	5	5.70	0.76	31.53
65	28.50	5	5.70	0.76	32.02
66	28.00	5	5.60	0.75	32.51
67	27.50	5	5.50	0.74	33.00
68	27.00	5	5.40	0.73	33.50
69	27.00	5	5.40	0.73	33.99
70	27.00	5	5.40	0.73	34.48
71	26.00	5	5.20	0.72	34.98
72	25.50	5	5.10	0.71	35.47
73	25.50	5	5.10	0.71	35.96
74	25.50	5	5.10	0.71	36.45
75	25.50	5	5.10	0.71	36.95
76	25.50	5	5.10	0.71	37.44



No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
77	25.50	5	5.10	0.71	37.93
78	25.50	5	5.10	0.71	38.42
79	25.50	5	5.10	0.71	38.92
80	25.50	5	5.10	0.71	39.41
81	25.00	5	5.00	0.70	39.90
82	25.00	5	5.00	0.70	40.39
83	25.00	5	5.00	0.70	40.89
84	24.00	5	4.80	0.68	41.38
85	24.00	5	4.80	0.68	41.87
86	23.50	5	4.70	0.67	42.36
87	23.50	5	4.70	0.67	42.86
88	23.50	5	4.70	0.67	43.35
89	23.50	5	4.70	0.67	43.84
90	22.50	5	4.50	0.65	44.33
91	22.50	5	4.50	0.65	44.83
92	22.00	5	4.40	0.64	45.32
93	22.00	5	4.40	0.64	45.81
94	22.00	5	4.40	0.64	46.31
95	22.00	5	4.40	0.64	46.80
96	22.00	5	4.40	0.64	47.29
97	21.50	5	4.30	0.63	47.78
98	21.50	5	4.30	0.63	48.28
99	21.50	5	4.30	0.63	48.77
100	21.00	5	4.20	0.62	49.26
101	21.00	5	4.20	0.62	49.75
102	21.00	5	4.20	0.62	50.25
103	21.00	5	4.20	0.62	50.74
104	21.00	5	4.20	0.62	51.23
105	20.50	5	4.10	0.61	51.72
106	20.50	5	4.10	0.61	52.22
107	20.00	5	4.00	0.60	52.71
108	20.00	5	4.00	0.60	53.20
109	19.50	5	3.90	0.59	53.69
110	19.50	5	3.90	0.59	54.19
111	19.50	5	3.90	0.59	54.68
112	19.00	5	3.80	0.58	55.17
113	19.00	5	3.80	0.58	55.67
114	19.00	5	3.80	0.58	56.16
115	19.00	5	3.80	0.58	56.65



No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
116	19.00	5	3.80	0.58	57.14
117	19.00	5	3.80	0.58	57.64
118	19.00	5	3.80	0.58	58.13
119	19.00	5	3.80	0.58	58.62
120	19.00	5	3.80	0.58	59.11
121	19.00	5	3.80	0.58	59.61
122	19.00	5	3.80	0.58	60.10
123	18.50	5	3.70	0.57	60.59
124	18.50	5	3.70	0.57	61.08
125	18.50	5	3.70	0.57	61.58
126	18.00	5	3.60	0.56	62.07
127	17.50	5	3.50	0.54	62.56
128	17.50	5	3.50	0.54	63.05
129	17.50	5	3.50	0.54	63.55
130	17.50	5	3.50	0.54	64.04
131	17.50	5	3.50	0.54	64.53
132	17.50	5	3.50	0.54	65.02
133	17.00	5	3.40	0.53	65.52
134	17.00	5	3.40	0.53	66.01
135	16.50	5	3.30	0.52	66.50
136	16.00	5	3.20	0.51	67.00
137	16.00	5	3.20	0.51	67.49
138	16.00	5	3.20	0.51	67.98
139	15.50	5	3.10	0.49	68.47
140	15.50	5	3.10	0.49	68.97
141	15.00	5	3.00	0.48	69.46
142	15.00	5	3.00	0.48	69.95
143	15.00	5	3.00	0.48	70.44
144	15.00	5	3.00	0.48	70.94
145	15.00	5	3.00	0.48	71.43
146	14.50	5	2.90	0.46	71.92
147	14.50	5	2.90	0.46	72.41
148	14.50	5	2.90	0.46	72.91
149	14.50	5	2.90	0.46	73.40
150	14.00	5	2.80	0.45	73.89
151	14.00	5	2.80	0.45	74.38
152	14.00	5	2.80	0.45	74.88
153	14.00	5	2.80	0.45	75.37
154	14.00	5	2.80	0.45	75.86

No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
155	14.00	5	2.80	0.45	76.35
156	13.50	5	2.70	0.43	76.85
157	13.50	5	2.70	0.43	77.34
158	13.50	5	2.70	0.43	77.83
159	13.00	5	2.60	0.41	78.33
160	12.50	5	2.50	0.40	78.82
161	12.50	5	2.50	0.40	79.31
162	12.50	5	2.50	0.40	79.80
163	12.00	5	2.40	0.38	80.30
164	12.00	5	2.40	0.38	80.79
165	11.00	5	2.20	0.34	81.28
166	10.50	5	2.10	0.32	81.77
167	10.50	5	2.10	0.32	82.27
168	10.50	5	2.10	0.32	82.76
169	10.50	5	2.10	0.32	83.25
170	10.00	5	2.00	0.30	83.74
171	10.00	5	2.00	0.30	84.24
172	10.00	5	2.00	0.30	84.73
173	10.00	5	2.00	0.30	85.22
174	10.00	5	2.00	0.30	85.71
175	9.50	5	1.90	0.28	86.21
176	9.50	5	1.90	0.28	86.70
177	9.00	5	1.80	0.26	87.19
178	9.00	5	1.80	0.26	87.68
179	9.00	5	1.80	0.26	88.18
180	8.50	5	1.70	0.23	88.67
181	8.50	5	1.70	0.23	89.16
182	8.50	5	1.70	0.23	89.66
183	8.00	5	1.60	0.20	90.15
184	8.00	5	1.60	0.20	90.64
185	7.50	5	1.50	0.18	91.13
186	7.00	5	1.40	0.15	91.63
187	7.00	5	1.40	0.15	92.12
188	7.00	5	1.40	0.15	92.61
189	6.50	5	1.30	0.11	93.10
190	6.50	5	1.30	0.11	93.60
191	6.50	5	1.30	0.11	94.09
192	6.00	5	1.20	0.08	94.58
193	6.00	5	1.20	0.08	95.07

No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
194	5.50	5	1.10	0.04	95.57
195	5.50	5	1.10	0.04	96.06
196	5.50	5	1.10	0.04	96.55
197	5.00	5	1.00	0.00	97.04
198	4.50	5	0.90	-0.05	97.54
199	3.50	5	0.70	-0.15	98.03
200	3.00	5	0.60	-0.22	98.52
201	2.50	5	0.50	-0.30	99.01
202	2.50	5	0.50	-0.30	99.51

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4. Uji Outliers

Uji *outliers* bertujuan untuk mengetahui data yang menyimpang cukup jauh dari *trend* kelompoknya. Prosedur dalam uji *outliers* ini diantaranya data intensitas hujan diurutkan dari yang terbesar terlebih dahulu. Perhitungan uji *outliers* ditampilkan pada tabel 4.3. Berikut langkah perhitungan uji *outliers*:

$$- \text{Stdev } x (s_y) = 18,10$$

$$- \text{Rerata } x (\bar{y}) = 26,40$$

$$- K_n = 3,284 \text{ (Tabel 4.2.)}$$

$$- y_H = \bar{y} + K_n \cdot s_y$$

$$= 26,40 + 3,284 \times 18,10$$

$$= 85,851$$

$$- y_L = \bar{y} - K_n \cdot s_y$$

$$= 26,40 - 3,284 \times 18,10$$

$$= -33,055$$

Untuk menghitung nilai y_H dan y_L diperlukan nilai K_n . Nilai K_n didapat dari tabel 4.2.

Tabel 4.2. Nilai K_n untuk Uji *Outliers*

Jumlah Data	K_n	Jumlah Data	K_n	Jumlah Data	K_n	Jumlah Data	K_n
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,088	25	2,468	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,681	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,700	80	2,940
15	2,247	29	2,549	43	2,710	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,717	95	3,000
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078
21	2,408	35	2,618	49	2,760	130	3,104
22	2,429	36	2,639	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,650	55	2,804		

Sumber : Ven Te Chow (1988: 404)

Nilai ambang bawah dan nilai ambang atas diperoleh dari perhitungan di atas.

Nilai ambang atas adalah 85,851 dan nilai ambang bawah adalah -33,055. Data yang diluar y_H dan y_L merupakan data *outliers*.

Setelah dilakukan uji *outliers* sebanyak 3 kali dalam penelitian ini, maka tidak terdapat data *outliers*. Data yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya disajikan dalam tabel 4.3, sedangkan untuk durasi yang lain terdapat dalam lampiran 2.

Tabel 4.3. Data Curah Hujan Jam-jaman Setelah Dilakukan Uji *Outliers*

Durasi 5 jam

No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
1	78.00	5	15.60	1.19	0.50
2	77.00	5	15.40	1.19	1.00
3	77.00	5	15.40	1.19	1.49
4	76.00	5	15.20	1.18	1.99
5	73.00	5	14.60	1.16	2.49
6	72.00	5	14.40	1.16	2.99



No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
7	68.50	5	13.70	1.14	3.48
8	67.36	5	13.47	1.13	3.98
9	67.30	5	13.46	1.13	4.48
10	65.66	5	13.13	1.12	4.98
11	65.50	5	13.10	1.12	5.47
12	60.00	5	12.00	1.08	5.97
13	57.00	5	11.40	1.06	6.47
14	56.00	5	11.20	1.05	6.97
15	52.00	5	10.40	1.02	7.46
16	51.50	5	10.30	1.01	7.96
17	51.00	5	10.20	1.01	8.46
18	51.00	5	10.20	1.01	8.96
19	50.50	5	10.10	1.00	9.45
20	50.50	5	10.10	1.00	9.95
21	49.50	5	9.90	1.00	10.45
22	49.00	5	9.80	0.99	10.95
23	48.50	5	9.70	0.99	11.44
24	48.00	5	9.60	0.98	11.94
25	47.00	5	9.40	0.97	12.44
26	47.00	5	9.40	0.97	12.94
27	47.00	5	9.40	0.97	13.43
28	47.00	5	9.40	0.97	13.93
29	46.00	5	9.20	0.96	14.43
30	46.00	5	9.20	0.96	14.93
31	45.50	5	9.10	0.96	15.42
32	45.00	5	9.00	0.95	15.92
33	45.00	5	9.00	0.95	16.42
34	44.50	5	8.90	0.95	16.92
35	44.00	5	8.80	0.94	17.41
36	42.00	5	8.40	0.92	17.91
37	42.00	5	8.40	0.92	18.41
38	41.00	5	8.20	0.91	18.91
39	40.50	5	8.10	0.91	19.40
40	40.50	5	8.10	0.91	19.90
41	40.50	5	8.10	0.91	20.40
42	40.00	5	8.00	0.90	20.90
43	39.50	5	7.90	0.90	21.39
44	39.50	5	7.90	0.90	21.89
45	39.00	5	7.80	0.89	22.39



No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
46	38.50	5	7.70	0.89	22.89
47	38.00	5	7.60	0.88	23.38
48	37.00	5	7.40	0.87	23.88
49	36.50	5	7.30	0.86	24.38
50	33.50	5	6.70	0.83	24.88
51	33.50	5	6.70	0.83	25.37
52	32.50	5	6.50	0.81	25.87
53	32.50	5	6.50	0.81	26.37
54	31.00	5	6.20	0.79	26.87
55	30.50	5	6.10	0.79	27.36
56	30.00	5	6.00	0.78	27.86
57	30.00	5	6.00	0.78	28.36
58	29.50	5	5.90	0.77	28.86
59	29.50	5	5.90	0.77	29.35
60	29.50	5	5.90	0.77	29.85
61	29.50	5	5.90	0.77	30.35
62	28.50	5	5.70	0.76	30.85
63	28.50	5	5.70	0.76	31.34
64	28.00	5	5.60	0.75	31.84
65	27.50	5	5.50	0.74	32.34
66	27.00	5	5.40	0.73	32.84
67	27.00	5	5.40	0.73	33.33
68	27.00	5	5.40	0.73	33.83
69	26.00	5	5.20	0.72	34.33
70	25.50	5	5.10	0.71	34.83
71	25.50	5	5.10	0.71	35.32
72	25.50	5	5.10	0.71	35.82
73	25.50	5	5.10	0.71	36.32
74	25.50	5	5.10	0.71	36.82
75	25.50	5	5.10	0.71	37.31
76	25.50	5	5.10	0.71	37.81
77	25.50	5	5.10	0.71	38.31
78	25.50	5	5.10	0.71	38.81
79	25.00	5	5.00	0.70	39.30
80	25.00	5	5.00	0.70	39.80
81	25.00	5	5.00	0.70	40.30
82	24.00	5	4.80	0.68	40.80
83	24.00	5	4.80	0.68	41.29
84	23.50	5	4.70	0.67	41.79



No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
85	23.50	5	4.70	0.67	42.29
86	23.50	5	4.70	0.67	42.79
87	23.50	5	4.70	0.67	43.28
88	22.50	5	4.50	0.65	43.78
89	22.50	5	4.50	0.65	44.28
90	22.00	5	4.40	0.64	44.78
91	22.00	5	4.40	0.64	45.27
92	22.00	5	4.40	0.64	45.77
93	22.00	5	4.40	0.64	46.27
94	22.00	5	4.40	0.64	46.77
95	21.50	5	4.30	0.63	47.26
96	21.50	5	4.30	0.63	47.76
97	21.50	5	4.30	0.63	48.26
98	21.00	5	4.20	0.62	48.76
99	21.00	5	4.20	0.62	49.25
100	21.00	5	4.20	0.62	49.75
101	21.00	5	4.20	0.62	50.25
102	21.00	5	4.20	0.62	50.75
103	20.50	5	4.10	0.61	51.24
104	20.50	5	4.10	0.61	51.74
105	20.00	5	4.00	0.60	52.24
106	20.00	5	4.00	0.60	52.74
107	19.50	5	3.90	0.59	53.23
108	19.50	5	3.90	0.59	53.73
109	19.50	5	3.90	0.59	54.23
110	19.00	5	3.80	0.58	54.73
111	19.00	5	3.80	0.58	55.22
112	19.00	5	3.80	0.58	55.72
113	19.00	5	3.80	0.58	56.22
114	19.00	5	3.80	0.58	56.72
115	19.00	5	3.80	0.58	57.21
116	19.00	5	3.80	0.58	57.71
117	19.00	5	3.80	0.58	58.21
118	19.00	5	3.80	0.58	58.71
119	19.00	5	3.80	0.58	59.20
120	19.00	5	3.80	0.58	59.70
121	18.50	5	3.70	0.57	60.20
122	18.50	5	3.70	0.57	60.70
123	18.50	5	3.70	0.57	61.19



No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
124	18.00	5	3.60	0.56	61.69
125	17.50	5	3.50	0.54	62.19
126	17.50	5	3.50	0.54	62.69
127	17.50	5	3.50	0.54	63.18
128	17.50	5	3.50	0.54	63.68
129	17.50	5	3.50	0.54	64.18
130	17.50	5	3.50	0.54	64.68
131	17.00	5	3.40	0.53	65.17
132	17.00	5	3.40	0.53	65.67
133	16.50	5	3.30	0.52	66.17
134	16.00	5	3.20	0.51	66.67
135	16.00	5	3.20	0.51	67.16
136	16.00	5	3.20	0.51	67.66
137	15.50	5	3.10	0.49	68.16
138	15.50	5	3.10	0.49	68.66
139	15.00	5	3.00	0.48	69.15
140	15.00	5	3.00	0.48	69.65
141	15.00	5	3.00	0.48	70.15
142	15.00	5	3.00	0.48	70.65
143	15.00	5	3.00	0.48	71.14
144	14.50	5	2.90	0.46	71.64
145	14.50	5	2.90	0.46	72.14
146	14.50	5	2.90	0.46	72.64
147	14.50	5	2.90	0.46	73.13
148	14.00	5	2.80	0.45	73.63
149	14.00	5	2.80	0.45	74.13
150	14.00	5	2.80	0.45	74.63
151	14.00	5	2.80	0.45	75.12
152	14.00	5	2.80	0.45	75.62
153	14.00	5	2.80	0.45	76.12
154	13.50	5	2.70	0.43	76.62
155	13.50	5	2.70	0.43	77.11
156	13.50	5	2.70	0.43	77.61
157	13.00	5	2.60	0.41	78.11
158	12.50	5	2.50	0.40	78.61
159	12.50	5	2.50	0.40	79.10
160	12.50	5	2.50	0.40	79.60
161	12.00	5	2.40	0.38	80.10
162	12.00	5	2.40	0.38	80.60



No	R (mm)	t (jam)	I (mm/jam)	Log I	p (%)
163	11.00	5	2.20	0.34	81.09
164	10.50	5	2.10	0.32	81.59
165	10.50	5	2.10	0.32	82.09
166	10.50	5	2.10	0.32	82.59
167	10.50	5	2.10	0.32	83.08
168	10.00	5	2.00	0.30	83.58
169	10.00	5	2.00	0.30	84.08
170	10.00	5	2.00	0.30	84.58
171	10.00	5	2.00	0.30	85.07
172	10.00	5	2.00	0.30	85.57
173	9.50	5	1.90	0.28	86.07
174	9.50	5	1.90	0.28	86.57
175	9.00	5	1.80	0.26	87.06
176	9.00	5	1.80	0.26	87.56
177	9.00	5	1.80	0.26	88.06
178	8.50	5	1.70	0.23	88.56
179	8.50	5	1.70	0.23	89.05
180	8.50	5	1.70	0.23	89.55
181	8.00	5	1.60	0.20	90.05
182	8.00	5	1.60	0.20	90.55
183	7.50	5	1.50	0.18	91.04
184	7.00	5	1.40	0.15	91.54
185	7.00	5	1.40	0.15	92.04
186	7.00	5	1.40	0.15	92.54
187	6.50	5	1.30	0.11	93.03
188	6.50	5	1.30	0.11	93.53
189	6.50	5	1.30	0.11	94.03
190	6.00	5	1.20	0.08	94.53
191	6.00	5	1.20	0.08	95.02
192	5.50	5	1.10	0.04	95.52
193	5.50	5	1.10	0.04	96.02
194	5.50	5	1.10	0.04	96.52
195	5.00	5	1.00	0.00	97.01
196	4.50	5	0.90	-0.05	97.51
197	3.50	5	0.70	-0.15	98.01
198	3.00	5	0.60	-0.22	98.51
199	2.50	5	0.50	-0.30	99.00
200	2.50	5	0.50	-0.30	99.50

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5. Uji Normalitas Data

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data tersebut normal atau tidak. Uji normalitas dalam penelitian ini menggunakan uji Smirnov-Kolmogorov atau pengujian non-parametrik.

Tabel 4.4. Perhitungan D_{maks} Uji Smirnov-Kolmogorov

No	X	Px	P	f(t)	P' (x)	P' (x<)	D
1	78.00	0.00	1.00	3.04	0.00	1.00	0.004
2	77.00	0.01	0.99	2.99	0.00	1.00	0.009
3	77.00	0.01	0.99	2.99	0.00	1.00	0.014
4	76.00	0.02	0.98	2.93	0.00	1.00	0.018
5	73.00	0.02	0.98	2.75	0.00	1.00	0.022
6	72.00	0.03	0.97	2.69	0.00	1.00	0.026
7	68.50	0.03	0.97	2.49	0.01	0.99	0.028
8	67.36	0.04	0.96	2.42	0.01	0.99	0.032
9	67.30	0.04	0.96	2.42	0.01	0.99	0.037
10	65.66	0.05	0.95	2.33	0.01	0.99	0.040
11	65.50	0.05	0.95	2.32	0.01	0.99	0.044
12	60.00	0.06	0.94	1.99	0.02	0.98	0.037
13	57.00	0.06	0.94	1.82	0.03	0.97	0.030
14	56.00	0.07	0.93	1.76	0.04	0.96	0.031
15	52.00	0.07	0.93	1.53	0.06	0.94	0.011
16	51.50	0.08	0.92	1.50	0.07	0.93	0.013
17	51.00	0.08	0.92	1.47	0.07	0.93	0.014
18	51.00	0.09	0.91	1.47	0.07	0.93	0.019
19	50.50	0.09	0.91	1.44	0.07	0.93	0.020
20	50.50	0.10	0.90	1.44	0.07	0.93	0.025
21	49.50	0.10	0.90	1.38	0.08	0.92	0.021
22	49.00	0.11	0.89	1.35	0.09	0.91	0.021
23	48.50	0.11	0.89	1.32	0.09	0.91	0.022
24	48.00	0.12	0.88	1.30	0.10	0.90	0.022
25	47.00	0.12	0.88	1.24	0.11	0.89	0.016
26	47.00	0.13	0.87	1.24	0.11	0.89	0.021
27	47.00	0.13	0.87	1.24	0.11	0.89	0.026
28	47.00	0.14	0.86	1.24	0.11	0.89	0.031
29	46.00	0.14	0.86	1.18	0.12	0.88	0.025
30	46.00	0.15	0.85	1.18	0.12	0.88	0.030
31	45.50	0.15	0.85	1.15	0.13	0.87	0.029



No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
32	45.00	0.16	0.84	1.12	0.13	0.87	0.028
33	45.00	0.16	0.84	1.12	0.13	0.87	0.033
34	44.50	0.17	0.83	1.09	0.14	0.86	0.032
35	44.00	0.17	0.83	1.06	0.14	0.86	0.030
36	42.00	0.18	0.82	0.95	0.17	0.83	0.007
37	42.00	0.18	0.82	0.95	0.17	0.83	0.012
38	41.00	0.19	0.81	0.89	0.19	0.81	0.001
39	40.50	0.19	0.81	0.86	0.20	0.80	0.002
40	40.50	0.20	0.80	0.86	0.20	0.80	0.003
41	40.50	0.20	0.80	0.86	0.20	0.80	0.008
42	40.00	0.21	0.79	0.83	0.20	0.80	0.005
43	39.50	0.21	0.79	0.80	0.21	0.79	0.002
44	39.50	0.22	0.78	0.80	0.21	0.79	0.007
45	39.00	0.22	0.78	0.77	0.22	0.78	0.003
46	38.50	0.23	0.77	0.74	0.23	0.77	0.000
47	38.00	0.23	0.77	0.71	0.24	0.76	0.004
48	37.00	0.24	0.76	0.65	0.26	0.74	0.018
49	36.50	0.24	0.76	0.62	0.27	0.73	0.022
50	33.50	0.25	0.75	0.45	0.33	0.67	0.078
51	33.50	0.25	0.75	0.45	0.33	0.67	0.073
52	32.50	0.26	0.74	0.39	0.35	0.65	0.089
53	32.50	0.26	0.74	0.39	0.35	0.65	0.084
54	31.00	0.27	0.73	0.30	0.38	0.62	0.112
55	30.50	0.27	0.73	0.27	0.39	0.61	0.118
56	30.00	0.28	0.72	0.25	0.40	0.60	0.125
57	30.00	0.28	0.72	0.25	0.40	0.60	0.120
58	29.50	0.29	0.71	0.22	0.41	0.59	0.126
59	29.50	0.29	0.71	0.22	0.41	0.59	0.121
60	29.50	0.30	0.70	0.22	0.41	0.59	0.116
61	29.50	0.30	0.70	0.22	0.41	0.59	0.111
62	28.50	0.31	0.69	0.16	0.44	0.56	0.129
63	28.50	0.31	0.69	0.16	0.44	0.56	0.124
64	28.00	0.32	0.68	0.13	0.45	0.55	0.130
65	27.50	0.32	0.68	0.10	0.46	0.54	0.137
66	27.00	0.33	0.67	0.07	0.47	0.53	0.144
67	27.00	0.33	0.67	0.07	0.47	0.53	0.139
68	27.00	0.34	0.66	0.07	0.47	0.53	0.134
69	26.00	0.34	0.66	0.01	0.50	0.50	0.152
70	25.50	0.35	0.65	-0.02	0.51	0.49	0.159
71	25.50	0.35	0.65	-0.02	0.51	0.49	0.154



No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
72	25.50	0.36	0.64	-0.02	0.51	0.49	0.149
73	25.50	0.36	0.64	-0.02	0.51	0.49	0.144
74	25.50	0.37	0.63	-0.02	0.51	0.49	0.139
75	25.50	0.37	0.63	-0.02	0.51	0.49	0.134
76	25.50	0.38	0.62	-0.02	0.51	0.49	0.129
77	25.50	0.38	0.62	-0.02	0.51	0.49	0.124
78	25.50	0.39	0.61	-0.02	0.51	0.49	0.119
79	25.00	0.39	0.61	-0.05	0.52	0.48	0.125
80	25.00	0.40	0.60	-0.05	0.52	0.48	0.120
81	25.00	0.40	0.60	-0.05	0.52	0.48	0.115
82	24.00	0.41	0.59	-0.10	0.54	0.46	0.134
83	24.00	0.41	0.59	-0.10	0.54	0.46	0.129
84	23.50	0.42	0.58	-0.13	0.55	0.45	0.135
85	23.50	0.42	0.58	-0.13	0.55	0.45	0.130
86	23.50	0.43	0.57	-0.13	0.55	0.45	0.125
87	23.50	0.43	0.57	-0.13	0.55	0.45	0.120
88	22.50	0.44	0.56	-0.19	0.58	0.42	0.138
89	22.50	0.44	0.56	-0.19	0.58	0.42	0.133
90	22.00	0.45	0.55	-0.22	0.59	0.41	0.140
91	22.00	0.45	0.55	-0.22	0.59	0.41	0.135
92	22.00	0.46	0.54	-0.22	0.59	0.41	0.130
93	22.00	0.46	0.54	-0.22	0.59	0.41	0.125
94	22.00	0.47	0.53	-0.22	0.59	0.41	0.120
95	21.50	0.47	0.53	-0.25	0.60	0.40	0.126
96	21.50	0.48	0.52	-0.25	0.60	0.40	0.121
97	21.50	0.48	0.52	-0.25	0.60	0.40	0.116
98	21.00	0.49	0.51	-0.28	0.61	0.39	0.123
99	21.00	0.49	0.51	-0.28	0.61	0.39	0.118
100	21.00	0.50	0.50	-0.28	0.61	0.39	0.113
101	21.00	0.50	0.50	-0.28	0.61	0.39	0.108
102	21.00	0.51	0.49	-0.28	0.61	0.39	0.103
103	20.50	0.51	0.49	-0.31	0.62	0.38	0.109
104	20.50	0.52	0.48	-0.31	0.62	0.38	0.104
105	20.00	0.52	0.48	-0.34	0.63	0.37	0.110
106	20.00	0.53	0.47	-0.34	0.63	0.37	0.105
107	19.50	0.53	0.47	-0.37	0.64	0.36	0.111
108	19.50	0.54	0.46	-0.37	0.64	0.36	0.106
109	19.50	0.54	0.46	-0.37	0.64	0.36	0.101
110	19.00	0.55	0.45	-0.40	0.65	0.35	0.107
111	19.00	0.55	0.45	-0.40	0.65	0.35	0.102



No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
112	19.00	0.56	0.44	-0.40	0.65	0.35	0.097
113	19.00	0.56	0.44	-0.40	0.65	0.35	0.092
114	19.00	0.57	0.43	-0.40	0.65	0.35	0.087
115	19.00	0.57	0.43	-0.40	0.65	0.35	0.082
116	19.00	0.58	0.42	-0.40	0.65	0.35	0.077
117	19.00	0.58	0.42	-0.40	0.65	0.35	0.072
118	19.00	0.59	0.41	-0.40	0.65	0.35	0.067
119	19.00	0.59	0.41	-0.40	0.65	0.35	0.062
120	19.00	0.60	0.40	-0.40	0.65	0.35	0.057
121	18.50	0.60	0.40	-0.43	0.66	0.34	0.063
122	18.50	0.61	0.39	-0.43	0.66	0.34	0.058
123	18.50	0.61	0.39	-0.43	0.66	0.34	0.053
124	18.00	0.62	0.38	-0.45	0.68	0.32	0.058
125	17.50	0.62	0.38	-0.48	0.69	0.31	0.064
126	17.50	0.63	0.37	-0.48	0.69	0.31	0.059
127	17.50	0.63	0.37	-0.48	0.69	0.31	0.054
128	17.50	0.64	0.36	-0.48	0.69	0.31	0.049
129	17.50	0.64	0.36	-0.48	0.69	0.31	0.044
130	17.50	0.65	0.35	-0.48	0.69	0.31	0.039
131	17.00	0.65	0.35	-0.51	0.70	0.30	0.044
132	17.00	0.66	0.34	-0.51	0.70	0.30	0.039
133	16.50	0.66	0.34	-0.54	0.71	0.29	0.044
134	16.00	0.67	0.33	-0.57	0.72	0.28	0.049
135	16.00	0.67	0.33	-0.57	0.72	0.28	0.044
136	16.00	0.68	0.32	-0.57	0.72	0.28	0.039
137	15.50	0.68	0.32	-0.60	0.73	0.27	0.044
138	15.50	0.69	0.31	-0.60	0.73	0.27	0.039
139	15.00	0.69	0.31	-0.63	0.74	0.26	0.044
140	15.00	0.70	0.30	-0.63	0.74	0.26	0.039
141	15.00	0.70	0.30	-0.63	0.74	0.26	0.034
142	15.00	0.71	0.29	-0.63	0.74	0.26	0.029
143	15.00	0.71	0.29	-0.63	0.74	0.26	0.024
144	14.50	0.72	0.28	-0.66	0.74	0.26	0.029
145	14.50	0.72	0.28	-0.66	0.74	0.26	0.024
146	14.50	0.73	0.27	-0.66	0.74	0.26	0.019
147	14.50	0.73	0.27	-0.66	0.74	0.26	0.014
148	14.00	0.74	0.26	-0.69	0.75	0.25	0.018
149	14.00	0.74	0.26	-0.69	0.75	0.25	0.013
150	14.00	0.75	0.25	-0.69	0.75	0.25	0.008
151	14.00	0.75	0.25	-0.69	0.75	0.25	0.003



No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
152	14.00	0.76	0.24	-0.69	0.75	0.25	0.002
153	14.00	0.76	0.24	-0.69	0.75	0.25	0.007
154	13.50	0.77	0.23	-0.72	0.76	0.24	0.003
155	13.50	0.77	0.23	-0.72	0.76	0.24	0.008
156	13.50	0.78	0.22	-0.72	0.76	0.24	0.013
157	13.00	0.78	0.22	-0.75	0.77	0.23	0.009
158	12.50	0.79	0.21	-0.78	0.78	0.22	0.005
159	12.50	0.79	0.21	-0.78	0.78	0.22	0.010
160	12.50	0.80	0.20	-0.78	0.78	0.22	0.015
161	12.00	0.80	0.20	-0.80	0.79	0.21	0.012
162	12.00	0.81	0.19	-0.80	0.79	0.21	0.017
163	11.00	0.81	0.19	-0.86	0.81	0.19	0.005
164	10.50	0.82	0.18	-0.89	0.81	0.19	0.002
165	10.50	0.82	0.18	-0.89	0.81	0.19	0.007
166	10.50	0.83	0.17	-0.89	0.81	0.19	0.012
167	10.50	0.83	0.17	-0.89	0.81	0.19	0.017
168	10.00	0.84	0.16	-0.92	0.82	0.18	0.014
169	10.00	0.84	0.16	-0.92	0.82	0.18	0.019
170	10.00	0.85	0.15	-0.92	0.82	0.18	0.024
171	10.00	0.85	0.15	-0.92	0.82	0.18	0.029
172	10.00	0.86	0.14	-0.92	0.82	0.18	0.034
173	9.50	0.86	0.14	-0.95	0.83	0.17	0.032
174	9.50	0.87	0.13	-0.95	0.83	0.17	0.037
175	9.00	0.87	0.13	-0.98	0.84	0.16	0.034
176	9.00	0.88	0.12	-0.98	0.84	0.16	0.039
177	9.00	0.88	0.12	-0.98	0.84	0.16	0.044
178	8.50	0.89	0.11	-1.01	0.84	0.16	0.042
179	8.50	0.89	0.11	-1.01	0.84	0.16	0.047
180	8.50	0.90	0.10	-1.01	0.84	0.16	0.052
181	8.00	0.90	0.10	-1.04	0.85	0.15	0.050
182	8.00	0.91	0.09	-1.04	0.85	0.15	0.055
183	7.50	0.91	0.09	-1.07	0.86	0.14	0.053
184	7.00	0.92	0.08	-1.10	0.86	0.14	0.052
185	7.00	0.92	0.08	-1.10	0.86	0.14	0.057
186	7.00	0.93	0.07	-1.10	0.86	0.14	0.062
187	6.50	0.93	0.07	-1.13	0.87	0.13	0.061
188	6.50	0.94	0.06	-1.13	0.87	0.13	0.066
189	6.50	0.94	0.06	-1.13	0.87	0.13	0.071
190	6.00	0.95	0.05	-1.15	0.88	0.12	0.069
191	6.00	0.95	0.05	-1.15	0.88	0.12	0.074

No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
192	5.50	0.96	0.04	-1.18	0.88	0.12	0.074
193	5.50	0.96	0.04	-1.18	0.88	0.12	0.078
194	5.50	0.97	0.03	-1.18	0.88	0.12	0.083
195	5.00	0.97	0.03	-1.21	0.89	0.11	0.083
196	4.50	0.98	0.02	-1.24	0.89	0.11	0.082
197	3.50	0.98	0.02	-1.30	0.90	0.10	0.077
198	3.00	0.99	0.01	-1.33	0.91	0.09	0.077
199	2.50	0.99	0.01	-1.36	0.91	0.09	0.077
200	2.50	1.00	0.00	-1.36	0.91	0.09	0.082
Jumlah	5158.82					Dmax	0.159
Rerata	25.79						
Sd	17.15						

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.5. Hasil D_{maks} dan D_{kritis} Uji Smirnov-Kolmogorov

A	D_{kritis}	D_{maks}	Keterangan
5%	0.09617	0.159	$D_{maks} > D_{kritis}$
1%	0.11526	0.159	$D_{maks} > D_{kritis}$

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil pengujian normalitas, data curah hujan durasi 5 jam tersebut dinyatakan tidak terdistribusi normal karena D_{maks} lebih besar dari D_{kritis} .

