

**PEMILIHAN HUJAN RENCANA
DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI PANJANGDATA
PADA DAS BENGAWAN SOLO HULU**

*The Selection of Design Rainfall Using Variation of Data Length
for Upper Bengawan Solo River Watershed*

TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret



Disusun Oleh :

DINA NUR FEBRIANI

NIM : I 0108087

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

SURAKARTA

commit to user

2012

MOTTO

Kun Fayakun

Colour Your Dream



commit to user

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini dipersembahkan untuk:

**ALLAH SWT, I TRUST U, PLEASE ALWAYS GUIDE ME AND
THANKS FOR THIS WONDERFUL LIFE, BLESS ME**

Johar Karya(Papa,Mama,mbak Vivie dan mbak Hilda)

Terima kasih Papa karena menjadi role model saya, dan mama yang selalu mengajarkan bagaimana menjadi wanita kuat, dan mbak Vivie yang selalu positif serta ceria, tentunya mbak Hilda yang pintar

Terima kasih untuk motivasi, dorongan serta DOA, love you all, we
always be a great family ☺

Abdul Razaq, ST yang sangat sabar menemani dan membimbing saya, I can't promise the future but I always do my best for us

Mas Hanang, Mas Mita, Nada yang memperindah keluarga Johar

Karya

Ajeng, Ita, Reska, Tiara, Yunita, Dayu, Irvan terima kasih karena selalu ada untuk saya.

Teman-teman Sipil angkatan 2008, KG terima kasih atas waktu kebersamaan dalam bab hidup saya.

commit to user

ABSTRAK

Dina Nur Febriani, 2012, Pemilihan Hujan Rencana Dengan Menggunakan Variasi Panjang Data Pada Das Bengawan Solo Hulu. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

DAS Bengawan Solo merupakan salah satu DAS yang memiliki posisi penting di Pulau Jawa. Pada DAS Bengawan Solo, perubahan iklim menyebabkan terjadinya fluktuasi debit sungai yang mencolok antara musim hujan dan musim kemarau. Berdasarkan hal tersebut, informasi tentang rentang waktu data hujan untuk menghasilkan prediksi hujan rencana sangatlah penting. Penelitian ini membahas pengaruh perubahan curah hujan dengan melihat karakteristik hujan yang terjadi melalui data pencatatan hujan, yang kemudian dapat digunakan untuk memperkirakan hujan rencana. Hasil akhir yang diinginkan adalah diketahuinya data hujan pada rentang waktu manakah yang bisa mewakili prediksi hujan rencana terbaik sehingga selanjutnya analisis pengendalian banjir dapat dilakukan dengan baik.

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Analisis kepengangahan data hujan dilakukan menggunakan uji RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Pembuatan poligon Thiessen menggunakan program SIG. Karakteristik hujan dapat dilihat dari kecenderungan hujan harian maksimum wilayah dan hujan tahunan. Analisis dilakukan terhadap tiga variasi panjang data yaitu 20, 15 serta 10 tahun terakhir. Pengujian validitas distribusi hujan menggunakan metode Smirnov Kolmogorov.

Hasil analisis menunjukkan bahwa delapan stasiun hujan terpilih pada DAS Bengawan Solo Hulu hingga titik kontrol Jurug mempunyai data yang pangkah. Pada analisis hujan wilayah dari data hujan harian maksimum mempunyai kecenderungan naik di semua variasi. Kecenderungan naik tertinggi terdapat pada variasi panjang data 15 tahun terakhir. Pada analisis hujan wilayah dari data hujan tahunan mempunyai kecenderungan turun pada 20 tahun terakhir, dan kecenderungan naik pada 15 dan 10 tahun terakhir. Kecenderungan naik tertinggi terdapat pada variasi panjang data 10 tahun terakhir. Dari ketiga variasi panjang data berupa 20, 15 dan 10 tahun terakhir, hanya variasi panjang data 10 tahun terakhir yang memenuhi uji Smirnov-Kolmogorov. Prediksi hujan rencana pada ketiga variasi panjang data menunjukkan bahwa hasil tertinggi terjadi pada variasi panjang data 10 tahun terakhir.

Kata Kunci: karakteristik hujan, hujan rencana, variasi panjang data.

commit to user

ABSTRACT

Dina Nur Febriani, 2012, *The Selection of Design Rainfall Using Variation of Data Length for Upper Bengawan Solo River Watershed*. Final Paper, Sebelas Maret University Surakarta, Faculty of Technique Majoring Civil Engineering.

Bengawan Solo Watershed becomes one of watersheds which has strategic location in Java island. In Bengawan Solo Watershed, the change of climates causes the fluctuation of river discharge between raining season and dry season. Due to this matter, the information towards rainy data time span, in the process of predicting the design rainfall, becomes so important. This study discusses the rainfall changes effect based on the rain characteristic, seen from rain data record. This record is used to predict design rainfall. The purpose of this research is examining which rainfall data on a certain time span to result in the highest design rainfall presented. Further, the analysis of flood control can be done optimally.

The method used in this research is descriptive quantitative. Analyze of rainfall data validation is RAPS Test (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). The average watershed rainfall using the Thiessen method is made from GIS program. Rainfall characteristics are seen from the line tendency of watershed rainfall for maximum daily rainfall data and the annual rainfall data. This analysis is divided into three variation. There are the last ten, fifteen, twenty years data length variations. Rainfall distribution validity test is Smirnov Kolmogorov test.

The result of the research shows that the rainfall data of eight recording station of Bengawan Solo Watersheds, from upper watersheds to Jurug control point, has accepted. On the watershed rainfall analysis, the maximum daily rainfall data has an increase tendency for all variations of time span. The highest increasing point is seen from the last fifteen years of data length variation. Annual rainfall data analysis shows the decreasing tendency on the last twenty years time span, but increasing on ten and fifteen years time span. The highest increasing point can be seen for the last ten years data length variation. For distribution test of rainfall data, the last ten years of data length variation has passed from Smirnov-Kolmogorov test. Design rainfall prediction on these variations show that the last ten years data length variation has the highest result.

Keywords : rainfall characteristics, data length variation, design rainfall,

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan ijin dan kuasanya kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Tugas akhir dengan judul “Pemilihan Hujan Rencana Dengan Menggunakan Variasi Panjang Data Pada Das Bengawan Solo Hulu” merupakan salah satu syarat dalam meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Bambang Santosa, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil.
2. Prof. Dr. Ir. Sobriyah, MS selaku Dosen Pembimbing Skripsi I.
3. Ir. Susilowati, MSi selaku Dosen Pembimbing Skripsi II.
4. Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo yang telah memberikan data yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir.
5. Ir. Budi Laksito selaku Pembimbing Akademik.
6. Abdul Razaq, ST atas bantuannya dalam belajar GIS.
7. Semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini dan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Segala kekurangan dan keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis menyebabkan kekurangsempurnaan tersebut. Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, dan bagi pembaca pada umumnya.

Surakarta, Juli 2012

commit to user

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS).....	5
2.2.2 Hujan.....	5
2.2.3 Kualitas Data Hujan.....	5
2.2.4 Seri Data Hidrologi.....	7
2.2.5 Karakteristik Hujan.....	7
2.2.6 Analisis Regresi.....	8
2.2.7 Analisis Frekuensi.....	9
2.2.8 Hujan Rencana.....	13

2.2.9	SIG	13
METODE PENELITIAN		16
3.1	Metode Penelitian	16
3.2	Lokasi Penelitian	16
3.3	Data yang Dibutuhkan	17
3.4	Alat yang Digunakan	17
3.5	Tahapan Penelitian	17
3.6	Diagram Alir Tahapan Penelitian	18
ANALISIS DAN PEMBAHASAN		19
4.1	Uji Kepenggunaan Data	19
4.2	Hujan Wilayah	21
4.2.1	Hujan Harian Maksimum Tahunan	22
4.2.2	Hujan Tahunan	26
4.3	Analisis Frekuensi	29
4.3.2	Tes Jenis Distribusi	35
4.3.3	Analisis Statistik Log Pearson III	37
4.4	Uji Smirnov Kolmogorov	40
4.4.1	Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir	40
4.4.2	Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Variasi Panjang Data 15Tahun Terakhir	41
4.4.3	Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Variasi Panjang Data 10Tahun Terakhir	43
4.5	Hujan Rencana	43
4.5.1	Perhitungan Hujan Rencana pada Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir	43
4.5.2	Perhitungan Hujan Rencana pada Variasi Panjang Data 15Tahun Terakhir	44
4.5.3	Perhitungan Hujan Rencana pada Variasi Panjang Data 10 Tahun Terakhir	45
KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	48

commit to user

DAFTAR PUSTAKA 49



commit to user

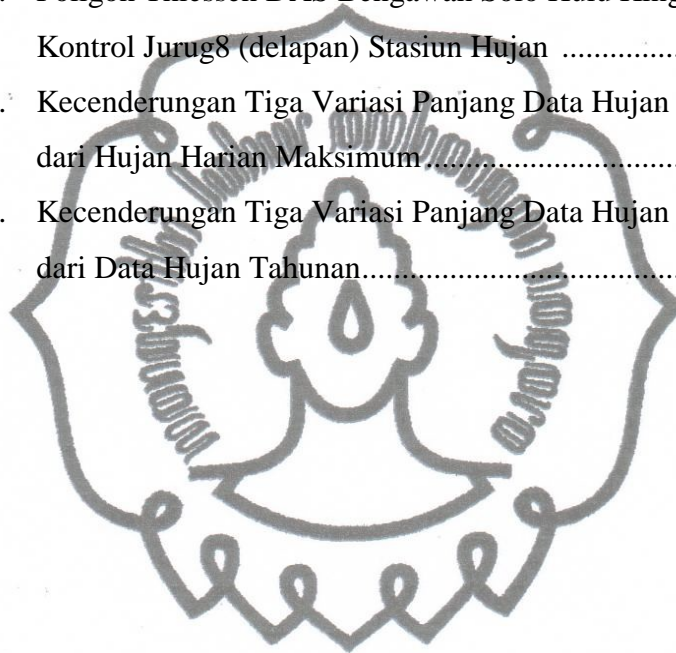
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai kritik Q dan R.....	6
Tabel 2.2. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi.....	12
Tabel 2.3. Nilai Δ cr Uji Smirnov Kolmogorov	13
Tabel 4.1. Data Hujan Tahunan Stasiun Hujan di DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug.	19
Tabel 4.2. Uji Kepenggahan pada Stasiun Pencatat Hujan Baturetno	20
Tabel 4.3. Hasil Uji Kepenggahan DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug.....	21
Tabel 4.4. Data Hujan Harian Maksimum Tahunan DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug(mm).....	22
Tabel 4.5. Hujan Harian Maksimum Wilayah pada DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug.....	23
Tabel 4.6. Data Hujan Tahunan DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug(mm).....	26
Tabel 4.7. Hujan Wilayah dari Data Hujan Tahunan pada DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug.....	27
Tabel 4.8. Perhitungan Analisis Statistik Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir.....	30
Tabel 4.9. Perhitungan Analisis Statistik Variasi Panjang Data 15 Tahun Terakhir.....	31
Tabel 4.10. Perhitungan Analisis Statistik Variasi Panjang Data 10 Tahun Terakhir.....	32
Tabel 4.11. Perhitungan Analisis Statistik (Nilai Ln) Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir	33
Tabel 4.12. Perhitungan Analisis Statistik (Nilai Ln) Variasi Panjang Data 15 Tahun Terakhir	34
Tabel 4.13. Perhitungan Analisis Statistik (Nilai Ln) Variasi Panjang Data 10 Tahun Terakhir	35
Tabel 4.14. Pemilihan Jenis Distribusi Stasiun Hujan 20 Tahun Terakhir.	36
Tabel 4.15. Pemilihan Jenis Distribusi Stasiun Hujan 15 Tahun Terakhir.	36

Tabel 4.16. Pemilihan Jenis Distribusi Stasiun Hujan 10Tahun Terakhir.	36
Tabel 4.17. Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir	37
Tabel 4.18. Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang Data 15 Tahun Terakhir	38
Tabel 4.19. Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang Data 10 Tahun Terakhir	40
Tabel 4.20. Uji Smirnov Kolmogorov Panjang Data 20 Tahun Terakhir	41
Tabel 4.21. Uji Smirnov Kolmogorov Panjang Data 15 Tahun Terakhir 42	
Tabel 4.22. Uji Smirnov Kolmogorov Panjang Data 10 Tahun Terakhir	43
Tabel 4.23. Hujan Rencana dengan Berbagai Kala Ulang pada Variasi Panjang Data 20 Tahun	44
Tabel 4.24. Hujan Rencana dengan Berbagai Kala Ulang pada Variasi Panjang Data 15 Tahun	45
Tabel 4.25. Hujan Rencana dengan Berbagai Kala Ulang pada Variasi Panjang Data 10 Tahun	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Metode Thiessen.....	8
Gambar 3.1.	Peta DAS Bengawan Solo Hulu	16
Gambar 3.2.	Diagram Alir Tahapan Penelitian	18
Gambar 4.1.	Poligon Thiessen DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug8 (delapan) Stasiun Hujan	21
Gambar 4.2.	Kecenderungan Tiga Variasi Panjang Data Hujan Wilayah dari Hujan Harian Maksimum	25
Gambar 4.3.	Kecenderungan Tiga Variasi Panjang Data Hujan Wilayah dari Data Hujan Tahunan.....	28



DAFTAR NOTASI

a	Konstansta
A_i	Luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,...,n (km ²)
b	Koefisien regresi
C_k	Koefisien kurtosis
C_s	Koefisien skewness
C_v	Koefisien variasi
G	Faktor frekuensi
n	Jumlah data
p	Probabilitas
\bar{R}	Hujan rerata kawasan (mm)
R_i	Hujan masing-masing stasiun pencatat hujan (mm)
R_T	Hujan dengan kala ulang T tahun
S	Standar deviasi
S_k^*	Kumulatif hujan dikurangi nilai rata-rata (mm)
S_k^{**}	S_k^* - standar deviasi (mm)
T	Kala ulang (tahun)
X	Variabel bebas
X_i	Data ke-i
\bar{X}	Nilai rata-rata
Y	Nilai yang diramalkan
z	Satuan standar.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air adalah sumberdaya alam yang selalu terjaga kuantitasnya dan tidak akan pernah habis. Secara keseluruhan, jumlah air di bumi relatif tetap dari masa ke masa. Keadaan ini disebabkan karena adanya siklus hidrologi air yang menjamin air selalu dalam kondisi terbarukan. Siklus hidrologi merupakan proses yang dilalui air dari atmosfer ke muka bumi dan kembali lagi ke atmosfer. Evaporasi dari tanah, laut, sungai, atau air permukaan terkondensasi membentuk awan yang selanjutnya terjadi presipitasi ke permukaan bumi.

