



TUGAS AKHIR - SS 091324

**PEMILIHAN *THRESHOLD* PADA PEMODELAN NILAI
EKSTRIM CURAH HUJAN DI SENTRA PRODUKSI PADI
JAWA TIMUR DENGAN MRLP-BARU (*NEW
TECHNIQUE FOR MEAN RESIDUAL LIFE PLOT*)**

Umi Anifah
NRP 1310 100 057

Dosen Pembimbing
Dr. Sutikno, S.Si, M.Si

JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



TUGAS AKHIR - SS091324

**PEMILIHAN *THRESHOLD* PADA PEMODELAN NILAI
EKSTRIM CURAH HUJAN DI SENTRA PRODUKSI PADI
JAWA TIMUR DENGAN MRLP-BARU (*NEW
TECHNIQUE FOR MEAN RESIDUAL LIFE PLOT*)**

Umi Anifah
NRP 1310 100 057

Pembimbing
Dr. Sutikno, S.Si, M.Si

JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - SS091324

THRESHOLD SELECTION FOR RAINFALL EXTREMES MODELING IN EAST JAVA RICE PRODUCTION CENTERS WITH MRLP-NEW (NEW TECHNIQUE FOR MEAN RESIDUAL LIFE PLOT)

Umi Anifah
NRP 1310 100 057

Supervisor
Dr. Sutikno, S.Si, M.Si

DEPARTMENT OF STATISTICS
Faculty Of Mathematics And Science
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2014

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMILIHAN *THRESHOLD* PADA PEMODELAN NILAI
EKSTRIM CURAH HUJAN DI SENTRA PRODUKSI PADI
JAWA TIMUR DENGAN MRLP-BARU (*NEW
TECHNIQUE FOR MEAN RESIDUAL LIFE PLOT*)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

UMI ANIFAH
NRP 1310 100 057

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Sutikno, S.Si, M.Si
NIP : 19710313 199702 1 001



Mengetahui
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS



Dr. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001

SURABAYA, AGUSTUS 2014

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Extreme Value Theory</i> (EVT).....	6
2.2 Metode Peaks Over Threshold (POT).....	7
2.3 Penentuan Nilai <i>Threshold</i>	10
2.4 <i>GPD Ranges Plot</i>	14
2.5 Estimasi Parameter <i>Generalized Pareto Distribution</i> (GPD).....	15
2.6 Pemeriksaan Kesesuaian Distribusi.....	16
2.7 <i>Likelihood-Ratio test</i>	18
2.8 <i>Return Level</i>	20
2.9 Kriteria Pemilihan Model yang sesuai.....	21
2.10 Curah Hujan.....	21
2.11 Penelitian Sebelumnya.....	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Sumber Data	26
3.2 Variabel Penelitian.....	26
3.3 Langkah Analisis Data.....	26
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Deskripsi Curah Hujan di Lima Pos Pengamatan.....	31
4.2 Identifikasi Pola Data <i>Heavy Tail</i> dan Nilai Ekstrim.....	32
4.3 Proses Penentuan Range <i>Threshold</i>	35
4.4 Analisis <i>Generalized Pareto Distribution</i>	41
4.5 Uji Kesesuaian <i>Generalized Pareto Distribution</i>	43
4.6 Pemilihan <i>Threshold</i> Terbaik Melalui <i>Likelihood-Ratio test</i>	46
4.7 Estimasi <i>Return level</i> Hingga 3 Periode Tahun ke Depan.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Nilai Rata-rata, Standart Deviasi, Nilai Minimum, dan Nilai Maksimum Curah Hujan Harian (mm)	32
Tabel 4.2 Kemungkinan <i>threshold</i> berdasarkan <i>extremal index</i>	37
Tabel 4.3 Hasil Analisis GPD Curah Hujan di Bojonegoro	41
Tabel 4.4 Uji <i>Kolmogorov-Smirnov Generalized Pareto Distribution</i>	45
Tabel 4.5 <i>p-value</i> dari <i>Likelihood Ratio test</i> untuk range <i>threshold</i> data curah hujan ekstrim di Bojonegoro	47
Tabel 4.6 Hasil Estimasi <i>Return Level</i> Berdasarkan <i>Threshold</i> dari Metode Persentase dan MRLP	48
Tabel 4.7 Nilai RMSE <i>Return Level</i>	51