Distribusi dianggap sesuai apabila $D_{maks} < D_{kritis}$. D_{maks} merupakan simpangan maksimum dari data, sedangkan D_{kritis} merupakan simpangan yang diperoleh dari tabel dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Sehingga perlu dilakukan transformasi data menggunakan logaritma.

Tabel 4.6. Perhitungan D_{maks} Uji Smirnov-Kolmogorov Menggunakan

Transformasi Data

No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
1	1.89	0.00	1.00	1.89	0.03	0.97	0.024
2	1.89	0.01	0.99	1.87	0.03	0.97	0.020
3	1.89	0.01	0.99	1.87	0.03	0.97	0.016
4	1.88	0.02	0.98	1.86	0.03	0.97	0.012
5	1.86	0.02	0.98	1.80	0.04	0.96	0.011



No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
6	1.86	0.03	0.97	1.78	0.04	0.96	0.008
7	1.84	0.03	0.97	1.71	0.04	0.96	0.009
8	1.83	0.04	0.96	1.68	0.05	0.95	0.006
9	1.83	0.04	0.96	1.68	0.05	0.95	0.001
10	1.82	0.05	0.95	1.65	0.05	0.95	0.000
11	1.82	0.05	0.95	1.64	0.05	0.95	0.005
12	1.78	0.06	0.94	1.52	0.06	0.94	0.005
13	1.76	0.06	0.94	1.45	0.07	0.93	0.009
14	1.75	0.07	0.93	1.42	0.08	0.92	0.008
15	1.72	0.07	0.93	1.32	0.09	0.91	0.019
16	1.71	0.08	0.92	1.30	0.10	0.90	0.017
17	1.71	0.08	0.92	1.29	0.10	0.90	0.014
18	1.71	0.09	0.91	1.29	0.10	0.90	0.009
19	1.70	0.09	0.91	1.27	0.10	0.90	0.007
20	1.70	0.10	0.90	1.27	0.10	0.90	0.002
21	1.69	0.10	0.90	1.25	0.11	0.89	0.002
22	1.69	0.11	0.89	1.23	0.11	0.89	0.000
23	1.69	0.11	0.89	1.22	0.11	0.89	0.003
24	1.68	0.12	0.88	1.20	0.11	0.89	0.005
25	1.67	0.12	0.88	1.17	0.12	0.88	0.004
26	1.67	0.13	0.87	1.17	0.12	0.88	0.009
27	1.67	0.13	0.87	1.17	0.12	0.88	0.014
28	1.67	0.14	0.86	1.17	0.12	0.88	0.019
29	1.66	0.14	0.86	1.14	0.13	0.87	0.017
30	1.66	0.15	0.85	1.14	0.13	0.87	0.022
31	1.66	0.15	0.85	1.13	0.13	0.87	0.024
32	1.65	0.16	0.84	1.11	0.13	0.87	0.026
33	1.65	0.16	0.84	1.11	0.13	0.87	0.031
34	1.65	0.17	0.83	1.09	0.14	0.86	0.032
35	1.64	0.17	0.83	1.08	0.14	0.86	0.034
36	1.62	0.18	0.82	1.01	0.16	0.84	0.023
37	1.62	0.18	0.82	1.01	0.16	0.84	0.028
38	1.61	0.19	0.81	0.98	0.16	0.84	0.025
39	1.61	0.19	0.81	0.96	0.17	0.83	0.026
40	1.61	0.20	0.80	0.96	0.17	0.83	0.031
41	1.61	0.20	0.80	0.96	0.17	0.83	0.036
42	1.60	0.21	0.79	0.94	0.17	0.83	0.036
43	1.60	0.21	0.79	0.92	0.18	0.82	0.036
44	1.60	0.22	0.78	0.92	0.18	0.82	0.041
45	1.59	0.22	0.78	0.91	0.18	0.82	0.042



No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
46	1.59	0.23	0.77	0.89	0.19	0.81	0.042
47	1.58	0.23	0.77	0.87	0.19	0.81	0.042
48	1.57	0.24	0.76	0.83	0.20	0.80	0.036
49	1.56	0.24	0.76	0.81	0.21	0.79	0.035
50	1.53	0.25	0.75	0.69	0.24	0.76	0.004
51	1.53	0.25	0.75	0.69	0.24	0.76	0.009
52	1.51	0.26	0.74	0.65	0.26	0.74	0.000
53	1.51	0.26	0.74	0.65	0.26	0.74	0.005
54	1.49	0.27	0.73	0.58	0.28	0.72	0.012
55	1.48	0.27	0.73	0.56	0.29	0.71	0.015
56	1.48	0.28	0.72	0.53	0.30	0.70	0.018
57	1.48	0.28	0.72	0.53	0.30	0.70	0.013
58	1.47	0.29	0.71	0.51	0.31	0.69	0.017
59	1.47	0.29	0.71	0.51	0.31	0.69	0.012
60	1.47	0.30	0.70	0.51	0.31	0.69	0.007
61	1.47	0.30	0.70	0.51	0.31	0.69	0.002
62	1.45	0.31	0.69	0.46	0.32	0.68	0.014
63	1.45	0.31	0.69	0.46	0.32	0.68	0.009
64	1.45	0.32	0.68	0.44	0.33	0.67	0.013
65	1.44	0.32	0.68	0.41	0.34	0.66	0.018
66	1.43	0.33	0.67	0.38	0.35	0.65	0.022
67	1.43	0.33	0.67	0.38	0.35	0.65	0.017
68	1.43	0.34	0.66	0.38	0.35	0.65	0.012
69	1.41	0.34	0.66	0.33	0.37	0.63	0.028
70	1.41	0.35	0.65	0.30	0.38	0.62	0.033
71	1.41	0.35	0.65	0.30	0.38	0.62	0.028
72	1.41	0.36	0.64	0.30	0.38	0.62	0.023
73	1.41	0.36	0.64	0.30	0.38	0.62	0.018
74	1.41	0.37	0.63	0.30	0.38	0.62	0.013
75	1.41	0.37	0.63	0.30	0.38	0.62	0.008
76	1.41	0.38	0.62	0.30	0.38	0.62	0.003
77	1.41	0.38	0.62	0.30	0.38	0.62	0.002
78	1.41	0.39	0.61	0.30	0.38	0.62	0.007
79	1.40	0.39	0.61	0.27	0.39	0.61	0.001
80	1.40	0.40	0.60	0.27	0.39	0.61	0.006
81	1.40	0.40	0.60	0.27	0.39	0.61	0.011
82	1.38	0.41	0.59	0.22	0.41	0.59	0.007
83	1.38	0.41	0.59	0.22	0.41	0.59	0.002
84	1.37	0.42	0.58	0.19	0.43	0.57	0.008
85	1.37	0.42	0.58	0.19	0.43	0.57	0.003



No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
86	1.37	0.43	0.57	0.19	0.43	0.57	0.002
87	1.37	0.43	0.57	0.19	0.43	0.57	0.007
88	1.35	0.44	0.56	0.12	0.45	0.55	0.013
89	1.35	0.44	0.56	0.12	0.45	0.55	0.008
90	1.34	0.45	0.55	0.09	0.46	0.54	0.016
91	1.34	0.45	0.55	0.09	0.46	0.54	0.011
92	1.34	0.46	0.54	0.09	0.46	0.54	0.006
93	1.34	0.46	0.54	0.09	0.46	0.54	0.001
94	1.34	0.47	0.53	0.09	0.46	0.54	0.004
95	1.33	0.47	0.53	0.06	0.48	0.52	0.004
96	1.33	0.48	0.52	0.06	0.48	0.52	0.001
97	1.33	0.48	0.52	0.06	0.48	0.52	0.006
98	1.32	0.49	0.51	0.03	0.49	0.51	0.002
99	1.32	0.49	0.51	0.03	0.49	0.51	0.003
100	1.32	0.50	0.50	0.03	0.49	0.51	0.008
101	1.32	0.50	0.50	0.03	0.49	0.51	0.013
102	1.32	0.51	0.49	0.03	0.49	0.51	0.018
103	1.31	0.51	0.49	-0.01	0.50	0.50	0.009
104	1.31	0.52	0.48	-0.01	0.50	0.50	0.014
105	1.30	0.52	0.48	-0.04	0.52	0.48	0.005
106	1.30	0.53	0.47	-0.04	0.52	0.48	0.010
107	1.29	0.53	0.47	-0.08	0.53	0.47	0.001
108	1.29	0.54	0.46	-0.08	0.53	0.47	0.006
109	1.29	0.54	0.46	-0.08	0.53	0.47	0.011
110	1.28	0.55	0.45	-0.12	0.55	0.45	0.001
111	1.28	0.55	0.45	-0.12	0.55	0.45	0.006
112	1.28	0.56	0.44	-0.12	0.55	0.45	0.011
113	1.28	0.56	0.44	-0.12	0.55	0.45	0.016
114	1.28	0.57	0.43	-0.12	0.55	0.45	0.021
115	1.28	0.57	0.43	-0.12	0.55	0.45	0.026
116	1.28	0.58	0.42	-0.12	0.55	0.45	0.031
117	1.28	0.58	0.42	-0.12	0.55	0.45	0.036
118	1.28	0.59	0.41	-0.12	0.55	0.45	0.041
119	1.28	0.59	0.41	-0.12	0.55	0.45	0.046
120	1.28	0.60	0.40	-0.12	0.55	0.45	0.051
121	1.27	0.60	0.40	-0.15	0.56	0.44	0.041
122	1.27	0.61	0.39	-0.15	0.56	0.44	0.046
123	1.27	0.61	0.39	-0.15	0.56	0.44	0.051
124	1.26	0.62	0.38	-0.19	0.58	0.42	0.040
125	1.24	0.62	0.38	-0.23	0.59	0.41	0.030



No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
126	1.24	0.63	0.37	-0.23	0.59	0.41	0.035
127	1.24	0.63	0.37	-0.23	0.59	0.41	0.040
128	1.24	0.64	0.36	-0.23	0.59	0.41	0.045
129	1.24	0.64	0.36	-0.23	0.59	0.41	0.050
130	1.24	0.65	0.35	-0.23	0.59	0.41	0.054
131	1.23	0.65	0.35	-0.27	0.61	0.39	0.044
132	1.23	0.66	0.34	-0.27	0.61	0.39	0.049
133	1.22	0.66	0.34	-0.32	0.62	0.38	0.037
134	1.20	0.67	0.33	-0.36	0.64	0.36	0.026
135	1.20	0.67	0.33	-0.36	0.64	0.36	0.031
136	1.20	0.68	0.32	-0.36	0.64	0.36	0.036
137	1.19	0.68	0.32	-0.41	0.66	0.34	0.024
138	1.19	0.69	0.31	-0.41	0.66	0.34	0.029
139	1.18	0.69	0.31	-0.45	0.67	0.33	0.017
140	1.18	0.70	0.30	-0.45	0.67	0.33	0.022
141	1.18	0.70	0.30	-0.45	0.67	0.33	0.027
142	1.18	0.71	0.29	-0.45	0.67	0.33	0.032
143	1.18	0.71	0.29	-0.45	0.67	0.33	0.037
144	1.16	0.72	0.28	-0.50	0.69	0.31	0.025
145	1.16	0.72	0.28	-0.50	0.69	0.31	0.030
146	1.16	0.73	0.27	-0.50	0.69	0.31	0.035
147	1.16	0.73	0.27	-0.50	0.69	0.31	0.040
148	1.15	0.74	0.26	-0.55	0.71	0.29	0.027
149	1.15	0.74	0.26	-0.55	0.71	0.29	0.032
150	1.15	0.75	0.25	-0.55	0.71	0.29	0.037
151	1.15	0.75	0.25	-0.55	0.71	0.29	0.042
152	1.15	0.76	0.24	-0.55	0.71	0.29	0.047
153	1.15	0.76	0.24	-0.55	0.71	0.29	0.052
154	1.13	0.77	0.23	-0.60	0.73	0.27	0.040
155	1.13	0.77	0.23	-0.60	0.73	0.27	0.045
156	1.13	0.78	0.22	-0.60	0.73	0.27	0.050
157	1.11	0.78	0.22	-0.66	0.74	0.26	0.037
158	1.10	0.79	0.21	-0.71	0.76	0.24	0.024
159	1.10	0.79	0.21	-0.71	0.76	0.24	0.029
160	1.10	0.80	0.20	-0.71	0.76	0.24	0.034
161	1.08	0.80	0.20	-0.77	0.78	0.22	0.022
162	1.08	0.81	0.19	-0.77	0.78	0.22	0.027
163	1.04	0.81	0.19	-0.89	0.81	0.19	0.003
164	1.02	0.82	0.18	-0.96	0.83	0.17	0.016
165	1.02	0.82	0.18	-0.96	0.83	0.17	0.011

No	X	Px	P	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
166	1.02	0.83	0.17	-0.96	0.83	0.17	0.006
167	1.02	0.83	0.17	-0.96	0.83	0.17	0.001
168	1.00	0.84	0.16	-1.03	0.85	0.15	0.013
169	1.00	0.84	0.16	-1.03	0.85	0.15	0.008
170	1.00	0.85	0.15	-1.03	0.85	0.15	0.003
171	1.00	0.85	0.15	-1.03	0.85	0.15	0.002
172	1.00	0.86	0.14	-1.03	0.85	0.15	0.007
173	0.98	0.86	0.14	-1.10	0.86	0.14	0.004
174	0.98	0.87	0.13	-1.10	0.86	0.14	0.001
175	0.95	0.87	0.13	-1.18	0.88	0.12	0.010
176	0.95	0.88	0.12	-1.18	0.88	0.12	0.005
177	0.95	0.88	0.12	-1.18	0.88	0.12	0.000
178	0.93	0.89	0.11	-1.26	0.90	0.10	0.011
179	0.93	0.89	0.11	-1.26	0.90	0.10	0.006
180	0.93	0.90	0.10	-1.26	0.90	0.10	0.001
181	0.90	0.90	0.10	-1.35	0.91	0.09	0.011
182	0.90	0.91	0.09	-1.35	0.91	0.09	0.006
183	0.88	0.91	0.09	-1.44	0.92	0.08	0.014
184	0.85	0.92	0.08	-1.54	0.94	0.06	0.022
185	0.85	0.92	0.08	-1.54	0.94	0.06	0.017
186	0.85	0.93	0.07	-1.54	0.94	0.06	0.012
187	0.81	0.93	0.07	-1.64	0.95	0.05	0.019
188	0.81	0.94	0.06	-1.64	0.95	0.05	0.014
189	0.81	0.94	0.06	-1.64	0.95	0.05	0.009
190	0.78	0.95	0.05	-1.76	0.96	0.04	0.015
191	0.78	0.95	0.05	-1.76	0.96	0.04	0.010
192	0.74	0.96	0.04	-1.88	0.97	0.03	0.015
193	0.74	0.96	0.04	-1.88	0.97	0.03	0.010
194	0.74	0.97	0.03	-1.88	0.97	0.03	0.005
195	0.70	0.97	0.03	-2.02	0.98	0.02	0.008
196	0.65	0.98	0.02	-2.17	0.98	0.02	0.010
197	0.54	0.98	0.02	-2.52	0.99	0.01	0.014
198	0.48	0.99	0.01	-2.74	1.00	0.00	0.012
199	0.40	0.99	0.01	-3.00	1.00	0.00	0.009
200	0.40	1.00	0.00	-3.00	1.00	0.00	0.004
Jumlah	262.86					Dmax	0.054
Rerata	1.31						
Sd	0.31						

Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 4.7. Hasil D_{maks} dan D_{kritis} Uji Smirnov-Kolmogorov

A	D_{kritis}	D_{maks}	Keterangan
5%	0.09617	0.054	$D_{maks} < D_{kritis}$
1%	0.11526	0.054	$D_{maks} < D_{kritis}$

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan transformasi data didapatkan hasil pengujian normalitas.

Data curah hujan durasi 5 jam tersebut dinyatakan memenuhi distribusi normal

karena D_{maks} lebih kecil dari D_{kritis} . Untuk uji smirnov-kolmogorof dengan durasi

yang lain terdapat pada lampiran 3.

4.6. Formulasi Intensitas Hujan sebagai Fungsi Probabilitas

Berdasarkan perhitungan dapat dianalisis pola hubungan antara $\log I$ dengan probabilitas hujan pada masing-masing kelompok durasi hujan (t), yang

selanjutnya dapat dicari persamaannya. Pada gambar 4.1 dan gambar 4.2

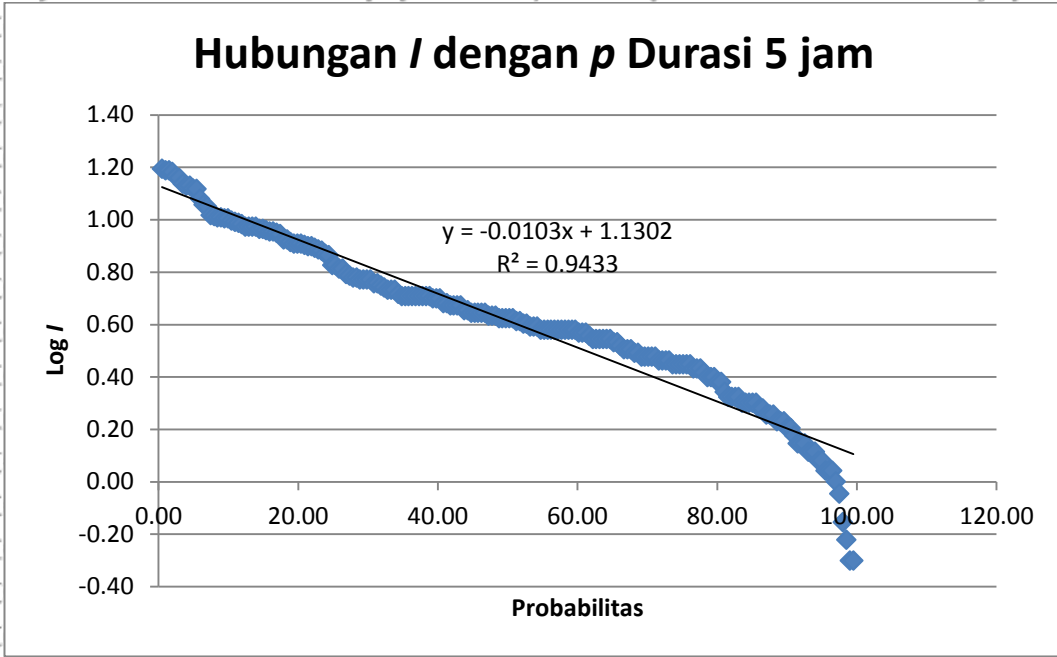
menunjukkan hubungan antara $\log I$ dan probabilitas (%) untuk durasi 5 jam.

Untuk hubungan antara $\log I$ dan probabilitas (%) dengan durasi lain terdapat pada lampiran 4.

Pada tahap ini digunakan metode linier sebagai *trendline*. Tujuannya agar mengetahui hubungan antara $\log I$ dan P yang dapat dilihat dari nilai korelasinya

(R).

Hubungan I dengan p Durasi 5 jam



Gambar 4.1. Hubungan Intensitas dan Probabilitas Hujan Durasi 5 jam
 Sumber: Hasil Perhitungan

Persamaan linear mempunyai bentuk persamaan dasar $I = A \pm BX$. Dari gambar 4.1. diatas didapatkan persamaan linear yang menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$t = 5 \text{ jam}$$

$$y = -0,0103x + 1,1302$$

$$\text{Log } I = -0,0103x + 1,1302$$

$$I_{5\text{jam}} = 10^y$$

$$I_{5\text{jam}} = 10^{-0,0103p+1,1302}$$

Perhitungan untuk durasi 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam dilakukan dengan cara yang sama. Berikut ini merupakan nilai koefisien hasil persamaan dari setiap durasi:



Tabel 4.8. Nilai Koefisien A dan B dari Persamaan Linear

	A	B
I_{1jam}	-0.0169	1.1008
I_{2jam}	-0.0155	1.2130
I_{3jam}	-0.0136	1.2192
I_{4jam}	-0.0116	1.1637
I_{5jam}	-0.0103	1.1302

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.9. Nilai Koefisien Determinasi (R^2) Persamaan Linear

	R^2
I_{1jam}	0.9367
I_{2jam}	0.9895
I_{3jam}	0.9807
I_{4jam}	0.9710
I_{5jam}	0.9433

Sumber: Hasil perhitungan

4.7. Formulasi Intensitas Hujan Fungsi dari Durasi dan Probabilitas

Dari perhitungan intensitas tiap durasi didistribusikan nilai probabilitas hujan antara 5% sampai 95%. Contoh perhitungan nilai intensitas hujan sebagai fungsi probabilitas hujan durasi 5 jam untuk metode linear dapat diperoleh sebagai berikut:

$$t = 5 \text{ jam}$$

$$y = -0,0103x + 1,1302$$

$$\text{Log } I = -0,0103x + 1,1302$$

$$I_{5jam} = 10^y$$

$$I_{5jam} = 10^{-0,0103p+1,1302}$$

$$p = 5\%$$

$$I_{5jam} = 10^{-0,0103(5)+1,1302} = 11,987 \text{ mm/jam}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan nilai intensitas hujan sebagai fungsi probabilitas hujan dari semua durasi dengan metode linear dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Proyeksi Nilai Intensitas Hujan (Metode Linear) Menurut $p = 5\%$ sampai dengan 95%, pada kelompok durasi hujan (t ; jam)

p (%)	Durasi hujan (t ; jam)				
	1	2	3	4	5
5	10.382	13.662	14.164	12.756	11.987
10	8.547	11.429	12.112	11.161	10.646
15	7.036	9.561	10.356	9.766	9.456
20	5.792	7.998	8.855	8.545	8.398
25	4.768	6.691	7.572	7.477	7.459
30	3.925	5.598	6.474	6.542	6.625
35	3.231	4.683	5.536	5.724	5.884
40	2.660	3.917	4.734	5.008	5.226
45	2.189	3.277	4.048	4.382	4.642
50	1.802	2.742	3.461	3.834	4.123
55	1.484	2.294	2.959	3.355	3.662
60	1.221	1.919	2.530	2.936	3.252
65	1.005	1.605	2.164	2.569	2.889
70	0.828	1.343	1.850	2.248	2.566
75	0.681	1.123	1.582	1.967	2.279
80	0.561	0.940	1.353	1.721	2.024
85	0.462	0.786	1.157	1.506	1.798
90	0.380	0.658	0.989	1.317	1.597
95	0.313	0.550	0.846	1.153	1.418

Sumber: Hasil perhitungan

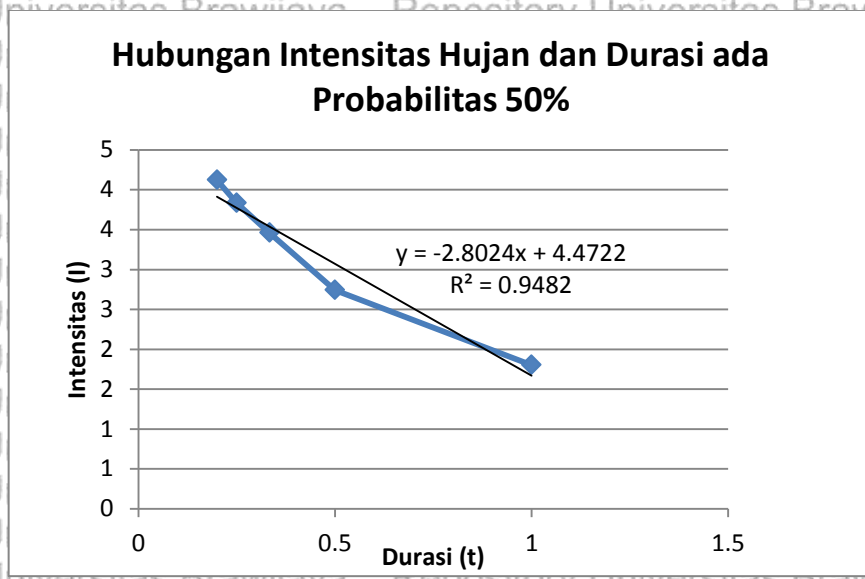
Tahap berikutnya adalah menganalisis tabel 4.10, nilai proyeksi intensitas hujan dianalisis hubungannya dengan durasi hujan pada setiap nilai interval probabilitas hujan.

Jika nilai I_p pada probabilitas yang sama, diplot pada sumbu Y dan nilai I/t diplot pada sumbu X, sesuai dengan jumlah interval nilai p , maka terdapat 19 buah

persamaan linear yang terbentuk. Persamaan-persamaan linear tersebut mempunyai bentuk persamaan dasar:

$$I = A \pm B \frac{1}{t} \dots \dots \dots (4-1)$$

Gambar 4.2. dibawah ini merupakan contoh hubungan persamaan linear probabilitas 50 %. Untuk probabilitas lainnya terdapat pada lampiran 5.



Gambar 4.2 Hubungan dari Persamaan Linear $I_p = f(\frac{1}{t})$
 Sumber: Hasil Perhitungan

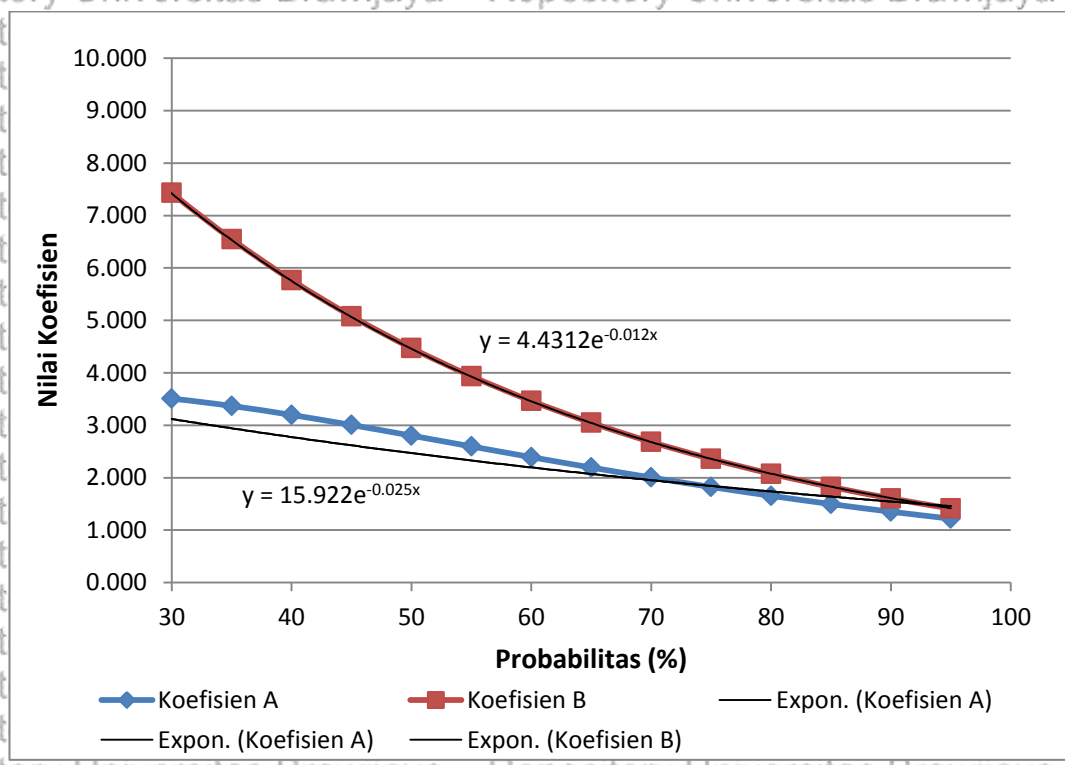
Dari gambar 4.2 diatas maka akan didapatkan bentuk persamaan linear, nilai koefisien A dan B dari persamaan linear $I_p = f(1/t)$ dari (p) 5% sampai dengan (p) 95%.

Tabel 4.11. Nilai koefisien A dan B

p	A	B
5	2.914	13.921
10	3.312	12.291
15	3.530	10.847
20	3.612	9.567
25	3.595	8.453
30	3.507	7.434

<i>p</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
35	3.369	6.550
40	3.197	5.769
45	3.005	5.080
50	2.802	4.472
55	2.596	3.936
60	2.392	3.464
65	2.194	3.048
70	2.004	2.682
75	1.824	2.359
80	1.655	2.075
85	1.498	1.825
90	1.352	1.606
95	1.218	1.412

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Probabilitas dengan Nilai Koefisien A dan Nilai Koefisien B
 Sumber: Hasil Perhitungan

Persamaan garis yang terbentuk antara koefisien A dengan B disajikan pada persamaan dibawah ini:

$$A_{linear} = 15.922 e^{-0.025p}$$



$$B_{linear} = 4,4312e^{-0,012p}$$

Sehingga di dapatkan persamaan model sebagai berikut:

$$I_{t,p} = 15,922 e^{-0,025p} + 4,4312e^{-0,012p} \cdot (I/t)$$

4.8. Hubungan Intensitas Hujan Pengamatan dengan Persamaan Model

Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan intensitas hujan pengamatan dengan intensitas hujan dari persamaan model. Nilai koefisien korelasi didapatkan melalui program *Microsoft Excel*.