Siklus hidrologi sangat dipengaruhi oleh iklim. Oleh karena itu, keberadaan air di bumi dalam skala jumlah, agihan, dan waktu berbeda. Perubahan iklim ditandai dengan perubahan dua faktor meteorologi penting, yaitu temperatur dan curah hujan, yang kemudian dapat menyebabkan kenaikan temperatur muka air laut. Perubahan temperatur ini akan menyebabkan perubahan variabel atmosfer lainnya, yang pada akhirnya akan menyebabkan perubahan curah hujan.

DAS Bengawan Solo merupakan salah satu DAS yang memiliki posisi penting di Pulau Jawa. Pada DAS Bengawan Solo, perubahan iklim menyebabkan terjadinya fluktuasi debit sungai yang mencolok antara musim hujan dan musim kemarau (Imam Soedrajat). Analisis pengendalian banjir dapat dilakukan dengan menggunakan data debit sungai maupun curah hujan. Stasiun hujan di DAS Bengawan Solo cukup banyak, sehingga dapat digunakan untuk analisis pengendalian banjir dengan memprediksi besarnya aliran dari data hujan yang ada. Oleh karena itu, informasi tentang rentang waktu data hujan untuk menghasilkan prediksi hujan rencana yang tepat sangatlah penting.

commit to user

DAS Bengawan Solo terdiri dari Sub DAS Bengawan Solo Hulu, Sub DAS Kali Madiun, serta Sub DAS Bengawan Solo Hilir. DAS Bengawan Solo Hulu meliputi daerah dari Wonogiri hingga batasan Ngawi. Banjir di Kota Surakarta dipengaruhi oleh DAS Bengawan Solo Hulu dengan titik kontrol Jurug. Pada DAS bengawan Solo terdapat banyak stasiun hujan, namun tidak semuanya memiliki data yang lengkap pada rentang waktu yang diperlukan sehingga dilakukan pemilihan stasiun hujan.

Penelitian ini membahas pengaruh perubahan curah hujan dengan melihat karakteristik hujan yang terjadi melalui data pencatatan hujan, yang ditinjau pada rentang tertentu. Hasil akhir yang diinginkan adalah dapat mengetahui data hujan pada rentang waktu manakah yang bisa memberikan prediksi hujan rencana tertinggi. Hujan rencana yang tepat dapat digunakan dalam analisis pengendalian banjir dengan baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas data hujan terpilih yang ada pada DAS Bengawan Solo Hulu?
2. Bagaimana karakteristik hujan yang terjadi di DAS Bengawan Solo Hulu dengan rentang waktu dua puluh, lima belas serta sepuluh tahun terakhir?
3. Data hujan dalam rentang waktu manakah yang menghasilkan prediksi hujan rencana tertinggi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian adalah DAS Bengawan Solo Hulu dengan batasan hingga titik kontrol Jurug.
2. Jika ada data hujan yang hilang dan tidak diisi maka tidak dipakai.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kualitas data hujan terpilih yang ada pada DAS Bengawan Solo Hulu.
2. Mengetahui karakteristik hujan yang terjadi di DAS Bengawan Solo Hulu dengan rentang waktu dua puluh, lima belas serta sepuluh tahun terakhir.
3. Mengetahui rentang waktu data hujan yang memberikan prediksi hujan rencana tertinggi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat teoritis: memberikan informasi keilmuan dalam bidang teknik sipil khususnya mengenai hidrologi, yaitu karakteristik hujan yang terjadi pada suatu DAS.
2. Manfaat praktis: memberikan informasi rentang waktu data hujan yang menghasilkan prediksi hujan rencana tertinggi sehingga dapat digunakan dalam analisis pengendalian banjir.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Peningkatan suhu global diperkirakan membuat perubahan pola curah hujan. Meskipun sering terjadi perbedaan pendapat mengenai curah hujan ekstrim yang menyebabkan banjir di daerah perkotaan dan pedesaan cenderung menjadi lebih sering, belum jelas apakah kenaikan yang diperkirakan terjadi untuk semua curah hujan dan limpasan. Studi tentang analisis statistik curah hujan ekstrim dilakukan oleh H.-R. Verworn, dkk (2008) menyatakan bahwa perubahan curah hujan total musim panas mempunyai kecenderungan meningkat namun tidak signifikan. Sedangkan pada perubahan curah hujan total musim dingin terjadi peningkatan yang cukup signifikan.

Penelitian mengenai perubahan curah hujan juga dilakukan oleh Ina Juaeni, dkk (2006) dalam Kajian Perubahan Curah Hujan di Jakarta dan Semarang. Hasil dalam penelitian tersebut adalah data lokal curah hujan Jakarta menunjukkan bahwa curah hujan sekarang (1990 - 2004) berkurang sebesar 16.1311 mm/bulan terhadap rata-rata periode 30 tahun terakhir (1961-1990). Curah hujan Semarang berkurang sebesar 1.78396 mm/bulan. Dengan demikian ada kecenderungan terjadi perubahan iklim di Jakarta dan Semarang berdasarkan analisis data curah hujan

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh gunung atau pegunungan dari satu titik ke titik-titik berikutnya dan akan kembali ke titik semula. Hujan yang turun di DAS akan mengalir atau melimpas ke sungai utama di DAS tersebut (Bambang Triatmodjo, 2008).

2.2.2 Hujan

Presipitasi merupakan proses turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi dimana dapat berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Di Indonesia terlebih di Pulau Jawa, hujan merupakan komponen terbesar dalam presipitasi sehingga sering kali hujanlah yang dianggap sebagai presipitasi (Bambang Triatmodjo, 2008).

2.2.3 Kualitas Data Hujan

Sri Harto (1993) menyatakan bahwa besaran hujan merupakan masukan terpenting dalam analisis transformasi hujan-aliran, sehingga dapat dipahami apabila kesalahan yang terbawa dalam data hujan terlalu besar maka hasil analisisnya pantas diragukan. Oleh karena itu perlu dilakukan uji kualitas data hujan.

2.2.3.1. Kepanggahan

Sebelum data hujan dipergunakan, harus dilakukan uji konsistensi data di mana data yang tidak sesuai akibat kesalahan pencatatan dan gangguan alat pencatat perlu dikoreksi dan data yang hilang/kosong di isi dengan menggunakan pembandingan pos hujan sekitar yang terdekat.

Uji kepanggahan dapat dilakukan dengan cara *Double Mass Curve* dan RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Metode RAPS lebih mudah digunakan karena

tidak harus membandingkan satu stasiun hujan dengan total stasiun hujan lainnya secara satu persatu seperti cara *Double Mass Curve*.

Dalam metode RAPS, bila Q/\sqrt{n} yang didapat lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai, maka data dinyatakan panggah. Uji kepanggaan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{S}, \text{ dengan } k = 0, 1, 2, 3, \dots, n \tag{2.1}$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \tag{2.2}$$

dengan:

- X_i = data ke- i ,
- \bar{X} = nilai rata-rata,
- S = standar deviasi,
- S_k^* = kumulatif hujan dikurangi nilai rata-rata(mm)
- S_k^{**} = S_k^* - standar deviasi (mm)
- n = jumlah data.

Untuk uji kepanggaan digunakan cara statistik:

$$Q = \text{maks} |S_k^{**}|, 0 \leq k \leq n, \text{ atau} \tag{2.3}$$

$$R = \text{maksimum} S_k^{**} - \text{minimum} S_k^{**}, \text{ dengan } 0 \leq k \leq n \tag{2.4}$$

Nilai kritik Q dan R ditunjukkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1. Nilai kritik Q dan R

n	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50	1.70
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86
∞	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2.00

Sumber: Sri Harto,2008

2.2.4 Seri Data Hidrologi

Bambang Triatmodjo (2008) menyatakan bahwa seri data hidrologi dilakukan dengan cara *annual maximum series*, dimana menurut metode ini digunakan apabila tersedia data debit atau hujan minimal 10 tahun runtut waktu. Tipe ini adalah dengan memilih satu data maksimum setiap tahun. Hanya ada satu data dalam satu tahun. Dengan cara ini, data terbesar kedua dalam suatu tahun yang mungkin lebih dari data maksimum pada tahun yang lain tidak diperhitungkan.

2.2.5 Karakteristik Hujan

Dalam analisis hidrologi sering diperlukan metode untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, adapun tiga metode tersebut berupa Metode rerata aritmatik (aljabar), metode Thiessen dan metode Isohyet. Metode Thiessen lebih mudah dari Metode Isohyet yang membutuhkan keahlian khusus, sedangkan metode Aljabar terlalu sederhana karena tidak memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya.

2.2.5.1 Metode Thiessen

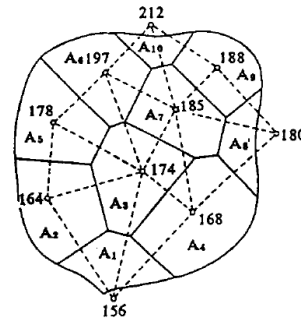
Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila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

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.7)$$

dengan :

- \bar{R} = hujan rerata kawasan,
- R_1, R_2, \dots, R_n = hujan di stasiun 1, 2, ..., n,
- n = jumlah data,
- A_i = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n,

Metode Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rerata kawasan. Apabila terdapat penambahan jumlah stasiun hujan, ataupun perubahan letak stasiun hujan, maka harus dibuat poligon yang baru. Contoh gambar Poligon Thiessen dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Poligon Thiessen

2.2.6 Analisis Regresi

Analisis Regresi merupakan salah satu analisis statistik yang cukup penting dan berkaitan dengan masalah pemodelan matematik, serta mempunyai manfaat yang cukup besar bagi pengambilan keputusan. Analisis regresi merupakan studi ketergantungan satu atau lebih variabel bebas terhadap variabel tidak bebas. Dengan maksud untuk meramalkan nilai variabel tidak bebas.

Salah satu persamaan regresi yang biasa digunakan adalah regresi linier. Adapun persamaan regresi linier sederhana adalah:

$$Y = a + bX \quad (2.8)$$

dengan:

- Y = nilai yang diramalkan,
- a = konstansta,
- b = koefesien regresi,
- X = variabel bebas.

dimana :

$$b = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \quad (2.9)$$

$$a = \frac{(\sum Y_i) - b(\sum X_i)}{n} \quad (2.10)$$

2.2.7 Analisis Frekuensi

Analisis data hujan dimaksudkan untuk menentukan besarnya hujan rancangan. Analisis ini meliputi beberapa tahapan hitungan antara lain hitungan hujan wilayah daerah aliran sungai (DAS) diikuti dengan analisis frekuensi. Hujan rancangan untuk daerah yang ditinjau dapat diperkirakan dengan analisis frekuensi pada rangkaian data hujan.

Dengan menghitung parameter statistik seperti nilai rerata, standar deviasi, koefisien variasi, dan koefisien skewness dari data yang ada serta diikuti dengan uji statistik, maka distribusi probabilitas hujan yang sesuai dapat ditentukan.

Rumus-rumus statistik yang digunakan untuk menentukan jenis distribusi probabilitas tersebut adalah sebagai berikut.

$$\text{Standar deviasi, } S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad (2.11)$$

$$\text{Koefisien skewness, } Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3 \quad (2.12)$$

$$\text{Koefisien variasi, } Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.13)$$

$$\text{Koefisien kurtosis, } Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4 \quad (2.14)$$

dengan:

- n = jumlah data,
- \bar{X} = nilai rata-rata,
- S = standar deviasi.
- x_i = data ke-i

Ada beberapa distribusi dalam analisis hidrologi antara lain distribusi Normal, Log-Normal, *extreme value Type I* (Gumbel), dan Log-Pearson III. Dalam

praktek, distribusi probabilitas yang benar sulit diketahui, maka untuk menjelaskan fenomena yang terkait perlu dilakukan pemilihan jenis distribusi yang sesuai melalui pendekatan statistik.

2.2.7.1 Distribusi Normal

Persamaan yang dipakai dalam distribusi normal adalah:

$$p(X) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-\bar{X})^2}{2S^2}} \quad (2.15)$$

Apabila variabel X ditulis dalam bentuk berikut :

$$z = \frac{X - \bar{X}}{S} \quad (2.16)$$

maka persamaan (2.15) menjadi:

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (2.17)$$

dengan:

- X = variabel bebas,
- p = probabilitas,
- S = standar deviasi,
- \bar{X} = nilai rata-rata,
- z = satuan standar.

Sifat-sifat distribusi Normal adalah nilai koefisien kemelencengan (skewness) mendekati nol ($C_s \approx 0$) dan nilai koefisien kurtosis mendekati tiga ($C_k \approx 3$). Selain itu terdapat sifat-sifat distribusi frekuensi kumulatif berikut ini:

$$P(\bar{x} - s) = 15,87\%$$

$$P(\bar{x}) = 50\%$$

$$P(\bar{x} + s) = 84,14\%$$

2.2.7.2 Distribusi Log-Normal

Distribusi Log-Normal digunakan apabila nilai-nilai dari variabel random tidak mengikuti distribusi Normal, tetapi nilai logaritmanya memenuhi distribusi Normal. Sifat-sifat distribusi Log-Normal adalah sebagai berikut:

$$\text{Koefisien kemelencengan} \quad : C_s = C_v^3 + 3C_v \quad (2.18)$$

$$\text{Koefisien kurtosis} \quad : C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 \quad (2.19)$$

2.2.7.3 Distribusi Gumbel

Persamaan yang dipakai dalam distribusi Gumbel adalah:

$$G = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 5,772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} \quad (2.20)$$

dengan:

G = faktor frekuensi,
 T = kala ulang.