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Pengambilan Sampel Data dalam Metode POT	7
Gambar 2.2	Grafik <i>Probability Densty Function</i> Tipe Distribusi GPD	9
Gambar 2.3	Ilustrasi Penentuan Nilai <i>Threshold</i> dengan Metode Presentase	11
Gambar 2.4	<i>Mean Residual Life Plot</i> untuk data curah hujan di Inggris.....	13
Gambar 2.5	GPD <i>range plot</i> Data Curah Hujan di Lamongan dengan Range <i>Threshold</i> antara 14 hingga 67 dan Sebanyak 100 Interval Nilai Parameter.....	14
Gambar 2.6	Sebaran Pola Curah Hujan di Indonesia	23
Gambar 3.1	Histogram Distribusi Data Curah Hujan <i>Heavy Tail</i>	27
Gambar 3.2	Diagram Alir Analisis Data	30
Gambar 4.1	Histogram Curah Hujan Harian di Pos Cawak.....	33
Gambar 4.2	Pengujian <i>Normality Probability Plot</i> Curah Hujan Harian di Pos Cawak.....	34
Gambar 4.3	Histogram Curah Hujan di pos Pasewaran, Pos Karang Kedawung, Pos Ngale, dan Pos Karangbinangun.....	34
Gambar 4.4	<i>Normality Probability Plot</i> Curah Hujan di Pos Pasewaran, Pos Karang Kedawung, Pos Ngale, dan Pos Karangbinangun.....	35
Gambar 4.5	<i>Mean Residual Life Plot</i> Data Curah Hujan di Bojonegoro	38

Gambar 4.6	GPD <i>range plot</i> Data Curah Hujan di Bojonegoro dengan Range <i>Threshold</i> antara 15 hingga 75 dan Sebanyak 100 Interval Nilai Parameter	39
Gambar 4.7	GPD <i>range plot</i> Data Curah Hujan di Bojonegoro dengan Range <i>Threshold</i> antara 15 hingga 23 dan Sebanyak 100 Interval Nilai Parameter.....	40
Gambar 4.8	<i>Probabbility Plot</i> dan <i>Quantile Plot</i> Data Curah Hujan di Bojonegoro dengan <i>threshold</i> 15.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	60
LAMPIRAN A : DATA CURAH HUJAN (1981-2013)	60
A1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro	60
A2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi	61
A3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember	62
A4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan	63
A5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi	64
LAMPIRAN B : PENENTUAN THRESHOLD DENGAN METODE PERSENTASE	65
B1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro	65
B2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi	66
B3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember	67
B4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan	68
B5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi	69
LAMPIRAN C : PENENTUAN RANGE THRESHOLD YANG DISARANKAN DENGAN MRLP DAN GPD RANGES PLOT	70
C1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro	70
C2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi	75
C3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember	78
C4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan	82
C5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi	86

LAMPIRAN D : ANALISIS GPD UNTUK ESTIMASI

PARAMETER.....	90
D1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro	90
D2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi.....	91
D3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember	92
D4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan	93
D5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi.....	95

LAMPIRAN E : PROBABILITY & QUANTILE PLOT

E1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro.....	98
E2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi	102
E3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember.....	103
E4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan.....	104
E5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi	105

LAMPIRAN F : UJI KESESUAIAN DISTRIBUSI DENGAN KOLMOGOROV SMIRNOV

F1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro.....	106
F2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi	107
F3. Pos Karang Kedawung, Pos Karangbinangun, Pos Ngale	107