Tabel 4.12. Perbandingan Nilai Intensitas Hujan Durasi 5 Jam

No	$I_{pengamatan}$ (mm/jam)	I_{model} (mm/jam)
1	15.60	16.61
2	15.40	16.41
3	15.40	16.21
4	15.20	16.01
5	14.60	15.82
6	14.40	15.63
7	13.70	15.44
8	13.47	15.26
9	13.46	15.08
10	13.13	14.89
11	13.10	14.72
12	12.00	14.54
13	11.40	14.36
14	11.20	14.19
15	10.40	14.02
16	10.30	13.85
17	10.20	13.69
18	10.20	13.52
19	10.10	13.36
20	10.10	13.20
21	9.90	13.04
22	9.80	12.89
23	9.70	12.73
24	9.60	12.58
25	9.40	12.43



No	$I_{pengamatan}$ (mm/jam)	I_{model} (mm/jam)
26	9.40	12.28
27	9.40	12.13
28	9.40	11.99
29	9.20	11.85
30	9.20	11.70
31	9.10	11.56
32	9.00	11.43
33	9.00	11.29
34	8.90	11.15
35	8.80	11.02
36	8.40	10.89
37	8.40	10.76
38	8.20	10.63
39	8.10	10.50
40	8.10	10.38
41	8.10	10.26
42	8.00	10.13
43	7.90	10.01
44	7.90	9.89
45	7.80	9.77
46	7.70	9.66
47	7.60	9.54
48	7.40	9.43
49	7.30	9.32
50	6.70	9.21
51	6.70	9.10
52	6.50	8.99
53	6.50	8.88
54	6.20	8.78
55	6.10	8.67
56	6.00	8.57
57	6.00	8.47
58	5.90	8.37
59	5.90	8.27
60	5.90	8.17
61	5.90	8.07
62	5.70	7.98
63	5.70	7.88
64	5.60	7.79



No	$I_{pengamatan}$ (mm/jam)	I_{model} (mm/jam)
65	5.50	7.70
66	5.40	7.60
67	5.40	7.51
68	5.40	7.42
69	5.20	7.34
70	5.10	7.25
71	5.10	7.16
72	5.10	7.08
73	5.10	7.00
74	5.10	6.91
75	5.10	6.83
76	5.10	6.75
77	5.10	6.67
78	5.10	6.59
79	5.00	6.51
80	5.00	6.44
81	5.00	6.36
82	4.80	6.29
83	4.80	6.21
84	4.70	6.14
85	4.70	6.07
86	4.70	5.99
87	4.70	5.92
88	4.50	5.85
89	4.50	5.78
90	4.40	5.72
91	4.40	5.65
92	4.40	5.58
93	4.40	5.52
94	4.40	5.45
95	4.30	5.39
96	4.30	5.32
97	4.30	5.26
98	4.20	5.20
99	4.20	5.14
100	4.20	5.08
101	4.20	5.02
102	4.20	4.96
103	4.10	4.90



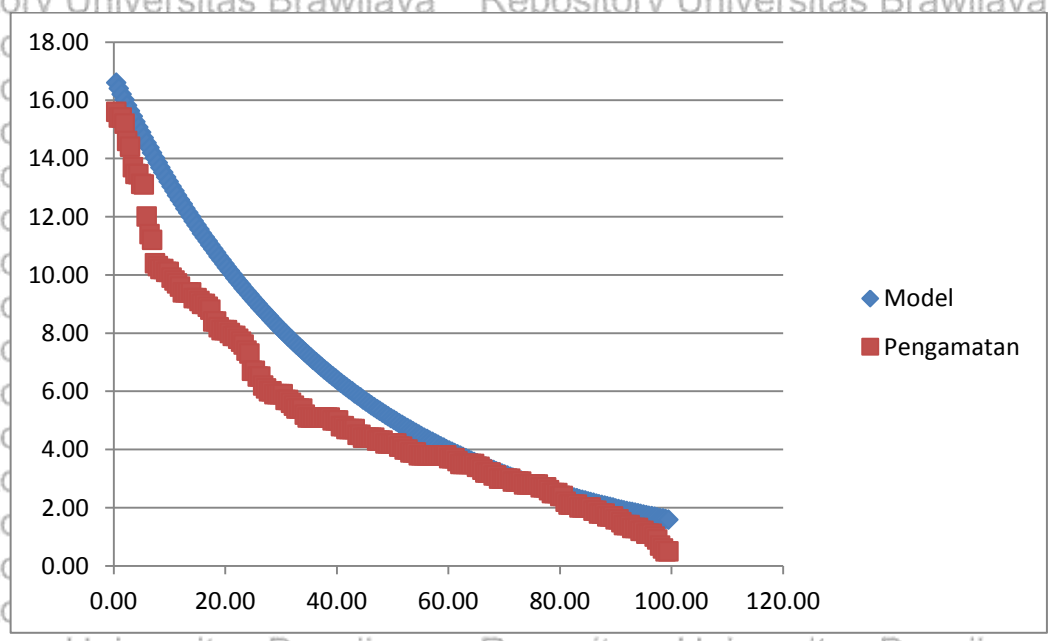
No	$I_{pengamatan}$ (mm/jam)	I_{model} (mm/jam)
104	4.10	4.84
105	4.00	4.79
106	4.00	4.73
107	3.90	4.68
108	3.90	4.62
109	3.90	4.57
110	3.80	4.51
111	3.80	4.46
112	3.80	4.41
113	3.80	4.36
114	3.80	4.31
115	3.80	4.25
116	3.80	4.21
117	3.80	4.16
118	3.80	4.11
119	3.80	4.06
120	3.80	4.01
121	3.70	3.97
122	3.70	3.92
123	3.70	3.87
124	3.60	3.83
125	3.50	3.78
126	3.50	3.74
127	3.50	3.70
128	3.50	3.65
129	3.50	3.61
130	3.50	3.57
131	3.40	3.53
132	3.40	3.49
133	3.30	3.45
134	3.20	3.41
135	3.20	3.37
136	3.20	3.33
137	3.10	3.29
138	3.10	3.25
139	3.00	3.21
140	3.00	3.18
141	3.00	3.14
142	3.00	3.10



No	$I_{pengamatan}$ (mm/jam)	I_{model} (mm/jam)
143	3.00	3.07
144	2.90	3.03
145	2.90	3.00
146	2.90	2.96
147	2.90	2.93
148	2.80	2.89
149	2.80	2.86
150	2.80	2.83
151	2.80	2.79
152	2.80	2.76
153	2.80	2.73
154	2.70	2.70
155	2.70	2.67
156	2.70	2.64
157	2.60	2.61
158	2.50	2.58
159	2.50	2.55
160	2.50	2.52
161	2.40	2.49
162	2.40	2.46
163	2.20	2.43
164	2.10	2.40
165	2.10	2.38
166	2.10	2.35
167	2.10	2.32
168	2.00	2.30
169	2.00	2.27
170	2.00	2.24
171	2.00	2.22
172	2.00	2.19
173	1.90	2.17
174	1.90	2.14
175	1.80	2.12
176	1.80	2.09
177	1.80	2.07
178	1.70	2.05
179	1.70	2.02
180	1.70	2.00
181	1.60	1.98

No	$I_{pengamatan}$ (mm/jam)	I_{model} (mm/jam)
182	1.60	1.95
183	1.50	1.93
184	1.40	1.91
185	1.40	1.89
186	1.40	1.87
187	1.30	1.85
188	1.30	1.82
189	1.30	1.80
190	1.20	1.78
191	1.20	1.76
192	1.10	1.74
193	1.10	1.72
194	1.10	1.70
195	1.00	1.68
196	0.90	1.67
197	0.70	1.65
198	0.60	1.63
199	0.50	1.61
200	0.50	1.59

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.4. Hubungan Intensitas Hujan Pengamatan dan Intensitas Hujan Model Durasi 5 Jam

Sumber: Hasil Perhitungan



Perbandingan nilai intensitas hujan pengamatan dengan intensitas hujan pemodelan pada durasi lain terdapat pada lampiran 6. Berikut ini rekapitulasi dari intensitas hujan model dan intensitas hujan pengamatan dengan durasi dan kala ulang tertentu:

Tabel 4.13. Rekapitulasi Nilai Intensitas Hujan Pengamatan

TR/Durasi	1 jam	2 jam	3 jam	4 jam	5 jam
2 th	1.50	2.75	3.83	4.06	4.20
5 th	5.50	7.00	8.00	7.63	8.10
7 th	7.50	9.75	9.33	9.75	9.26
10 th	10.00	11.17	11.88	11.01	10.08
15 th	13.50	13.06	13.45	11.82	11.32
20 th	15.00	14.50	13.94	13.13	13.13
25 th	17.00	16.50	14.65	13.33	13.47
50 th	22.50	19.00	17.87	16.61	15.19

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.14. Rekapitulasi Nilai Intensitas Hujan Pemodelan

TR/Durasi	1 jam	2 jam	3 jam	4 jam	5 jam
2 th	7.01	5.78	5.37	5.17	5.05
5 th	13.14	11.40	10.82	10.53	10.35
7 th	14.87	13.01	12.38	12.07	11.89
10 th	16.33	14.37	13.71	13.38	13.19
15 th	17.60	15.52	14.84	14.50	14.29
20 th	18.22	16.14	15.44	15.09	14.88
25 th	18.63	16.52	15.81	15.46	15.25
50 th	19.47	17.31	16.59	16.22	16.01

Sumber: Hasil Perhitungan

Gambar 4.4 menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,985. Hasil perhitungan koefisien korelasi selanjutnya dapat dilihat dalam tabel 4.13.

Tabel 4.15. Nilai Koefisien Korelasi Intensitas Hujan Pengamatan dan Intensitas Hujan Model

Durasi (jam)	Koefisien Korelasi
1	0.831
2	0.934
3	0.974
4	0.985
5	0.985

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.15 dapat dilihat bahwa nilai koefisien korelasi tergolong tinggi yaitu $> 0,9$. Nilai koefisien korelasi yang tinggi menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara intensitas hasil pemodelan dan hasil pengamatan.

Untuk memperkuat pemilihan metode yang akan digunakan pada analisa selanjutnya maka dicari nilai koefisien *Nash-sutcliffe*.

Tabel 4.12 menunjukkan nilai intensitas hujan antara persamaan model dengan hasil pengamatan. Hasil perhitungan antara persamaan model dengan hasil pengamatan memiliki nilai yang mendekati. Hal ini ditunjukkan oleh gambar 4.4 dan tahap verifikasi awal. Pada persamaan model ini dilakukan verifikasi awal dengan membandingkan antara hasil prediksi dengan persamaan model dengan hasil pengamatan dengan kriteria statistik. Maka dari itu akan digunakan Metode *Nash-sutcliffe*.

$$E_{NS} = 100 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} - Q_{Mi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} - Q_M)^2}$$

Keterangan:

E_{NS} = Koefisien *Nash-sutcliffe*

Q_{Si} = Nilai simulasi model



Q_{Mi} = Nilai observasi

Q_m = Rata-rata nilai observasi

n = Jumlah data

Hasil simulasi dikatakan baik jika $E_{NS} \geq 75$, memuaskan jika $75 > E_{NS} > 36$, kurang baik jika nilai $E_{NS} < 36$ (Nash-Sutcliffe, 1970 dalam Yopi Ilhamsyah, 2012).

Berikut ini merupakan contoh perhitungan koefisien *Nash-sutcliffe* untuk intensitas hujan durasi 5 jam (Metode Linear), dengan data yang tersedia dalam tabel 4.20.

$$E_{NS} = 100 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{si} - Q_{Mi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{si} - Q_m)^2}$$

$$E_{NS} = 100 - \frac{5,103}{46,226}$$

$$E_{NS} = 99,890$$

Nilai koefisien E_{NS} untuk durasi 5 jam (Metode Linear) adalah 99,890. Hal ini menunjukkan bahwa hasil persamaan model dikatakan baik. Tabel 4.14 menunjukkan hasil perhitungan koefisien E_{NS} untuk durasi yang lain.

Tabel 4.16. Nilai Koefisien E_{NS}

t	E_{NS}
I _{1jam}	99.298
I _{2jam}	99.632
I _{3jam}	99.827
I _{4jam}	99.867
I _{5jam}	99.872

Sumber: Hasil Perhitungan



Setelah dilakukan perhitungan koefisien *Nash-Sutcliffe*, hasil perhitungan menunjukkan koefisien *Nash-Sutcliffe* yang tinggi. Maka pemodelan dapat dikatakan baik.

4.9. Perhitungan Intensitas Hujan Metode Sherman, Talbot, dan Ishiguro

Penelitian ini menggunakan perbandingan metode intensitas hujan jangka pendek yaitu metode Talbot, Sherman, dan Ishiguro. Metode perhitungan intensitas curah hujan tersebut memiliki kesamaan proses melalui tetapan koefisien a dan b . Langkah pendekatan yang perlu dilakukan adalah :

1. Menentukan durasi curah hujan (t jam)
2. Menggunakan harga-harga t tersebut untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan. Untuk periode ulang tertentu, nilainya disesuaikan dengan perhitungan debit rencana.
3. Menggunakan harga-harga t yang sama untuk menetapkan tetapan a dan b .

Metode mononobe tidak digunakan dalam penelitian ini karena memiliki perbedaan proses perhitungan. Metode tersebut menggunakan intensitas hujan dalam jangka panjang yaitu 24 jam (R_{24}) dan tidak ada tetapan a dan b . Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan jam-jaman melalui ARR otomatis, sehingga perhitungan intensitas hujan yang digunakan adalah jangka pendek yaitu 1 jam hingga 5 jam.

4.9.1. Metode Talbot

Contoh perhitungan metode Talbot dengan $Tr = 2$ tahun dan $p = 50\%$ dapat dilihat dalam tabel 4.17.

Tabel 4.17. Perhitungan Metode Talbot Tr = 2 tahun

No.	t	I	$I.t$	I^2	$I^2 . t$	$\log t$	$\log I$	$\log I . \text{Log} t$	$(\log t)^2$	$T^{0,5}$	$I. t^{0,5}$	$I^2 . t^{0,5}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	1	1.500	1.500	2.250	2.250	0.000	0.176	0.000	0.000	1.000	1.500	2.250
2	2	2.750	5.500	7.563	15.125	0.301	0.439	0.132	0.091	1.414	3.889	10.695
3	3	3.833	11.500	14.694	44.083	0.477	0.584	0.278	0.228	1.732	6.640	25.452
4	4	4.062	16.249	16.502	66.010	0.602	0.609	0.367	0.362	2.000	8.125	33.005
5	5	4.200	21.000	17.640	88.200	0.699	0.623	0.436	0.489	2.236	9.391	39.444
Jumlah		16.346	55.749	58.649	215.668	2.079	2.431	1.213	1.169	8.382	29.545	110.846

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

(1) Nomor (5) = (3)² (9) = (8)(7) (13) = (3)² (2)^{0,5}

(2) Data (6) = (5)²(2) (10) = log(2)²

(3) Data (7) = Log (2) (11) = (2)^{0,5}

(4) = (2)(3) (8) = Log (2) (12) = (3) (2)^{0,5}



$$a = \frac{(\sum I.t)(\sum I^2) - (\sum I^2.t)(\sum I)}{n(\sum I^2) - (\sum I)(\sum I)}$$

$$a = -9,805$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I.t) - (n)(\sum I^2.t)}{n(\sum I^2) - (\sum I)(\sum I)}$$

$$b = -6,410$$

Setelah diperoleh nilai a dan b , intensitas hujan dapat ditentukan dengan mensubstitusikan ke persamaan Talbot sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{t + b}$$

$$I = \frac{-9,805}{1 + (-6,410)}$$

$$I = 4,812 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.18. Perhitungan Intensitas Hujan Metode Talbot $Tr = 2th$

No.	t	I_{Talbot}
1	1	4,812
2	2	5,223
3	3	6,175
4	4	5,069
5	5	4,175

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran.

4.9.2. Metode Sherman

Contoh perhitungan metode Sherman dengan $Tr = 2$ tahun dan $p = 50\%$ dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19. Perhitungan Metode Sherman Tr = 2 tahun

No.	t	I	I.t	I ²	I ² . t	log t	log I	logI . Logt	(logt) ²	T ^{0,5}	I . t ^{0,5}	I ² . t ^{0,5}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	1	1.500	1.500	2.250	2.250	0.000	0.176	0.000	0.000	1.000	1.500	2.250
2	2	2.750	5.500	7.563	15.125	0.301	0.439	0.132	0.091	1.414	3.889	10.695
3	3	3.833	11.500	14.694	44.083	0.477	0.584	0.278	0.228	1.732	6.640	25.452
4	4	4.062	16.249	16.502	66.010	0.602	0.609	0.367	0.362	2.000	8.125	33.005
5	5	4.200	21.000	17.640	88.200	0.699	0.623	0.436	0.489	2.236	9.391	39.444
Jumlah		16.346	55.749	58.649	215.668	2.079	2.431	1.213	1.169	8.382	29.545	110.846

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

- (1) Nomor (5) = (3)² (9) = (8)(7) (13) = (3)² (2)^{0,5}
- (2) Data (6) = (5)²(2) (10) = log(2)²
- (3) Data (7) = Log (2) (11) = (2)^{0,5}
- (4) = (2)(3) (8) = Log (2) (12) = (3) (2)^{0,5}



$$a = \frac{(\sum \log I)(\sum \log t^2) - (\sum \log t \cdot \log I)(\sum \log t)}{n(\sum \log t^2) - (\sum \log t)(\sum \log t)}$$

$$a = 4,778$$

$$n = \frac{(\sum \log I)(\sum \log t) - (n)(\sum \log t \cdot \log I)}{n(\sum \log t^2) - (\sum \log t)(\sum \log t)}$$

$$n = -0,663$$

Setelah diperoleh nilai a dan b , nilai intensitas hujan dapat ditentukan dengan mensubstitusikan ke persamaan Sherman sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{t^n}$$

$$I = \frac{4,778}{t^{-0,663}}$$

$$I = 4,778 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.20. Perhitungan Intensitas Hujan Metode Sherman $T_r = 2$ th

No.	t	I_{Sherman}
1	1	4.778
2	2	7.564
3	3	9.896
4	4	11.975
5	5	13.883

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran.

4.9.3. Metode Ishiguro

Contoh perhitungan metode Ishiguro dengan $T_r = 2$ tahun dan $p = 50\%$ dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.21. Perhitungan Metode Ishiguro Tr = 2 tahun

No.	t	I	$I.t$	I^2	$I^2 . t$	$\log t$	$\log I$	$\log I . \text{Log} t$	$(\log t)^2$	$T^{0,5}$	$I . t^{0,5}$	$I^2 . t^{0,5}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1	1	1.500	1.500	2.250	2.250	0.000	0.176	0.000	0.000	1.000	1.500	2.250
2	2	2.750	5.500	7.563	15.125	0.301	0.439	0.132	0.091	1.414	3.889	10.695
3	3	3.833	11.500	14.694	44.083	0.477	0.584	0.278	0.228	1.732	6.640	25.452
4	4	4.062	16.249	16.502	66.010	0.602	0.609	0.367	0.362	2.000	8.125	33.005
5	5	4.200	21.000	17.640	88.200	0.699	0.623	0.436	0.489	2.236	9.391	39.444
Jumlah		16.346	55.749	58.649	215.668	2.079	2.431	1.213	1.169	8.382	29.545	110.846

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan :

(1) Nomor (5) = (3)² (9) = (8)(7) (13) = (3)² (2)^{0,5}

(2) Data (6) = (5)²(2) (10) = log(2)²

(3) Data (7) = Log (2) (11) = (2)^{0,5}

(4) = (2)(3) (8) = Log (2) (12) = (3) (2)^{0,5}



$$a = \frac{(\sum I_i t_i^{0.5})(\sum I_i^2) - (\sum I_i^2 t_i^{0.5})(\sum I_i)}{n(\sum I_i) - (\sum I_i)(\sum I_i)}$$

$$a = 0,426$$

$$b = \frac{(\sum I_i)(\sum I_i t_i^{0.5}) - (\sum I_i^2 t_i^{0.5})}{n(\sum I_i) - (\sum I_i)(\sum I_i)}$$

$$b = -2,006$$

Setelah diperoleh nilai a dan b , intensitas hujan dapat ditentukan dengan mensubstitusikan ke persamaan Ishiguro sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{t^{0.5} - b}$$

$$I = \frac{0,426}{1^{0.5} + (-2,006)}$$

$$I = 0,246 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.22. Perhitungan Intensitas Hujan Metode Ishiguro $T_r = 2$ th

No.	t	$I_{Ishiguro}$
1	1	0,246
2	2	0,213
3	3	0,191
4	4	0,174
5	5	0,161

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran.

4.10. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Metode Talbot, Sherman dan Ishiguro

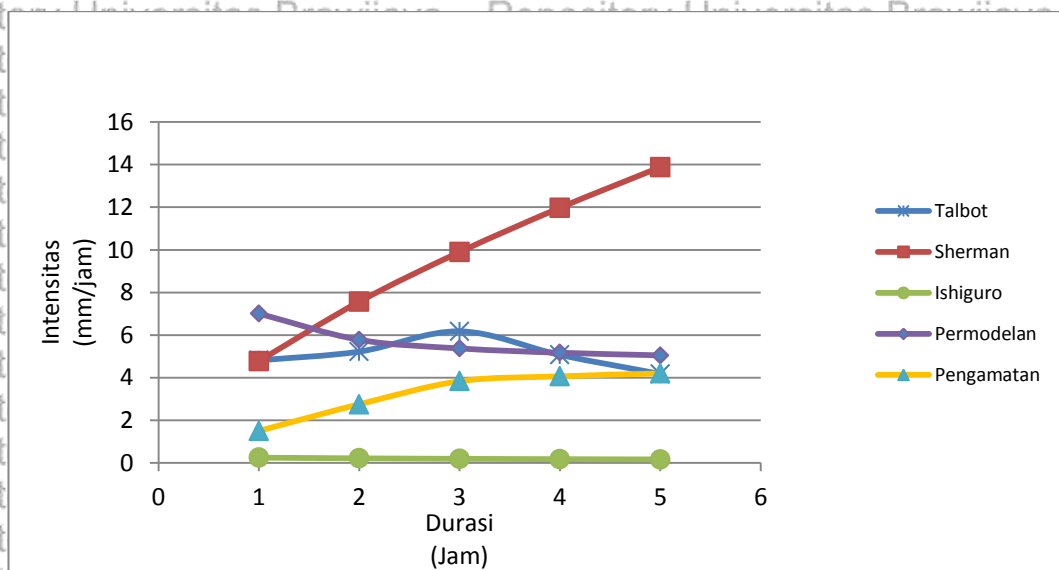
Hasil perhitungan menurut metode Talbot, Sherman, Ishiguro dan pemodelan intensitas hujan serta hasil perhitungan intensitas hujan hasil

pengamatan disajikan dalam satu gambar. Hasil perhitungan yang disatukan adalah perhitungan pada kelompok periode ulang (T_r) atau probabilitas (p) yang sama. Pada gambar 4.5, tampak jelas persamaan dan perbedaan hasil analisa antar metode tersebut.

Tabel 4.23. Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan $T_r = 2$ tahun

No.	t	$I_{Pengamatan}$	I_{Talbot}	$I_{Sherman}$	$I_{Ishiguro}$	I_{Model}
1	1	1.500	4.812	4.778	0.246	7.007
2	2	2.750	5.223	7.564	0.213	5.778
3	3	3.833	6.175	9.896	0.191	5.372
4	4	4.062	5.069	11.975	0.174	5.170
5	5	4.200	4.175	13.883	0.161	5.048

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.5 Hubungan Intensitas Hujan Pengamatan dengan Metode Lainnya $T_r = 2$ tahun

Berdasarkan gambar di atas tampak bahwa intensitas hujan hasil pemodelan atau $I_{t,p}$, kurang baik. Nilai hitungannya tidak mendekati data intensitas pengamatan dan mempunyai pola yang hampir sama dengan metode lain, terutama untuk $t = 1$ jam sampai dengan $t = 2$ jam. Simpangan yang cukup besar

antara $I_{t,p}$ dengan hasil perhitungan metode lain terjadi pada $t > 2$ jam dikarenakan pada t tersebut hasil perhitungan bersifat ekstrapolasi. Disamping itu ada beberapa faktor yang menyebabkan trend intensitas hujan talbot kurang sesuai.

Suatu rangkaian pemodelan, dapat timbul ketidaksesuaian dengan hasil pengamatan. Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor:

- a. Perubahan letak stasiun
- b. Perubahan sistem pendataan
- c. Perubahan iklim
- d. Luas DAS yang besar
- e. Pemilihan stasiun hujan kurang dari tiga
- f. Data Hujan Jam-jaman
- g. Perubahan dalam lingkungan sekitar

Perubahan atau pemindaan lokasi stasiun hujan, gangguan lingkungan, kerusakan instrumentasi, ketidaksesuaian prosedur pengukuran seringkali menjadikan adanya perubahan relatif terhadap nilai data hujan yang tercatat.

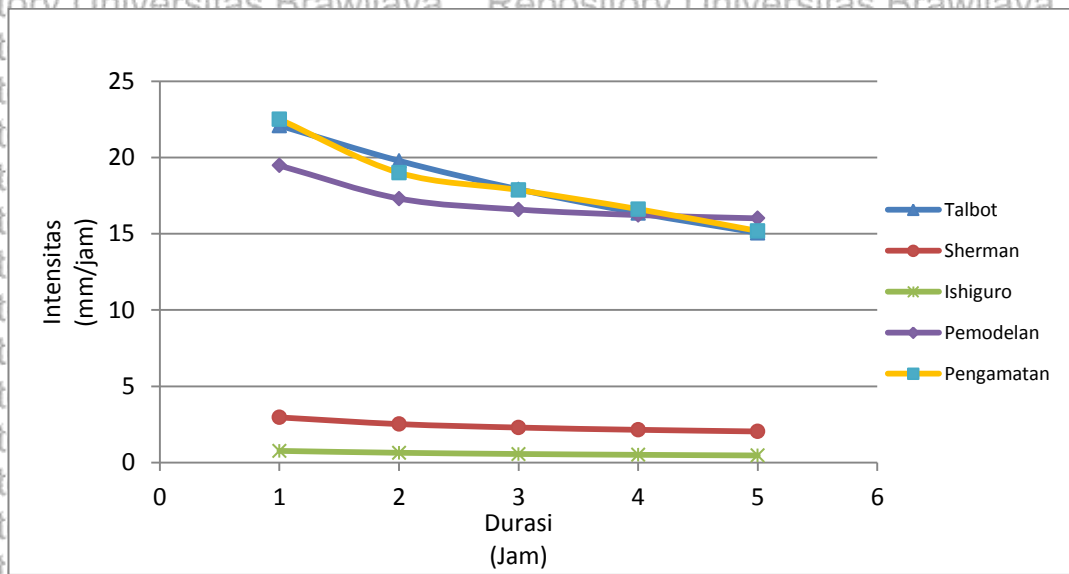
Sedangkan pemilihan stasiun kurang dari tiga pada DAS Lesti ini disebabkan data hujan-jam-jaman terbatas. Selain itu DAS Lesti memiliki luas DAS yang besar serta data yang diolah adalah data hujan jam-jaman, bukan menitan. Jika menitan maka durasi hujan lebih rapat dan kemungkinan menghasilkan pemodelan yang lebih baik.

Intensitas hujan pada kala ulang 20, 25, dan 50 tahun, tampak bahwa intensitas hujan hasil pemodelan mendekati hasil pengamatan dan mempunyai pola yang hampir sama. Berikut ini salah satu hasil perhitungan intensitas hujan pada kala ulang 50 tahun:

Tabel 4.24. Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan $T_r = 50$ tahun

No.	t	$I_{Pengamatan}$	I_{Talbot}	$I_{Sherman}$	$I_{Ishiguro}$	I_{Model}
1	1	22.500	22.090	2.963	0.767	19.472
2	2	19.000	19.783	2.524	0.644	17.308
3	3	17.867	17.911	2.297	0.565	16.586
4	4	16.615	16.364	2.149	0.510	16.223
5	5	15.185	15.062	2.041	0.468	16.010

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.6 Hubungan Intensitas Hujan Pengamatan dengan Metode Lainnya $T_r = 50$ tahun

Grafik hubungan intensitas hujan pada T_r yang lain dapat dilihat pada lampiran 7.

4.11. Perhitungan Nilai Korelasi

4.11.1. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Talbot

Tabel 4.25. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Talbot Tr=2th

No.	x	y	x ²	y ²	x.y
1	1.812	1.500	3.285	2.250	2.719
2	2.223	2.750	4.943	7.563	6.114
3	2.875	3.833	8.268	14.694	11.022
4	4.069	4.062	16.554	16.502	16.528
5	6.955	4.200	48.366	17.640	29.209
Σ	17.934	16.346	81.416	58.649	65.592

Sumber: Hasil Perhitungan

$$r = \frac{(n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{((n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2))^{0.5}}$$

$$r = 0,7377$$

4.11.2. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Sherman

Tabel 4.26. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Sherman Tr=2th

No.	x	y	x ²	y ²	x.y
1	4.778	1.500	22.832	2.250	7.167
2	7.564	2.750	57.220	7.563	20.802
3	9.896	3.833	97.937	14.694	37.936
4	11.975	4.062	143.399	16.502	48.646
5	13.883	4.200	192.750	17.640	58.311
Σ	48.097	16.346	514.138	58.649	172.862

Sumber: Hasil Perhitungan

$$r = \frac{(n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{((n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2))^{0.5}}$$

$$r = 0,9539$$

4.11.3. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Ishiguro

Tabel 4.27. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Ishiguro Tr=2th

No.	x	y	x ²	y ²	x.y
1	0.246	1.500	0.060	2.250	0.369
2	0.213	2.750	0.045	7.563	0.586
3	0.191	3.833	0.036	14.694	0.730
4	0.174	4.062	0.030	16.502	0.707
5	0.161	4.200	0.026	17.640	0.676
Σ	0.984	16.346	0.198	58.649	3.068

Sumber: Hasil Perhitungan

$$r = \frac{(n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{((n \sum x^2 - (\sum x)^2) \cdot (n \sum y^2 - (\sum y)^2))^{0.5}}$$

$$r = 0,9793$$

4.11.4. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Pemodelan

Tabel 4.28. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Pemodelan Tr=2th

No.	x	y	x ²	y ²	x.y
1	9.003	1.500	81.060	2.250	13.505
2	6.777	2.750	45.932	7.563	18.638
3	6.039	3.833	36.467	14.694	23.149
4	5.670	4.062	32.143	16.502	23.031
5	5.448	4.200	29.680	17.640	22.881
Σ	32.937	16.346	225.282	58.649	101.204

Sumber: Hasil Perhitungan

$$r = \frac{(n)(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{((n \sum x^2 - (\sum x)^2) \cdot (n \sum y^2 - (\sum y)^2))^{0.5}}$$

$$r = 0,983$$

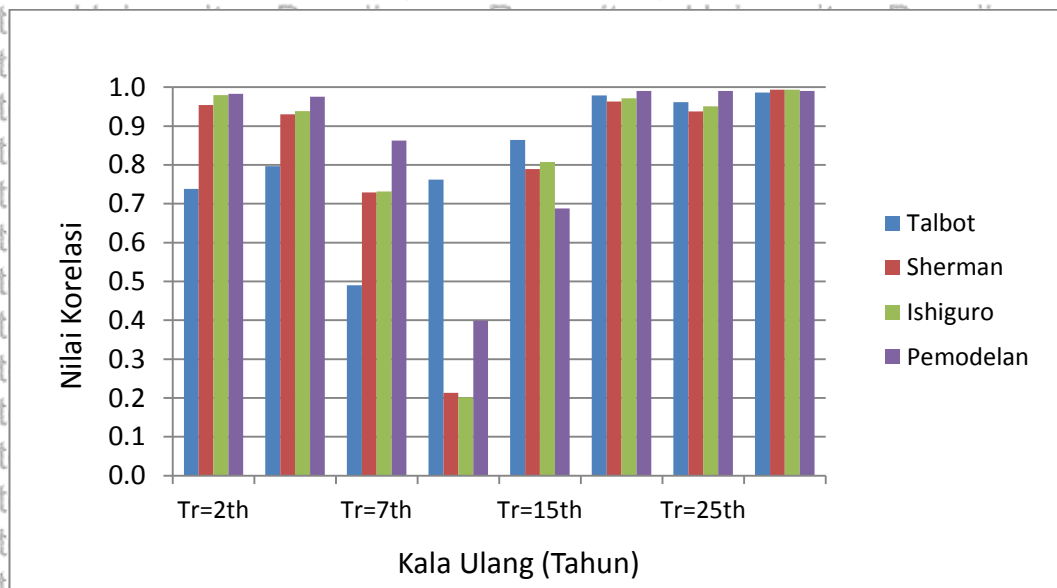
Verifikasi persamaan akhir model intensitas hujan ditunjukkan dengan hasil perhitungan nilai korelasi. Angka korelasi intensitas hujan hasil pemodelan ($r_{t,p}$) dengan data pengamatan berkisar antara 0,202 sampai dengan 0,990. Nilai korelasi secara lengkap lihat Tabel 4.29. Nilai korelasi ini sangat berkaitan akurasi data dasar. Nilai korelasi dengan kala ulang yang lain terdapat pada lampiran 8.