Distribusi gumbel mempunyai sifat:

Koefisien kemelencengan : $C_s = 1,14$

Koefisien kurtosis : $C_k = 5,4$

2.2.7.4 Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson III digunakan apabila parameter statistik tidak sesuai dengan model distribusi yang lain. Penggunaan metode Log Pearson III dilakukan dengan menggunakan langkah-langkah:

1. Data hujan maksimum tahunan disusun dalam tabel.
2. Menghitung nilai logaritma dari data tersebut dengan transformasi:
 $y_i = \ln x_i$ atau $y_i = \log x_i$
3. Menghitung nilai rerata $\ln x_i$, standar deviasi dan koefisien kemelencengan dari nilai logaritma y_i .
4. Menghitung nilai hujan rencana sesuai rumus selanjutnya dengan ketentuan menghitung nilai anti-lognya.

Bambang Triatmodjo (2008) memberikan penentuan jenis distribusi berdasarkan parameter statistik sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

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

Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008.

Untuk memilih distribusi yang sesuai dengan data yang ada, perlu dilakukan uji statistik. Pengujian dapat dilakukan dengan uji Smirnov-Kolmogorov dan Chi-Square.

2.2.7.5 Uji Smirnov-Kolmogorov

Langkah yang dipakai dalam uji Smirnov Kolmogorov adalah sebagai berikut :

- Mengisi kolom X dengan hujan wilayah dari data hujan harian maksimum tahunan, kemudian diurutkan dari nilai terkecil ke nilai terbesar.
- Kolom S_n (%) dihitung dengan cara mengalikan nomer urut nilai X dengan 100 kemudian dibagi dengan jumlah data yang ditambah 1.
- Kolom Log X_i dihitung dengan operasi logaritma terhadap nilai X.
- Kolom G dihitung dengan cara mengurangi nilai Log X dengan nilai rata-rata Log X kemudian dibagi dengan nilai Standar Deviasi. Perhitungan nilai Standar Deviasi sesuai dengan persamaan 2.11.
- Kolom Pr dihitung dengan menginterpolasi nilai dari koefisien C_s sesuai dengan nilai G yang didapat dari perhitungan sebelumnya.
- Kolom $P(x)$ dihitung dari pengurangan nilai Pr dengan 100.
- Kolom $[S_n(x) - P(x)]$ dihitung dengan cara mengurangi nilai $S_n(x)$ dengan nilai $P(x)$ secara absolut.

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai Δ maksimum, yaitu selisih maksimum antara plot data dengan garis teoritis pada kertas probabilitas. Nilai

Δ kritis (Δ_{cr} , *Smirnov Kolmogorov Test*) tergantung dari jumlah data (n) dan derajat kegagalan (α). Nilai Δ_{cr} ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.3. Nilai Δ_{cr} Uji Smirnov Kolmogorov

$n \setminus \alpha$	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$N > 50$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Sumber : Bonnier, 1980.

2.2.8 Hujan Rencana

Berdasarkan nilai parameter statistik dari data yang ada dan setelah dipilih jenis distribusi probabilitas hujan yang cocok sesuai hasil uji statistik, hujan rancangan kemudian dihitung dengan rumus berikut:

$$R_T = \bar{X} + G \cdot S \quad (2.21)$$

dengan:

- R_T = tinggi hujan dengan kala ulang T tahun,
- \bar{X} = tinggi hujan rerata,
- G = faktor frekuensi, merupakan fungsi jenis distribusi dan kala ulang.
- S = standar deviasi.

2.2.9 SIG

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem informasi berbasis komputer untuk menyimpan, mengelola dan menganalisa, serta memanggil data bereferensi geografis. (Stand Aronof, 1993). Dengan memanfaatkan SIG akan memberikan kemudahan kepada para pengguna atau para pengambil keputusan untuk menentukan kebijaksanaan yang akan diambil, khususnya yang berkaitan dengan aspek keruangan (spasial).

Pemanfaatan SIG saat ini tidak hanya oleh para ahli geografi, tetapi juga dimanfaatkan oleh bidang keilmuan lainnya, seperti ilmu-ilmu kebumihan, perencanaan, pertanian, perikanan, kehutanan, dan lain-lain. Pada saat ini hampir semua bidang ilmu memerlukan SIG, misalnya SIG untuk pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan, SIG untuk perencanaan wilayah, SIG untuk pengelolaan hutan, SIG untuk pengelolaan pertanian, SIG untuk pengelolaan daerah aliran sungai, SIG untuk penanganan bencana alam, dan yang lainnya.

Kaitannya dengan hidrologi, SIG merupakan alat analisis yang handal. Pemanfaatan SIG menjadi bagian penting dan mampu memberikan analisis serta kesimpulan yang bisa diandalkan. Salah satunya adalah pembuatan Poligon Thiessen. Pembuatan poligon Thiessen dalam SIG memerlukan data berupa koordinat stasiun hujan dan wilayah DAS yang ditinjau.

Untuk menghitung luasan Poligon Thiessen dengan menggunakan program SIG adalah sebagai berikut:

1. Memotong DAS yang ditinjau. Pemotongan dilakukan dengan mengikuti alur topografi sesuai dengan peta kontur yang ada. Hasilnya, daerah yang baru merupakan daerah tangkapan hujan yang masuk ke aliran Sungai DAS tersebut.
2. Memilih titik-titik stasiun hujan yang akan digunakan pada penelitian ini dan menghapus titik-titik stasiun hujan yang tidak digunakan dalam analisis.
3. Membuka Arc Toolbox dan memilih Analysis Tools → Proximity → Create Thiessen Polygons sehingga muncul jendela baru. Pada kotak input pilih layer stasiun hujan. Klik OK untuk melakukan proses.
4. Melakukan editing pada Poligon Thiessen yang telah dibuat sehingga setiap bagian Poligon Thiessen berada diluar dari batas DAS.
5. Membuka Arc Toolbox dan memilih Analysis Tools → Overlay → Intersect sehingga muncul jendela baru. Pada kotak input pilih layer DAS dan layer Poligon Thiessen yang telah dibuat sebelumnya. Proses ini akan memotong Poligon Thiessen dengan batas DAS.

6. Poligon Thiessen untuk stasiun hujan terpilih dengan batas DAS Bengawan Solo Hulu hingga titik kontrol Jurug telah berhasil dibuat.

Setelah poligon Thiessen jadi, program SIG bisa langsung menghitung luas dari masing-masing daerahnya dan kemudian mengekspor tabelnya kedalam format Ms Excel. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Klik kanan pada layer Poligon Thiessen yang telah dibuat, kemudian pilih Open Attribute Table. Selanjutnya akan muncul jendela baru yang berisi data-data dari Poligon Thiessen tersebut.
2. Pada tombol Options, pilih Add Field untuk membuat kolom baru pada data yang ada.
3. Masukkan nama pada kotak Name, misalkan "Luas_km". Selanjutnya pada kotak Type pilih Float. Pilih OK sehingga muncul kolom baru pada tabel data.
4. Pilih kolom yang baru saja dibuat, ditandai dengan warna biru pada kolom tersebut. Klik kanan, kemudian pilih Calculate Geometry.
5. Pada kotak Property, pilih Area. Selanjutnya pada kotak Units pilih Square Kilometers. Pilih OK sehingga luas masing-masing daerah Poligon Thiessen akan muncul pada kolom "Luas_km".
6. Pada tombol Options, pilih Export untuk menyimpan tabel dalam format *.dbf sehingga dapat dibuka dengan menggunakan Ms Excel.

BAB 3

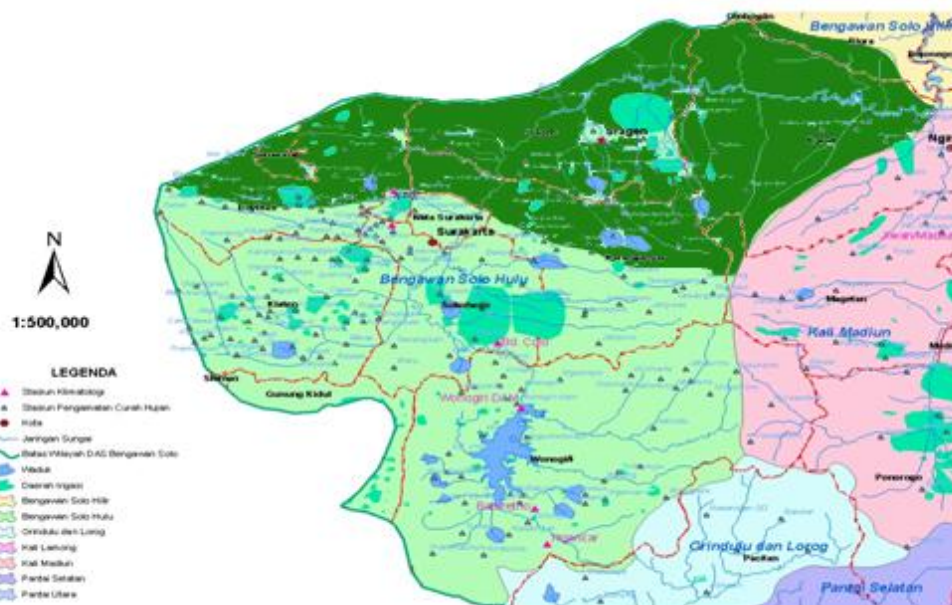
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Deskriptif Kuantitatif. Metode ini berupa pengumpulan data, analisis data, dan interpretasi hasil analisis untuk mendapatkan informasi guna pengambilan keputusan dan kesimpulan.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di DAS Bengawan Solo Hulu hingga titik kontrol Jurug yang dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1. Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu dipilih sebagai lokasi penelitian karena adanya fenomena perubahan banjir di Sungai Bengawan Solo dan tersedianya data dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Stasiun hujan yang dipilih adalah delapan stasiun hujan yang memiliki kelengkapan data dua puluh tahun terakhir.



Sumber : BBWS Bengawan Solo.

Gambar 3.1 Peta DAS Bengawan Solo Hulu

commit to user

3.3 Data yang Dibutuhkan

Data yang dibutuhkan dalam analisis adalah:

1. Peta DAS Bengawan Solo Hulu yang menunjukkan letak stasiun hujan yang ada di dalamnya.
2. Peta batas DAS Bengawan Solo Hulu.
3. Data hujan dari stasiun hujan manual dari tahun 1992-2011.

3.4 Alat yang Digunakan

Alat bantu yang digunakan dalam kajian ini adalah perangkat lunak:

1. GIS untuk pengolahan peta DAS.
2. Microsoft Excel atau program terapan untuk pengolahan data hujan dan analisis frekuensi data.

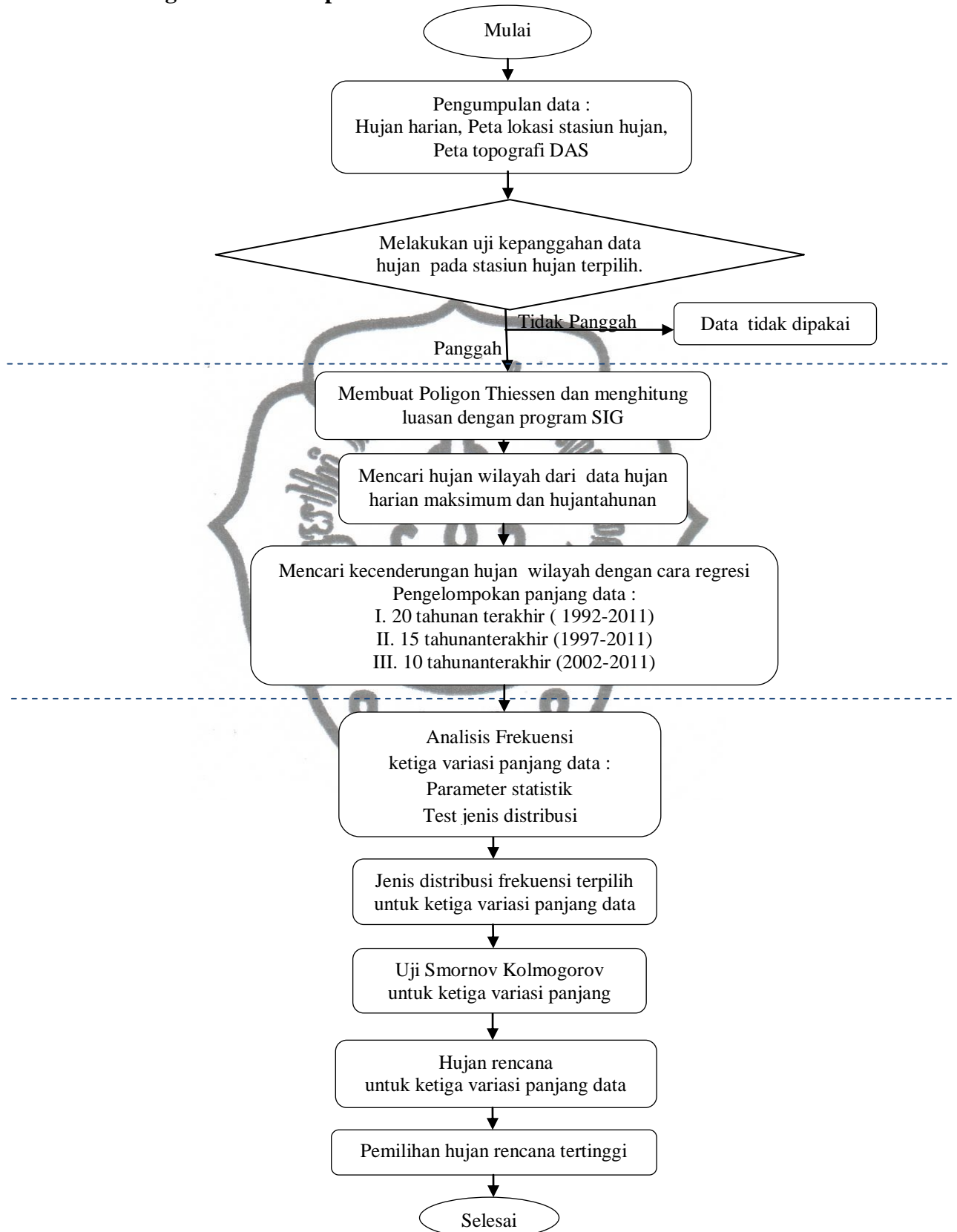
3.5 Tahapan Penelitian

1. Pengumpulan data : hujan harian, peta lokasi stasiun hujan, peta topografi DAS
2. Melakukan uji kepenggahan data hujan pada stasiun hujan terpilih
3. Melakukan pembuatan Poligon Thiessendan menghitung luasan dengan menggunakan program SIG.
4. Mencari hujan wilayah dari data hujan harian maksimum dan hujan tahunan.
5. Mencari kecenderungan hujan wilayah dengan pengelompokan panjang data dari dua puluh, lima belas, dan sepuluh tahun terakhir menggunakan cara regresi.
6. Analisis frekuensi ketiga variasi panjang data berupa parameter statistik data hujan dantest jenis distribusi.
7. Pemilihan jenis distribusi frekuensi terpilih untuk ketiga variasi panjang data.
8. Uji Smornov Kolmogorov untuk ketiga variasi panjang data.
9. Menghitung hujan rencana untuk ketiga variasi panjang data.
10. Pemilihan hujan rencana tertinggi.

commit to user

Tahapan penelitian ditunjukkan dalam diagram alir Gambar 3.2.