Tabel 4.29. Nilai Korelasi Masing-masing Metode

Metode	Periode Ulang							
	2th	5th	7th	10th	15th	20th	25th	50th
Talbot	0.738	0.797	0.490	0.762	0.864	0.978	0.961	0.986
Sherman	0.954	0.930	0.729	0.213	0.789	0.963	0.937	0.994
Ishiguro	0.979	0.938	0.731	0.202	0.807	0.971	0.951	0.994
Model	0.983	0.975	0.862	0.399	0.688	0.990	0.990	0.990

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan nilai korelasi pada masing-masing metode dapat dibuat diagram batang seperti gambar 4.6. dibawah ini :



Gambar 4.7. Perbandingan Nilai Korelasi Antar Metode



4.12. Perhitungan *Mean Absolute Error (MAE)*

Mean Absolute Error (MAE) digunakan untuk mendeskripsikan kesalahan rata-rata dari kesalahan absolut dalam sebuah pemodelan. Berikut ini merupakan contoh perhitungan kesalahan rata-rata untuk hasil pemodelan pada kala ulang 2 tahun:

Hasil pemodelan durasi 1 jam = 7,007

Hasil pengamatan durasi 1 jam = 1,500

$$e_{1 \text{ jam}} = |P_i - O_i|$$

$$e_{1 \text{ jam}} = 7,007 - 1,500$$

$$e_{1 \text{ jam}} = 5,507$$

Dengan perhitungan yang sama maka didapatkan:

$$e_{2 \text{ jam}} = 3,028$$

$$e_{3 \text{ jam}} = 1,539$$

$$e_{4 \text{ jam}} = 1,107$$

$$e_{5 \text{ jam}} = 0,848$$

Jumlah $e_{1 \text{ jam}}$ hingga $e_{5 \text{ jam}}$ = 12,029

$$MAE = n^{-1} \sum_{i=1}^n |e_i|$$

$$MAE = 5^{-1} \cdot 12,029$$

$$MAE = 2,406$$

keterangan:

MAE = nilai *Mean Absolute Error (MAE)*

P_i = nilai hasil pemodelan

O_i = nilai hasil pengamatan

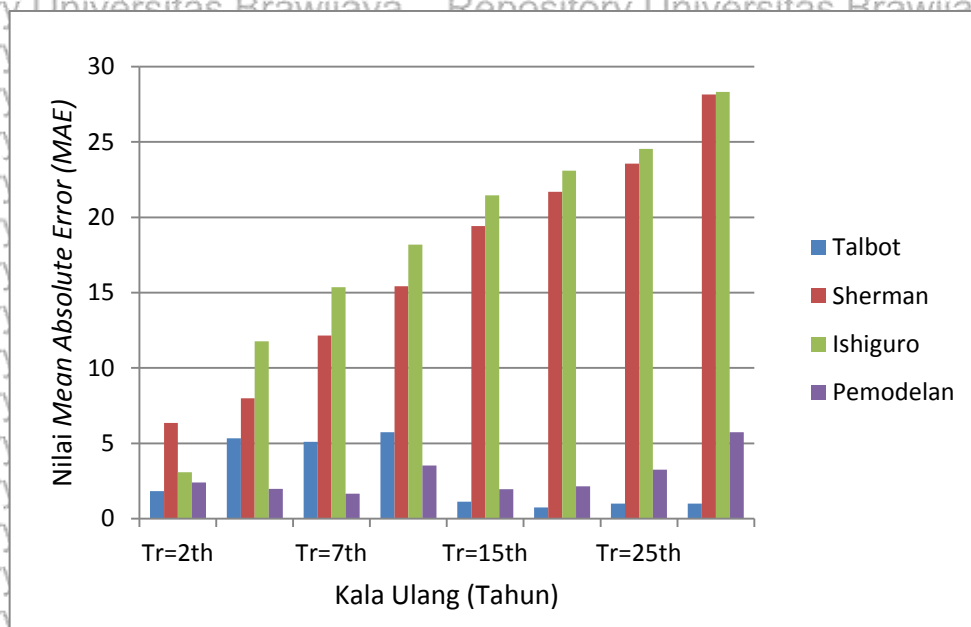
n = jumlah data

Tabel 4.30. Nilai Mean Absolute Error (MAE) Masing-masing Metode

Metode	Periode Ulang							
	2th	5th	7th	10th	15th	20th	25th	50th
Talbot	0.912	5.327	5.102	5.725	1.132	0.743	1.006	0.991
Sherman	6.350	7.988	12.151	15.413	19.411	21.682	23.566	28.149
Ishiguro	3.072	11.767	15.350	18.190	21.459	23.090	24.533	28.324
Model	2.406	1.980	1.665	3.524	1.951	2.148	3.257	5.733

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan nilai MAE masing-masing metode dapat dibuat diagram batang seperti gambar 4.7, dibawah ini,

**Gambar 4.8. Perbandingan Nilai MAE Antar Metode**

Nilai rata-rata dari kesalahan mutlak atau *Mean Absolute Error* (MAE) pada metode persamaan model adalah yang paling rendah dibandingkan metode Sherman dan Ishiguro. Diagram diatas juga menunjukkan bahwa metode talbot memiliki MAE yang lebih rendah dibandingkan Sherman dan Ishiguro. Pada kala ulang diatas 15 tahun, nilai MAE hasil pemodelan lebih tinggi daripada metode Talbot.

Talbot memiliki nilai MAE yang lebih rendah dibanding metode lain dikarenakan persamaan talbot memiliki tetapan-tetapan a dan b yang ditentukan dengan harga-harga terukur serta konstanta tersebut tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di suatu wilayah. Persamaan ishiguro terdapat nilai logaritma yang cocok untuk jangka waktu curah hujan lebih dari dua jam. Selain itu terdapat nilai akar pada konstantanya yang membuat nilai intensitas lebih kecil.

4.13 Analisa Debit Banjir Rencana

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam menghitung besarnya debit banjir rancangan pada suatu daerah tertentu, antara lain distribusi *Gumbel*, *Log Normal*, *Log Pearson Type III*, dan lain-lain.

Besarnya parameter-parameter statistik seperti koefisien C_s (*koefisien kepencengan*) dan C_k (*koefisien puncak*) harus dihitung terlebih dahulu untuk menentukan metode yang sesuai. Berikut ini data debit harian maksimum tahunan pada DAS Lesti Tahun 1991-2012:

Tabel 4.31 Debit Harian Maksimum Tahunan DAS Lesti Tahun 1991-2012

No.	Thn.	Debit Harian Maksimum Tahunan (m ³ /det)												Q Maks (m3/det)
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
1	1991	67.24	63.87	62.49	58.63	30.34	16.03	14.57	14.67	12.55	11.55	26.75	47.99	67.24
2	1992	73.28	63.98	71.88	77.43	48.49	29.41	22.00	34.97	55.99	95.49	69.15	89.36	95.49
3	1993	69.59	53.41	45.36	53.42	34.30	35.52	17.04	18.99	11.86	12.17	39.75	50.74	69.59
4	1994	80.85	81.22	90.44	72.50	37.92	21.35	16.54	14.36	18.51	18.77	21.84	40.13	90.44
5	1995	58.41	64.08	65.16	62.07	31.96	34.75	26.17	15.05	11.54	22.86	73.22	354.05	354.05
6	1996	55.89	103.07	72.66	120.70	23.85	21.65	24.25	50.19	15.42	30.34	41.05	58.12	120.70
7	1997	35.79	25.17	15.40	15.73	13.18	10.30	9.51	9.00	8.26	8.26	8.75	13.79	35.79
8	1998	28.20	20.74	22.30	15.73	13.79	11.70	9.00	8.50	23.92	17.44	17.44	23.10	28.20
9	1999	24.70	17.76	38.30	85.67	31.37	14.71	12.25	11.38	9.91	45.32	38.39	24.20	85.67
10	2000	27.12	31.58	30.21	32.51	28.42	20.69	15.77	12.09	11.25	65.48	26.12	25.31	65.48
11	2001	23.36	43.26	28.61	28.18	13.28	20.04	8.58	7.04	6.83	12.99	33.13	27.85	43.26
12	2002	98.68	53.80	39.75	34.58	27.88	16.28	13.37	11.79	10.36	9.31	12.44	30.38	98.68
13	2003	38.30	38.59	28.69	26.78	32.95	15.48	11.10	9.64	43.96	33.62	52.29	165.23	165.23
14	2004	169.08	178.71	261.73	144.75	134.88	27.13	23.83	17.00	46.75	16.50	24.00	51.83	261.73
15	2005	33.00	28.88	76.79	40.40	19.46	27.13	28.75	15.00	27.13	63.94	33.08	50.63	76.79
16	2006	46.17	42.96	39.92	95.71	38.33	32.00	11.96	12.38	11.00	13.83	14.76	72.05	95.71

No.	Thn.	Debit Harian Maksimum Tahunan (m ³ /det)												Q Maks
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	(m ³ /det)
17	2007	69.20	60.29	318.25	141.88	56.08	47.33	37.47	32.00	30.00	28.00	69.71	511.75	511.75
18	2008	78.00	76.00	109.00	156.00	69.00	31.00	27.00	123.00	125.00	139.00	196.00	172.00	196.00
19	2009	31.00	154.88	113.41	42.21	50.38	94.54	27.58	21.75	23.04	33.00	31.21	30.04	154.88
20	2010	31.00	126.58	113.92	192.89	151.17	149.33	135.30	130.75	141.63	154.52	142.71	371.00	371.00
21	2011	59.34	61.48	51.29	66.58	48.71	36.42	37.68	41.87	120.62	38.13	48.63	67.32	120.62
22	2012	59.34	61.48	52.50	66.58	56.57	36.42	37.68	41.87	42.74	38.13	51.63	67.32	67.32

Sumber: Data Perum Jasa Tirta



4.13.1 Uji *Outliers*

Uji *outliers* bertujuan untuk mengetahui data yang menyimpang cukup jauh dari *trend* kelompoknya. Prosedur dalam uji *outliers* ini diantaranya data intensitas hujan diurutkan dari yang terbesar terlebih dahulu. Berikut langkah perhitungan uji *outliers*:

$$- \text{Stdev } x (s_y) = 124.48$$

$$- \text{Rerata } x (\bar{y}) = 144.35$$

$$- Kn = 2.429 \text{ (Tabel 4.2.)}$$

$$- y_H = \bar{y} + Kn \cdot s_y$$

$$= 144.35 + 2.429 \times 124.48$$

$$= 446.698$$

$$- y_L = \bar{y} - Kn \cdot s_y$$

$$= 144.35 - 2.429 \times 124.48$$

$$= -158.01$$

Nilai ambang bawah dan nilai ambang atas dapat diperoleh dari perhitungan di atas. Nilai ambang atas adalah 446.698 dan nilai ambang bawah adalah -158.01. Data yang diluar y_H dan y_L merupakan data *outliers*.

Setelah dilakukan uji *outliers* pada tahap 1 dalam penelitian ini, maka terdapat 1 data *outliers*. Setelah dilakukan uji *outliers* hingga 5 tahap, maka didapatkan 18 data debit harian maksimum tahunan. Data yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya disajikan dalam tabel 4.32, sedangkan untuk uji *outliers* tahap sebelumnya yang lain terdapat dalam lampiran 9.

Tabel 4.32. Data Debit Harian Maksimum Tahunan Setelah Dilakukan Uji Outliers

No.	Q Maks (m ³ /det)
1	196.00
2	165.23
3	154.88
4	120.70
5	120.62
6	98.68
7	95.71
8	95.49
9	90.44
10	85.67
11	76.79
12	69.59
13	67.32
14	67.24
15	65.48
16	43.26
17	35.79
18	28.20

Sumber: Hasil Perhitungan

4.13.2 Validasi Data Debit

Data debit AWLR Tawangrejani disusun dalam bentuk deret berkala yaitu mulai tanggal 1 Januari sampai dengan 31 Desember setiap tahun. Sebelum digunakan untuk analisa hidrologi maka perlu dilakukan validasi data hujan dengan beberapa metode sebagai berikut.

4.13.2.1 Uji Keacakan Data

4.13.2.1.1 Uji Korelasi Spearman

Data yang diperlukan pada validasi data debit metode Spearman adalah data debit harian maksimum tahunan yang sudah diuji menggunakan uji outlier.

Tabel 4.33. menampilkan hasil pengujian ketiadaan trend metode Spearman.

Tabel 4.33. Uji Ketiadaan Trend Metode Spearman

No.	Thn.	Q Maks (m3/det)	Peringkat Tt	Peringkat Rt	dt	dt ²
1	2	3	4	5	6 = 5-4	7 = 6x6
1	1991	67.24	1	14	13	169
2	1992	95.49	2	8	6	36
3	1993	69.59	3	12	9	81
4	1994	90.44	4	9	5	25
5	1996	120.70	5	4	-1	1
6	1997	35.79	6	17	11	121
7	1998	28.20	7	18	11	121
8	1999	85.67	8	10	2	4
9	2000	65.48	9	15	6	36
10	2001	43.26	10	16	6	36
11	2002	98.68	11	6	-5	25
12	2003	165.23	12	2	-10	100
13	2005	76.79	13	11	-2	4
14	2006	95.71	14	7	-7	49
15	2008	196.00	15	1	-14	196
16	2009	154.88	16	3	-13	169
17	2011	120.62	17	5	-12	144
18	2012	67.32	18	13	-5	25
Jumlah						1342

Sumber: Hasil Perhitungan



Berdasarkan perhitungan dari tabel 4.33 maka dapat dihitung nilai koefisien korelasi Spearman sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 KP &= 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \\
 &= 1 - \frac{6(1342)}{18^3 - 18} \\
 &= -0.385
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung nilai t,

$$\begin{aligned}
 t &= KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= -0.385 \left[\frac{18-2}{1-(-0.385)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= -1.668
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan 5% dan derajat kebebasan $dk = n - 2 = 16$, berdasarkan tabel nilai kritis t_c untuk distribusi t uji dua sisi. Maka diperoleh $t_{0.975} = 2.120$ dan $t_{0.975} = -2.120$. Dari perhitungan maka nilai t terletak $-2.120 < -1.668 < 2.120$, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa data tersebut independen dan tidak menunjukkan trend.

4.13.2.1.2 Uji Mann Whitney

Uji Mann dan Whitney untuk menguji apakah dua kelompok data yang tidak berpasangan berasal dari populasi yang sama. Berikut ini tabel perhitungan

Uji Mann Whitney.

Tabel 4.34 Perhitungan Uji Mann dan Whitney Data Debit

No.	Kelompok 1 (m ³ /det)	Peringkat	Kelompok 2 (m ³ /det)	Peringkat
1	67.24	14	43.26	16
2	95.49	8	98.68	6
3	69.59	12	165.23	2
4	90.44	9	76.79	11
5	120.70	4	95.71	7
6	35.79	17	196.00	1
7	28.20	18	154.88	3
8	85.67	10	120.62	5
9	65.48	15	67.32	13
	Jumlah	107	Jumlah	64

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan data pada tabel 4.34 dapat diketahui:

$$N_1 = 9$$

$$N_2 = 9$$

$$R_m = 107$$

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1(N_1 + 1)}{2} - R_m$$

$$= (9)(9) + \frac{9(9 + 1)}{2} - 107$$

$$= 29$$

$$U_2 = N_1 N_2 - U_1$$

$$= (9)(9) - 29$$

$$= 35$$

Nilai $U_1 = 29$, dan ternyata lebih kecil nilainya jika dibanding dengan $U_2 = 35$,

maka untuk perhitungan selanjutnya $U = U_1 = 29$.



$$Z = \frac{U - \frac{N_1 + N_2}{2}}{\left[\frac{1}{12} \{ N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1) \} \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{29 - \frac{9+9}{2}}{\left[\frac{1}{12} \{ (9)(9)(9+9+1) \} \right]^{\frac{1}{2}}} = -0.315$$

Berdasarkan uji satu sisi pada derajat kepercayaan 5% ditolak dari tabel diperoleh nilai $Z_c = 1.645$ dan -1.645 . Nilai $Z = -0.315$ ternyata lebih kecil dari $Z_c = +1.645$ dan lebih besar $Z_c = -1.645$ dengan demikian kelompok I dan II berasal dari populasi yang sama, atau dengan kata lain tidak terjadi perubahan yang nyata nilai rata-ratanya atau tidak menunjukkan adanya trend.

4.13.2.2 Uji Stasioner

4.13.2.2.1 Uji Kestabilan Varian (Uji F)

Data pada tabel 4.35 deret berkala dibagi menjadi 2 kelompok, setiap dua kelompok diuji menggunakan Uji-F.

Tabel 4.35 Perhitungan Uji Stasioner

No.	Kelompok 1 (m3/det)	No.	Kelompok 2 (m3/det)
1	67.24	1	43.26
2	95.49	2	98.68
3	69.59	3	165.23
4	90.44	4	76.79
5	120.70	5	95.71
6	35.79	6	196.00
7	28.20	7	154.88
8	85.67	8	120.62
9	65.48	9	67.32
$n_1 = 9$		$n_2 = 9$	
$X_{rt1} = 73.178$		$X_{rt2} = 113.166$	
$S_1 = 29.023$		$S_2 = 50.242$	

Sumber: Hasil Perhitungan

Data dari dua kelompok di atas maka didapat :

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{n_1 S_1^2 (n_2 - 1)}{n_2 S_2^2 (n_1 - 1)} \\
 &= \frac{9(29.023)^2 (9 - 1)}{9(50.242)^2 (9 - 1)} \\
 &= 0.334
 \end{aligned}$$

$$Dk_1 = n_1 - 1$$

$$= 9 - 1$$

$$= 8$$

$$Dk_2 = n_2 - 1$$

$$= 9 - 1$$

$$= 8$$

Derajat kepercayaan = 5%

Berdasarkan tabel nilai kritis Distribusi F maka nilai F tabel adalah 3.79.

Oleh karena nilai F hitung lebih kecil dari F tabel maka data memiliki varian stabil pada peluang 95%.

4.13.2.2.2 Uji Kestabilan Nilai Rata-rata (Uji T)

Berikut ini perhitungan berdasarkan Uji t:

$$\sigma = \left(\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{9(29.023)^2 + 9(50.242)^2}{9+9-2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 43.517$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{73.178 - 113.166}{43.517 \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= -4.135$$

Berdasarkan tabel nilai kritis t_c untuk derajat kebebasan dk = n₁ + n₂ - 2 = 9 + 9 -

2 = 16, dan derajat kepercayaan 0,025 pada uji dua arah maka diperoleh nilai t tabel

= 2.12. Karena nilai t hitung = -4.135 lebih kecil dari nilai t tabel = 2.12 maka

deret berkalanya stasioner, berarti nilai rata-rata serta nilai variannya adalah stabil.

4.13.2.1 Uji Persistensi

Persistensi (*Persistence*) adalah ketidak tergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Untuk melaksanakan pengujian persistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial.

Tabel 4.36 Perhitungan Uji Persistensi

No	Tahun	Peringkat Tt	Debit (mm)	Peringkat Rt	di	di ²
1	2	3	2	3	4	5 = 4 x 4
1	1991	1	67.24	14	5	25
2	1992	2	95.49	8	6	36
3	1993	3	69.59	12	-4	16
4	1994	4	90.44	9	3	9
5	1996	5	120.70	4	5	25
6	1997	6	35.79	17	-13	169
7	1998	7	28.20	18	-1	1
8	1999	8	85.67	10	8	64
9	2000	9	65.48	15	-5	25
10	2001	10	43.26	16	-1	1
11	2002	11	98.68	6	10	100
12	2003	12	165.23	2	4	16
13	2005	13	76.79	11	-9	81
14	2006	14	95.71	7	4	16
15	2008	15	196.00	1	6	36
16	2009	16	154.88	3	-2	4
17	2011	17	120.62	5	-2	4
18	2012	18	67.32	13	-8	64
Total						667

Sumber: Hasil Perhitungan



Perhitungan data pada tabel 4.36 dapat diketahui:

$$(di)^2 = 667$$

$$m = n - 1$$

$$= 18 - 1$$

$$= 17$$

maka koefisien korelasi serial metode spearman dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m (di)^2}{m^3 - m}$$

$$= 1 - \frac{6(667)}{(17)^3 - 17}$$

$$= 0.31$$

$$t = KS \left[\frac{m+2}{1-KS^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0.31 \left[\frac{17-2}{1-(0.31)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1.27$$

Berdasarkan uji satu sisi pada derajat kepercayaan 5% dengan derajat kebebasan $m-2 = 15$ maka nilai $t_{0,95} = 1.753$ dan $t_{-0,95} = -1.753$. Oleh karena $t_{0,95} < t_{hitung} < t_{-0,95}$ maka data tersebut adalah independen atau tidak menunjukkan persistensi.



4.13.3 Analisa Frekuensi

4.13.3.1 Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel yang digunakan dalam analisis data maksimum (analisis frekuensi banjir) ini menggunakan Distribusi Gumbel Tipe I disebut juga dengan distribusi ekstrem tipe I. Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kepercengaan (CS) sebesar 1,139.

Berikut ini prosedur perhitungan distribusi gumbel:

1. Mengurutkan data debit dari yang terbesar hingga yang terkecil

Tabel 4.37 Perhitungan Distribusi Gumbel

No.	Q Maks (Xi)	Pe(Xi)	(Xi-Xrt) ²	(Xi-Xrt) ³	(Xi-Xrt) ⁴
1	28.20	0.053	4221.32	-274266.032	17819521.178
2	35.79	0.105	3292.66	-188938.070	10841581.358
3	43.26	0.158	2491.17	-124338.670	6205950.237
4	65.48	0.211	766.83	-21234.757	588025.799
5	67.24	0.263	672.45	-17437.784	452190.799
6	67.32	0.316	668.31	-17276.893	446636.478
7	69.59	0.368	556.10	-13113.647	309241.652
8	76.79	0.421	268.36	-4396.168	72016.554
9	85.67	0.474	56.28	-422.156	3166.876
10	90.44	0.526	7.46	-20.384	55.681
11	95.49	0.579	5.37	12.460	28.887
12	95.71	0.632	6.44	16.355	41.514
13	98.68	0.684	30.34	167.132	920.621
14	120.62	0.737	753.41	20679.876	567628.139
15	120.70	0.789	757.81	20861.223	574274.687
16	154.88	0.842	3807.92	234980.298	14500242.562
17	165.23	0.895	5192.40	374155.935	26961053.097

No.	Q Maks (Xi)	Pe(Xi)	(Xi-Xrt) ²	(Xi-Xrt) ³	(Xi-Xrt) ⁴
18	196.00	0.947	10573.67	1087272.466	111802415.558
Jumlah	1677.09	9.00	34128.29	1076701.186	191144991.678

Sumber : Perhitungan

2. Menghitung debit rata-rata

$$X_{rt} = \frac{\sum Q_{maks}}{N} = \frac{1677.09}{18} = 93.1717$$

3. Menghitung simpangan baku

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{34128.29}{17}} = 44.806$$

4. Nilai Yn dan Sn untuk jumlah data n = 18 dari Tabel Gumbel sebesar Yn = 0.5202 dan Sn = 1.0493

5. Menghitung nilai Yt berbagai kala ulang, misalkan untuk kala ulang (Tr) 2 tahun,

$$y_i = -\ln \left[\ln \left(\frac{Tr}{Tr-1} \right) \right]$$

$$y_i = -\ln \left[\ln \left(\frac{2}{2-1} \right) \right] = 0.367$$

6. Menghitung debit banjir rancangan dengan kala ulang pada kala ulang 2 tahun:

$$X = \bar{X} + \frac{y_i - y_n}{S_n} Sd$$

$$X = 93.1717 + \frac{0.367 - 0.5202}{1.0493} 44.806 = 86.61m^3 / dt$$

7. Begitu pula menghitung Y_t dan X dengan kala ulang 5, 7, 10, 15, dan 20 tahun.

Tabel 4.38 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Gumbel

Tr (tahun)	Yt	Debit Banjir Rancangan
		(m^3/dt)
2	0.367	86.61
5	1.500	135.01
7	1.870	150.80
10	2.250	167.05
15	2.674	185.13
20	2.970	197.79

Sumber : Hasil Perhitungan

4.13.3.2 Distribusi Log Pearson Tipe III

Terdapat 12 buah distribusi pearson, akan tetapi hanya distribusi Log Pearson III yang dipakai dalam analisis hidrologi. Tidak ada syarat khusus untuk distribusi ini, disebut Log Pearson III karena memperhitungkan 3 parameter statistik antara lain:

1. Harga rata-rata (*mean*)
2. Penyimpangan baku (*standard deviation*)
3. Koefisien kepengcengan (*skewness*)

Tabel 4.39 Perhitungan Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	X max	Log X	Peluang	Log X-log Xrt	(Log X –	(Log X – Log Xrt) ³	(Log X – Log Xrt) ⁴
		mm		(%)		Log Xrt) ²		
1	1998	28.20	1.450	0.042	-0.469	0.22002	-0.10320372	0.04840912
2	1997	35.79	1.554	0.083	-0.366	0.13363	-0.04884771	0.01785633
3	2001	43.26	1.636	0.125	-0.283	0.08022	-0.02271959	0.00643479
4	2000	65.48	1.816	0.167	-0.103	0.01065	-0.00109924	0.00011345
5	1991	67.24	1.828	0.208	-0.092	0.00841	-0.00077072	0.00007066
6	2012	67.32	1.828	0.250	-0.091	0.00831	-0.00075777	0.00006908
7	1993	69.59	1.843	0.292	-0.077	0.00589	-0.00045238	0.00003473
8	2005	76.79	1.885	0.333	-0.034	0.00116	-0.00003933	0.00000134
9	1999	85.67	1.933	0.375	-0.014	0.00018	0.00000247	0.00000003
10	1994	90.44	1.956	0.417	0.037	0.00137	0.00005085	0.00000188
11	1992	95.49	1.980	0.458	-0.061	0.00368	0.00022304	0.00001353
12	2006	95.71	1.981	0.500	-0.062	0.00380	0.00023425	0.00001444
13	2002	98.68	1.994	0.542	0.075	0.00561	0.00042047	0.00003150
14	2011	120.62	2.081	0.583	0.162	0.02628	0.00425992	0.00069056
15	1996	120.70	2.082	0.625	-0.162	0.02637	0.00428266	0.00069548

No	Tahun	X max	Log X	Peluang	Log X-log Xrt	(Log X –	(Log X – Log Xrt) ³	(Log X – Log Xrt) ⁴
		mm		(%)		Log Xrt) ²		
16	2009	154.88	2.190	0.667	0.271	0.07327	0.01983266	0.00536835
17	2003	165.23	2.218	0.708	0.299	0.08927	0.02667090	0.00796863
18	2008	196.00	2.292	0.750	0.373	0.13909	0.05187145	0.01934511
Jumlah			34.548			0.837	-0.07004	0.10712
Rerata			1.919			0.018	0.00026	0.00026

Sumber: Hasil Perhitungan

Prosedur untuk menghitung debit banjir rancangan dengan metode *Log Pearson Type III* adalah sebagai berikut:

1. Data debit harian maksimum tahunan sebanyak 22 buah diubah dalam bentuk logaritma ($\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \dots, \log X_{22}$)

2. Menghitung nilai logaritma rata-rata dengan rumus :

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n}$$

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{34.548}{18} = 1.919$$

3. Menghitung nilai *standar deviasi* dari $\log X$, dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X_{ri})^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0.018}{17}} = 0.222$$

4. Menghitung nilai *Koefisien kepengangan* (C_s), dengan rumus sebagai berikut:

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log}x - \text{Log}X_{ri})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$C_s = \frac{18(-0.07004)}{(17)(16)0.222^3} = -0.424$$

5. Menentukan nilai G dari tabel distribusi Log Pearson III untuk C_s Negatif

Untuk kala ulang 2 tahun ($Pr=50\%$) memiliki nilai $G = 0.0701$

6. Menghitung logaritma debit banjir rencana dengan kala ulang 2 tahun

$$\text{Log}X = \log X_{ri} + G * S$$

$$\text{Log}X = 1.919 + (0.0701)(0.222) = 1.9349$$

7. Mencari antilog dari LogX untuk mendapatkan debit banjir rancangan yang dikehendaki

$$\text{Log } X = 1.9349$$

$$X = 86.073 \text{ m}^3/\text{dt}$$

8. Begitu pula menghitung nilai G dan anti log pada kala ulang 5, 7, 10, 15, dan 20 tahun.

Tabel 4.40 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Log Pearson III

No.	Tr (tahun)	Peluang (%)	G (tabel)	Debit Banjir Rancangan	
				(log)	(m ³ /dt)
1	2	50	0.0701	1.9349	86.073
2	5	20	0.8552	2.1091	128.560
3	7	14	1.0679	2.1563	143.317
4	10	10	1.2274	2.1917	155.486
5	15	7	1.4325	2.2372	172.667
6	20	5	1.5351	2.2600	181.957

Sumber: Hasil Perhitungan

4.13.3.3 Distribusi Log Normal

Penelitian ini menggunakan distribusi log normal tiga parameter dikarenakan nilai Cs lebih dari 0. Apabila nilai koefisien kepercengan mendekati nol maka tidak ada persamaan log normal dengan tiga parameter ataupun dengan dua parameter yang cocok untuk menggambarkan distribusi dari data pengamatan (Soewarno, 1995:157).



Tabel 4.41 Perhitungan Parameter Statistik Metode Log Normal

No.	Tahun	Debit Max (m3/dt)	Ln Q
1	1998	28.20	3.339
2	1997	35.79	3.578
3	2001	43.26	3.767
4	2000	65.48	4.182
5	1991	67.24	4.208
6	2012	67.32	4.209
7	1993	69.59	4.243
8	2005	76.79	4.341
9	1999	85.67	4.451
10	1994	90.44	4.505
11	1992	95.49	4.559
12	2006	95.71	4.561
13	2002	98.68	4.592
14	2011	120.62	4.793
15	1996	120.70	4.793
16	2009	154.88	5.043
17	2003	165.23	5.107
18	2008	196.00	5.278
Rerata			4.419
Sd			0.511
Cs			-0.424

Sumber : Perhitungan



Tabel 4.42 Debit Banjir Rancangan Metode Log Normal

Tr (Tahun)	pr	k	k x Sd	Ln Y	Y
2	50	-0.0690	-0.0352	4.3841	80.133
5	20	0.8107	0.4142	4.8336	125.602
7	14	1.0118	0.5170	4.9364	139.199
10	10	1.3136	0.6712	5.0906	162.403
15	7	1.5332	0.7834	5.2028	181.687
20	5	1.7528	0.8957	5.3150	203.261

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan sebaran distribusi frekuensi Log Normal, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

n (jumlah data) = 18

C_s = -0,424

Rerata = 4.419

Standar deviasi = 0.511

Berikut ini prosedur perhitungan sebaran distribusi frekuensi Log Normal:

1. Menghitung Ln dari Debit Harian Maksimum Tahunan.

Contoh pada tahun 1998 dengan tinggi debit (Q) = 28.20 m³/dt, didapatkan nilai Ln Q = 3.339 m³/dt.

2. Mencari nilai k dari Bab II Tabel 2.16. Nilai C_s negatif distribusi Log Pearson

Type III dengan C_s = -0.424 didapatkan nilai k untuk kala ulang 2 tahun = -0.0690.

3. Menghitung nilai $k \times S_d$; pada kala ulang 2 tahun didapatkan hasil perhitungan

-0.0352.

4. Menghitung Ln Y kala ulang 2 tahun = 4.3841.

5. Menghitung nilai Y pada kala ulang 2 tahun, didapatkan hasil perhitungan

$$Y = 2,718 \times \ln Y = 80.133 \text{ m}^3/\text{dt.}$$

Tabel 4.43 Rekapitulasi Analisis Frekuensi Berbagai Metode

Tr (tahun)	Distribusi		
	Gumbel	Log Pearson III	Log Normal
2	86.609	86.073	80.133
5	135.007	128.560	125.602
7	150.801	143.317	139.199
10	167.051	155.486	162.403
15	185.129	172.667	181.687
20	197.788	181.957	203.261

Sumber : Hasil Perhitungan

4.13.4 Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi atau yang biasa dikenal sebagai *testing of goodness of fit* dilakukan untuk mengetahui pendekatan empiris benar-benar bisa diwakili oleh kurva teoritis. Adapun distribusi yang sesuai dengan sebaran data pada daerah studi, maka perlu dilakukan pengujian dengan:

1. Uji Smirnov Kolmogorof
2. Uji Chi-Square

4.13.4.1 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji smirnov-kolmogorof adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horisontal untuk mengetahui data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak. Uji smirnov-kolmogorof mempunyai syarat $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$.

Prosedur perhitungan uji *Smirnov Kolmogorov* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995 : 198):

1. Data diurutkan dari kecil ke besar.
2. Menghitung peluang empiris (Pe) dengan rumus *Weibull* (Soewarno, 1995 : 114):

$$Pe = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

dengan:

Pe = Peluang empiris (%)

m = Nomor urut data

n = Banyaknya data

3. Menghitung peluang teoritis (Pt) dengan rumus:

$$Pt = 1 - Pr$$

dengan : Pr = probabilitas yang terjadi

4. Menghitung simpangan maksimum (Δ_{maks}) dengan rumus:

$$\Delta_{maks} = |Pe - Pt|$$

5. Menentukan nilai Δ_{tabel}

6. Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{tabel}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, dan apabila $\Delta_{maks} > \Delta_{tabel}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

4.13.4.1.1 Uji Smirnov-Kolmogorov Metode Gumbel

Perhitungan uji smirnov-kolmogorov metode Gumbel dapat dilihat pada tabel 4.44.

Tabel 4.44 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov Metode Gumbel

No.	Pe (X)	X	K	Yt	Tr	Pr	Pt (X)	Pe(X) - Pt(X)
1	0.053	28.20	-1.4501	-1.0014	1.0704	0.9343	0.0657	0.0131
2	0.105	35.79	-1.2807	-0.8236	1.1141	0.8976	0.1024	0.0028
3	0.158	43.26	-1.1140	-0.6487	1.1732	0.8524	0.1476	0.0103
4	0.211	65.48	-0.6180	-0.1283	1.4723	0.6792	0.3208	0.1103
5	0.263	67.24	-0.5788	-0.0871	1.5058	0.6641	0.3359	0.0727
6	0.316	67.32	-0.5770	-0.0852	1.5073	0.6634	0.3366	0.0208
7	0.368	69.59	-0.5263	-0.0321	1.5530	0.6439	0.3561	0.0123
8	0.421	76.79	-0.3656	0.1366	1.7181	0.5820	0.4180	0.0031
9	0.474	85.67	-0.1674	0.3445	1.9699	0.5076	0.4924	0.0187
10	0.526	90.44	-0.0610	0.4562	2.1306	0.4694	0.5306	0.0043
11	0.579	95.49	0.0517	0.5745	2.3229	0.4305	0.5695	0.0094
12	0.632	95.71	0.0567	0.5796	2.3318	0.4288	0.5712	0.0604
13	0.684	98.68	0.1229	0.6492	2.4573	0.4069	0.5931	0.0912
14	0.737	120.62	0.6126	1.1630	3.7256	0.2684	0.7316	0.0053
15	0.789	120.70	0.6144	1.1649	3.7315	0.2680	0.7320	0.0575
16	0.842	154.88	1.3772	1.9653	7.6490	0.1307	0.8693	0.0272

No.	Pe (X)	X	K	Yt	Tr	Pr	Pt (X)	Pe(X) - Pt(X)
17	0.895	165.23	1.6082	2.2077	9.6042	0.1041	0.8959	0.0011
18	0.947	196.00	2.2950	2.9283	19.2008	0.0521	0.9479	0.0006
Jumlah		1677.09					Δ maks	0.1103
Rata-rata		93.17						
Standar Deviasi		44.81						

Sumber : Hasil Perhitungan

Berikut ini adalah contoh perhitungan pada nomor urut 1.

1. Mengurutkan data debit harian maksimum tahunan dari kecil ke besar
2. Menghitung peluang empiris (P_e) dengan rumus *Weibull* (Soewarno, 1995 :

114):

$$P_e = \frac{m}{n+1}$$

$$P_e = \frac{1}{18+1}$$

$$= 0.053$$

3. Mencari nilai K

$$K = \frac{X - \bar{X}}{s_d}$$

$$= \frac{28.20 - 93.17}{44.81} = -1.4501$$

4. Menghitung nilai Y_t

$$Y_t = (K \cdot S_n) + Y_n$$

$$= (-1.4501)(1.0493) + 0.5202$$

$$= -1.0014$$

5. Menghitung nilai T_r

$$T_r = \frac{1}{1 - e^{-Y_t}}$$

$$= \frac{1}{1 - e^{-1.0014}}$$

$$= 1.0704 \text{ tahun}$$





6. Mencari Harga Pr

$$Pr = \frac{1}{Tr} = \frac{1}{1.0704} = 0.9343$$

7. Menghitung nilai $P_t(x)$

$$P_t(x) = 1 - Pr$$

$$P_t(x) = 1 - 0.9343 = 0.0657$$

8. Menghitung selisih P_e dan P_t dengan persamaan:

$$\Delta_{maks} = [P_e - P_t]$$

$$\Delta_{maks} = [0.053 - 0.0657] \\ = 0.0131$$

9. Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{tabel}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, dan apabila $\Delta_{maks} > \Delta_{tabel}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima. Hasil perhitungan diketahui bahwa Δ_{maks} sebesar 0.1675 dan Δ_{tabel} dengan Level of Significance (α) 5% sebesar 0.31. Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa $\Delta_{maks} < \Delta_{tabel}$ maka distribusi gumbel dapat diterima.

4.13.4.1.2. Uji Smirnov-Kolmogorov Metode Log Pearson Type III

Perhitungan uji smirnov-kolmogorov metode Log Pearson Type III, dan rekapitulasi uji smirnov-kolmogorov dapat dilihat pada tabel 4.45.

**Tabel 4.45 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov
Metode Log Pearson Type III**

No	Tahun	X	Log X	Pe	G	Pr	Pt	Δ maks	
		mm				(%)			
1	1998	28	1.450	0.053	-2.114	96.653	0.033	0.019	
2	1997	36	1.554	0.105	-1.647	93.822	0.062	0.043	
3	2001	43	1.636	0.158	-1.276	89.164	0.108	0.050	
4	2000	65	1.816	0.211	-0.465	68.158	0.318	0.108	
5	1991	67	1.828	0.263	-0.413	66.397	0.336	0.073	
6	2012	67	1.828	0.316	-0.411	66.318	0.337	0.021	
7	1993	70	1.843	0.368	-0.346	64.116	0.359	0.010	
8	2005	77	1.885	0.421	-0.153	57.578	0.424	0.003	
9	1999	86	1.933	0.474	0.061	50.312	0.497	0.023	
10	1994	90	1.956	0.526	0.167	46.714	0.533	0.007	
11	1992	95	1.980	0.579	0.273	42.237	0.578	0.001	
12	2006	96	1.981	0.632	0.278	42.065	0.579	0.052	
13	2002	99	1.994	0.684	0.338	39.779	0.602	0.082	
14	2011	121	2.081	0.737	0.730	24.767	0.752	0.015	
15	1996	121	2.082	0.789	0.732	24.717	0.753	0.037	
16	2009	155	2.190	0.842	1.220	10.205	0.898	0.056	
17	2003	165	2.218	0.895	1.346	8.067	0.919	0.025	
18	2008	196	2.292	0.947	1.681	2.636	0.974	0.026	
Jumlah			34.548				Max	0.108	
Rerata			1.919						
Standart Deviasi			0.222						
Koefisien Kepencengan (Cs)			-0.424						

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan uji smirnov-kolmogorov metode Log Pearson Type III, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

$$n \text{ (jumlah data)} = 18$$

$$\alpha = 5\% \rightarrow \Delta_{kritis} = 0.31 = 31\% \text{ (Bab II Tabel 2.2)}$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan pada nomor urut 1.

1. Menghitung peluang empiris (Pe) dengan rumus *Weibull* (Soewarno,

1995 : 114):

$$Pe = \frac{m}{n+1}$$

$$Pe = \frac{1}{18+1}$$

$$= 0.053$$

2. Mencari log dari debit harian maksimum tahunan

$$\text{Log } 28 = 1.450$$

3. Mencari nilai G dengan persamaan:

$$G = \frac{(\text{Log } X - \text{Log } X)}{S}$$

$$G = \frac{(1.450 - 1.919)}{-0.424}$$

$$= -2.114$$

4. Mencari harga Pr melalui Tabel Distribusi Log Pearson Type III dengan cara interpolasi antara kisaran nilai G , didapat nilai:

$$\text{Nilai } G = -2.114$$

Nilai G tersebut terletak diantara:

$$99\% \quad : -2.632$$

$$95\% \quad : -1.749$$

Maka didapatkan nilai $Pr = 96.653\%$.



5. Menghitung nilai $Pt(x)$

$$Pt(x) = \frac{(100 - Pr)}{100}$$

$$= \frac{(100 - 96.653)}{100}$$

$$= 0.033$$

6. Menghitung selisih P_e dan P_t dengan persamaan:

$$\Delta_{maks} = [P_e - P_t]$$

$$\Delta_{maks} = [0.053 - 0.033]$$

$$= 0.019$$

7. Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{tabel}$ maka

distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi

dapat diterima, dan apabila $\Delta_{maks} > \Delta_{tabel}$ maka distribusi teoritis yang

digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Hasil perhitungan diketahui bahwa Δ_{maks} sebesar 0.108 dan Δ_{tabel} dengan

Level of Significance (α) 5% sebesar 0.31. Hasil tersebut dapat

disimpulkan bahwa $\Delta_{maks} < \Delta_{tabel}$ maka distribusi Log Pearson Tipe III dapat

diterima.

4.13.4.1.3. Uji Smirnov-Kolmogorov Metode Log Normal

Perhitungan uji smirnov-kolmogorov metode Log Normal dapat dilihat

pada tabel 4.46.

Tabel 4.46 Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov Metode Log Normal

No	X	$P(x) = \frac{m}{(n+1)}$	$P(x <)$	$f(t) = (x - \bar{x}) / s$	$P'(x)$	$P'(x <)$	D
1	196.00	0.053	0.947	2.295	0.011	0.989	0.042
2	165.23	0.105	0.895	1.608	0.054	0.946	0.051
3	154.88	0.158	0.842	1.377	0.084	0.916	0.074
4	120.70	0.211	0.789	0.614	0.269	0.731	0.059
5	120.62	0.263	0.737	0.613	0.270	0.730	0.007
6	98.68	0.316	0.684	0.123	0.451	0.549	0.135
7	95.71	0.368	0.632	0.057	0.477	0.523	0.109
8	95.49	0.421	0.579	0.052	0.479	0.521	0.058
9	90.44	0.474	0.526	-0.061	0.524	0.476	0.051
10	85.67	0.526	0.474	-0.167	0.566	0.434	0.040
11	76.79	0.579	0.421	-0.366	0.643	0.357	0.064
12	69.59	0.632	0.368	-0.526	0.701	0.299	0.069
13	67.32	0.684	0.316	-0.577	0.718	0.282	0.034
14	67.24	0.737	0.263	-0.579	0.719	0.281	0.018
15	65.48	0.789	0.211	-0.618	0.732	0.268	0.058
16	43.26	0.842	0.158	-1.114	0.867	0.133	0.025
17	35.79	0.895	0.105	-1.281	0.900	0.100	0.005
18	28.20	0.947	0.053	-1.450	0.926	0.074	0.021
19	196.00	0.053	0.947	2.295	0.011	0.989	0.042
20	165.23	0.105	0.895	1.608	0.054	0.946	0.051
21	154.88	0.158	0.842	1.377	0.084	0.916	0.074
22	120.70	0.211	0.789	0.614	0.269	0.731	0.059
jumlah	1677.090					Δ max	0.135
rerata	93.172						
Sd	44.806						

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut ini adalah contoh perhitungan pada nomor urut 1.

1. Data diurutkan dari nilai terbesar.

$$2. \text{ Menghitung nilai } P_x = \frac{m}{(n+1)} = \frac{1}{(18+1)} = 0,053$$

Dengan m adalah nomor urut data yang dihitung.

$$3. \text{ Menghitung nilai } P_{(x<)} = 1 - P_x = 1 - 0,053 = 0,947$$

$$4. \text{ Menghitung nilai } f_t = \frac{(X - \bar{X})}{S_d} = \frac{196 - 93,172}{44,806} = 2,295$$

Dari hasil $f_t = 2,295$ diatas didapatkan hasil $P'(x)$ dari Tabel 2.14 Wilayah

Luas Dibawah Kurva Normal (Bab II), maka diperoleh hasil 0,989. Nilai

$$P'(x) = 1 - 0,989 = 0,011$$

$$5. \text{ Menghitung nilai dari } P'(x<) = 1 - P'(x) = 1 - 0,011 = 0,989.$$

$$6. \text{ Menghitung nilai } \Delta = P'(x<) - P(x<) = 0,989 - 0,947 = 0,042.$$

7. Dari perhitungan nilai Δ diatas, menunjukkan nilai $\Delta_{maks} = 0,135$, data pada peringkat ke $m = 6$.

8. Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{tabel}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, dan apabila $\Delta_{maks} > \Delta_{tabel}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa Δ_{maks} sebesar 0,135 dan Δ_{tabel}

dengan Level of Significance (α) 5% sebesar 0,31. Dari hasil tersebut

dapat disimpulkan bahwa $\Delta_{maks} < \Delta_{tabel}$ maka distribusi Log Normal dapat diterima.



4.13.4.2 Uji Chi-Square

Uji ini dimaksudkan untuk melihat distribusi pengamatan apakah dapat dihampiri dengan baik oleh distribusi teoritis. Uji dilakukan berdasarkan perbedaan nilai-nilai yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis.

Adapun langkah-langkah perhitungan dari uji *Chi Square* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995 : 194):

1. Mengurutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Mengelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal empat data pengamatan.
3. Menjumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup
4. Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
5. Tiap-tiap sub grup hitung nilai:

$$(O_i - E_i) \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)}{E_i}$$

6. Menjumlah seluruh G sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)}{E_i}$ untuk menentukan nilai *Chi Square* hitung.
7. Menentukan derajat kebebasan $dk = G - R - I$
8. Menentukan χ^2 dari tabel dengan menentukan derajat kepercayaan (α) dan derajat kebebasan (dk)
9. Menyimpulkan hasil perhitungan, apabila nilai $\chi^2_{\text{hit}} < \chi^2_{\text{cr}}$, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima, dan apabila nilai $\chi^2_{\text{hit}} > \chi^2_{\text{cr}}$, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

4.13.4.2.1 Uji Chi Square Metode Gumbel

Perhitungan Uji Chi Square metode Gumbel dapat dilihat pada Tabel 4.39.

Tabel 4.47 Perhitungan Uji Chi Square Metode Gumbel

No.	Tahun	Q Maks	(Xi-Xrt)	(Xi-Xrt) ²
1	1998	28.20	-64.972	4221.317
2	1997	35.79	-57.382	3292.656
3	2001	43.26	-49.912	2491.174
4	2000	65.48	-27.692	766.828
5	1991	67.24	-25.932	672.451
6	2012	67.32	-25.852	668.309
7	1993	69.59	-23.582	556.095
8	2005	76.79	-16.382	268.359
9	1999	85.67	-7.502	56.275
10	1994	90.44	-2.732	7.462
11	1992	95.49	2.318	5.375
12	2006	95.71	2.538	6.443
13	2002	98.68	5.508	30.342
14	2011	120.62	27.448	753.411
15	1996	120.70	27.528	757.809
16	2009	154.88	61.708	3807.918
17	2003	165.23	72.058	5192.403
18	2008	196.00	102.828	10573.666
Jumlah		1677.090		34128.295
Rerata		93.172		
Sd		44.806		

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan Uji Chi Square Metode Gumbel, adapun langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).



Tabel 4.48 Perhitungan Uji Simpangan Vertikal-1 Metode Gumbel

No	Pr	Tr	Yt	K	X
1	0.8	1.25	-0.476	-0.949	50.638
2	0.6	1.67	0.087	-0.412	74.692
3	0.4	2.50	0.672	0.144	99.642
4	0.2	5.00	1.500	0.934	135.007

Sumber: Perhitungan

8. Menghitung nilai frekuensi teoritis (Ft)

$$F_t = 20\% \times n$$

$$F_t = 20\% \times 18$$

$$F_t = 3.6$$

9. Menghitung X^2 dari persamaan

$$X^2_{hitung} = \sum_{i=1}^k \frac{(F_e - F_t)^2}{F_t}$$

Tabel 4.49 Perhitungan Uji Simpangan Vertikal-2 (*Chi Square*) Metode Gumbel

No.	Batas Kelas	Jumlah Data		Fe-Ft	(Fe-Ft) ² /Ft
		Fe	Ft		
1	0 - 50.638	3	3.6	-0.6	0.10
2	50.638 - 74.692	4	3.6	0.4	0.04
3	74.692 - 99.642	6	3.6	2.4	1.60
4	99.642 - 135.007	2	3.6	-1.6	0.71
5	135.007 - ~	3	3.6	-0.6	0.10
Jumlah		18	18		2.56

Sumber: Perhitungan

X^2_{hitung} sebesar 2.56. Didapatkan $X^2_{cr} = 7.962$ untuk $dk = 18$ dan $\alpha = 5\%$ pada tabel *Chi-Square*. $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$, berarti data sesuai dengan Distribusi Gumbel.

4.13.4.2.2 Uji Chi Square Metode Log Pearson Type III

Perhitungan Uji Chi Square metode Log Pearson Type III dapat dilihat pada Tabel 4.50.

Tabel 4.50 Perhitungan Uji Chi Square Metode Log Pearson Type III

No	Tahun	X m ³ /dt	Log X	Log X - log Xrt	(Log X - Log Xrt) ²	(Log X - Log Xrt) ³
1	1998	28.200	1.450	-0.469	0.220	-0.10320
2	1997	35.790	1.554	-0.366	0.134	-0.04885
3	2001	43.260	1.636	-0.283	0.080	-0.02272
4	2000	65.480	1.816	-0.103	0.011	-0.00110
5	1991	67.240	1.828	-0.092	0.008	-0.00077
6	2012	67.320	1.828	-0.091	0.008	-0.00076
7	1993	69.590	1.843	-0.077	0.006	-0.00045
8	2005	76.790	1.885	-0.034	0.001	-0.00004
9	1999	85.670	1.933	0.014	0.000	0.00000
10	1994	90.440	1.956	-0.037	0.001	-0.00005
11	1992	95.490	1.980	-0.061	0.004	-0.00022
12	2006	95.710	1.981	0.062	0.004	0.00023
13	2002	98.680	1.994	0.075	0.006	0.00042
14	2011	120.620	2.081	-0.162	0.026	-0.00426
15	1996	120.700	2.082	0.162	0.026	0.00428
16	2009	154.880	2.190	0.271	0.073	0.01983
17	2003	165.230	2.218	-0.299	0.089	-0.02667
18	2008	196.000	2.292	0.373	0.139	0.05187
Jumlah			34.548		0.837	-0.07004

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan Uji Chi Square Metode Log Pearson Type III, adapun langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan data pengamatan (dari kecil ke besar atau sebaliknya).



- $n_i = 18$
2. Mengelompokkan data menjadi k kelas, tiap kelas minimal 5 data pengamatan.

$$k_i = 1 + 3,22 \log n$$

$$k = 1 + 3,22 \log 18$$

$$k = 5,042 \sim 5 \text{ kelas}$$

3. Menghitung batas kelas dengan sebaran peluang:

$$\frac{100\%}{K} = \frac{100\%}{5} = 20\%$$

4. Menghitung nilai X :

Untuk $P = 80\%$, dan $C_s = -0,424$, maka didapatkan nilai $G = -0,814$

(Bab II dari Tabel 2.9 Nilai C_s Negatif Distribusi Log Pearson Type III).

Nilai simpangan baku (S) sebesar 0,2219.

$$\text{Log} X = \overline{\text{Log} X} + (G \times S)$$

$$\text{Log} X = 2,036 + (-0,814 \times 0,2219)$$

$$X = 54,784$$

5. Mengelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal empat data pengamatan.

Tabel 4.51 Perhitungan Uji Simpangan Vertikal-1 Metode Log Pearson Type III

No	Pr	Log Xrt	Cs	G	S	Log X	X (m ³ /dt)
1	20	1.919	-0.424	0.8552	0.2219	2.1091	128.560
2	40	1.919	-0.424	0.3318	0.2219	1.9929	98.389
3	60	1.919	-0.424	-0.2246	0.2219	1.8695	74.040
4	80	1.919	-0.424	-0.814	0.2219	1.7387	54.784

Sumber: Perhitungan

6. Menghitung nilai frekuensi teoritis / yang dihitung Ft:

$$Ft = 20\% \times n$$

$$Ft = 20\% \times 18$$

$$Ft = 3.6$$

7. Menghitung X^2 dari persamaan:

$$X^2_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^k (Fe - Ft)^2}{Fe}$$

$$X^2_{hitung} = \frac{(3 - 3.6)^2}{3}$$

$$X^2_{hitung} = 0.10$$



Tabel 4.52 Perhitungan Uji Simpangan Vertikal-2 (Chi Square) Metode Log Pearson Type III

No	Batas kelas	Jumlah Data		Fe-Ft	(Fe-Ft) ² /Ft
		Fe	Ft		
1	0-54.784	3	3.60	-0.60	0.10
2	54.784-74.040	4	3.60	0.40	0.04
3	74.040-98.389	5	3.60	1.40	0.54
4	98.389-128.560	3	3.60	-0.60	0.10
5	128.560-~	3	3.60	-0.60	0.10
Jumlah		18	18		0.89

Sumber : Perhitungan

X^2_{hitung} sebesar 0.89. X^2_{cr} sebesar 7.962 untuk $dk = 16$ dan $\alpha=5\%$ didapatkan dari tabel *Chi-Square*. $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$, berarti data sesuai dengan Distribusi Log Pearson III.

4.13.4.2.3 Uji Chi Square Metode Log Normal

Setelah dilakukan perhitungan parameter statistik metode log normal, perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.53 dan 4.54.

Tabel 4.53 Uji Simpangan Vertikal-1 Metode Log Normal

Probabilitas	Xrata	Sd	Cs	k	Ln X	X
20	4.419	0.511	-0.424	0.811	4.834	125.602
40	4.419	0.511	-0.424	0.224	4.534	93.083
60	4.419	0.511	-0.424	-0.128	4.354	77.767
80	4.419	0.511	-0.424	-0.245	4.294	73.244

Sumber: Perhitungan

1. Mengurutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).

$$n = 18$$



2. Mengelompokkan data menjadi k kelas, tiap kelas minimal 5 data pengamatan.

$$k = 1 + 3,22 \log n$$

$$k = 1 + 3,22 \log 18$$

$$k = 5,042 \sim 5 \text{ kelas}$$

3. Menghitung batas kelas dengan sebaran peluang:

$$\frac{100\%}{K} = \frac{100\%}{5} = 20\%$$

4. Mencari nilai karakteristik dari distribusi log normal (k) diperoleh dari Tabel 2.16 Nilai k untuk Distribusi Log Normal 3 Parameter (Bab II).

Didapatkan nilai 0.811 pada probabilitas 20 (kala ulang 5 tahun) dan $cs = 0.424$.

5. Menghitung nilai LnX

$$\begin{aligned} \text{Ln}X &= X + (Sd \times k) \\ &= 4.419 + (0.511 \times 0.811) \\ &= 4.834 \end{aligned}$$

6. Menghitung nilai $X = 2,718^{\text{Ln}X} = 2,718^{4,834} = 125.602 \text{ m}^3/\text{dt}$

Tabel 4.54 Perhitungan Uji Simpangan Vertikal-2 (*Chi Square*) Metode Log Normal

NO	BATAS KELAS	JUMLAH DATA		Ef - Of	(Ef - Of) ²	(Ef - Of) ² / Ef
		Ef	Of			
1	0,00 - 73.244	3.6	7	3.40	11.56	3.211
2	73.244 - 77.767	3.6	1	2.60	6.76	1.878
3	77.767 - 93.083	3.6	2	1.60	2.56	0.711
4	93.083 - 125.602	3.6	5	1.40	1.96	0.544
5	125.602 - ~	3.6	3	0.60	0.36	0.100
JUMLAH		18	18		23.2	6.444

Sumber: Perhitungan

1. Menghitung Nilai Ef (*Expected Frequency*)

$$Ef \text{ (Expected Frequency)} = \frac{\text{Jumlah data} \times \text{batas kelas}}{100} = \frac{18 \times 20}{100} = 3.6$$

2. Mencari Of (*Observed Frequency*) sesuai dengan batas kelas.

3. Mencari nilai (*Ef - Of*) dan didapatkan hasil perhitungan total dari (*Ef - Of*) = 3.40

4. Menghitung $\frac{(Ef - Of)^2}{Ef} = \frac{11.56}{3.6} = 3.211$

5. Tabel *Chi-Square*, didapatkan $X^2_{cr} = 7.962$ untuk $dk = 16$ dan $\alpha = 5\%$, $X^2_{hitung} = 6.444$. Karena $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$, berarti data sesuai dengan Distribusi Log Normal.

4.13.5 Debit Banjir Rancangan Metode Terpilih

Adanya perbedaan antara parameter statistik dan nilai persyaratan tidak begitu besar, oleh karena itu untuk lebih meyakinkan dilakukan perhitungan uji

Chi-square dan Smirnov-kolmogorof (Bambang Triatmodjo, 2010:251). Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui metode Log Pearson III yang paling sesuai.

Pada perhitungan analisa frekuensi (Log Pearson III, Gumbel dan Log Normal) serta perhitungan uji kesesuaian distribusi (Log Pearson III, Gumbel, dan Log Normal), didapatkan hasil pada tabel 4.55 dan tabel 4.56.

Tabel 4.55 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Smirnov-Kolmogorof

Δ kritis	Δ maksimum			Keterangan	Metode Terpilih
	Log Pearson III	Gumbel	Log Normal		
0.309	0.110	0.135	0.108	Diterima	Log Normal

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.56 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Chi-Square

X^2 kritis	X^2 hitung			Keterangan	Metode Terpilih
	Log Pearson III	Gumbel	Log Normal		
7.962	2.556	6.444	1.455	Diterima	Log Normal

Sumber : Perhitungan

Perhitungan debit banjir rancangan yang terpilih adalah Metode Log Normal dengan hasil sebagai berikut:

$$X_{rerata} = 1.919$$

$$Sd = 0.2219$$

$$Cs = -0.424$$

4.14 Debit Banjir Metode Rasional

Fungsi Metode Rasional adalah untuk menentukan debit banjir rancangan.

Yang dihasilkan hanya debit puncak banjir (Q_p), jadi termasuk banjir rancangan

non hidograf. Menurut Wanielista (1990) metode Rasional adalah salah satu dari metode tertua dan awalnya digunakan hanya untuk memperkirakan debit puncak (*peak discharge*).

Ide yang melatarbelakangi metode Rasional adalah jika curah hujan dengan intensitas I terjadi secara terus menerus, maka laju limpasan langsung akan bertambah sampai mencapai waktu konsentrasi (T_c). Waktu konsentrasi T_c tercapai ketika seluruh bagian DAS telah memberikan kontribusi aliran di *outlet*.

Laju masukan pada sistem (IA) adalah hasil dari curah hujan dengan intensitas I pada DAS dengan luas A . Nilai perbandingan antara laju masukan dengan laju debit puncak (Q_p) yang terjadi pada saat T_c dinyatakan sebagai *run off coefficient* (C) dengan ($0 \leq C \leq 1$) (Chow 1988).

4.14.1 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (T_c) dapat dihitung berdasarkan persamaan Kirpich, 1940 dalam Chow, *et. al*, 1988 sebagai berikut:

$$S = \frac{El.Hulu - El.Hilir}{L}$$

$$= \frac{2840 - 305}{37100} = 0.068$$

$$T_c = 0.0195 (L)^{0.77} (S)^{-0.385}$$

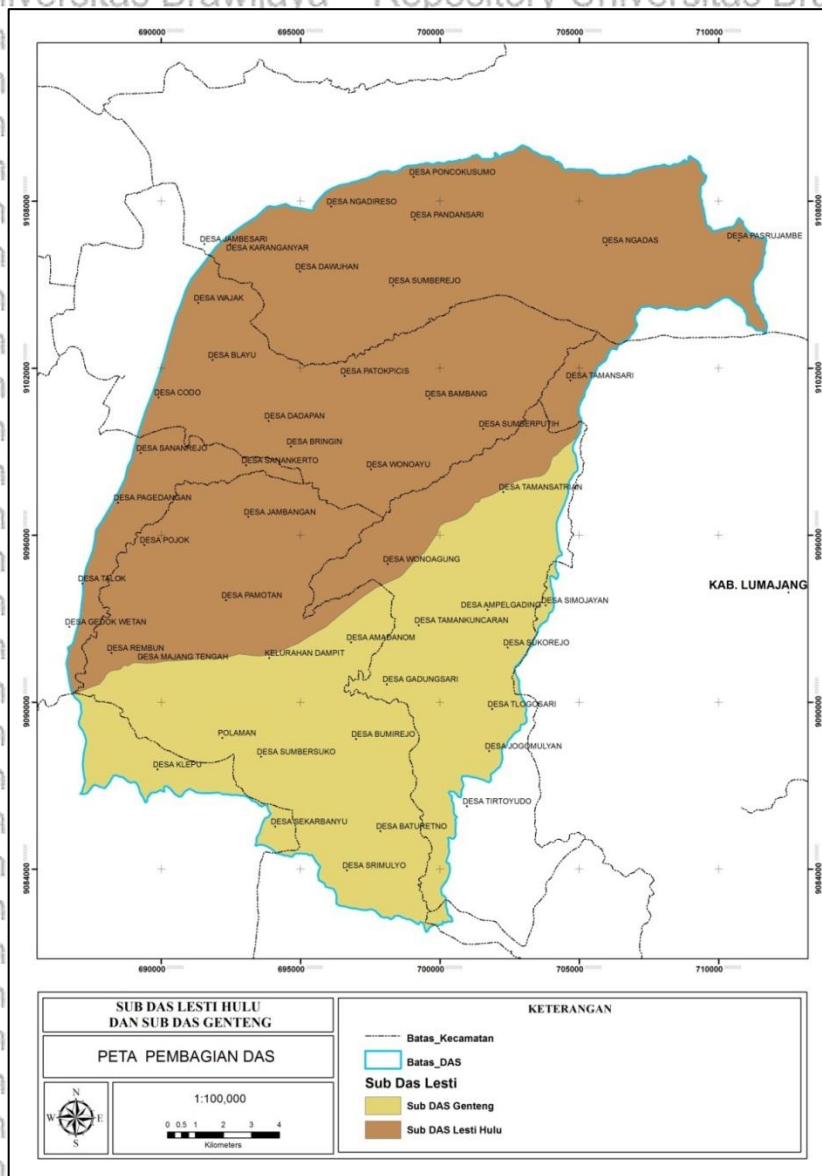
$$= 0.0195 (37100)^{0.77} (0.068)^{-0.385}$$

$$= 180.771 \text{ menit} = 3 \text{ jam}$$

Jadi waktu konsentrasi yang dipakai untuk debit banjir rencana rasional adalah 3 jam.