3.6 Diagram Alir Tahapan Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Kepanggahan Data

Pengujian kepenggahan data hujan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) yang datanya diambil dari data hujan tahunan. Penelitian ini menggunakan data delapan stasiun hujan yang terletak di DAS Bengawan Solo Hulu hingga titik kontrol Jurug dengan panjang data lengkap dari tahun 1992-2011 (dua puluh tahun terakhir). Adapun delapan stasiun hujan tersebut adalah Baturetno, Klaten, Nawangan, Nepen, Pabelan, Parangjoho, Song Putri dan Tawangmangu. Data hujan tahunan DAS Bengawan Solo Hulu hingga titik kontrol Jurug disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hujan Tahunan Stasiun Hujan di DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug.

TAHUN	HUJAN TAHUNAN (mm)							
	BATU-RETNO	KLATEN	NAWANGAN	NEPEN	PABELAN	PARANG-JOHO	SONG PUTRI	TAWANG-MANGU
1992	2175.0	2065.0	1923.5	2308.7	2131.7	2167.0	2269.0	3781.0
1993	1930.0	1602.0	1648.0	1999.8	2414.7	2021.0	2602.0	2657.0
1994	1581.0	1504.0	1492.1	2482.9	2641.4	1601.0	1852.0	2345.0
1995	2518.0	1718.0	2888.0	3677.5	2576.0	1286.0	1590.0	3778.0
1996	1605.0	1715.0	1531.0	2585.4	2247.0	1673.0	1653.0	2909.0
1997	1114.0	1207.0	826.0	1156.5	1292.0	780.0	626.0	2373.8
1998	1808.0	2219.0	2621.0	2499.0	2953.5	2529.0	2179.0	3378.0
1999	1807.0	1943.0	1874.0	3156.3	1834.5	1443.0	1424.0	4007.0
2000	1353.0	1408.0	1270.0	2151.0	1528.0	1276.0	1381.0	3576.0
2001	1399.0	1357.0	1306.0	1508.0	1911.5	1633.0	428.0	3355.0
2002	1650.0	1334.0	1605.0	1563.0	1015.0	1969.0	1805.0	2646.0
2003	1563.0	1205.0	1049.0	1605.0	1353.0	2484.0	1711.3	2316.0
2004	1320.0	1676.0	1330.0	2276.1	2522.5	1789.0	2228.0	2960.0
2005	1320.0	1424.0	1556.0	2118.0	2084.0	1351.0	1405.0	3387.0
2006	1497.0	1602.0	1304.0	2158.0	2239.0	1396.0	2091.0	2542.0
2007	1539.0	1938.0	1512.0	1334.0	2131.7	1021.0	307.0	2970.0
2008	1805.0	1908.0	1553.0	2078.0	2425.5	1845.0	1891.0	2240.0
2009	1249.0	1601.0	1140.5	2044.0	2044.5	1469.0	1501.0	3106.0
2010	2255.0	2479.0	2217.0	2835.0	3136.0	2436.0	3008.0	4682.0
2011	1611.0	1877.0	2038.0	2309.0	2243.0	2006.0	1850.0	3334.0

Sumber: Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo

Contoh analisis uji kepanggaan dengan menggunakan cara RAPS pada stasiun pencatat hujan Baturetno disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Uji Kepanggaan pada Stasiun Pencatat Hujan Baturetno.

Thn	i	i-Rerata	Sk*	Sk**	Absolut	Q Abs Maks Abs	Q/sqrt(n)	Nilai Kritik
1992	2175.0	520	520.1	1.5	1.5	4.4	1.0	< .90
1993	1930.0	275	795.1	2.2	2.2			
1994	1581.0	(74)	721.2	2.0	2.0			
1995	2518.0	863	1,584.2	4.4	4.4		<Ttk Kritik. pangah	
1996	1605.0	(50)	1,534.3	4.3	4.3			
1997	1114.0	(541)	993.3	2.8	2.8			
1998	1808.0	153	1,146.4	3.2	3.2			
1999	1807.0	152	1,298.4	3.6	3.6			
2000	1353.0	(302)	996.5	2.8	2.8			
2001	1399.0	(256)	740.5	2.08	2.1			
2002	1650.0	(5)	735.5	2.06	2.1			
2003	1563.0	(92)	643.6	1.81	1.8			
2004	1320.0	(335)	308.6	0.87	0.9			
2005	1320.0	(335)	(26.3)	(0.07)	0.1			
2006	1497.0	(158)	(184.3)	(0.52)	0.5			
2007	1539.0	(116)	(300.2)	(0.84)	0.8			
2008	1805.0	150	(150.2)	(0.42)	0.4			
2009	1249.0	(406)	(556.1)	(1.56)	1.6			
2010	2255.0	600	43.9	0.12	0.1			
2011	1611.0	(44)	(0.0)	(0.00)	0.0			

Keterangan:

- i = hujan tahunan
- Sk* = kumulatif i-Rerata
- Sk** = Sk*/standar deviasi
- n = jumlah data

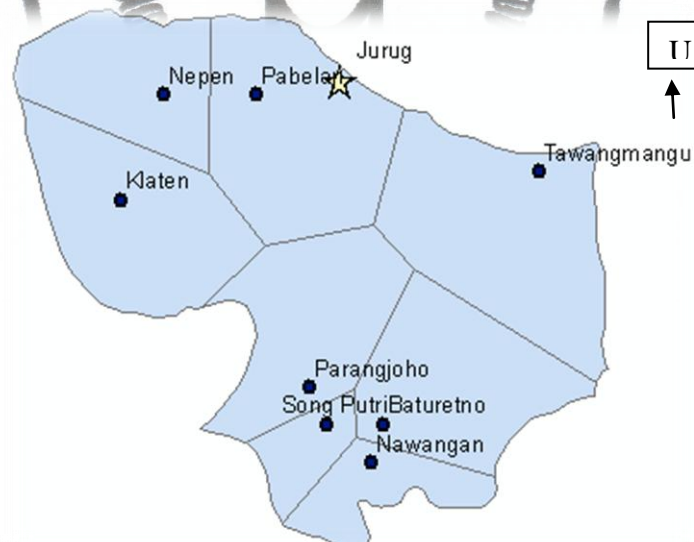
Nilai $Q_{RAPS_{hit} (maks)}$ di stasiun Baturetno terdapat pada tahun 1995 dengan nilai Q Absolut adalah 4.4. dan nilai Q/\sqrt{n} sebesar 1.0. Selanjutnya nilai Q/\sqrt{n} akan dibandingkan dengan nilai kritik yang terdapat pada Tabel 2.1 dengan $n= 20$ dan *Confidence Interval* 90% sebesar 1.1. Hasil dari perbandingan adalah $Q_{RAPS_{hit}}/\sqrt{n} < Q_{RAPS_{kritik}}$ yang berarti stasiun Baturetno adalah pangah. Analisis uji kepanggaan dengan menggunakan cara RAPS pada stasiun pencatat hujan Klaten, Nawangan, Nepen, Pabelan, Parangjoho, Song Putri dan Tawangmangu terdapat pada Lampiran B-2 hingga B-8. Hasil uji kepanggaan DAS Bengawan Solo Hulu hingga titik kontrol Jurug dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Uji Kepanggaan DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug.

No Urut	Nama Sta Hujan	Q Abs Maks Abs	Q/sqrt(n)	Nilai Kritik Q	Keterangan
1	BATURETNO	4.4	1.0	1.100	PANGGAH
2	KLATEN	4.0	0.9	1.100	PANGGAH
3	NAWANGAN	3.4	0.8	1.100	PANGGAH
4	NEPEN	3.8	0.9	1.100	PANGGAH
5	PABELAN	3.2	0.7	1.100	PANGGAH
6	PARANGJOHO	2.1	0.5	1.100	PANGGAH
7	SONG PUTRI	2.5	0.5	1.100	PANGGAH
8	TAWANGMANGU	2.7	0.6	1.100	PANGGAH

4.2 Hujan Wilayah

Poligon Thiessen DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug8 (delapan) stasiun hujan dengan menggunakan program SIG dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Poligon Thiessen DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug8 (delapan) Stasiun Hujan

Hasil analisis Poligon Thiessen dengan menggunakan program SIG adalah sebagai berikut:

Luas DAS (total)	= 3859.083 km ²
Baturetno	= 542.898 km ²
Klaten	= 602.351 km ²

Nawangan	= 215.610 km ²
Nepen	= 433.348 km ²
Pabelan	= 649.834 km ²
Parangjoho	= 518.239 km ²
Song Putri	= 138.431 km ²
Tawangmangu	= 758.372 km ²

Langkah-langkah pembuatan Poligon Thiessen secara lengkap dengan menggunakan program GIS terdapat pada Lampiran C-1 hingga C-11.

Setelah luas masing-masing daerah pada poligon thiessen diketahui, selanjutnya analisis dilanjutkan dengan mencari hujan wilayah dari hujan harian maksimum dan hujan tahunan.

4.2.1 Hujan Harian Maksimum Tahunan

Data hujan harian maksimum tahunan DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurugtahun 1992-2011 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Hujan Harian Maksimum Tahunan DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug(mm).

Stasiun Hujan	Hujan Harian Maksimum (mm)							
	BATU-RETNO	KLATEN	NAWANGAN	NEPEN	PABELAN	PARANG-JOHO	SONG-PUTRI	TAWANG-MANGU
tahun								
1992	102.0	113.0	97.0	90.8	75.5	97.0	98.0	116.0
1993	73.0	82.0	135.2	87.8	131.0	103.0	146.0	110.0
1994	57.0	71.0	64.0	146.4	111.0	119.0	93.0	94.0
1995	124.0	69.0	89.0	155.2	149.0	57.0	81.0	166.0
1996	69.0	71.0	83.0	92.2	112.0	74.0	93.0	108.0
1997	70.0	53.0	40.0	96.6	136.0	58.0	71.0	104.0
1998	56.0	59.0	102.0	98.1	95.0	92.0	66.0	79.0
1999	85.0	95.0	77.0	118.2	90.0	78.0	87.0	108.0
2000	58.0	60.0	84.0	67.0	92.0	84.0	56.0	127.0
2001	78.0	62.0	68.0	65.0	80.0	64.0	86.0	96.0
2002	75.0	69.0	68.0	75.0	80.0	99.0	83.0	129.0
2003	82.0	83.0	56.0	64.0	85.0	118.0	84.0	106.0
2004	100.0	119.0	89.0	108.0	104.0	123.0	147.0	127.0
2005	68.0	101.0	98.0	112.0	89.0	72.0	132.0	171.0
2006	62.0	63.0	106.0	142.0	92.0	64.0	168.0	89.0

Tabel 4.4 Data Hujan Harian Maksimum Tahunan DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug(mm) (lanjutan)

Stasiun Hujan	Hujan Harian Maksimum (mm)							
	BATU-RETNO	KLATEN	NAWANGAN	NEPEN	PABELAN	PARANG-JOHO	SONG-PUTRI	TAWANG-MANGU
2007	242.0	116.0	147.0	97.0	109.5	162.0	65.0	194.0
2008	93.0	82.0	81.0	84.0	126.0	101.0	96.0	107.0
2009	76.0	90.0	83.0	125.0	142.0	73.0	104.0	121.0
2010	82.0	140.0	121.0	71.0	103.0	84.0	171.0	128.0
2011	50.0	87.0	97.0	125.0	114.0	75.0	103.0	116.0