4.14.2 Luas DAS (A)

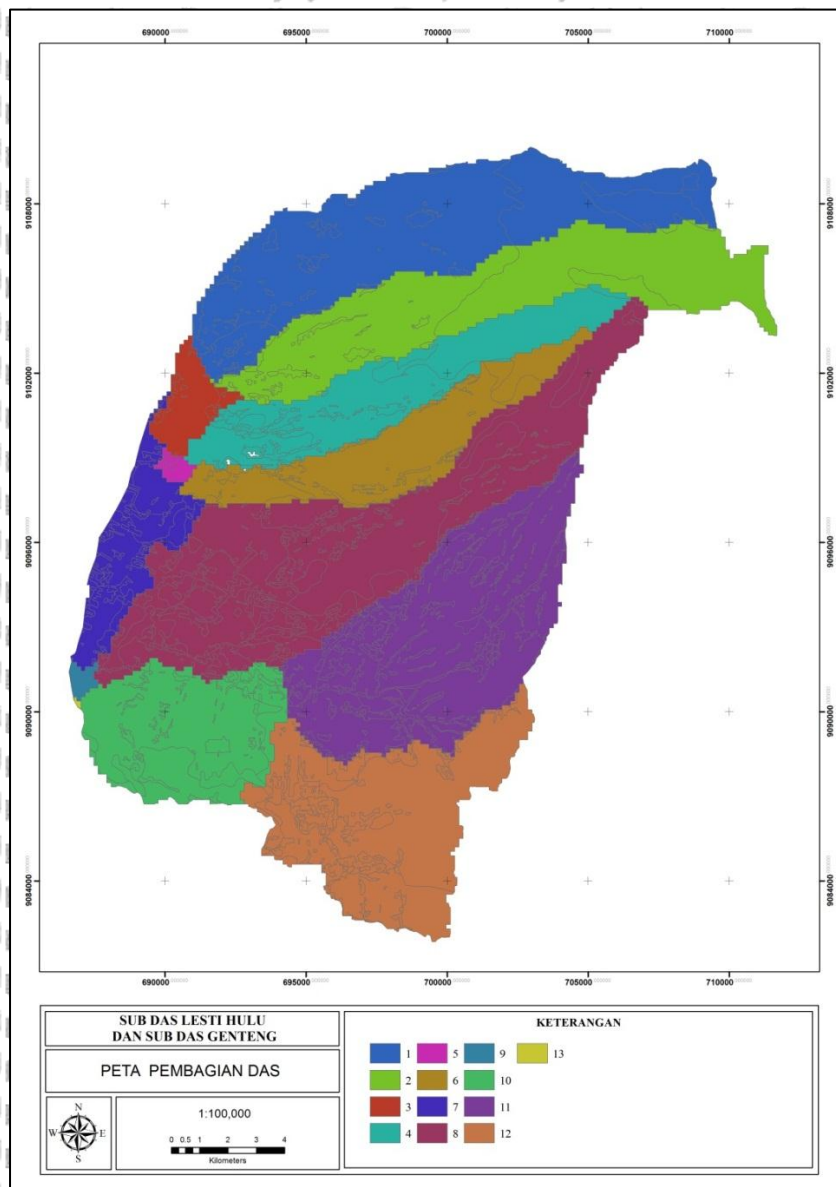
Wilayah Sub DAS ditentukan berdasarkan batas-batas tangkapan hujan dalam peta topografi. Batas dari DAS ditentukan dengan melihat garis batas DAS dan berdasarkan garis ketinggian dan arah aliran air. Luas DAS dihitung melalui analisis SIG (sistem informasi geografis) dengan menggunakan *software ArcView GIS 3.3*. Berikut ini Batas DAS yang dipilih dari Sub DAS Lesti Hulu dan Genteng dengan Luas 384.525 km² :



Gambar 4.9 Peta Pembagian Sub DAS Lesti Hulu dan Sub DAS Genteng

Metode rasional ini diperuntukkan untuk luas area Sub DAS yang kecil.

Menurut Gunawan (1991), metode rasional digunakan pada Sub DAS dengan luas area sebesar 5000 hektar di Pulau Jawa. Sedangkan Hadi (2005) menyebutkan bahwa metode rasional dapat diterapkan pada DAS yang berukuran kurang dari 6000 hektar. Untuk diluar Pulau Jawa, metode rasional digunakan pada DAS/Sub DAS kecil yang berukuran kurang dari 10.000 hektar (PEPDAS, 2010).



Gambar 4.10 Peta Pembagian Sub DAS Berdasarkan Anak Sungai

Sub DAS lesti dibagi menjadi beberapa Sub DAS berdasarkan anak sungainya. Berikut ini pembagian Sub DAS lesti menjadi 13 bagian:

Tabel 4.57. Koefisien Pengaliran Setiap Sub DAS

No.	Nama Sub Basin	A (km ²)
1	Sub DAS 1	57.842
2	Sub DAS 2	46.579
3	Sub DAS 3	6.054
4	Sub DAS 4	29.448
5	Sub DAS 5	1.021
6	Sub DAS 6	25.159
7	Sub DAS 7	14.951
8	Sub DAS 8	71.663
9	Sub DAS 9	0.935
10	Sub DAS 10	29.014
11	Sub DAS 11	57.490
12	Sub DAS 12	44.305
13	Sub DAS 13	0.064
	Jumlah	384.525

Sumber: Hasil Perhitungan

4.14.3 Koefisien Limpasan (*runoff coefficient*) (C)

Data koefisien limpasan (*runoff coefficient*) diperlukan dalam perhitungan debit banjir menggunakan Metode Rasional. Koefisien limpasan adalah rasio jumlah limpasan terhadap jumlah curah hujan, dimana nilainya tergantung pada tekstur tanah, kemiringan lahan, dan jenis penutupan lahan. Nilai koefisien limpasan pada daerah aliran sungai (DAS) berhutan dengan tekstur tanah liat berpasir berkisar antara 0,10 – 0,30. Nilai koefisien limpasan pada lahan pertanian dengan tekstur tanah yang sama adalah 0,30 – 0,50. Berikut ini kondisi tata guna lahan DAS Lesti yang didominasi oleh lahan perkebunan.

Tabel 4.58. Tabel Kondisi Tata Guna Lahan

No.	Landuse	Luas	
		A (ha)	%
1	Hutan	5377.87	13.99
2	Tanah Terbuka	171.86	0.45
3	Pemukiman	3796.89	9.87
4	Perkebunan	16111.13	41.90
5	Sawah	6485.81	16.87
6	Semak Belukar	3233.69	8.41
7	Tegalan	3275.24	8.52
Jumlah		38452.49	100

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.59 Tata Guna Lahan pada Sub DAS 1

No.	Landuse	C	A (ha)	C*A
1	Hutan	0.10	1264.69	126.47
2	Pemukiman	0.50	331.50	165.75
3	Perkebunan	0.15	3520.79	528.12
4	Sawah	0.20	276.56	55.31
5	Semak Belukar	0.10	390.66	39.07
Jumlah			5784.20	914.72

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.60 Perhitungan Koefisien Limpasan Setiap Sub DAS

No.	Nama Sub Basin	C
1	Sub DAS 1	0.158
2	Sub DAS 2	0.145
3	Sub DAS 3	0.227
4	Sub DAS 4	0.167
5	Sub DAS 5	0.264
6	Sub DAS 6	0.178
7	Sub DAS 7	0.278
8	Sub DAS 8	0.208
9	Sub DAS 9	0.303
10	Sub DAS 10	0.278
11	Sub DAS 11	0.199
12	Sub DAS 12	0.212
13	Sub DAS 13	0.313

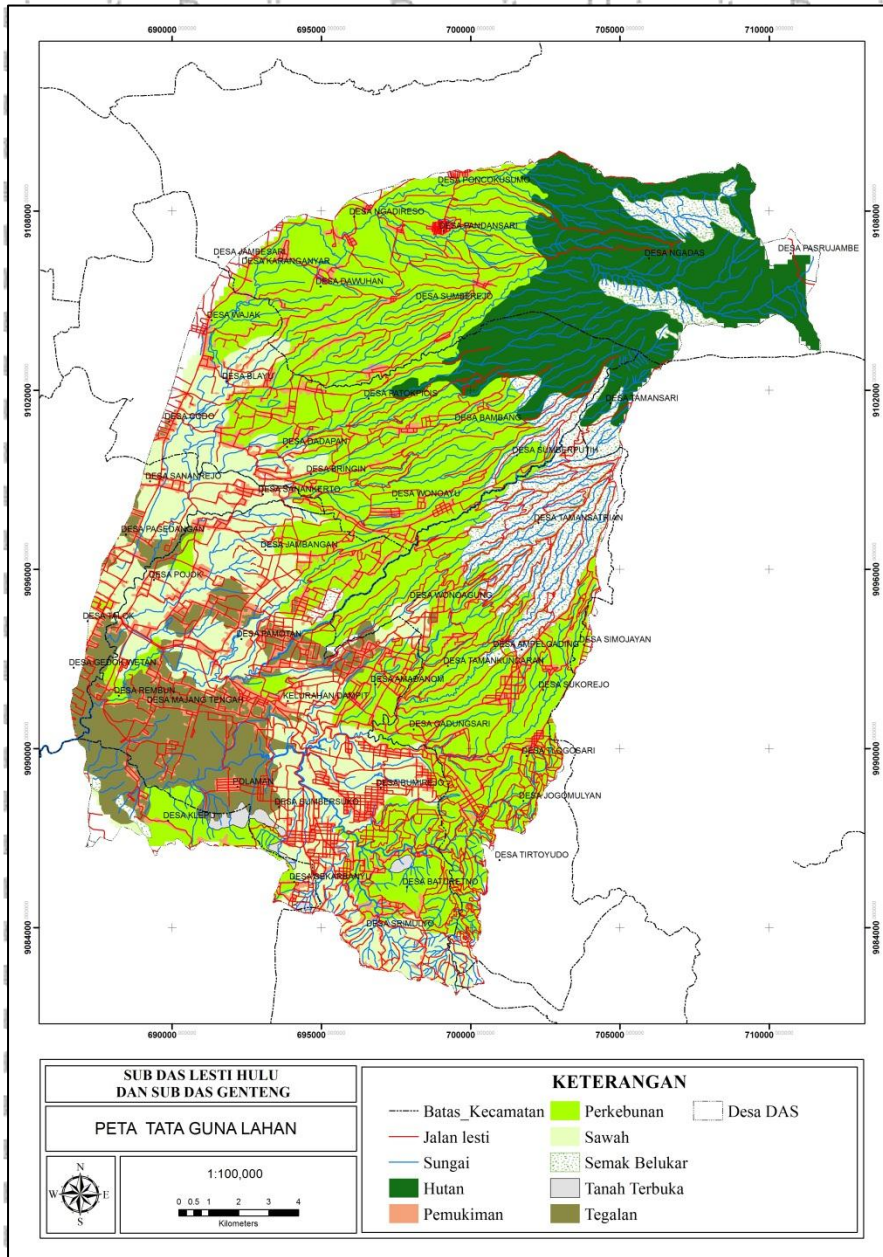
Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut ini contoh perhitungan koefisien pengaliran pada Sub DAS I:

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

$$= \frac{914,72}{5784,20}$$

$$= 0,158$$



Gambar 4.11 Peta Tata Guna Lahan Sub DAS Lesti

Tabel 4.61 Perhitungan Debit Model Metode Rasional (Kala Ulang 2 Tahun)

No.	Nama Sub-Basin	C	A (km ²)	Q (m ³ /dt)
1	Sub DAS 1	0.158	57.842	13.661
2	Sub DAS 2	0.145	46.579	10.097
3	Sub DAS 3	0.227	6.054	2.051
4	Sub DAS 4	0.167	29.448	7.346
5	Sub DAS 5	0.264	1.021	0.403
6	Sub DAS 6	0.178	25.159	6.681
7	Sub DAS 7	0.278	14.951	6.198
8	Sub DAS 8	0.208	71.663	12.242
9	Sub DAS 9	0.303	0.935	0.423
10	Sub DAS 10	0.278	29.014	2.061
11	Sub DAS 11	0.199	57.490	7.050
12	Sub DAS 12	0.212	44.305	11.870
13	Sub DAS 13	0.313	0.064	0.030
	Jumlah		384.525	80.112

Berikut ini perhitungan debit banjir rencana metode rasional kala ulang 2 tahun pada Sub DAS 1 menggunakan intensitas hujan hasil pemodelan:

$$\begin{aligned}
 Q &= 0.278 C I A \\
 &= 0.278 (0.158) (5.37) (57.842) \\
 &= 13.661 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien pengaliran pada sub das yang lain dan debit pada kala ulang yang lain terdapat pada lampiran 10.

Tabel 4.62 Rekapitulasi Debit Metode Rasional

Tr	Intensitas Hujan (mm/jam)		Debit Rasional (m ³ /dt)	
	I model	I Talbot	Q Model	Q Talbot
2 th	5.37	6.18	80.112	87.144
5 th	10.82	9.10	159.432	125.846
7 th	12.38	11.03	182.790	154.530
10 th	13.71	11.82	202.568	166.391
15 th	14.84	12.57	219.445	177.485
20 th	15.44	13.90	228.409	197.411

Sumber: Hasil Perhitungan



4.15 Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu

4.15.1 Aliran Dasar

Data aliran dasar (*base flow*) pada studi ini tidak ada sehingga untuk aliran dasar menggunakan persamaan Sub DAS Lesti Hulu dan Sub DAS Genteng memiliki luas DAS 384.525 km², panjang sungai utama 37.10 km, sedangkan panjang total orde sungai 46.12 km. Berikut ini perhitungannya:

$D = \text{panjang total orde sungai} / \text{luas DAS}$

$$= 46.12 / 384.525$$

$$= 0.12$$

$$Q_B = 0.4751 \cdot A^{0.6444} \cdot D^{0.9430}$$

$$= 0.4751 \cdot 383.38^{0.644} \cdot 0.12^{0.9430}$$

$$= 2.98 \text{ m}^3/\text{dt}$$

4.15.2 Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan sintetik Nakayasu digunakan dalam studi ini untuk mengetahui debit banjir rancangan. Perhitungan hidrograf menggunakan intensitas hujan hasil pemodelan dengan berbagai metode.

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk Sub DAS Lesti:

1. Parameter daerah aliran sungai:

$$A = 384.525 \text{ km}^2$$

$$L = 37.100 \text{ km (sungai utama)}$$

$$\alpha = 3 \text{ (asumsi awal)}$$

2. Menentukan nilai α

Berdasarkan Gambar 4.9, bentuk DAS Lesti adalah daerah pengaliran radial. Daerah pengaliran radial berbentuk kipas atau lingkaran dengan



anak-anak sungainya konsentrasi ke suatu titik secara radial. Secara fisiografis bentuk DAS tersebut memiliki karakteristik dengan muka air banjir naik cepat turun lambat. Hal tersebut dapat pula dibuktikan berdasarkan nilai indeks tingkat percabangan sungai menurut teori Strahler. Berikut ini adalah perhitungannya:

Tabel 4.59 Indeks Tingkat Percabangan Sungai

Orde	Jumlah	Rb	Rerata
1	4001	2.68	2.67
2	1491	2.22	
3	671	1.76	
4	381	3.28	
5	116	3.41	
6	34		

Sumber: Hasil Analisis GIS

Berdasarkan nilai di atas maka Sub DAS Lesti termasuk $R_b < 3$, maka alur sungai mempunyai kenaikan muka air banjir dengan cepat, sedangkan penurunannya berjalan dengan lambat.

3. Menentukan Time leg (t_g)

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

$$= 1,850 \text{ jam}$$

4. Menentukan satuan waktu hujan (t_r) dengan kisaran sebagai berikut:

$$t_r = 0,75 t_g$$

$$= 0,75 \times 1,850$$

$$= 1,388 \text{ jam}$$

5. Menghitung waktu puncak

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

PERHITUNGAN ORDINAT UNIT HIDROGRAF (METODE NAKAYASU)

Data masukan untuk hidrograf

Luas DAS (A)	384.525 km ²
Panjang sungai utama (L)	37.100 km
Unit Hujan Efektif, R _o (mm)	1.000 mm
Parameter Hidrograf (a)	3.000
TIME LAG, t _g	2.552 jam
t _r = (0,5 sd. 1,0) t _g	0.50
T _p = t _g + 0,8 * t _r	3.573 Jam
T _{0,3} = alpha * t _g	7.655 Jam
0,5 T _{0,3}	3.828 Jam
1,5 * T _{0,3}	11.483 Jam
2 * T _{0,3}	15.311 Jam
T _p + T _{0,3}	11.228 Jam
T _p + T _{0,3} + 1,5T _{0,3}	22.711 Jam
Q _p = A * R _o / (3,6 * (0,3 * T _p + T _{0,3}))	12.239 m ³ /dt/mm

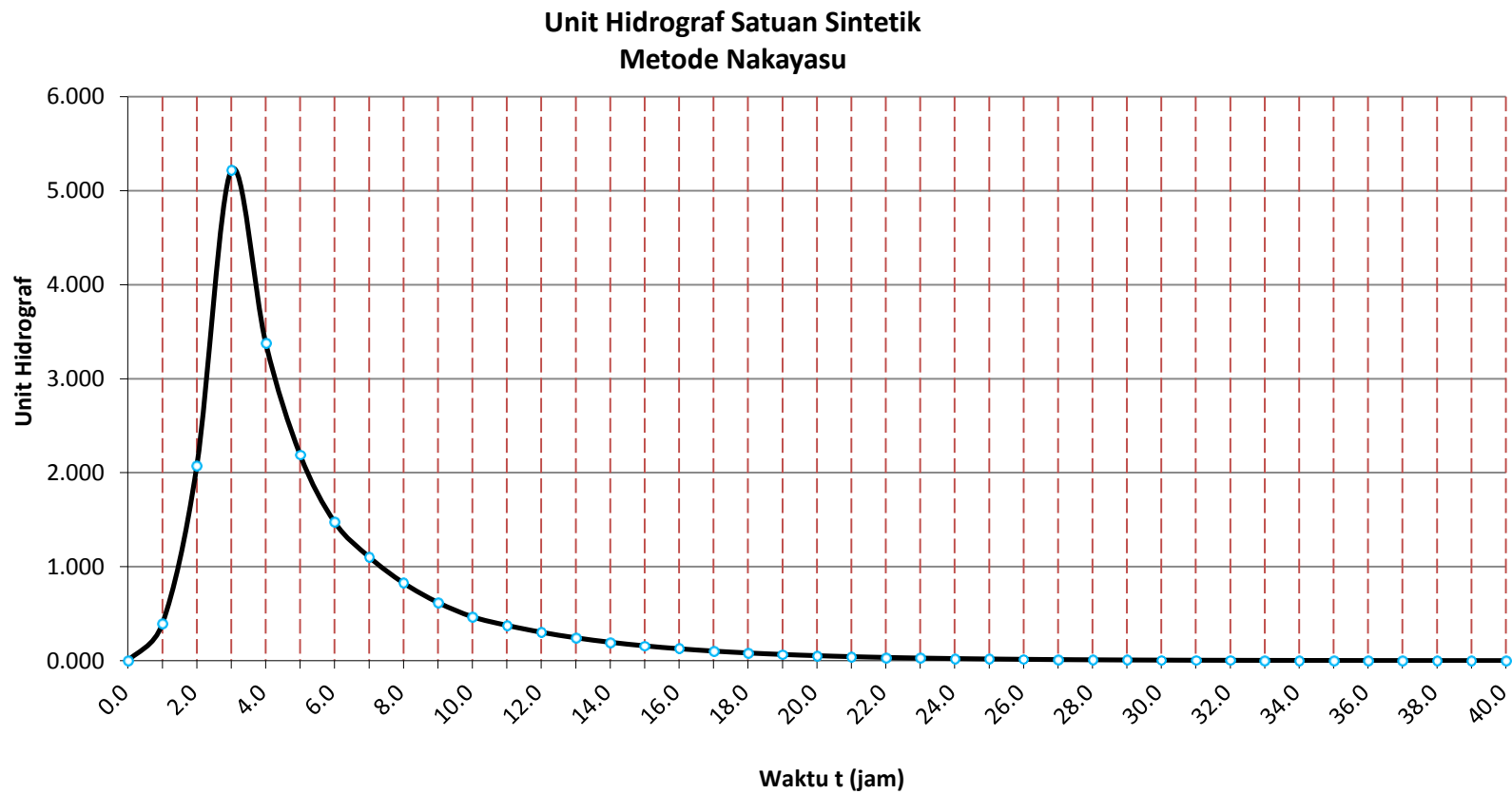
Kontrol unit hidrograf

Volume UH	=	367265.156 (m ³ /dt/mm)
R _{netto} = Vol UH/A	=	0.955 mm
R _{netto} dibulatkan	=	1.000 mm

Tabel 4.64 Lengkung Hidrograf Nakayasu

Karakteristik	Notasi	Persamaan	Awal		Akhir	
			Notasi	Nilai	Notasi	Nilai
Lengkung Naik	Q _a	Q _p * (t/T _p) ^{2,4}	0	0.000	T _p	3.573
Lengkung Turun Tahap 1	Q _{d1}	Q _p * 0,3 ^[(t-T_p)/T_{0,3}]	T _p	3.573	T _p + T _{0,3}	11.228
Lengkung Turun Tahap 2	Q _{d2}	Q _p * 0,3 ^[(t-T_p+0,5T_p)/T_{0,3}]	T _p + T _{0,3}	11.228	T _p + T _{0,3} + 1,5T _{0,3}	22.711
Lengkung Turun Tahap 3	Q _{d3}	Q _p * 0,3 ^[(t-T_p+0,5T_p)/T_{0,3}]	T _p + T _{0,3} + 1,5T _{0,3}	22.711	~	~

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.12 Unit Hidrograf Satuan Sintetik Metode Nakayasu

Tabel 4.65 Unit Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

No	Waktu (jam)	t/Tp	(t - Tp)	(t-Tp)/ T _{0,3}	$\frac{(t - Tp + 0,5 \cdot T_{0,3})}{1,5 T_{0,3}}$	$\frac{(t - Tp + 1,5 \cdot T_{0,3})}{2 \cdot T_{0,3}}$	UH (m ³ /dt/mm)	ket
1	0.0	0.00	-3.57	-0.47	0.02	0.52	0.000	Qa
2	1.0	0.28	-2.57	-0.34	0.11	0.58	0.393	
3	2.0	0.56	-1.57	-0.21	0.20	0.65	2.072	
4	3.0	0.84	-0.57	-0.07	0.28	0.71	5.217	
5	4.0	1.12	0.43	0.06	0.37	0.78	3.381	
6	5.0	1.40	1.43	0.19	0.46	0.84	2.191	Qp
7	6.0	1.68	2.43	0.32	0.54	0.91	1.475	
8	7.0	1.96	3.43	0.45	0.63	0.97	1.105	
9	8.0	2.24	4.43	0.58	0.72	1.04	0.827	
10	9.0	2.52	5.43	0.71	0.81	1.10	0.619	
11	10.0	2.80	6.43	0.84	0.89	1.17	0.467	Qd1
12	11.0	3.08	7.43	0.97	0.98	1.24	0.376	
13	12.0	3.36	8.43	1.10	1.07	1.30	0.303	
14	13.0	3.64	9.43	1.23	1.15	1.37	0.244	
15	14.0	3.92	10.43	1.36	1.24	1.43	0.196	
16	15.0	4.20	11.43	1.49	1.33	1.50	0.158	
17	16.0	4.48	12.43	1.62	1.42	1.56	0.127	
18	17.0	4.76	13.43	1.75	1.50	1.63	0.102	
19	18.0	5.04	14.43	1.88	1.59	1.69	0.082	
20	19.0	5.32	15.43	2.02	1.68	1.76	0.066	
21	20.0	5.60	16.43	2.15	1.76	1.82	0.053	
22	21.0	5.88	17.43	2.28	1.85	1.89	0.043	
23	22.0	6.16	18.43	2.41	1.94	1.95	0.035	
24	23.0	6.44	19.43	2.54	2.03	2.02	0.028	
25	24.0	6.72	20.43	2.67	2.11	2.08	0.022	
26	25.0	7.00	21.43	2.80	2.20	2.15	0.018	
27	26.0	7.28	22.43	2.93	2.29	2.21	0.015	
28	27.0	7.56	23.43	3.06	2.37	2.28	0.012	
29	28.0	7.84	24.43	3.19	2.46	2.35	0.009	Qd3
30	29.0	8.12	25.43	3.32	2.55	2.41	0.008	
31	30.0	8.40	26.43	3.45	2.63	2.48	0.006	
32	31.0	8.68	27.43	3.58	2.72	2.54	0.005	
33	32.0	8.96	28.43	3.71	2.81	2.61	0.004	
34	33.0	9.24	29.43	3.84	2.90	2.67	0.003	
35	34.0	9.52	30.43	3.97	2.98	2.74	0.003	
36	35.0	9.80	31.43	4.11	3.07	2.80	0.002	
37	36.0	10.08	32.43	4.24	3.16	2.87	0.002	
38	37.0	10.36	33.43	4.37	3.24	2.93	0.001	
39	38.0	10.64	34.43	4.50	3.33	3.00	0.001	
40	39.0	10.92	35.43	4.63	3.42	3.06	0.001	
41	40.0	11.20	36.43	4.76	3.51	3.13	0.001	

Sumber : Hasil Perhitungan

4.15.3 Hidrograf Banjir

Tabel berikut menampilkan hidrograf banjir untuk setiap kala ulang dengan intensitas hujan hasil pemodelan.

Tabel 4.66. Hidrograf Banjir Kala Ulang 2 tahun

Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan				Base flow (m ³ /dt)	Debit banjir (m ³ /dt)
		7.01	5.78	5.37	5.17		
0.0	0.000	0.000				2.981	2.981
1.0	0.393	2.750	0.000			2.981	5.731
2.0	2.072	14.516	2.268	0.000		2.981	19.765
3.0	5.217	36.554	11.970	2.109	0.000	2.981	53.613
4.0	3.381	23.687	30.142	11.130	2.029	0.000	69.969
5.0	2.191	15.349	19.532	28.028	10.710	1.981	78.581
6.0	1.475	10.335	12.657	18.162	26.970	10.458	81.563
7.0	1.105	7.739	8.522	11.769	17.477	26.336	74.823
8.0	0.827	5.795	6.382	7.924	11.325	17.066	51.473
9.0	0.619	4.340	4.779	5.934	7.625	11.058	36.717
10.0	0.467	3.274	3.578	4.443	5.710	7.446	27.433
11.0	0.376	2.635	2.700	3.327	4.276	5.576	21.495
12.0	0.303	2.121	2.173	2.510	3.202	4.175	17.163
13.0	0.244	1.708	1.749	2.021	2.416	3.127	14.001
14.0	0.196	1.375	1.408	1.627	1.944	2.359	11.694
15.0	0.158	1.107	1.134	1.309	1.565	1.899	9.995
16.0	0.127	0.891	0.913	1.054	1.260	1.528	8.627
17.0	0.102	0.717	0.735	0.848	1.014	1.230	7.526
18.0	0.082	0.577	0.591	0.683	0.816	0.990	6.639
19.0	0.066	0.465	0.476	0.550	0.657	0.797	5.926
20.0	0.053	0.374	0.383	0.443	0.529	0.642	5.352
21.0	0.043	0.301	0.308	0.356	0.426	0.517	4.889
22.0	0.035	0.242	0.248	0.287	0.343	0.416	4.517
23.0	0.028	0.195	0.200	0.231	0.276	0.335	4.218
24.0	0.022	0.157	0.161	0.186	0.222	0.269	3.976
25.0	0.018	0.126	0.130	0.150	0.179	0.217	3.782
26.0	0.015	0.102	0.104	0.120	0.144	0.175	3.626
27.0	0.012	0.082	0.084	0.097	0.116	0.141	3.500
28.0	0.009	0.066	0.068	0.078	0.093	0.113	3.399
29.0	0.008	0.053	0.054	0.063	0.075	0.091	3.317
30.0	0.006	0.043	0.044	0.051	0.060	0.073	3.252
31.0	0.005	0.034	0.035	0.041	0.049	0.059	3.199
32.0	0.004	0.028	0.028	0.033	0.039	0.048	3.157
33.0	0.003	0.022	0.023	0.026	0.032	0.038	3.122
34.0	0.003	0.018	0.018	0.021	0.025	0.031	3.095
35.0	0.002	0.014	0.015	0.017	0.020	0.025	3.073
36.0	0.002	0.012	0.012	0.014	0.016	0.020	3.055
37.0	0.001	0.009	0.010	0.011	0.013	0.016	3.040
38.0	0.001	0.008	0.008	0.009	0.011	0.013	3.029
39.0	0.001	0.006	0.006	0.007	0.009	0.010	3.019
40.0	0.001	0.005	0.006	0.007	0.009	0.010	3.018

Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 4.67. Hidrograf Banjir Kala Ulang 5 tahun

Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan			Base flow Debit banjir			
		13.14	11.40	10.82	10.53	10.35	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
0.0	0.000	0.000					2.981	2.981
1.0	0.393	5.158	0.000				2.981	8.139
2.0	2.072	27.225	4.475	0.000			2.981	34.681
3.0	5.217	68.559	23.618	4.247	0.000		2.981	99.404
4.0	3.381	44.426	59.474	22.414	4.133	0.000	2.981	133.428
5.0	2.191	28.788	38.539	56.443	21.812	4.064	2.981	152.627
6.0	1.475	19.384	24.973	36.575	54.927	21.450	2.981	160.290
7.0	1.105	14.515	16.815	23.701	35.593	54.017	2.981	147.621
8.0	0.827	10.869	12.592	15.958	23.064	35.003	2.981	100.467
9.0	0.619	8.139	9.429	11.950	15.529	22.682	2.981	70.710
10.0	0.467	6.140	7.061	8.948	11.629	15.272	2.981	52.031
11.0	0.376	4.943	5.327	6.701	8.708	11.436	2.981	40.095
12.0	0.303	3.979	4.288	5.055	6.521	8.564	2.981	31.387
13.0	0.244	3.203	3.452	4.069	4.919	6.413	2.981	25.037
14.0	0.196	2.578	2.779	3.276	3.960	4.838	2.981	20.411
15.0	0.158	2.076	2.237	2.637	3.188	3.894	2.981	17.012
16.0	0.127	1.671	1.800	2.123	2.566	3.135	2.981	14.276
17.0	0.102	1.345	1.449	1.709	2.066	2.524	2.981	12.073
18.0	0.082	1.083	1.167	1.375	1.663	2.031	2.981	10.300
19.0	0.066	0.872	0.939	1.107	1.339	1.635	2.981	8.873
20.0	0.053	0.702	0.756	0.891	1.078	1.316	2.981	7.724
21.0	0.043	0.565	0.609	0.717	0.867	1.060	2.981	6.799
22.0	0.035	0.455	0.490	0.578	0.698	0.853	2.981	6.054
23.0	0.028	0.366	0.394	0.465	0.562	0.687	2.981	5.455
24.0	0.022	0.295	0.317	0.374	0.452	0.553	2.981	4.973
25.0	0.018	0.237	0.256	0.301	0.364	0.445	2.981	4.584
26.0	0.015	0.191	0.206	0.243	0.293	0.358	2.981	4.271
27.0	0.012	0.154	0.166	0.195	0.236	0.288	2.981	4.020
28.0	0.009	0.124	0.133	0.157	0.190	0.232	2.981	3.817
29.0	0.008	0.100	0.107	0.127	0.153	0.187	2.981	3.654
30.0	0.006	0.080	0.086	0.102	0.123	0.150	2.981	3.523
31.0	0.005	0.065	0.070	0.082	0.099	0.121	2.981	3.417
32.0	0.004	0.052	0.056	0.066	0.080	0.097	2.981	3.332
33.0	0.003	0.042	0.045	0.053	0.064	0.078	2.981	3.264
34.0	0.003	0.034	0.036	0.043	0.052	0.063	2.981	3.209
35.0	0.002	0.027	0.029	0.034	0.042	0.051	2.981	3.164
36.0	0.002	0.022	0.024	0.028	0.033	0.041	2.981	3.128
37.0	0.001	0.018	0.019	0.022	0.027	0.033	2.981	3.100
38.0	0.001	0.014	0.015	0.018	0.022	0.027	2.981	3.077
39.0	0.001	0.011	0.012	0.014	0.017	0.021	2.981	3.058
40.0	0.001	0.009	0.012	0.014	0.017	0.021	2.981	3.056

Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 4.68. Hidrograf Banjir Kala Ulang 7 tahun

Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan				Base flow (m ³ /dt)	Debit banjir (m ³ /dt)
		14.87	13.01	12.38	12.07		
0.0	0.000	0.000				2.981	2.981
1.0	0.393	5.838	0.000			2.981	8.819
2.0	2.072	30.811	5.105	0.000		2.981	38.897
3.0	5.217	77.588	26.946	4.861	0.000	2.981	112.376
4.0	3.381	50.277	67.856	25.657	4.739	0.000	151.510
5.0	2.191	32.579	43.971	64.610	25.012	4.665	173.819
6.0	1.475	21.936	28.493	41.867	62.985	24.624	182.887
7.0	1.105	16.427	19.185	27.130	40.815	62.009	168.546
8.0	0.827	12.301	14.366	18.267	26.448	40.182	114.545
9.0	0.619	9.211	10.758	13.679	17.808	26.038	80.475
10.0	0.467	6.949	8.056	10.243	13.335	17.532	59.096
11.0	0.376	5.594	6.077	7.670	9.986	13.128	45.436
12.0	0.303	4.503	4.892	5.787	7.478	9.831	35.471
13.0	0.244	3.625	3.938	4.658	5.641	7.362	28.205
14.0	0.196	2.918	3.170	3.750	4.541	5.554	22.913
15.0	0.158	2.349	2.552	3.018	3.655	4.471	19.026
16.0	0.127	1.891	2.054	2.430	2.943	3.599	15.897
17.0	0.102	1.522	1.654	1.956	2.369	2.897	13.378
18.0	0.082	1.225	1.331	1.575	1.907	2.332	11.351
19.0	0.066	0.986	1.072	1.267	1.535	1.877	9.718
20.0	0.053	0.794	0.863	1.020	1.236	1.511	8.405
21.0	0.043	0.639	0.694	0.821	0.995	1.216	7.347
22.0	0.035	0.514	0.559	0.661	0.801	0.979	6.495
23.0	0.028	0.414	0.450	0.532	0.645	0.788	5.810
24.0	0.022	0.333	0.362	0.428	0.519	0.635	5.258
25.0	0.018	0.268	0.292	0.345	0.418	0.511	4.814
26.0	0.015	0.216	0.235	0.278	0.336	0.411	4.457
27.0	0.012	0.174	0.189	0.223	0.271	0.331	4.169
28.0	0.009	0.140	0.152	0.180	0.218	0.266	3.937
29.0	0.008	0.113	0.122	0.145	0.175	0.214	3.751
30.0	0.006	0.091	0.099	0.117	0.141	0.173	3.601
31.0	0.005	0.073	0.079	0.094	0.114	0.139	3.480
32.0	0.004	0.059	0.064	0.076	0.091	0.112	3.383
33.0	0.003	0.047	0.051	0.061	0.074	0.090	3.304
34.0	0.003	0.038	0.041	0.049	0.059	0.072	3.241
35.0	0.002	0.031	0.033	0.039	0.048	0.058	3.190
36.0	0.002	0.025	0.027	0.032	0.038	0.047	3.150
37.0	0.001	0.020	0.022	0.026	0.031	0.038	3.117
38.0	0.001	0.016	0.017	0.021	0.025	0.030	3.090
39.0	0.001	0.013	0.014	0.017	0.020	0.025	3.069
40.0	0.001	0.010	0.014	0.017	0.020	0.025	3.066

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.69. Hidrograf Banjir Kala Ulang 10 tahun

Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan			Base flow (m ³ /dt)	Debit banjir (m ³ /dt)
		16.33	14.37	13.71		
0.0	0.000	0.000			2.981	2.981
1.0	0.393	6.410	0.000		2.981	9.391
2.0	2.072	33.830	5.639	0.000	2.981	42.449
3.0	5.217	85.190	29.760	5.381	0.000	123.313
4.0	3.381	55.203	74.943	28.403	5.253	166.783
5.0	2.191	35.772	48.563	71.525	27.724	191.740
6.0	1.475	24.086	31.469	46.348	69.814	202.015
7.0	1.105	18.036	21.188	30.034	45.240	186.268
8.0	0.827	13.506	15.867	20.222	29.315	126.466
9.0	0.619	10.114	11.881	15.143	19.739	88.742
10.0	0.467	7.630	8.897	11.340	14.781	65.077
11.0	0.376	6.142	6.712	8.491	11.068	49.958
12.0	0.303	4.944	5.403	6.406	8.288	38.928
13.0	0.244	3.980	4.349	5.157	6.253	30.886
14.0	0.196	3.204	3.501	4.151	5.033	25.031
15.0	0.158	2.579	2.818	3.342	4.052	20.731
16.0	0.127	2.076	2.269	2.690	3.262	17.269
17.0	0.102	1.671	1.826	2.165	2.626	14.483
18.0	0.082	1.345	1.470	1.743	2.114	12.240
19.0	0.066	1.083	1.183	1.403	1.701	10.434
20.0	0.053	0.872	0.953	1.129	1.370	8.981
21.0	0.043	0.702	0.767	0.909	1.102	7.811
22.0	0.035	0.565	0.617	0.732	0.887	6.869
23.0	0.028	0.455	0.497	0.589	0.714	6.111
24.0	0.022	0.366	0.400	0.474	0.575	5.500
25.0	0.018	0.295	0.322	0.382	0.463	5.009
26.0	0.015	0.237	0.259	0.307	0.373	4.614
27.0	0.012	0.191	0.209	0.247	0.300	4.295
28.0	0.009	0.154	0.168	0.199	0.241	4.039
29.0	0.008	0.124	0.135	0.160	0.194	3.833
30.0	0.006	0.100	0.109	0.129	0.156	3.667
31.0	0.005	0.080	0.088	0.104	0.126	3.533
32.0	0.004	0.065	0.071	0.084	0.101	3.425
33.0	0.003	0.052	0.057	0.067	0.082	3.339
34.0	0.003	0.042	0.046	0.054	0.066	3.269
35.0	0.002	0.034	0.037	0.044	0.053	3.213
36.0	0.002	0.027	0.030	0.035	0.043	3.168
37.0	0.001	0.022	0.024	0.028	0.034	3.131
38.0	0.001	0.018	0.019	0.023	0.028	3.102
39.0	0.001	0.014	0.015	0.018	0.022	3.078
40.0	0.001	0.011	0.015	0.018	0.022	3.076

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.70. Hidrograf Banjir Kala Ulang 15 tahun

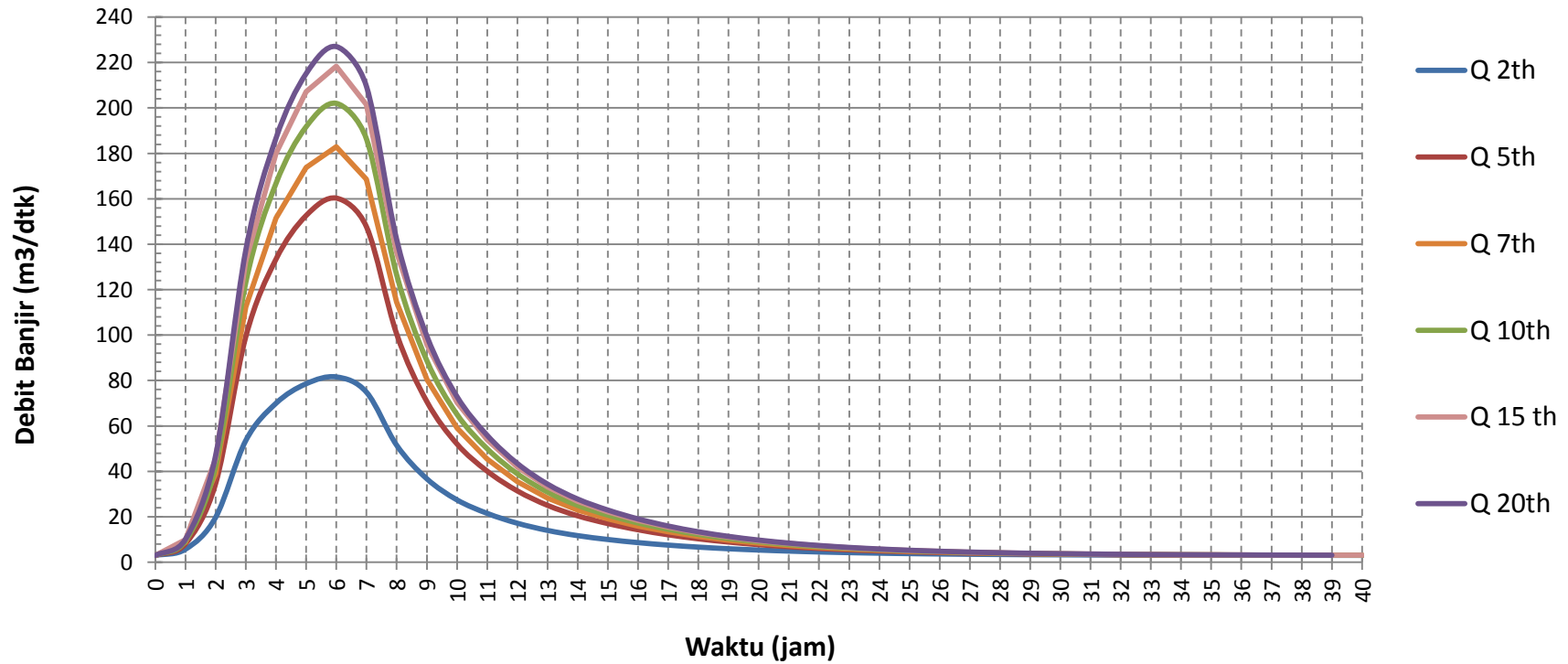
Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan			Base flow Debit banjir			
		17.60	15.52	14.84	14.50	14.29	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
0.0	0.000	0.000				2.981	2.981	
1.0	0.393	6.908	0.000			2.981	9.889	
2.0	2.072	36.461	6.093	0.000		2.981	45.535	
3.0	5.217	91.816	32.159	5.825	0.000	2.981	132.781	
4.0	3.381	59.496	80.983	30.746	5.691	0.000	2.981	179.898
5.0	2.191	38.554	52.477	77.426	30.039	5.610	2.981	207.087
6.0	1.475	25.959	34.005	50.172	75.645	29.611	2.981	218.372
7.0	1.105	19.439	22.896	32.511	49.018	74.566	2.981	201.412
8.0	0.827	14.556	17.145	21.890	31.764	48.319	2.981	136.656
9.0	0.619	10.900	12.839	16.392	21.387	31.311	2.981	95.810
10.0	0.467	8.223	9.614	12.275	16.015	21.082	2.981	70.191
11.0	0.376	6.620	7.253	9.192	11.993	15.787	2.981	53.825
12.0	0.303	5.329	5.839	6.934	8.980	11.822	2.981	41.885
13.0	0.244	4.289	4.700	5.582	6.775	8.852	2.981	33.180
14.0	0.196	3.453	3.783	4.493	5.454	6.678	2.981	26.843
15.0	0.158	2.780	3.046	3.617	4.390	5.376	2.981	22.189
16.0	0.127	2.238	2.452	2.912	3.534	4.328	2.981	18.443
17.0	0.102	1.801	1.974	2.344	2.845	3.484	2.981	15.428
18.0	0.082	1.450	1.589	1.887	2.290	2.804	2.981	13.001
19.0	0.066	1.167	1.279	1.519	1.843	2.257	2.981	11.047
20.0	0.053	0.940	1.029	1.223	1.484	1.817	2.981	9.474
21.0	0.043	0.756	0.829	0.984	1.195	1.463	2.981	8.208
22.0	0.035	0.609	0.667	0.792	0.962	1.178	2.981	7.188
23.0	0.028	0.490	0.537	0.638	0.774	0.948	2.981	6.368
24.0	0.022	0.395	0.432	0.513	0.623	0.763	2.981	5.707
25.0	0.018	0.318	0.348	0.413	0.502	0.614	2.981	5.176
26.0	0.015	0.256	0.280	0.333	0.404	0.494	2.981	4.748
27.0	0.012	0.206	0.225	0.268	0.325	0.398	2.981	4.403
28.0	0.009	0.166	0.182	0.216	0.262	0.320	2.981	4.126
29.0	0.008	0.133	0.146	0.174	0.211	0.258	2.981	3.903
30.0	0.006	0.107	0.118	0.140	0.170	0.208	2.981	3.723
31.0	0.005	0.086	0.095	0.112	0.136	0.167	2.981	3.578
32.0	0.004	0.070	0.076	0.091	0.110	0.135	2.981	3.462
33.0	0.003	0.056	0.061	0.073	0.088	0.108	2.981	3.368
34.0	0.003	0.045	0.049	0.059	0.071	0.087	2.981	3.292
35.0	0.002	0.036	0.040	0.047	0.057	0.070	2.981	3.232
36.0	0.002	0.029	0.032	0.038	0.046	0.056	2.981	3.183
37.0	0.001	0.024	0.026	0.031	0.037	0.045	2.981	3.143
38.0	0.001	0.019	0.021	0.025	0.030	0.037	2.981	3.112
39.0	0.001	0.015	0.017	0.020	0.024	0.029	2.981	3.086
40.0	0.001	0.012	0.017	0.020	0.024	0.029	2.981	3.083

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.71. Hidrograf Banjir Kala Ulang 20 tahun

Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan				Base flow (m ³ /dt)	Debit banjir (m ³ /dt)
		18.22	16.14	15.44	15.09		
0.0	0.000	0.000				2.981	2.981
1.0	0.393	7.153	0.000			2.981	10.134
2.0	2.072	37.755	6.334	0.000		2.981	47.071
3.0	5.217	95.076	33.433	6.061	0.000	2.981	137.551
4.0	3.381	61.609	84.190	31.991	5.924	0.000	186.696
5.0	2.191	39.923	54.555	80.560	31.268	5.843	215.130
6.0	1.475	26.881	35.352	52.203	78.740	30.837	226.994
7.0	1.105	20.129	23.803	33.827	51.024	77.655	209.419
8.0	0.827	15.073	17.824	22.777	33.063	50.320	142.039
9.0	0.619	11.287	13.347	17.056	22.262	32.608	99.541
10.0	0.467	8.515	9.995	12.772	16.671	21.955	72.889
11.0	0.376	6.855	7.540	9.564	12.483	16.441	55.864
12.0	0.303	5.518	6.070	7.215	9.348	12.311	43.443
13.0	0.244	4.442	4.886	5.808	7.052	9.219	34.388
14.0	0.196	3.576	3.933	4.675	5.677	6.955	27.797
15.0	0.158	2.878	3.166	3.764	4.570	5.599	22.957
16.0	0.127	2.317	2.549	3.030	3.679	4.507	19.062
17.0	0.102	1.865	2.052	2.439	2.961	3.628	15.926
18.0	0.082	1.501	1.652	1.963	2.384	2.920	13.401
19.0	0.066	1.209	1.329	1.580	1.919	2.351	11.369
20.0	0.053	0.973	1.070	1.272	1.545	1.892	9.733
21.0	0.043	0.783	0.862	1.024	1.243	1.523	8.417
22.0	0.035	0.630	0.694	0.824	1.001	1.226	7.357
23.0	0.028	0.507	0.558	0.664	0.806	0.987	6.503
24.0	0.022	0.409	0.449	0.534	0.649	0.795	5.816
25.0	0.018	0.329	0.362	0.430	0.522	0.640	5.263
26.0	0.015	0.265	0.291	0.346	0.420	0.515	4.818
27.0	0.012	0.213	0.234	0.279	0.338	0.415	4.460
28.0	0.009	0.172	0.189	0.224	0.272	0.334	4.172
29.0	0.008	0.138	0.152	0.181	0.219	0.269	3.939
30.0	0.006	0.111	0.122	0.145	0.176	0.216	3.752
31.0	0.005	0.089	0.098	0.117	0.142	0.174	3.602
32.0	0.004	0.072	0.079	0.094	0.114	0.140	3.481
33.0	0.003	0.058	0.064	0.076	0.092	0.113	3.383
34.0	0.003	0.047	0.051	0.061	0.074	0.091	3.305
35.0	0.002	0.038	0.041	0.049	0.060	0.073	3.242
36.0	0.002	0.030	0.033	0.040	0.048	0.059	3.191
37.0	0.001	0.024	0.027	0.032	0.039	0.047	3.150
38.0	0.001	0.020	0.022	0.026	0.031	0.038	3.117
40.0	0.001	0.013	0.017	0.021	0.025	0.031	3.087

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.13 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu Pemodelan

Tabel 4.72 Rekapitulasi Q Rancangan Metode Nakayasu dengan Intensitas Hujan Pemodelan

Tr	Q (m ³ /detik)
2	81.56
5	160.29
7	182.89
10	202.01
15	218.37
20	226.99

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut ini menampilkan hidrograf banjir untuk setiap kala ulang dengan intensitas hujan Metode Talbot.



Tabel 4.73. Hidrograf Banjir Kala Ulang 2 tahun

Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan				Base flow Debit banjir		
		4.81	5.22	6.18	5.07	4.18	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
0.0	0.000	0.000				2.981	2.981	
1.0	0.393	1.889	0.000			2.981	4.870	
2.0	2.072	9.970	2.050	0.000		2.981	15.001	
3.0	5.217	25.106	10.821	2.424	0.000	2.981	41.333	
4.0	3.381	16.269	27.250	12.794	1.990	0.000	2.981	61.284
5.0	2.191	10.542	17.658	32.217	10.501	1.639	2.981	75.538
6.0	1.475	7.098	11.443	20.877	26.443	8.650	2.981	77.492
7.0	1.105	5.315	7.704	13.528	17.135	21.783	2.981	68.447
8.0	0.827	3.980	5.769	9.109	11.104	14.116	2.981	47.059
9.0	0.619	2.981	4.320	6.821	7.476	9.147	2.981	33.726
10.0	0.467	2.249	3.235	5.108	5.598	6.159	2.981	25.330
11.0	0.376	1.810	2.441	3.825	4.192	4.612	2.981	19.861
12.0	0.303	1.457	1.965	2.885	3.139	3.453	2.981	15.881
13.0	0.244	1.173	1.582	2.323	2.368	2.586	2.981	13.013
14.0	0.196	0.944	1.273	1.870	1.906	1.951	2.981	10.925
15.0	0.158	0.760	1.025	1.505	1.535	1.570	2.981	9.376
16.0	0.127	0.612	0.825	1.212	1.235	1.264	2.981	8.129
17.0	0.102	0.493	0.664	0.975	0.994	1.018	2.981	7.125
18.0	0.082	0.396	0.535	0.785	0.801	0.819	2.981	6.317
19.0	0.066	0.319	0.430	0.632	0.644	0.659	2.981	5.666
20.0	0.053	0.257	0.346	0.509	0.519	0.531	2.981	5.143
21.0	0.043	0.207	0.279	0.410	0.418	0.427	2.981	4.721
22.0	0.035	0.166	0.224	0.330	0.336	0.344	2.981	4.382
23.0	0.028	0.134	0.181	0.265	0.271	0.277	2.981	4.109
24.0	0.022	0.108	0.145	0.214	0.218	0.223	2.981	3.889
25.0	0.018	0.087	0.117	0.172	0.175	0.179	2.981	3.712
26.0	0.015	0.070	0.094	0.138	0.141	0.144	2.981	3.569
27.0	0.012	0.056	0.076	0.111	0.114	0.116	2.981	3.454
28.0	0.009	0.045	0.061	0.090	0.091	0.094	2.981	3.362
29.0	0.008	0.036	0.049	0.072	0.074	0.075	2.981	3.288
30.0	0.006	0.029	0.040	0.058	0.059	0.061	2.981	3.228
31.0	0.005	0.024	0.032	0.047	0.048	0.049	2.981	3.180
32.0	0.004	0.019	0.026	0.038	0.038	0.039	2.981	3.141
33.0	0.003	0.015	0.021	0.030	0.031	0.032	2.981	3.110
34.0	0.003	0.012	0.017	0.024	0.025	0.025	2.981	3.085
35.0	0.002	0.010	0.013	0.020	0.020	0.021	2.981	3.064
36.0	0.002	0.008	0.011	0.016	0.016	0.017	2.981	3.048
37.0	0.001	0.006	0.009	0.013	0.013	0.013	2.981	3.035
38.0	0.001	0.005	0.007	0.010	0.010	0.011	2.981	3.025
39.0	0.001	0.004	0.006	0.008	0.008	0.009	2.981	3.016
40.0	0.001	0.003	0.006	0.008	0.008	0.009	2.981	3.015

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.74. Hidrograf Banjir Kala Ulang 5 tahun

Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan				Base flow Debit banjir		
		6.72	7.34	9.10	8.08	7.10	(m ³ /dt)	
0.0	0.000	0.000				2.981	2.981	
1.0	0.393	2.638	0.000			2.981	5.619	
2.0	2.072	13.925	2.880	0.000		2.981	19.786	
3.0	5.217	35.066	15.203	3.574	0.000	2.981	56.824	
4.0	3.381	22.723	38.284	18.861	3.172	0.000	2.981	86.021
5.0	2.191	14.724	24.808	47.497	16.741	2.789	2.981	109.540
6.0	1.475	9.914	16.076	30.778	42.157	14.718	2.981	116.624
7.0	1.105	7.424	10.824	19.944	27.318	37.063	2.981	105.554
8.0	0.827	5.559	8.105	13.429	17.702	24.017	2.981	71.793
9.0	0.619	4.163	6.070	10.056	11.919	15.563	2.981	50.751
10.0	0.467	3.141	4.545	7.530	8.925	10.479	2.981	37.601
11.0	0.376	2.528	3.429	5.639	6.684	7.847	2.981	29.107
12.0	0.303	2.035	2.760	4.254	5.005	5.876	2.981	22.911
13.0	0.244	1.638	2.222	3.424	3.776	4.400	2.981	18.441
14.0	0.196	1.319	1.789	2.757	3.039	3.319	2.981	15.204
15.0	0.158	1.062	1.440	2.219	2.447	2.672	2.981	12.820
16.0	0.127	0.855	1.159	1.786	1.969	2.151	2.981	10.901
17.0	0.102	0.688	0.933	1.438	1.585	1.732	2.981	9.357
18.0	0.082	0.554	0.751	1.157	1.276	1.394	2.981	8.113
19.0	0.066	0.446	0.605	0.932	1.027	1.122	2.981	7.112
20.0	0.053	0.359	0.487	0.750	0.827	0.903	2.981	6.307
21.0	0.043	0.289	0.392	0.604	0.666	0.727	2.981	5.658
22.0	0.035	0.233	0.315	0.486	0.536	0.585	2.981	5.136
23.0	0.028	0.187	0.254	0.391	0.431	0.471	2.981	4.716
24.0	0.022	0.151	0.204	0.315	0.347	0.379	2.981	4.377
25.0	0.018	0.121	0.165	0.254	0.280	0.305	2.981	4.105
26.0	0.015	0.098	0.132	0.204	0.225	0.246	2.981	3.886
27.0	0.012	0.079	0.107	0.164	0.181	0.198	2.981	3.709
28.0	0.009	0.063	0.086	0.132	0.146	0.159	2.981	3.567
29.0	0.008	0.051	0.069	0.106	0.117	0.128	2.981	3.453
30.0	0.006	0.041	0.056	0.086	0.094	0.103	2.981	3.361
31.0	0.005	0.033	0.045	0.069	0.076	0.083	2.981	3.287
32.0	0.004	0.027	0.036	0.056	0.061	0.067	2.981	3.227
33.0	0.003	0.021	0.029	0.045	0.049	0.054	2.981	3.179
34.0	0.003	0.017	0.023	0.036	0.040	0.043	2.981	3.141
35.0	0.002	0.014	0.019	0.029	0.032	0.035	2.981	3.109
36.0	0.002	0.011	0.015	0.023	0.026	0.028	2.981	3.084
37.0	0.001	0.009	0.012	0.019	0.021	0.023	2.981	3.064
38.0	0.001	0.007	0.010	0.015	0.017	0.018	2.981	3.048
39.0	0.001	0.006	0.008	0.012	0.013	0.015	2.981	3.035
40.0	0.001	0.005	0.008	0.012	0.013	0.015	2.981	3.034

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.75. Hidrograf Banjir Kala Ulang 7 tahun

Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan				Base flow (m ³ /dt)	Debit banjir (m ³ /dt)
		7.17	8.99	11.03	9.37		
0.0	0.000	0.000				2.981	2.981
1.0	0.393	2.813	0.000			2.981	5.794
2.0	2.072	14.846	3.528	0.000		2.981	21.355
3.0	5.217	37.385	18.623	4.328	0.000	2.981	63.317
4.0	3.381	24.225	46.898	22.844	3.679	0.000	100.627
5.0	2.191	15.698	30.390	57.526	19.419	3.151	129.164
6.0	1.475	10.570	19.692	37.277	48.901	16.629	136.050
7.0	1.105	7.915	13.259	24.155	31.688	41.875	121.874
8.0	0.827	5.927	9.929	16.264	20.534	27.135	82.770
9.0	0.619	4.438	7.435	12.179	13.826	17.584	58.443
10.0	0.467	3.348	5.568	9.120	10.353	11.839	43.209
11.0	0.376	2.695	4.200	6.829	7.753	8.866	33.324
12.0	0.303	2.170	3.381	5.152	5.806	6.639	26.128
13.0	0.244	1.747	2.722	4.147	4.380	4.971	20.948
14.0	0.196	1.406	2.191	3.339	3.526	3.750	17.192
15.0	0.158	1.132	1.764	2.688	2.838	3.019	14.421
16.0	0.127	0.911	1.420	2.163	2.285	2.430	12.190
17.0	0.102	0.733	1.143	1.742	1.839	1.956	10.394
18.0	0.082	0.590	0.920	1.402	1.480	1.575	8.948
19.0	0.066	0.475	0.741	1.128	1.192	1.268	7.785
20.0	0.053	0.383	0.596	0.908	0.959	1.020	6.848
21.0	0.043	0.308	0.480	0.731	0.772	0.821	6.094
22.0	0.035	0.248	0.386	0.589	0.622	0.661	5.487
23.0	0.028	0.200	0.311	0.474	0.500	0.532	4.998
24.0	0.022	0.161	0.250	0.381	0.403	0.429	4.605
25.0	0.018	0.129	0.202	0.307	0.324	0.345	4.288
26.0	0.015	0.104	0.162	0.247	0.261	0.278	4.033
27.0	0.012	0.084	0.131	0.199	0.210	0.224	3.828
28.0	0.009	0.067	0.105	0.160	0.169	0.180	3.663
29.0	0.008	0.054	0.085	0.129	0.136	0.145	3.530
30.0	0.006	0.044	0.068	0.104	0.110	0.117	3.423
31.0	0.005	0.035	0.055	0.084	0.088	0.094	3.337
32.0	0.004	0.028	0.044	0.067	0.071	0.076	3.267
33.0	0.003	0.023	0.036	0.054	0.057	0.061	3.211
34.0	0.003	0.018	0.029	0.044	0.046	0.049	3.167
35.0	0.002	0.015	0.023	0.035	0.037	0.039	3.130
36.0	0.002	0.012	0.019	0.028	0.030	0.032	3.101
37.0	0.001	0.010	0.015	0.023	0.024	0.026	3.078
38.0	0.001	0.008	0.012	0.018	0.019	0.021	3.059
39.0	0.001	0.006	0.010	0.015	0.016	0.017	3.044
40.0	0.001	0.005	0.010	0.015	0.016	0.017	3.042

Sumber: Hasil Perhitungan





Tabel 4.76. Hidrograf Banjir Kala Ulang 10 tahun

Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan			Base flow (m ³ /dt)	Debit banjir (m ³ /dt)
		10.95	11.08	11.82		
0.0	0.000	0.000			2.981	2.981
1.0	0.393	4.297	0.000		2.981	7.278
2.0	2.072	22.679	4.347	0.000	2.981	30.007
3.0	5.217	57.110	22.945	4.640	0.000	87.676
4.0	3.381	37.007	57.780	24.491	4.248	126.507
5.0	2.191	23.981	37.442	61.673	22.419	152.345
6.0	1.475	16.147	24.262	39.964	56.456	160.125
7.0	1.105	12.091	16.336	25.897	36.584	145.046
8.0	0.827	9.054	12.233	17.437	23.706	98.561
9.0	0.619	6.780	9.160	13.057	15.962	69.422
10.0	0.467	5.115	6.860	9.778	11.953	51.149
11.0	0.376	4.117	5.175	7.322	8.951	39.376
12.0	0.303	3.314	4.166	5.524	6.702	30.798
13.0	0.244	2.668	3.353	4.446	5.056	24.578
14.0	0.196	2.148	2.699	3.579	4.070	20.059
15.0	0.158	1.729	2.173	2.881	3.276	16.729
16.0	0.127	1.392	1.749	2.319	2.638	14.048
17.0	0.102	1.120	1.408	1.867	2.123	11.890
18.0	0.082	0.902	1.133	1.503	1.709	10.152
19.0	0.066	0.726	0.912	1.210	1.376	8.754
20.0	0.053	0.584	0.734	0.974	1.108	7.628
21.0	0.043	0.470	0.591	0.784	0.892	6.722
22.0	0.035	0.379	0.476	0.631	0.718	5.992
23.0	0.028	0.305	0.383	0.508	0.578	5.405
24.0	0.022	0.245	0.308	0.409	0.465	4.932
25.0	0.018	0.198	0.248	0.329	0.374	4.552
26.0	0.015	0.159	0.200	0.265	0.301	4.245
27.0	0.012	0.128	0.161	0.213	0.243	3.999
28.0	0.009	0.103	0.130	0.172	0.195	3.800
29.0	0.008	0.083	0.104	0.138	0.157	3.641
30.0	0.006	0.067	0.084	0.111	0.127	3.512
31.0	0.005	0.054	0.068	0.090	0.102	3.408
32.0	0.004	0.043	0.054	0.072	0.082	3.325
33.0	0.003	0.035	0.044	0.058	0.066	3.258
34.0	0.003	0.028	0.035	0.047	0.053	3.204
35.0	0.002	0.023	0.028	0.038	0.043	3.160
36.0	0.002	0.018	0.023	0.030	0.034	3.125
37.0	0.001	0.015	0.018	0.024	0.028	3.097
38.0	0.001	0.012	0.015	0.020	0.022	3.075
39.0	0.001	0.009	0.012	0.016	0.018	3.056
40.0	0.001	0.008	0.012	0.016	0.018	3.055