Sumber: Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo

Contoh perhitungan untuk mendapatkan hujan wilayah harian maksimum tahun

1992:

$$\bar{R} = \frac{R_1 \cdot A_1 + R_2 \cdot A_2 + R_3 \cdot A_3 + R_4 \cdot A_4 + R_5 \cdot A_5 + R_6 \cdot A_6 + R_7 \cdot A_7 + R_8 \cdot A_8}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8}$$

$$\bar{R} = \frac{102 \times 542.898 + 113 \times 602.351 + 97 \times 215.61 + 90.8 \times 433.348 + 75.5 \times 649.834 + 97 \times 518.239 + 98 \times 138.431 + 116 \times 758.372}{542.898 + 602.351 + 215.61 + 433.348 + 649.834 + 518.239 + 138.431 + 758.372}$$

$$\bar{R} = 99.650 \text{ mm}$$

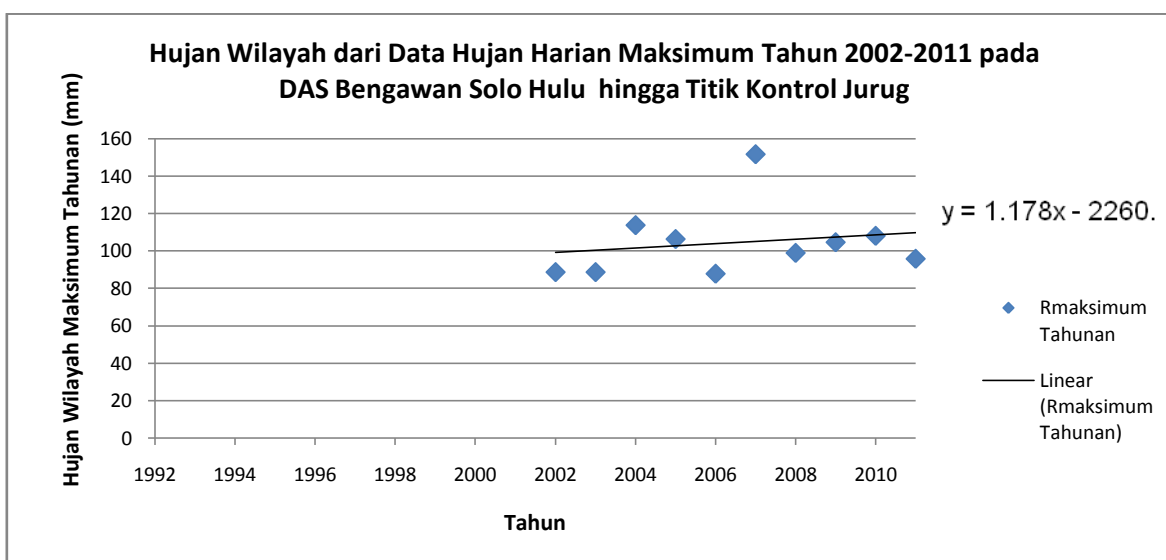
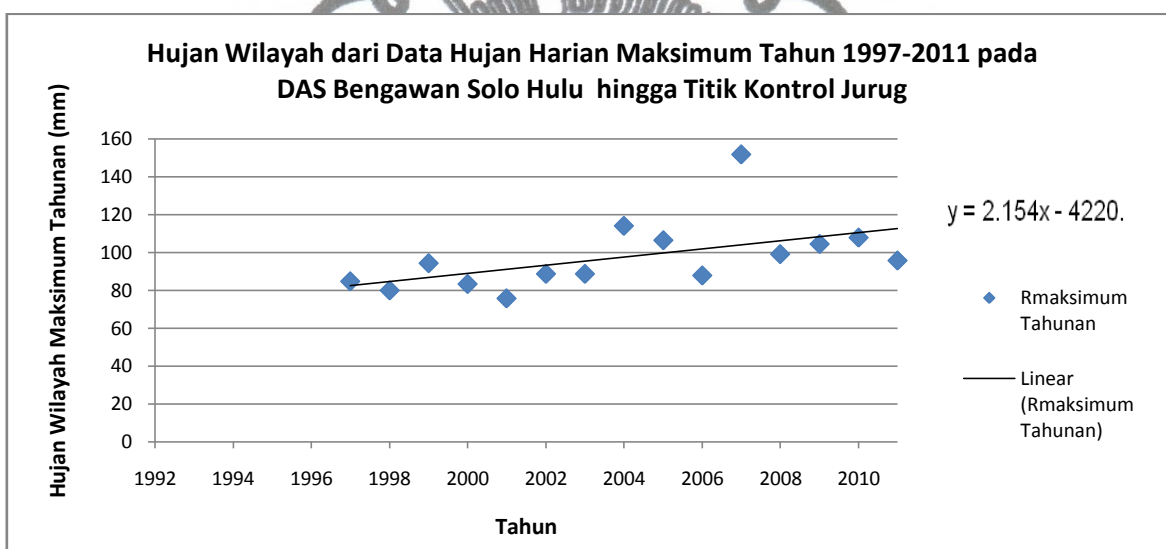
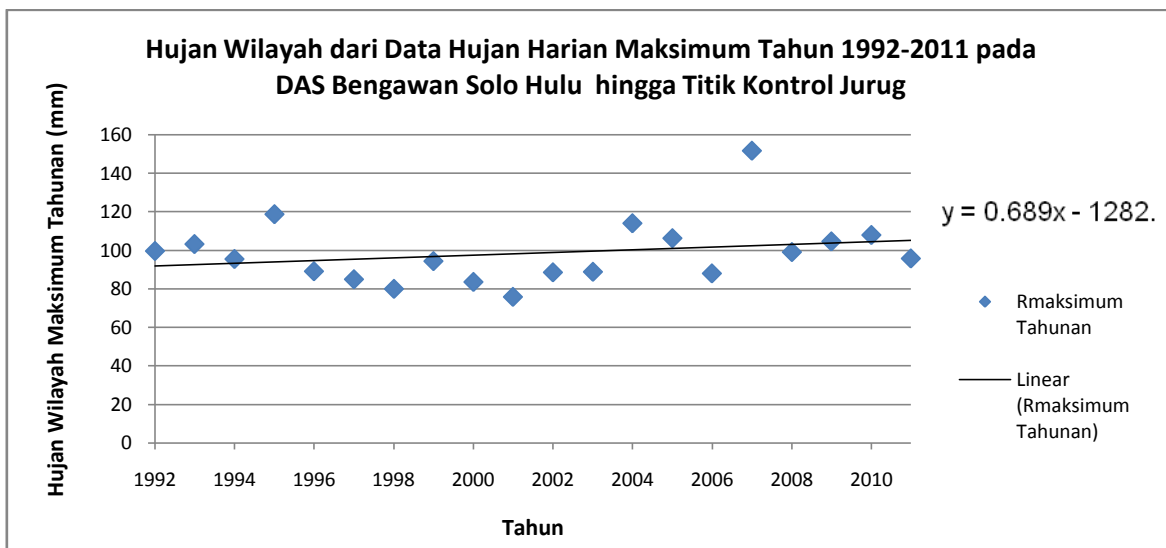
Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hujan harian maksimum wilayah pada DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hujan Harian Maksimum Wilayah pada DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug.

TAHUN	HUJAN WILAYAH DAS BS HULU	TAHUN	HUJAN WILAYAH DAS BS HULU
1992	99.650	2002	88.636
1993	103.233	2003	88.810
1994	95.597	2004	114.004
1995	118.885	2005	106.378
1996	89.140	2006	88.026
1997	84.880	2007	151.906
1998	80.045	2008	99.092
1999	94.336	2009	104.637
2000	83.480	2010	108.034
2001	75.765	2011	95.829

Analisis regresi dalam analisis ini dibagi menjadi 3 (tiga) variasi panjang data. Variasi panjang data tersebut terdiri dari 20 (dua puluh), 15 (lima belas), dan 10 (sepuluh) tahunan terakhir. Hal ini bertujuan untuk melihat kecenderungan yang terjadi pada ketiga variasi panjang data tersebut. Kecenderungan tiga variasi panjang data hujan wilayah dari data hujan harian maksimum dapat dilihat pada Gambar 4.2.





Gambar 4.2 Kecenderungan Tiga Variasi Panjang Data Hujan Wilayah dari Hujan Harian Maksimum.

Dari gambar dijelaskan bahwa dalam hujan wilayah dari data hujan harian maksimum mempunyai kecenderungan naik. Dan kecenderungan naik tertinggi terdapat pada variasi panjang data 15 (lima belas) tahun terakhir.

4.2.2 Hujan Tahunan

Data hujan tahunan DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurugtahun 1992-2011 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Hujan Tahunan DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug(mm).

Stasiun Hujan	Hujan Tahunan (mm)							
	BATU-RETNO	KLATEN	NAWANGAN	NEPEN	PABELAN	PARANG-JOHO	SONG-PUTRI	TAWANG-MANGU
tahun								
1992	2175.0	2065.0	1923.5	2308.7	2131.7	2167.0	2269.0	3781.0
1993	1930.0	1602.0	1648.0	1999.8	2414.7	2021.0	2602.0	2657.0
1994	1581.0	1504.0	1492.1	2482.9	2641.4	1601.0	1852.0	2345.0
1995	2518.0	1718.0	2888.0	3677.5	2576.0	1286.0	1590.0	3778.0
1996	1605.0	1715.0	1714.0	2585.4	2247.0	1673.0	1653.0	2909.0
1997	1114.0	1207.0	1178.0	1156.5	1292.0	780.0	626.0	2373.8
1998	1808.0	2219.0	3198.0	2499.0	2953.5	2529.0	2179.0	3378.0
1999	1807.0	1943.0	2572.0	3156.3	1834.5	1443.0	1575.0	4007.0
2000	1353.0	1408.0	1867.0	2151.0	1528.0	1276.0	1381.0	3576.0
2001	1399.0	1357.0	1644.0	1508.0	1398.5	1633.0	428.0	3355.0
2002	1650.0	1334.0	2076.0	1563.0	1015.0	1969.0	1805.0	2646.0
2003	1563.0	1205.0	1352.0	1605.0	1353.0	2484.0	1711.3	2316.0
2004	1320.0	1676.0	1589.0	2276.1	2522.5	1789.0	2228.0	2960.0
2005	1437.0	1424.0	1556.0	2118.0	2084.0	1351.0	1405.0	3387.0
2006	1497.0	1602.0	1304.0	2158.0	2239.0	1396.0	2091.0	2542.0
2007	1539.0	1938.0	1512.0	1334.0	2108.0	1021.0	307.0	2970.0
2008	1805.0	1908.0	1553.0	2078.0	2425.5	1845.0	1891.0	2240.0
2009	1249.0	1601.0	1140.5	2044.0	2044.5	1469.0	1501.0	3106.0
2010	2255.0	2479.0	2217.0	2835.0	3136.0	2436.0	3008.0	4682.0
2011	1504.0	1877.0	2038.0	2309.0	2243.0	2006.0	1850.0	3334.0

Sumber: Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo

Contoh perhitungan untuk mendapatkan hujan wilayah tahun 1992:

$$\bar{R} = \frac{R_1 \cdot A_1 + R_2 \cdot A_2 + R_3 \cdot A_3 + R_4 \cdot A_4 + R_5 \cdot A_5 + R_6 \cdot A_6 + R_7 \cdot A_7 + R_8 \cdot A_8}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8}$$

$$\bar{R} = \frac{2175 \times 542.898 + 2065 \times 602.351 + 1923.5 \times 215.61 + 2308.7 \times 433.348 + 2131.7 \times 649.834 + 2167 \times 518.239 + 2269 \times 138.431 + 3781 \times 758.372}{542.898 + 602.351 + 215.61 + 433.348 + 649.834 + 518.239 + 138.431 + 758.372}$$

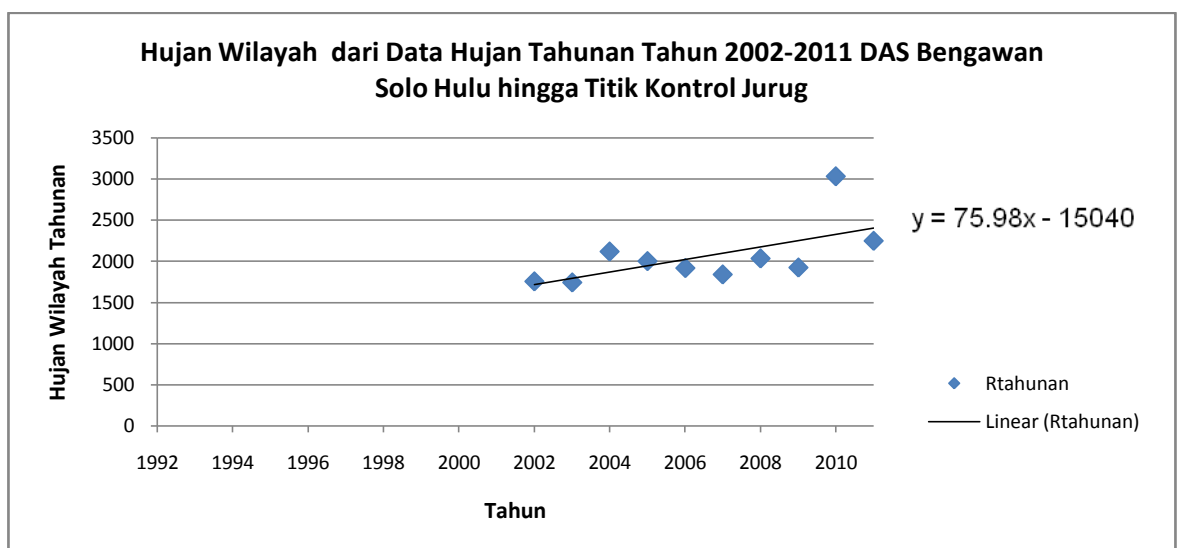
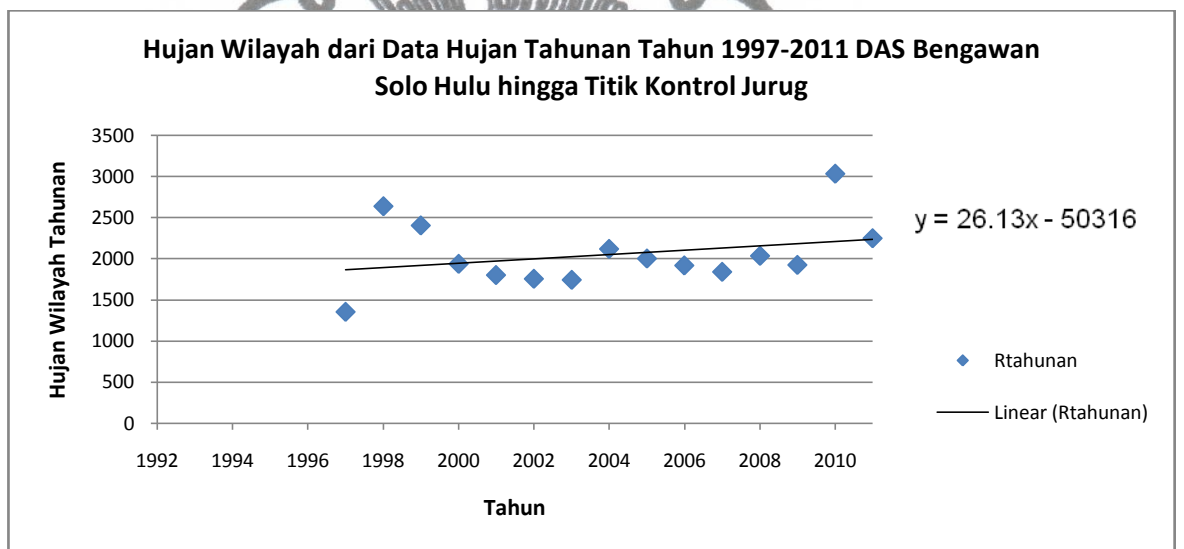
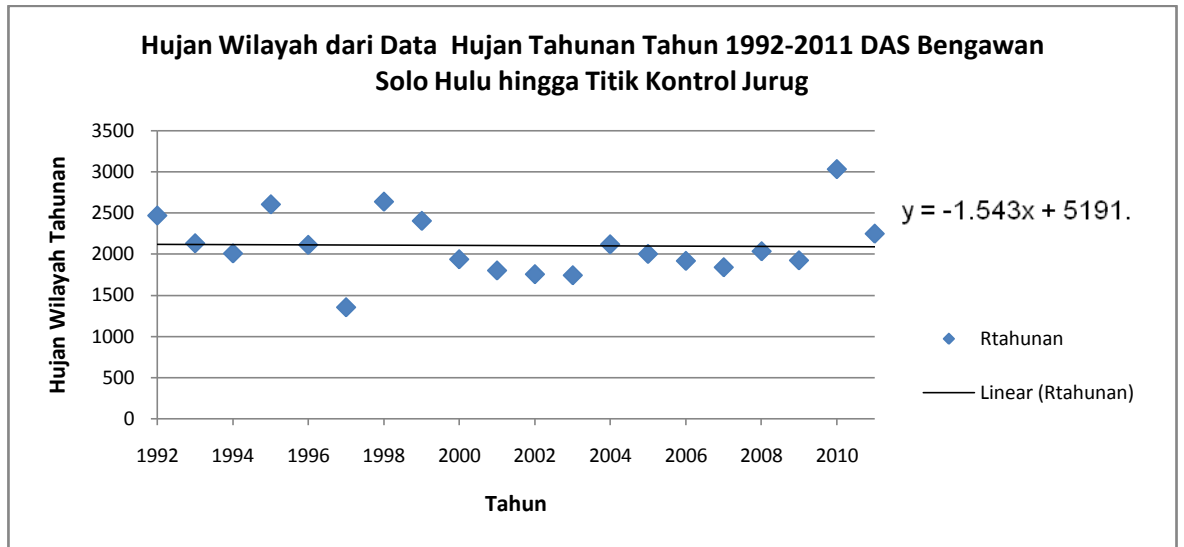
$$\bar{R} = 2469.395 \text{ mm}$$