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.77. Hidrograf Banjir Kala Ulang 15 tahun

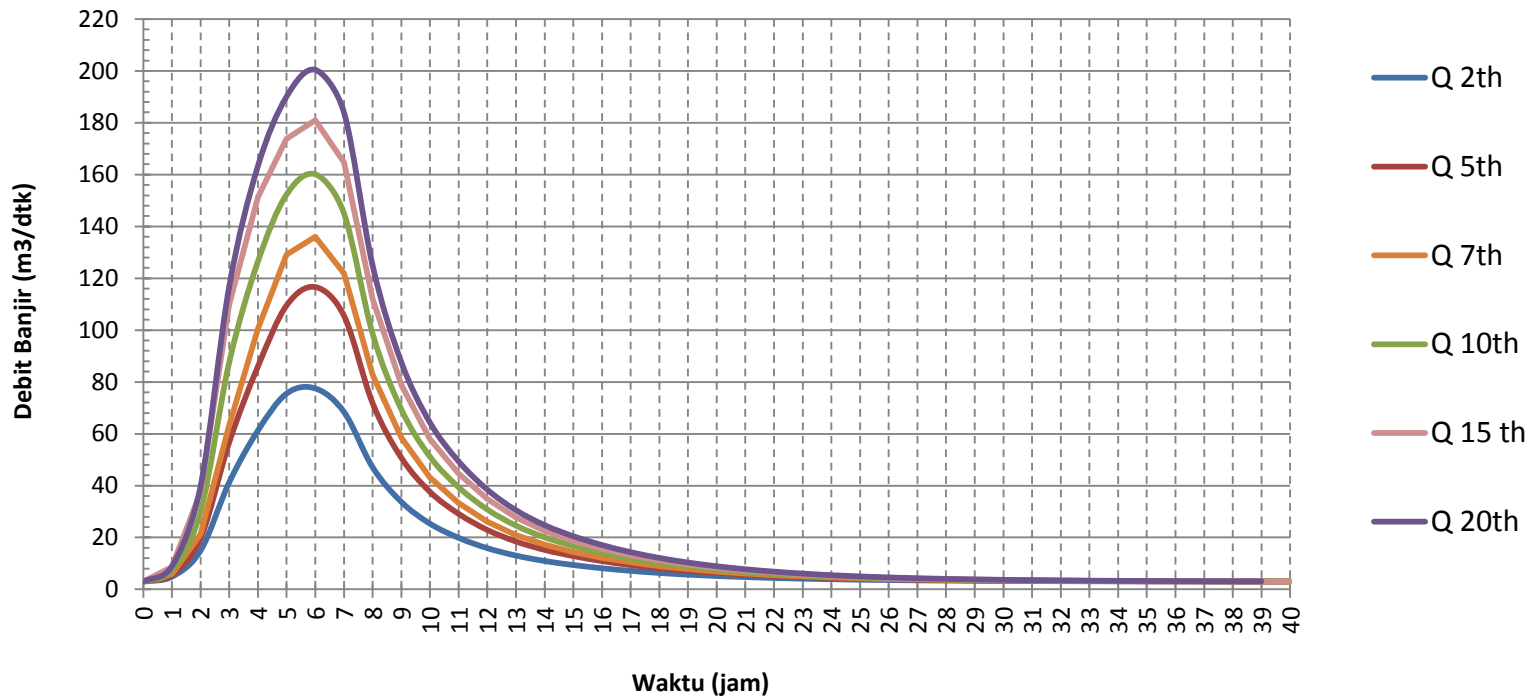
Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan			Base flow Debit banjir			
		14.23	13.34	12.57	11.87	11.25	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
0.0	0.000	0.000				2.981	2.981	
1.0	0.393	5.585	0.000			2.981	8.566	
2.0	2.072	29.476	5.238	0.000		2.981	37.695	
3.0	5.217	74.227	27.647	4.932	0.000	2.981	109.787	
4.0	3.381	48.099	69.621	26.031	4.660	0.000	2.981	151.392
5.0	2.191	31.168	45.114	65.552	24.594	4.416	2.981	173.826
6.0	1.475	20.986	29.234	42.478	61.933	23.307	2.981	180.919
7.0	1.105	15.715	19.684	27.526	40.133	58.692	2.981	164.730
8.0	0.827	11.768	14.740	18.533	26.006	38.033	2.981	112.061
9.0	0.619	8.812	11.038	13.878	17.510	24.645	2.981	78.865
10.0	0.467	6.648	8.265	10.393	13.112	16.594	2.981	57.993
11.0	0.376	5.351	6.235	7.782	9.819	12.426	2.981	44.595
12.0	0.303	4.308	5.019	5.871	7.353	9.305	2.981	34.837
13.0	0.244	3.468	4.041	4.726	5.547	6.968	2.981	27.730
14.0	0.196	2.792	3.253	3.804	4.465	5.257	2.981	22.551
15.0	0.158	2.247	2.618	3.062	3.594	4.231	2.981	18.735
16.0	0.127	1.809	2.108	2.465	2.893	3.406	2.981	15.662
17.0	0.102	1.456	1.697	1.984	2.329	2.742	2.981	13.189
18.0	0.082	1.172	1.366	1.597	1.875	2.207	2.981	11.199
19.0	0.066	0.944	1.099	1.286	1.509	1.777	2.981	9.596
20.0	0.053	0.760	0.885	1.035	1.215	1.430	2.981	8.306
21.0	0.043	0.611	0.712	0.833	0.978	1.151	2.981	7.268
22.0	0.035	0.492	0.573	0.671	0.787	0.927	2.981	6.432
23.0	0.028	0.396	0.462	0.540	0.634	0.746	2.981	5.759
24.0	0.022	0.319	0.372	0.435	0.510	0.601	2.981	5.217
25.0	0.018	0.257	0.299	0.350	0.411	0.483	2.981	4.781
26.0	0.015	0.207	0.241	0.282	0.331	0.389	2.981	4.430
27.0	0.012	0.166	0.194	0.227	0.266	0.313	2.981	4.147
28.0	0.009	0.134	0.156	0.183	0.214	0.252	2.981	3.920
29.0	0.008	0.108	0.126	0.147	0.172	0.203	2.981	3.737
30.0	0.006	0.087	0.101	0.118	0.139	0.163	2.981	3.589
31.0	0.005	0.070	0.081	0.095	0.112	0.132	2.981	3.471
32.0	0.004	0.056	0.066	0.077	0.090	0.106	2.981	3.375
33.0	0.003	0.045	0.053	0.062	0.072	0.085	2.981	3.298
34.0	0.003	0.036	0.042	0.050	0.058	0.069	2.981	3.236
35.0	0.002	0.029	0.034	0.040	0.047	0.055	2.981	3.187
36.0	0.002	0.024	0.028	0.032	0.038	0.044	2.981	3.147
37.0	0.001	0.019	0.022	0.026	0.030	0.036	2.981	3.114
38.0	0.001	0.015	0.018	0.021	0.024	0.029	2.981	3.088
39.0	0.001	0.012	0.014	0.017	0.020	0.023	2.981	3.067
40.0	0.001	0.010	0.014	0.017	0.020	0.023	2.981	3.065

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.78. Hidrograf Banjir Kala Ulang 20 tahun

Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	Akibat Hujan				Base flow Debit banjir	
		15.05	14.45	13.90	13.39	12.91	(m ³ /dt)
0.0	0.000	0.000				2.981	2.981
1.0	0.393	5.909	0.000			2.981	8.890
2.0	2.072	31.188	5.674	0.000		2.981	39.842
3.0	5.217	78.537	29.945	5.456	0.000	2.981	116.920
4.0	3.381	50.892	75.408	28.798	5.255	0.000	163.334
5.0	2.191	32.978	48.865	72.519	27.735	5.068	190.146
6.0	1.475	22.205	31.664	46.992	69.843	26.748	200.433
7.0	1.105	16.628	21.320	30.451	45.258	67.357	183.995
8.0	0.827	12.451	15.965	20.503	29.327	43.648	124.875
9.0	0.619	9.324	11.955	15.353	19.747	28.284	87.644
10.0	0.467	7.034	8.952	11.497	14.787	19.044	64.295
11.0	0.376	5.662	6.754	8.609	11.073	14.261	49.340
12.0	0.303	4.558	5.437	6.495	8.292	10.679	38.441
13.0	0.244	3.669	4.376	5.228	6.255	7.997	30.507
14.0	0.196	2.954	3.523	4.209	5.035	6.033	24.734
15.0	0.158	2.378	2.836	3.388	4.053	4.856	20.492
16.0	0.127	1.914	2.283	2.727	3.263	3.909	17.077
17.0	0.102	1.541	1.838	2.195	2.627	3.147	14.328
18.0	0.082	1.240	1.479	1.767	2.114	2.533	12.115
19.0	0.066	0.998	1.191	1.423	1.702	2.039	10.334
20.0	0.053	0.804	0.959	1.145	1.370	1.641	8.900
21.0	0.043	0.647	0.772	0.922	1.103	1.321	7.746
22.0	0.035	0.521	0.621	0.742	0.888	1.064	6.817
23.0	0.028	0.419	0.500	0.597	0.715	0.856	6.069
24.0	0.022	0.337	0.403	0.481	0.575	0.689	5.466
25.0	0.018	0.272	0.324	0.387	0.463	0.555	4.982
26.0	0.015	0.219	0.261	0.312	0.373	0.447	4.592
27.0	0.012	0.176	0.210	0.251	0.300	0.360	4.277
28.0	0.009	0.142	0.169	0.202	0.242	0.289	4.025
29.0	0.008	0.114	0.136	0.163	0.194	0.233	3.821
30.0	0.006	0.092	0.110	0.131	0.157	0.188	3.657
31.0	0.005	0.074	0.088	0.105	0.126	0.151	3.525
32.0	0.004	0.060	0.071	0.085	0.101	0.122	3.419
33.0	0.003	0.048	0.057	0.068	0.082	0.098	3.334
34.0	0.003	0.039	0.046	0.055	0.066	0.079	3.265
35.0	0.002	0.031	0.037	0.044	0.053	0.063	3.210
36.0	0.002	0.025	0.030	0.036	0.043	0.051	3.165
37.0	0.001	0.020	0.024	0.029	0.034	0.041	3.129
38.0	0.001	0.016	0.019	0.023	0.028	0.033	3.100
40.0	0.001	0.010	0.016	0.019	0.022	0.027	3.074

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.14 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu (I Talbot)

Tabel 4.79 Rekapitulasi Q Rancangan Metode Nakayasu dengan Intensitas Hujan Talbot

Tr	Q (m ³ /detik)
2 th	77.49
5 th	116.62
7 th	136.05
10 th	160.12
15 th	180.92
20 th	200.43

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.80 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan Pemodelan

Tr	Debit Banjir Rancangan (m ³ /detik)		
	Q AWLR	Q Rasional	Q Nakayasu
2 th	80.133	80.112	81.56
5 th	125.602	159.432	160.29
7 th	139.199	182.790	182.89
10 th	162.403	202.568	202.01
15 th	181.687	219.445	218.37
20 th	203.261	228.409	226.99

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.81 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan Talbot

Tr	Debit Banjir Rancangan (m ³ /detik)		
	Q AWLR	Q Rasional	Q Nakayasu
2 th	80.133	87.144	77.49
5 th	125.602	125.846	116.62
7 th	139.199	154.530	136.05
10 th	162.403	166.391	160.12
15 th	181.687	177.485	180.92
20 th	203.261	197.411	200.43

Sumber: Hasil Perhitungan

4.16 Verifikasi Debit Banjir Rancangan

Verifikasi debit banjir rancangan dilakukan menggunakan MAE (*Mean Absolute Error*) untuk mengetahui sejauh mana hasil pemodelan intensitas hujan.

Berikut ini tabel nilai MAE Debit banjir rancangan dari intensitas hujan pemodelan dan intensitas hujan talbot.

Tabel 4.82 Nilai MAE Debit Banjir Rancangan Pemodelan

Tr	$(Q_{\text{model}} - Q_{\text{pengamatan}}) \text{ m}^3/\text{detik}$	
	Rasional	Nakayasu
2 th	0.021	1.430
5 th	33.830	34.688
7 th	43.591	43.688
10 th	40.166	39.612
15 th	37.758	36.686
20 th	25.148	23.733
MAE	30.086	29.973

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.83 Nilai MAE Debit Banjir Rancangan Talbot

Tr	$(Q_{\text{model}} - Q_{\text{pengamatan}}) \text{ m}^3/\text{detik}$	
	Rasional	Nakayasu
2 th	7.012	2.641
5 th	0.243	8.979
7 th	15.331	3.149
10 th	3.988	2.278
15 th	4.201	0.768
20 th	5.850	2.828
MAE	6.104	3.440

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.84 Rekapitulasi Nilai MAE Q rasional dan Q HSS

Metode	MAE	
	Model	Talbot
Rasional	30.086	6.104
HSS	29.973	3.440

Sumber: Hasil Perhitungan

Nilai MAE debit banjir rancangan menggunakan metode HSS Nakayasu lebih rendah daripada metode rasional. Hal tersebut dikarenakan DAS lesti memiliki luas area sebesar 38452.5 hektar. Rumus metode rasional hanya dapat digunakan untuk Sub DAS berukuran kecil. HSS Nakayasu lebih cocok digunakan untuk menghitung debit banjir rancangan pada DAS Lesti karena HSS nakayasu tidak tergantung pada besaran area DAS.

4.17 Pembahasan

➤ Perbedaan Nilai Intensitas Hujan

Perubahan atau pemindaan lokasi stasiun hujan, gangguan lingkungan, kerusakan instrumentasi, ketidaksesuaian prosedur pengukuran seringkali menjadikan adanya perubahan relatif terhadap nilai data hujan yang tercatat. Hal tersebut dapat terlihat dari nilai korelasi dengan kala ulang 10 tahun yang menunjukkan nilai relatif kecil, sedangkan pemilihan stasiun kurang dari tiga pada DAS Lesti ini disebabkan data hujan jam-jaman terbatas.

Perbedaan intensitas hujan juga disebabkan karena luas DAS yang besar serta data yang diolah adalah data hujan jam-jaman, bukan menitan. Jika menitan maka durasi hujan lebih rapat dan kemungkinan menghasilkan pemodelan yang lebih baik. Pengeleompokan data juga berpengaruh dalam proses perhitungan

pemodelan ini. Asumsi dalam pengelompokan data dengan menghilangkan nilai curah hujan 0 yang artinya tidak ada hujan. Penjumlahan pada setiap durasi dilakukan tanpa melihat waktu kejadiannya.

Ada beberapa metode penentuan peluang kejadian dalam analisis statistika yaitu Metode California, Metode Hazen, Metode Bernard dan Bos-Levenbach, serta Metode Weibull. Metode penentuan peluang dalam penelitian ini adalah Metode Weibull karena metode tersebut paling sering digunakan untuk analisis peluang dan periode ulang data hidrologi (Soewarno, 1995). Hal tersebut dapat berpengaruh dalam proses analisis statistika formulasi intensitas hujan.

Keakuratan suatu model peramalan bergantung pada seberapa dekat nilai hasil peramalan terhadap nilai data yang sebenarnya. *Standard error* yang besar menunjukkan adanya ketidaklayakan model yang disusun. Suatu pemodelan dengan pendekatan statistik juga memiliki nilai korelasi untuk mengetahui kuatnya hubungan antara dua variabel atau lebih (Sri Harto, 1993).

Sebagai aturan umum dapat ditentukan bahwa korelasi antara dua variabel adalah lemah apabila $0 \leq [r] \leq 0,5$ dan mempunyai korelasi kuat apabila $0,8 \leq [r] \leq 1$. Nilai korelasi berhubungan dengan reliabilitas. Suatu model dikatakan memiliki reliabilitas yang tinggi apabila, nilai hasil pemodelan itu berkorelasi tinggi dengan nilai pengamatan sendiri.

Reliabilitas (Saifudin Azwar, 2012:7) merupakan penerjemahan dari kata *reliability*. Suatu pengukuran yang mampu menghasilkan data yang memiliki tingkat reliabilitas tinggi disebut sebagai pengukuran yang reliabel (reliable).

Walaupun istilah reliabilitas mempunyai berbagai nama lain seperti konsistensi, keterandalan, keterpercayaan, kestabilan, kejelasan, dan sebagainya, namun

gagasan pokok yang terkandung dalam konsep reliabilitas adalah sejauh mana hasil suatu proses pengukuran dapat dipercaya dengan melihat trend antara model dan pengamatan.

Mean Absolute Error (MAE) digunakan untuk mendeskripsikan kesalahan rata-rata dari kesalahan absolut dalam sebuah pemodelan (C.J. Willmott & Kenji Matsuura, 2005:79-82). Kesalahan yang dimaksud berhubungan dengan validitas model. Gronlund (Sumarna Surapranata, 2009:50), mengatakan bahwa validitas berkaitan dengan hasil suatu alat ukur, menunjukkan tingkatan, dan bersifat khusus sesuai dengan hasil suatu alat ukur, menunjukkan tingkatan, dan bersifat khusus sesuai dengan pengukuran yang akan dilakukan. Para pengembang model memiliki tanggung jawab dalam membuat model yang benar-benar reliabel dan valid. Oleh karena itu validitas dapat digunakan dalam memeriksa secara langsung seberapa jauh suatu alat telah berfungsi.

Validitas (Saifudin Azwar, 2012:8) berasal dari kata *validity* yang mempunyai arti sejauhmana akurasi suatu model atau skala dalam menjalankan fungsi pengukurannya. Pengukuran dikatakan mempunyai validitas yang tinggi apabila menghasilkan data yang secara akurat memberikan gambaran mengenai variabel yang diukur seperti dikehendaki oleh tujuan pengukuran tersebut. Akurat dalam hal ini berarti tepat dan cermat sehingga apabila model menghasilkan data yang tidak relevan dengan tujuan pengukuran maka dikatakan sebagai pengukuran yang memiliki validitas rendah.

➤ **Hubungan Validitas dan Reliabilitas**

Validitas berkaitan dengan kelayakan penafsiran penggunaan skor hasil model, sedangkan reliabilitas berkaitan dengan masalah konsistensi hasil



pengukuran (Nurgiyantoro, 2012:150). Konsistensi berarti tetap trendnya, tidak berubah-ubah. Jika validitas lebih berurusan dengan kelayakan penafsiran terhadap skor hasil model. Reliabilitas berurusan dengan keajegan skor hasil model. Ada keterkaitan antara keduanya.

Reliabilitas atau konsistensi pengukuran dibutuhkan untuk memperoleh hasil yang valid, tetapi reliabilitas dapat diperoleh tanpa harus valid. Oleh karena itu, skor hasil pengukuran dapat mempunyai kualitas reliabel dan valid.

Hasil suatu pengukuran akan dapat dipercaya apabila dalam beberapa kali pelaksanaan pengukuran terhadap kelompok subjek yang sama diperoleh hasil yang relatif sama, selama aspek yang diukur dalam diri subjek memang belum berubah. Dalam hal ini, relatif sama berarti tetap adanya toleransi terhadap perbedaan-perbedaan kecil yang biasanya terjadi di antara hasil beberapa kali pengukuran. Pengukuran yang hasilnya tidak reliabel tentu tidak dapat dikatakan akurat karena konsistensi menjadi syarat bagi akurasi.

➤ **Pemilihan Metode Talbot yang Lebih Sesuai**

Talbot memiliki nilai MAE yang lebih rendah dibanding metode lain dikarenakan persamaan talbot memiliki tetapan-tetapan a dan b yang ditentukan dengan harga-harga terukur serta konstanta tersebut tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di suatu wilayah. Sedangkan persamaan ishiguro terdapat nilai logaritma yang cocok untuk jangka waktu curah hujan lebih dari dua jam. Selain itu terdapat nilai akar pada konstantanya yang membuat nilai intensitas lebih kecil.

➤ **Hasil Debit Banjir Rencana Analisis Frekuensi**

Pada data debit pengamatan AWLR dilakukan pemilihan data debit harian maksimum tahunan. Lalu melakukan perhitungan menggunakan parameter statistik untuk penentuan jenis distribusi yang sesuai. Sebelumnya dilakukan uji outlier, uji keacakan data (uji korelasi *spearman* dan uji *mann whitney*), dan uji stasioner data (Uji F dan Uji T). Dari hasil perhitungan parameter statistik, data debit sesuai dengan distribusi Normal, Gumbel, dan Log Normal.

Selanjutnya dilakukan uji kecocokan dengan menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov dan Chi-Square. Ini dilakukan dengan melihat penyimpangan peluang terbesar antara data pengamatan dengan data teoritis. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa semua tipe sebaran (Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson III) memenuhi syarat Smirnov Kolmogorov karena memiliki nilai D_{max} (selisih peluang terbesar antara distribusi data dan teoritisnya) lebih kecil dari nilai kritis ($D_0=0,309$).

Pengujian Chi Square menunjukkan bahwa semua tipe sebaran (Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson III) memenuhi syarat Chi Square karena memiliki nilai X^2_{Hitung} lebih kecil dari nilai kritis ($X^2_{Kritis}=7,962$). Tipe distribusi Log Normal dipilih dari keempat sebaran yang ada karena memiliki D_{max} paling kecil yaitu 0,108 dan X^2_{Hitung} paling kecil yaitu 1.455. Sehingga debit banjir rencana yang digunakan adalah debit banjir rencana yang mengikuti distribusi Log Normal.

➤ **Debit Banjir Rencana HSS Nakayasu dan Metode Rasional**

Penentuan debit banjir rencana DAS Lesti menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dan Metode Rasional. Untuk menghitung



debit banjir rencana menggunakan metode Rasional terlebih dahulu dilakukan perhitungan waktu konsentrasi menggunakan metode Kirpich. Selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien pengaliran berdasarkan peta tata guna lahan yang ada.

➤ **Faktor yang Mempengaruhi Perbedaan Hasil Debit Banjir Rencana**

Debit banjir rencana berbagai kala ulang untuk setiap metode dipengaruhi juga oleh parameter yang digunakan dalam masing-masing metode. Jenis-jenis parameter yang digunakan dalam setiap metode berpengaruh pada hasil debit banjir rancangan yang didapat, karena memiliki sensitivitas terhadap setiap rumus yang digunakan.

Faktor luas, pengaruh stasiun untuk menentukan curah hujan rata-rata, penentuan hujan jam-jaman, penentuan koefisien pengaliran, parameter hidrograf (α), serta perbedaan antara penentuan hasil intensitas hujan pemodelan dan pengambilan data debit langsung maksimum adalah beberapa faktor yang mempengaruhi sehingga memberikan nilai debit banjir rencana yang berbeda dengan analisis frekuensi data debit langsung. Dalam analisis frekuensi debit memberikan hasil yang lebih kecil dikarenakan dalam perhitungannya tidak dipengaruhi faktor-faktor DAS yang ada.

Hasil analisis menunjukkan bahwa perolehan besaran debit banjir rencana metode HSS Nakayasu lebih mendekati perolehan debit banjir rencana analisis frekuensi. Hal tersebut dikarenakan penggunaan metode rasional lebih cocok untuk DAS dengan ukuran yang kecil.

➤ Kelebihan dan Keterbatasan Hasil Pemodelan

Suatu pemodelan melalui pendekatan statistik tidak selalu memiliki hasil pemodelan yang sangat dekat dengan nilai pengamatan. Ada beberapa faktor yang berpengaruh dalam proses pemodelan. Penelitian pemodelan intensitas hujan pada validasi awal memiliki hasil yang baik ditunjukkan dengan nilai korelasi setiap durasi antara 0.831 hingga 0.985. Koefisien *Nash-sutcliffe* yang dihasilkan antara 99.298 hingga 99.872. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil formulasi baik karena koefisien yang dihasilkan lebih dari 75.

Mean Absolute Error (MAE) digunakan untuk melihat seberapa besar kesalahan rata-rata yang dihasilkan sehingga dapat dilihat nilai akurasinya. Nilai MAE hasil pemodelan antara 1.665 hingga 5.733. Pada kala ulang tertentu yaitu 5 tahun, 7 tahun, dan 10 tahun memiliki nilai MAE yang lebih rendah daripada Metode Talbot.

Perhitungan intensitas hujan rancangan memerlukan data hujan pengamatan sehingga dapat diketahui intensitas hujannya setiap durasi. Adapun beberapa metode yang digunakan seperti talbot, sherman, ishiguro, dan mononobe. Metode tersebut hanya mengandung variabel durasi dan curah hujan sehingga untuk menghitung intensitas hujan rancangan pada kala ulang lain dibutuhkan menghitung curah hujan setiap durasinya pada kala ulang tersebut.

Pemodelan ini memiliki fungsi durasi dan kala ulang serta koefisien-koefisiennya sudah ditentukan sehingga persamaan tersebut lebih sederhana dan dapat digunakan secara cepat. Nilai intensitas hujan setiap durasi harus dihitung terlebih dahulu pada metode talbot, lalu menentukan koefisien a dan b pada setiap kala ulang sehingga membutuhkan proses yang cukup panjang.

Hasil pemodelan intensitas hujan ini memiliki kekurangan yaitu ada beberapa penyimpangan hasil. Hal ini dapat disebabkan oleh asumsi pengelompokan data dengan menghilangkan nilai 0 pada data curah hujan jam-jaman setiap durasi serta jumlah stasiun hujan jam-jaman hanya dua. Perhitungan intensitas hujan pada pemodelan ini menggunakan rata-rata yang berarti hujan turun merata di daerah tersebut. Kenyataannya tidak selalu hujan turun secara merata sehingga biasanya menggunakan poligon thiessen.

Hasil verifikasi melalui debit banjir rancangan menunjukkan nilai yang kurang baik karena ada beberapa faktor yang tidak diperhatikan. Penentuan debit banjir rancangan akan lebih baik jika memperhatikan faktor tanah, perkolasi, infiltrasi, evapotranspirasi, dan penentuan nilai parameter hidrograf melalui metode collins (Hidrograf Satuan Pengamatan). Metode talbot memiliki hasil verifikasi yang lebih baik dibandingkan pemodelan. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai MAE HSS Nakayasu pada pemodelan sebesar 29.973, sedangkan pada metode talbot sebesar 3.440.

Persamaan akhir pola intensitas hujan hasil pemodelan adalah $I_{t,p} = 15,922 e^{-0,025p} + 4,4312e^{-0,012p} (I/t)$, dengan $I_{t,p}$ adalah intensitas hujan (mm/jam); t adalah durasi hujan (jam); dan p adalah probabilitas hujan (%). Prediksi intensitas hujan ($I_{t,p}$) pada sembarang durasi (t ; jam) dan probabilitas hujan (p ; %) dapat dilakukan dengan menggunakan satu persamaan ini. Pemodelan ini memiliki beberapa kelebihan, tetapi pemodelan ini juga memiliki keterbatasan yaitu hanya dapat digunakan untuk DAS yang memiliki karakteristik hampir sama dengan DAS Lesti.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Intensitas hujan DAS Lesti pada durasi 1, 2, 3, 4, dan 5 jam telah memenuhi uji normalitas setelah dilakukan transformasi data yaitu nilai D_{maks} lebih kecil dari D_{kritis} .
2. Persamaan akhir pola intensitas hujan hasil pemodelan pada Sub DAS Lesti Hulu dan Genteng adalah $I_{t,p} = 15,922 e^{-0,025p} + 4,4312e^{-0,012p} \cdot (I/t)$, dengan $I_{t,p}$ adalah intensitas hujan (mm/jam); t adalah durasi hujan (jam); dan p adalah probabilitas hujan (%). Prediksi intensitas hujan ($I_{t,p}$) pada sembarang durasi (t ; jam) dan probabilitas hujan (p ; %) dapat dilakukan dengan menggunakan satu persamaan ini.
3. Hasil perbandingan intensitas hujan antara hasil persamaan model dengan hasil pengamatan menunjukkan hasil yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien *nash-sutcliffe* >75 . Hasil perbandingan intensitas hujan dengan kala ulang 2, 5, 7, 10, 15, 20, 25 dan 50 tahun antara metode Sherman dan Ishiguro dengan hasil pengamatan di Sub DAS Lesti Hulu dan Genteng diperoleh hasil yang kurang baik. Perbandingan MAE intensitas hujan antara persamaan model dan metode talbot dengan hasil pengamatan diperoleh hasil yang cukup baik yaitu antara 0.912 hingga 5.733.
4. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa nilai MAE debit banjir rancangan dari intensitas hujan hasil pemodelan dan metode talbot menggunakan metode HSS Nakayasu lebih rendah daripada metode rasional. Debit banjir rancangan dari intensitas hujan talbot memiliki hasil yang lebih baik daripada pemodelan. Hal



ini ditunjukkan dengan nilai MAE HSS pada pemodelan (29.973) > MAE HSS pada metode talbot (3.440).

5.2. Saran

Beberapa penyimpangan hasil pemodelan intensitas hujan pada penelitian ini disebabkan oleh durasi jam-jaman. Pemilihan durasi sangat berpengaruh terhadap hasil persamaan model intensitas hujan. Harapannya pada penelitian di daerah lain dapat dijadikan sebuah masukan, bahwa penelitian yang akan datang melakukan pemilihan durasi hujan kurang dari 1 jam atau data yang digunakan adalah interval 5 menitan agar memperoleh persamaan yang baik. Selain itu untuk memperoleh verifikasi yang lebih baik diharapkan menggunakan data AWLR jam-jaman agar dapat diperoleh HSS pengamatan collins, dengan demikian hasil verifikasi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. *Peta Interaktif DAS Brantas*. Surabaya: Balai Besar Wilayah Sungai Brantas. <http://Brantas.com/index.php?peta>. (Diakses tanggal 3 Januari 2015)
- Asdak, Chay. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. 1988. *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Hadisusanto, Nugroho. 2010. *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Jogja Mediautama.
- Harto Br, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Juwono, Pitojo dkk. 2013. Pola Penatagunaan Potensi Air di Wilayah Sub DAS Lesti dalam Mendukung Upaya Ketahanan Energi yang Berkelanjutan di PLTA Waduk Sengguruh. *Laporan Akhir*. Universitas Brawijaya
- Limantara, Lily Montarcih. 2010. *Hidrologi Praktis*. Bandung: CV. Lubuk Agung.
- Limantara, L.M. & Widandi Soetopo. 2009. *Statistika Terapan untuk Teknik Pengairan*. Malang: CV Citra Malang.
- Martha W, Joyce, & Adidarma, Wanny. 1993. *Mengenal Dasar – dasar Hidrologi*. Bandung: Nova.
- Soekarno, Indratmo & Dede Rohmat. 2006. Persamaan Pola Intensitas Hujan Fungsi dari Durasi dan Probabilitas Hujan untuk Kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Bagian Hulu (Kasus DAS Cimanuk - Jawa Barat). *Jurnal Media Komunikasi BMPTTSSI*. 2006:48-66
- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung : Nova.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analiasa Data Jilid I*, Bandung: Nova.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analiasa Data Jilid II*, Bandung: Nova.
- Soewarno, 2000. *Hidrologi Operasional – Jilid Kesatu*. Bandung: PT. Citra Aditya Bakti.



Sosrodarsono, Suyono, & Kensaku Takeda. 2006. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.

Wardoyo, Wasis. 2009. Pergeseran Besaran Hujan Rencana Berdasar pada Evaluasi Data Hujan Rentang Sepuluh Tahunan. Jurnal hasil *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah 2009* (A-299 – A-304). Surabaya: Teknik Sipil, ITS.

Willmott, C.J. & Kenji Matsuura. 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Journal of Climate Research Vol 30*: 79-82.