Analisis regresi dalam analisis ini dibagi menjadi 3 (tiga) variasi panjang data. Variasi panjang data tersebut terdiri dari 20 (dua puluh), 15 (lima belas), dan 10 (sepuluh) tahunan terakhir. Hal ini bertujuan untuk melihat kecenderungan yang terjadi pada ketiga variasi panjang data tersebut. Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hujan wilayah dari data hujan tahunan pada DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug disajikan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hujan Wilayah dari Data Hujan Tahunan pada DAS Bengawan Solo Hulu Hingga Titik Kontrol Jurug.

TAHUN	HUJAN WILAYAH DAS BS HULU	TAHUN	HUJAN WILAYAH DAS BS HULU
1992	2469.395	2002	1751.909
1993	2131.701	2003	1741.665
1994	2006.401	2004	2118.289
1995	2602.651	2005	1997.549
1996	2113.575	2006	1914.881
1997	1352.056	2007	1840.023
1998	2638.962	2008	2036.081
1999	2402.250	2009	1924.622
2000	1936.900	2010	3029.585
2001	1799.267	2011	2246.342

Kecenderungan tiga variasi panjang data hujan wilayah dari data hujan tahunan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kecenderungan Tiga Variasi Panjang Data Hujan Wilayah dari Data Hujan Tahunan

Dari gambar dijelaskan bahwa dalam hujan wilayah dari data hujan tahunan mempunyai karakteristik kecenderungan turun pada 20 (dua puluh) tahun terakhir, dan kecenderungan naik pada 15 (lima belas) dan 10 (sepuluh) tahun terakhir. Kecenderungan naik tertinggi terdapat pada variasi panjang data 10 (sepuluh) tahunan terakhir.

4.3 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi didasarkan pada sifat statistik kejadian masa lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa datang dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan di masa yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu. Oleh karena itu perhitungan analisis frekuensi menggunakan data hujan wilayah dari data hujan harian maksimum. Agar didapat nilai kala ulang yang lebih aman apabila digunakan dalam analisis perencanaan banjir.

4.3.1 Analisis Statistik

Untuk menentukan jenis distribusi dilakukan analisis statistik. Dalam analisis ini dibagi menjadi 3 (tiga) variasi panjang data. Variasi panjang data tersebut terdiri dari 20 (dua puluh), 15 (lima belas), dan 10 (sepuluh) tahunan terakhir.

4.3.1.1 Contoh perhitungan statistik tahun 1992 variasi panjang data 20 tahun terakhir :

$$\bar{X} = \frac{\sum R_{24} \text{ Max}}{20} = 98.518 \text{ mm}$$

$$X - \bar{X} = 99.650 - 98.518 = 1.132 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^2 = (1.132)^2 = 1.281 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^3 = (1.132)^3 = 1.451 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^4 = (1.132)^4 = 1.642 \text{ mm}$$

Perhitungan analisis statistik variasi panjang data 20 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan Analisis Statistik Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir

No	Tahun	R ₂₄ Max (mm)	X - \bar{X}	(X - \bar{X}) ²	(X - \bar{X}) ³	(X - \bar{X}) ⁴
1	1992	99.650	1.132	1.281	1.451	1.642
2	1993	103.233	4.715	22.229	104.804	494.127
3	1994	95.597	-2.921	8.535	-24.933	72.839
4	1995	118.885	20.367	414.802	8448.145	172060.762
5	1996	89.140	-9.378	87.943	-824.705	7733.897
6	1997	84.880	-13.638	186.006	-2536.833	34598.381
7	1998	80.045	-18.473	341.268	-6304.393	116463.822
8	1999	94.336	-4.182	17.492	-73.155	305.953
9	2000	83.480	-15.038	226.140	-3400.673	51139.103
10	2001	75.765	-22.753	517.700	-11779.253	268013.699
11	2002	88.636	-9.882	97.653	-965.000	9536.073
12	2003	88.810	-9.708	94.248	-914.979	8882.764
13	2004	114.004	15.485	239.799	3713.399	57503.666
14	2005	106.378	7.860	61.781	485.601	3816.862
15	2006	88.026	-10.492	110.075	-1154.864	12116.420
16	2007	151.906	53.388	2850.249	152168.291	8123918.349
17	2008	99.092	0.574	0.329	0.189	0.108
18	2009	104.637	6.119	37.443	229.121	1402.014
19	2010	108.034	9.516	90.549	861.645	8199.200
20	2011	95.829	-2.689	7.233	-19.454	52.320

Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hingga 2.14 didapat parameter statistik variasi panjang data 20 tahun terakhir :

$$\text{Rata-rata} \quad \bar{X} = 98.518$$

$$\text{Standart Deviasi} \quad S = 16.878$$

$$\text{Coef Variety} \quad Cv = S/\bar{X} = 0.171$$

$$\text{Coef Skewness} \quad Cs = 1.679$$

$$\text{Coef Kurtosis} \quad Ck = 7.525$$

4.3.1.2 Contoh perhitungan statistik tahun 1997 variasi panjang data 15 tahun terakhir :

$$\bar{X} = \frac{\sum R_{24} \text{ Max}}{15} = 97.590 \text{ mm}$$

$$X - \bar{X} = 84.880 - 97.590 = -12.711 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^2 = (-12.711)^2 = 161.564 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^3 = (-12.711)^3 = -2053.611 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^4 = (-12.711)^4 = 26103.033 \text{ mm}$$

Perhitungan analisis statistik variasi panjang data 15 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan Analisis Statistik Variasi Panjang Data 15 Tahun Terakhir

No	Tahun	R ₂₄ Max (mm)	X - \bar{X}	(X - \bar{X}) ²	(X - \bar{X}) ³	(X - \bar{X}) ⁴
1	1997	84.880	-12.711	161.564	-2053.611	26103.033
2	1998	80.045	-17.546	307.856	-5401.581	94775.169
3	1999	94.336	-3.255	10.593	-34.476	112.209
4	2000	83.480	-14.110	199.101	-2809.379	39641.227
5	2001	75.765	-21.825	476.349	-10396.502	226907.912
6	2002	88.636	-8.954	80.180	-717.957	6428.818
7	2003	88.810	-8.781	77.098	-676.961	5944.088
8	2004	114.004	16.413	269.389	4421.500	72570.403
9	2005	106.378	8.788	77.224	678.617	5963.479
10	2006	88.026	-9.564	91.471	-874.827	8366.863
11	2007	151.906	54.315	2950.156	160238.754	8703422.731
12	2008	99.092	1.502	2.255	3.385	5.083
13	2009	104.637	7.047	49.656	349.915	2465.756
14	2010	108.034	10.443	109.064	1138.995	11894.938
15	2011	95.829	-1.762	3.104	-5.469	9.635

Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hingga 2.14 didapat parameter statistik variasi panjang data 15 tahun terakhir :

$$\text{Rata-rata} \quad \bar{X} = 97.590$$

$$\text{Standart Deviasi} \quad S = 18.641$$

$$\text{Coef Variety} \quad C_v = S/\bar{X} = 0.191$$

$$\text{Coef Skewness} \quad C_s = 1.830$$

$$\text{Coef Kurtosis} \quad C_k = 5.244$$

4.3.1.3 Contoh perhitungan statistik tahun 2002 variasi panjang data 10 tahun terakhir :

$$\bar{X} = \frac{\sum R_{24} \text{ Max}}{10} = 104.535 \text{ mm}$$

$$X - \bar{X} = 88.636 - 104.535 = -15.899 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^2 = (-15.899)^2 = 252.779 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^3 = (-15.899)^3 = -4018.939 \text{ mm}$$

commit to user

$$(X - \bar{X})^4 = (-15.899)^4 = 63897.210\text{mm}$$

Perhitungan analisis statistik variasi panjang data 10 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan Analisis Statistik Variasi Panjang Data 10 Tahun Terakhir

No	Tahun	R ₂₄ Max (mm)	X - \bar{X}	(X - \bar{X}) ²	(X - \bar{X}) ³	(X - \bar{X}) ⁴
1	1997	88.636	-15.899	252.779	-4018.939	63897.210
2	1998	88.810	-15.725	247.283	-3888.589	61149.009
3	1999	114.004	9.468	89.650	848.840	8037.133
4	2000	106.378	1.843	3.397	6.260	11.537
5	2001	88.026	-16.509	272.538	-4499.255	74276.964
6	2002	151.906	47.371	2243.978	106298.661	5035435.721
7	2003	99.092	-5.443	29.628	-161.270	877.818
8	2004	104.637	0.102	0.010	0.001	0.000
9	2005	108.034	3.499	12.241	42.826	149.834
10	2006	95.829	-8.707	75.804	-659.991	5746.244

Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hingga 2.14 didapat parameter statistik variasi panjang data 10 tahun terakhir :

Rata-rata	\bar{X}	= 104.535
Standart Deviasi	S	= 18.936
Coef Variety	$Cv = S/\bar{X}$	= 0.181
Coef Skewness	Cs	= 1.922
Coef Kurtosis	Ck	= 4.4

Diperlukan juga perhitungan analisis statistik nilai Ln(x) dari ketiga variasi

4.3.1.4 Contoh perhitungan statistik Ln(x) tahun 1992 variasi panjang data 20 tahun terakhir :

$$\bar{X} = \frac{\sum R_{24} \text{ Max}}{20} = 4.578 \text{ mm}$$

$$X - \bar{X} = 4.602 - 4.578 = 0.024\text{mm}$$

$$(X - \bar{X})^2 = (0.024)^2 = 0.001 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^3 = (0.024)^3 = 0.000 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^4 = (0.024)^4 = 0.000 \text{ mm}$$

Perhitungan analisis statistik Ln (x) variasi panjang data 20 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perhitungan Analisis Statistik (Nilai Ln) Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir

No	Tahun	R ₂₄ Max (mm)	X - \bar{X}	(X - \bar{X}) ²	(X - \bar{X}) ³	(X - \bar{X}) ⁴
1	1992	4.602	0.024	0.001	0.000	0.000
2	1993	4.637	0.059	0.003	0.000	0.000
3	1994	4.560	-0.018	0.000	0.000	0.000
4	1995	4.778	0.200	0.040	0.008	0.002
5	1996	4.490	-0.088	0.008	-0.001	0.000
6	1997	4.441	-0.137	0.019	-0.003	0.000
7	1998	4.383	-0.195	0.038	-0.007	0.001
8	1999	4.547	-0.031	0.001	0.000	0.000
9	2000	4.425	-0.153	0.023	-0.004	0.001
10	2001	4.328	-0.250	0.063	-0.016	0.004
11	2002	4.485	-0.093	0.009	-0.001	0.000
12	2003	4.486	-0.091	0.008	-0.001	0.000
13	2004	4.736	0.158	0.025	0.004	0.001
14	2005	4.667	0.089	0.008	0.001	0.000
15	2006	4.478	-0.100	0.010	-0.001	0.000
16	2007	5.023	0.445	0.198	0.088	0.039
17	2008	4.596	0.018	0.000	0.000	0.000
18	2009	4.650	0.073	0.005	0.000	0.000
19	2010	4.682	0.105	0.011	0.001	0.000
20	2011	4.563	-0.015	0.000	0.000	0.000

Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hingga 2.14 didapat parameter statistik Ln(x) variasi panjang data 20 tahun terakhir :

Rata-rata Ln (x) =4.578

Standart Deviasi Sd (Ln (x)) =0.158

$$Cv(Ln (x))=Sd(Ln (x))/ Ln$$

Coef Variety (x) =0.034

Coef Skewness Cs(Ln (x)) =1.052

Coef Kurtosis Ck(Ln (x)) =5.412

4.3.1.5 Contoh perhitungan statistik Ln(x) tahun 1997 variasi panjang data 15 tahun terakhir :

$$\bar{X} = \frac{\sum R_{24} \text{ Max}}{15} = 4.566 \text{ mm}$$

$$X - \bar{X} = 4.441 - 4.566 = 0.024 \text{ mm}$$

commit to user

$$(X - \bar{X})^2 = (-0.125)^2 = 0.016 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^3 = (-0.125)^3 = -0.002 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^4 = (-0.125)^4 = 0.000 \text{ mm}$$

Tabel 4.12 Perhitungan Analisis Statistik (Nilai Ln) Variasi Panjang Data 15 Tahun Terakhir

No	Tahun	R ₂₄ Max (mm)	X - \bar{X}	(X - \bar{X}) ²	(X - \bar{X}) ³	(X - \bar{X}) ⁴
1	1997	4.441	-0.125	0.016	-0.002	0.000
2	1998	4.383	-0.183	0.034	-0.006	0.001
3	1999	4.547	-0.019	0.000	0.000	0.000
4	2000	4.425	-0.141	0.020	-0.003	0.000
5	2001	4.328	-0.238	0.057	-0.014	0.003
6	2002	4.485	-0.081	0.007	-0.001	0.000
7	2003	4.486	-0.079	0.006	-0.001	0.000
8	2004	4.736	0.170	0.029	0.005	0.001
9	2005	4.667	0.101	0.010	0.001	0.000
10	2006	4.478	-0.088	0.008	-0.001	0.000
11	2007	5.023	0.457	0.209	0.096	0.044
12	2008	4.596	0.030	0.001	0.000	0.000
13	2009	4.650	0.085	0.007	0.001	0.000
14	2010	4.682	0.116	0.014	0.002	0.000
15	2011	4.563	-0.003	0.000	0.000	0.000

Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hingga 2.14 didapat parameter statistik Ln(x) variasi panjang data 15 tahun terakhir :

Rata-rata	Ln (x)	= 4.566
Standart Deviasi	Sd(Ln (x))	= 0.173
Coef Variety	Cv(Ln (x))=Sd(Ln (x))/ Ln (x)	= 0.038
Coef Skewness	Cs(Ln (x))	= 1.244
Coef Kurtosis	Ck(Ln (x))	= 3.881

4.3.1.6 Contoh perhitungan statistik Ln (x)tahun 2002 variasi panjang data 10 tahun terakhir :

$$\bar{X} = \frac{\sum R_{24} \text{ Max}}{10} = 4.637 \text{ mm}$$

$$X - \bar{X} = 4.485 - 4.637 = -0.152 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^2 = (-0.152)^2 = 0.023 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^3 = (-0.152)^3 = -0.004 \text{ mm}$$

$$(X - \bar{X})^4 = (-0.152)^4 = 0.001 \text{ mm}$$

Perhitungan analisis statistik Ln (x) variasi panjang data 10 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perhitungan Analisis Statistik (Nilai Ln) Variasi Panjang Data 10 Tahun Terakhir

No	Tahun	R ₂₄ Max (mm)	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})^3$	$(X - \bar{X})^4$
1	2002	4.485	-0.152	0.023	-0.004	0.001
2	2003	4.486	-0.150	0.023	-0.003	0.001
3	2004	4.736	0.100	0.010	0.001	0.000
4	2005	4.667	0.030	0.001	0.000	0.000
5	2006	4.478	-0.159	0.025	-0.004	0.001
6	2007	5.023	0.387	0.149	0.058	0.022
7	2008	4.596	-0.041	0.002	0.000	0.000
8	2009	4.650	0.014	0.000	0.000	0.000
9	2010	4.682	0.046	0.002	0.000	0.000
10	2011	4.563	-0.074	0.005	0.000	0.000

Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hingga 2.14 didapat parameter statistik Ln (x) variasi panjang data 10 tahun terakhir :

Rata-rata	Ln (x)	= 4.637
Standart Deviasi	Sd(Ln (x))	= 0.164
Coef Variety	Cv(Ln (x))=Sd(Ln (x))/ Ln (x)	= 0.035
Coef Skewness	Cs(Ln (x))	= 1.508
Coef Kurtosis	Ck(Ln (x))	= 4.814

4.3.2 Tes Jenis Distribusi

Nilai parameter statistik kemudian diperbandingkan dengan syarat dari masing-masing jenis distribusi dalam Tabel 2.2. Didapat hasil pemilihan distribusi stasiun hujan dengan tiga variasi panjang data yang terdapat dalam Tabel 4.14 hingga Tabel 4.16.

Tabel 4.14 Pemilihan Jenis Distribusi Stasiun Hujan 20 Tahun Terakhir.

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keputusan
1	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$	$C_s = 1.679$ $C_k = 7.525$	No No
2	Log Normal	$C_s (\ln x) = 0 \quad C_v^3 + 3C_v = 0.10$ $C_k (\ln x) = 3 \quad C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3.02$	$C_s = 1.052$ $C_k = 5.412$	No No
3	Pearson III	$C_s > 0$ $C_k = 1,5 C_s^2 + 3 = 7.23$	$C_s = 1.679$ $C_k = 7.525$	Yes No
4	Log Pearson III	Jika semua syarat tidak terpenuhi	$C_s = 1.052$ $C_k = 5.412$	Yes Yes
5	Gumbell	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$	$C_s = 1.679$ $C_k = 7.525$	No No

Tabel 4.15 Pemilihan Jenis Distribusi Stasiun Hujan 15 Tahun Terakhir.

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keputusan
1	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$	$C_s = 1.830$ $C_k = 5.244$	No No
2	Log Normal	$C_s (\ln x) = 0 \quad C_v^3 + 3C_v = 0.11$ $C_k (\ln x) = 3 \quad C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3.02$	$C_s = 1.244$ $C_k = 3.881$	No No
3	Pearson III	$C_s > 0$ $C_k = 1,5 C_s^2 + 3 = 8.02$	$C_s = 1.830$ $C_k = 5.244$	Yes No
4	Log Pearson III	Jika semua syarat tidak terpenuhi	$C_s = 1.244$ $C_k = 3.881$	Yes Yes
5	Gumbell	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$	$C_s = 1.830$ $C_k = 5.244$	No No

Tabel 4.16 Pemilihan Jenis Distribusi Stasiun Hujan 10 Tahun Terakhir.

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keputusan
1	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$	$C_s = 1.922$ $C_k = 4.400$	No No
2	Log Normal	$C_s (\ln x) = 0 \quad C_v^3 + 3C_v = 0.11$ $C_k (\ln x) = 3 \quad C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3.02$	$C_s = 1.508$ $C_k = 4.814$	No No
3	Pearson III	$C_s > 0$ $C_k = 1,5 C_s^2 + 3 = 8.54$	$C_s = 1.922$ $C_k = 4.400$	Yes No
4	Log Pearson III	Jika semua syarat tidak terpenuhi	$C_s = 1.508$ $C_k = 4.814$	Yes Yes
5	Gumbell	$C_s = 1,14$	$C_s = 1.922$	No

	Ck = 5,4	Ck = 4.400	No
--	----------	------------	----

Dari ketiga variasi panjang data berupa 20 (dua puluh) , 15 (lima belas) dan 10 (sepuluh) tahun terakhir, distribusi yang terpilih adalah Log Pearson III.

4.3.3 Analisis Statistik Log Pearson III

Analisis statistik Log Pearson III dilakukan pada ketiga variasi panjang data.

4.3.3.1 Contoh Perhitungan Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang

Data 20 Tahun Terakhir pada Tahun 1992 :

$$\ln(x) = \ln 99.650 = 4.602 \text{ mm}$$

$$\ln(\bar{x}) = \frac{\sum \ln X}{20} = 4.578 \text{ mm}$$

$$\ln(x) - \ln(\bar{x}) = 4.602 - 4.578 = 0.024 \text{ mm}$$

$$(\ln(x) - \ln(\bar{x}))^2 = (0.024)^2 = 0.001 \text{ mm}$$

$$(\ln(x) - \ln(\bar{x}))^3 = (0.024)^3 = 0.000 \text{ mm}$$

Perhitungan analisis statistik Log Pearson III variasi panjang data 20 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir

Tahun	R ₂₄ Max (mm)	ln X	ln X - ln Xi	(ln X - ln Xi) ²	(ln X - ln Xi) ³
1992	99.650	4.602	0.024	0.001	0.000
1993	103.233	4.637	0.059	0.003	0.000
1994	95.597	4.560	-0.018	0.000	0.000
1995	118.885	4.778	0.200	0.040	0.008
1996	89.140	4.490	-0.088	0.008	-0.001
1997	84.880	4.441	-0.137	0.019	-0.003
1998	80.045	4.383	-0.195	0.038	-0.007
1999	94.336	4.547	-0.031	0.001	0.000
2000	83.480	4.425	-0.153	0.023	-0.004
2001	75.765	4.328	-0.250	0.063	-0.016
2002	88.636	4.485	-0.093	0.009	-0.001
2003	88.810	4.486	-0.091	0.008	-0.001
2004	114.004	4.736	0.158	0.025	0.004
2005	106.378	4.667	0.089	0.008	0.001
2006	88.026	4.478	-0.100	0.010	-0.001

Tabel 4.17 Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir
(lanjutan)

Tahun	R ₂₄ Max (mm)	ln X	ln X-ln Xi	(ln X-ln Xi) ²	(ln X-ln Xi) ³
2007	151.906	5.023	0.445	0.198	0.088
2008	99.092	4.596	0.018	0.000	0.000
2009	104.637	4.650	0.073	0.005	0.000
2010	108.034	4.682	0.105	0.011	0.001
2011	95.829	4.563	-0.015	0.000	0.000
Jumlah	1970.362	91.557	0.000	0.471	0.070

Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hingga 2.13 didapat parameter statistik Log

Pearson III variasi panjang data 20 tahun terakhir :

Rata-rata ln Xi 4.578

Standart Deviasi S 0.158

Coef Skewness Cs 1.1

Nilai Cs kemudian dipakai dalam menentukan nilai G dari Tabel 4.20Cs Log Pearson III Positif dan 4.21 Cs Log Pearson III Negatif dalam Lampiran D-1 sampai D-2 untuk perhitungan hujan rencana.

4.3.3.2 Contoh Perhitungan Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang

Data 15 Tahun Terakhir pada Tahun 1992 ::

$$\text{Ln}(x) = \text{Ln } 84.880 = 4.441 \text{ mm}$$

$$\text{Ln}(\bar{x}) = \frac{\sum \text{Ln } X}{15} = 4.566 \text{ mm}$$

$$\text{Ln}(x) - \text{Ln}(\bar{x}) = 4.441 - 4.566 = -0.137 \text{ mm}$$

$$(\text{Ln}(x) - \text{Ln}(\bar{x}))^2 = (-0.137)^2 = 0.019 \text{ mm}$$

$$(\text{Ln}(x) - \text{Ln}(\bar{x}))^3 = (-0.137)^3 = -0.003 \text{ mm}$$

Perhitungan analisis statistik Log Pearson III variasi panjang data 15 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang Data 15 Tahun Terakhir

Tahun	R ₂₄ Max (mm)	ln X	ln X-ln Xi	(ln X-ln Xi) ²	(ln X-ln Xi) ³
1997	84.880	4.441	-0.137	0.019	-0.003
1998	80.045	4.383	-0.195	0.038	-0.007
1999	94.336	4.547	-0.031	0.001	0.000
2000	83.480	4.425	-0.153	0.023	-0.004

2001	75.765	4.328	-0.250	0.063	-0.016
2002	88.636	4.485	-0.093	0.009	-0.001
2003	88.810	4.486	-0.091	0.008	-0.001

Tabel 4.18 Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang Data 15 Tahun Terakhir (lanjutan)

Tahun	R ₂₄ Max (mm)	ln X	ln X-ln Xi	(ln X-ln Xi) ²	(ln X-ln Xi) ³
2004	114.004	4.736	0.158	0.025	0.004
2005	106.378	4.667	0.089	0.008	0.001
2006	88.026	4.478	-0.100	0.010	-0.001
2007	151.906	5.023	0.445	0.198	0.088
2008	99.092	4.596	0.018	0.000	0.000
2009	104.637	4.650	0.073	0.005	0.000
2010	108.034	4.682	0.105	0.011	0.001
2011	95.829	4.563	-0.015	0.000	0.000
Jumlah	1463.857	68.490	-0.178	0.419	0.063

Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hingga 2.13 didapat parameter statistik Log Pearson III variasi panjang data 15 tahun terakhir :

Rata-rata	ln Xi	4.566
Standart Deviasi	S	0.173
Coef Skewness	Cs	1.2

Nilai Cs kemudian dipakai dalam menentukan nilai G dari Tabel 4.20 Cs Log Pearson III Positif dan 4.21 Cs Log Pearson III Negatif dalam Lampiran D-1 sampai D-2 untuk perhitungan hujan rencana.

4.3.3.3 Contoh Perhitungan Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang

Data 10 Tahun Terakhir pada Tahun 1992 ::

$$\ln(x) = \ln 88.636 = 4.485 \text{ mm}$$

$$\ln(\bar{x}) = \frac{\sum \ln X}{10} = 4.637 \text{ mm}$$

$$\ln(x) - \ln(\bar{x}) = 4.485 - 4.637 = -0.093 \text{ mm}$$

$$(\ln(x) - \ln(\bar{x}))^2 = (-0.093)^2 = 0.009 \text{ mm}$$

$$(\ln(x) - \ln(\bar{x}))^3 = (-0.093)^3 = -0.001 \text{ mm}$$

Perhitungan analisis statistik Log Pearson III variasi panjang data 10 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Analisis Statistik Log Pearson III Variasi Panjang Data 10 Tahun Terakhir

Tahun	R ₂₄ Max (mm)	ln X	ln X-ln Xi	(ln X-ln Xi) ²	(ln X-ln Xi) ³
2002	88.636	4.485	-0.093	0.009	-0.001
2003	88.810	4.486	-0.091	0.008	-0.001
2004	114.004	4.736	0.158	0.025	0.004
2005	106.378	4.667	0.089	0.008	0.001
2006	88.026	4.478	-0.100	0.010	-0.001
2007	151.906	5.023	0.445	0.198	0.088
2008	99.092	4.596	0.018	0.000	0.000
2009	104.637	4.650	0.073	0.005	0.000
2010	108.034	4.682	0.105	0.011	0.001
2011	95.829	4.563	-0.015	0.000	0.000
Jumlah	1045.352	46.367	0.588	0.275	0.092

Dengan menggunakan Persamaan 2.11 hingga 2.13 didapat parameter statistik Log Pearson III variasi panjang data 10 tahun terakhir :

Rata-rata	ln Xi	4.637
Standart Deviasi	S	0.164
Coef Skewness	Cs	1.5

Nilai Cs kemudian dipakai dalam menentukan nilai G dari Tabel 4.20 Cs Log Pearson III Positif dan 4.21 Cs Log Pearson III Negatif dalam Lampiran D-1 sampai D-2 untuk perhitungan hujan rencana.

4.4 Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov digunakan karena distribusi yang terpilih adalah Log Pearson III. Dengan Nilai Δ_{cr} ditunjukkan dalam Tabel 2.3. Dari perhitungan didapat hasil perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk ketiga variasi sebagai berikut :

4.4.1 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir

commit to user

Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Uji Smirnov Kolmogorov Panjang Data 20 Tahun Terakhir

No	X (mm)	Sn (%)	Log Xi	G	Pr	P (x)	[Sn (x) - P (x)]
1	75.765	4.762	1.879	-1.589	99.586	0.414	4.347
2	80.045	9.524	1.903	-1.240	94.086	5.914	3.610
3	83.480	14.286	1.922	-0.973	89.881	10.119	4.166
4	84.880	19.048	1.929	-0.867	88.217	11.783	7.264
5	88.026	23.810	1.945	-0.636	84.573	15.427	8.383
6	88.636	28.571	1.948	-0.592	83.883	16.117	12.454
7	88.810	33.333	1.948	-0.580	83.687	16.313	17.020
8	89.140	38.095	1.950	-0.556	83.315	16.685	21.410
9	94.336	42.857	1.975	-0.197	77.646	22.354	20.503
10	95.597	47.619	1.980	-0.112	76.317	23.683	23.936
11	95.829	52.381	1.981	-0.097	76.074	23.926	28.455
12	99.092	57.143	1.996	0.116	72.723	27.277	29.866
13	99.650	61.905	1.998	0.151	72.161	27.839	34.066
14	103.233	66.667	2.014	0.376	68.626	31.374	35.292
15	104.637	71.429	2.020	0.461	67.273	32.727	38.702
16	106.378	76.190	2.027	0.566	65.622	34.378	41.812
17	108.034	80.952	2.034	0.664	64.076	35.924	45.029
18	114.004	85.714	2.057	1.006	58.694	41.306	44.408
19	118.885	90.476	2.075	1.272	54.498	45.502	44.974
20	151.906	95.238	2.182	2.828	29.967	70.033	25.206
	\bar{x}	=	1.988				
	S	=	0.068				
	Cs	=	1.052				

Dengan jumlah data sebesar 20, dan signifikansi 5%, maka didapat nilai Δ Kritis dari Tabel 2.3 sebesar 29. Nilai Δ Maksimum dari perhitungan sebesar 45.029. Dapat diambil kesimpulan bahwa variasi panjang data dengan panjang data 20 (dua puluh) tahun terakhir menggunakan Hipotesa Log Pearson III ditolak.

4.4.2 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Variasi Panjang Data 15Tahun Terakhir

Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 4.21.

commit to user

Tabel 4.21 Uji Smirnov Kolmogorov Panjang Data 15 Tahun Terakhir

No	X (mm)	Sn (%)	Log Xi	G	Pr	P (x)	[Sn (x) - P (x)]
1	75.7651	6.250	1.879	-1.381	98.190	1.810	4.440
2	80.0447	12.500	1.903	-1.063	91.602	8.398	4.102
3	83.4802	18.750	1.922	-0.819	86.563	13.437	5.313
4	84.8797	25.000	1.929	-0.723	84.570	15.430	9.570
5	88.0265	31.250	1.945	-0.512	80.205	19.795	11.455
6	88.6362	37.500	1.948	-0.472	79.377	20.623	16.877
7	88.8099	43.750	1.948	-0.460	79.142	20.858	22.892
8	94.3358	50.000	1.975	-0.111	71.905	28.095	21.905
9	95.8286	56.250	1.981	-0.020	70.022	29.978	26.272
10	99.0920	62.500	1.996	0.174	66.007	33.993	28.507
11	104.6372	68.750	2.020	0.490	59.478	40.522	28.228
12	106.3782	75.000	2.027	0.585	57.500	42.500	32.500
13	108.0338	81.250	2.034	0.675	55.648	44.352	36.898
14	114.0036	87.500	2.057	0.986	49.199	50.801	36.699
15	151.9058	93.750	2.182	2.650	14.784	85.216	8.534
$\bar{X} = 1.983$							
$S = 0.075$							
$C_s = 1.244$							

Dengan jumlah data sebesar 15, dan signifikansi 5%, maka didapat nilai Δ Kritis dari Tabel 2.3 sebesar 34. Nilai Δ Maksimum dari perhitungan sebesar 36.898. Dapat diambil kesimpulan bahwa variasi panjang data dengan panjang data 15 (lima belas) tahun terakhir menggunakan Hipotesa Log Pearson III ditolak.

4.4.3 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Variasi Panjang Data 10 Tahun Terakhir

Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Uji Smirnov Kolmogorov Panjang Data 10 Tahun Terakhir

No	X (mm)	Sn (%)	Log Xi	G	Pr	P (x)	[Sn (x) - P (x)]
1	88.026	9.091	1.945	-0.972	89.956	10.044	0.953
2	88.636	18.182	1.948	-0.930	88.587	11.413	6.769
3	88.810	27.273	1.948	-0.918	88.199	11.801	15.472
4	95.829	36.364	1.981	-0.453	73.115	26.885	9.478
5	99.092	45.455	1.996	-0.248	66.474	33.526	11.929
6	104.637	54.545	2.020	0.085	55.676	44.324	10.221
7	106.378	63.636	2.027	0.185	52.404	47.596	16.040
8	108.034	72.727	2.034	0.280	49.341	50.659	22.068
9	114.004	81.818	2.057	0.609	38.675	61.325	20.493
10	151.906	90.909	2.182	2.364	-18.246	118.246	27.337
	\bar{X}	=	2.014				
	S	=	0.071				
	Cs	=	1.508				

Dengan jumlah data sebesar 10, dan signifikansi 5%, maka didapat nilai Δ Kritis dari Tabel 2.3 sebesar 41. Nilai Δ Maksimum dari perhitungan sebesar 27.337. Dapat diambil kesimpulan bahwa variasi panjang data dengan panjang data 10 (sepuluh) tahun terakhir menggunakan Hipotesa Log Pearson III diterima.

4.5 Hujan Rencana

Perhitungan hujan rencana dilakukan pada ketiga variasi panjang data.

4.5.1 Perhitungan Hujan Rencana pada Variasi Panjang Data 20 Tahun Terakhir.

Contoh perhitungan hujan rencana dengan kala ulang 2 tahun :

Nilai G dari Tabel 4.20 berdasarkan nilai Cs yang didapat dalam perhitungan parameter statistik Log Pearson III. Ln Xi terdapat perhitungan parameter statistik Log Pearson III.

$$G = -0.180$$

commit to user

$$G.S = -0.180 \times 0.158 = -0.039$$

$$\ln X_i + G.S = 4.578 + (-0.028) = 4.549$$

$$R_t = \text{arc Ln}(4.549) = 94.540 \text{ mm}$$

Perhitungan hujan rencana dengan berbagai kala ulang pada variasi panjang data 20 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Hujan Rencana dengan Berbagai Kala Ulang pada Variasi Panjang Data 20 Tahun

T	G	G.S	$\ln X_i + G.S$	R_t (mm)
2	-0.180	-0.028	4.549	94.540
5	0.745	0.117	4.695	109.365
10	1.341	0.211	4.789	120.127
20	1.824	0.287	4.865	129.628
50	2.585	0.407	4.985	146.125
100	3.087	0.486	5.064	158.146
200	3.575	0.563	5.141	170.779
1000	4.670	0.736	5.313	202.921

4.5.2 Perhitungan Hujan Rencana pada Variasi Panjang Data 15 Tahun Terakhir.

Contoh perhitungan hujan rencana dengan kala ulang 2 tahun :

Nilai G dari Tabel 4.20 berdasarkan nilai C_s yang didapat dalam perhitungan parameter statistik Log Pearson III. $\ln X_i$ terdapat perhitungan parameter statistik Log Pearson III.

$$G = -0.195$$

$$G.S = -0.195 \times 0.164 = -0.034$$

$$\ln X_i + G.S = 4.566 + (-0.034) = 4.532$$

$$R_t = \text{arc Ln}(4.532) = 92.930 \text{ mm}$$

Perhitungan hujan rencana dengan berbagai kala ulang pada variasi panjang data 15 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Hujan Rencana dengan Berbagai Kala Ulang pada Variasi Panjang Data 15 Tahun

T	G	G.S	ln Xi + G.S	Rt (mm)
2	-0.195	-0.034	4.532	92.930
5	0.732	0.126	4.692	109.052
10	1.340	0.211	4.777	118.692
20	1.838	0.289	4.855	128.375
50	2.626	0.414	4.980	145.337
100	3.149	0.496	5.062	157.815
200	3.661	0.577	5.143	171.067
1000	4.810	0.758	5.324	204.998

4.5.3 Perhitungan Hujan Rencana pada Variasi Panjang Data 10 Tahun Terakhir.

Contoh perhitungan hujan rencana dengan kala ulang 2 tahun :

Nilai G dari Tabel 4.20 berdasarkan nilai Cs yang didapat dalam perhitungan parameter statistik Log Pearson III. Ln Xi terdapat perhitungan parameter statistik Log Pearson III.

$$G = -0.240$$

$$G.S = -0.240 \times 0.164 = -0.039$$

$$\ln Xi + G.S = 4.637 + (-0.039) = 4.597$$

$$Rt = \text{arc Ln}(4.597) = 99.181 \text{ mm}$$

Perhitungan hujan rencana dengan berbagai kala ulang pada variasi panjang data 10 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hujan Rencana dengan Berbagai Kala Ulang pada Variasi Panjang Data 10 Tahun

T	G	G.S	ln Xi + G.S	Rt (mm)
2	-0.240	-0.039	4.597	99.181
5	0.690	0.113	4.750	115.471
10	1.333	0.210	4.847	127.245
20	1.875	0.295	4.932	138.584
50	2.743	0.432	5.069	158.883
100	3.330	0.524	5.161	174.271
200	3.910	0.616	5.252	190.939
1000	5.230	0.824	5.460	235.058

Hasil perhitungan dengan contoh dengan kala ulang dua tahun pada panjang data 20 tahun terakhir mempunyai nilai 94.540 mm, panjang data 15 tahun terakhir

mempunyai nilai 92.930mm dan panjang data 10 tahun terakhir mempunyai nilai 99.181 mm. Dapat diambil kesimpulan bahwa dari ketiga variasi panjang data, hujan rencana dengan nilai tertinggi didapatkan dari panjang data 10 tahun terakhir.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Analisis data dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Data hujan dari delapan stasiun hujan di DAS Bengawan Solo Hulu hingga titik kontrol jurug semuanya pangkah.
2. Karakteristik hujan yang terjadi adalah :
 - a. Pada analisis hujan wilayah dari data hujan harian maksimum mempunyai kecenderungan naik. Dan kecenderungan naik tertinggi terdapat pada variasi panjang data 15 (lima belas) tahunan terakhir.
 - b. Pada analisis hujan wilayah dari data hujan tahunan mempunyai kecenderungan turun pada 20 (dua puluh) tahun terakhir, dan kecenderungan naik pada 15 (lima belas) dan 10 (sepuluh) tahun terakhir. Kecenderungan naik tertinggi terdapat pada variasi panjang data 10 (sepuluh) tahun terakhir.
3.
 - a. Dari ketiga variasi panjang data berupa 20 (dua puluh) , 15 (lima belas) dan 10 (sepuluh) tahun terakhir, distribusi yang terpilih adalah Log Pearson III.
 - b. Dari ketiga variasi panjang data berupa 20 (dua puluh) , 15 (lima belas) dan 10 (sepuluh) tahun terakhir, hanya variasi panjang data 10 (sepuluh) tahun terakhir yang memenuhi uji Smirnov-Kolmogorov.
 - c. Dari ketiga variasi panjang data, hujan rencana dengan nilai tertinggi didapatkan dari panjang data 10 tahun terakhir.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan penelitian antara hubungan uji kepangahan data dengan uji validitas distribusi. Dimana ketika data dinyatakan pangkah, data tersebut belum tentu dapat diterima dengan uji validitas distribusi.



DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset :Yogyakarta.
- H. R. Verworn. 2008. *The impact of climate change on rainfall runoff statistics in the Emscher-Lippe region* . 11th International Conference on Urban Drainage : Edinburgh, Scotland, UK.
- Imam Soedradjat. *Penanganan DAS Bengawan Solo di Masa Datang*.
- Ina Juaeni,dkk. 2006. *Kajian Perubahan Curah Hujan di Jakarta dan Semarang*. Seminar Pithagi.
- Sri Harto.1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Stan Aronoff. 2003. *Geographic Information System*. Wdl Pubns : USA.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi : Yogyakarta.
- Yunie Wiyasri. 2010. *Pola Distribusi Hujan Jam-jaman di Sub DAS Temon dan Wuryantoro*. Universitas Sebelas Maret Surakarta : Surakarta.
- <http://insinyurpengairan.wordpress.com/>