LAMPIRAN G : PEMILIHAN THRESHOLD TERBAIK

MELALUI LIKELIHOOD RATIO TEST	108
G1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro	108
G2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi.....	109
G3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember	109

G4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan	110
G5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi.....	111
LAMPIRAN H : VISUALISASI PERBANDINGAN HASIL RETURN LEVEL	112
H1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro	112
H2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi.....	112
H3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember	113
H4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan	113
H5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi.....	114
LAMPIRAN I : Ilustrasi Penentuan Nilai Threshold dengan Metode Prosentase Pada Data Curah Hujan di Pos Pasewaran	115
LAMPIRAN J: Contoh Cara Perhitungan Nilai Return Level	116
LAMPIRAN K : Contoh Perhitungan Likelihood Ratio-test dalam Pemilihan Threshold Terbaik	118



Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah 'alamiin... atas berkat rahmat dan karunia Allah SWT akhirnya penulis dapat menyelesaikan buku Tugas Akhir yang berjudul "**Pemilihan *Threshold* Pada Pemodelan Nilai Ekstrim Curah Hujan di Sentra Produksi Padi Jawa Timur dengan MRLP-baru (*New Technique for Mean Residual Life Plot*)**" dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada :

1. Bapak Dr. Sutikno, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing yang dengan sabar memberikan bimbingan, ilmu, saran, motivasi bahkan perhatiannya dan tentu waktu yang beliau luangkan untuk membimbing penulis.
2. Bapak Dr. Bambang Wijarnako Otok, M.Si, dan Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku dosen penguji atas kritik dan saran yang membangun dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, MT selaku Ketua Jurusan dan Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT selaku Ketua Prodi S1 Statistika ITS yang telah memberikan banyak fasilitas untuk kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Ibu, Bapak serta Kakak atas do'a yang selalu terucap nama penulis di dalamnya agar dapat meraih keberhasilan dan kesuksesan. Terimakasih pula atas motivasi dan inspirasinya. Ini hanya hadiah kecil dari penulis sebagai salah satu bukti bakti penulis.
5. Adekku, Niswatul Qona'ah atas kerelaannya meminjamkan laptopnya selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir. Terimakasih sudah menyusul dan menemani 2 tahun terakhir masa perkuliahan ini. Kehadiran adek menjadi penguat sekaligus penghibur dalam perjuangan ini. Buktikan bahwa adek lebih hebat dan wajib harus lebih baik.
6. Rosna, teman spesial sekaligus pembimbing kedua dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Terimakasih atas arahan,

motivasi dan terlebih atas perhatiannya. Tak lupa juga atas ilmu yang telah dibagi.

7. Keluarga BPU (Badan Pelayanan Umat, JMMI-TPKI ITS) terutama generasi 12/13. Merupakan keluarga besar yang membuat penulis tetap bisa bertahan. Tempat belajar banyak hal, organisasi, ilmu kehidupan, mengasah rasa kepekaan sosial, belajar peduli dan semangat berbagi, bahkan belajar untuk bersyukur. Inspirasi tanpa batas didapatkan ketika berada di tengah-tengah mereka (adek-adek dan ibu-ibu binaan) dan tentu teman-teman seperjuangan. Kesan dan kenangan yang sangat berharga nan bermakna dengan para Pelukis Senyum bersama Tim Buku “Melukis Senyuman” BPU “Karena Kami Satu Keluarga”.
8. Keluarga besar FORSIS-ITS wadah bagi penulis untuk menanam ladang amal di lingkup jurusan dan bonusnya adalah pembelajaran peran sebagai *qiyadah wal jundiyah (leader and follower)*. *Syukron* atas ukhuwah dan kerjasamanya, salam spesial untuk teman-teman PH FORSIS-ITS 12/13.
9. Keluarga FSLDJ JMMI ITS 13/14. Kejutan yang benar-benar di luar dugaan penulis. Terimakasih atas kepercayaan yang diberikan menjelang dan selama penulis mengerjakan Tugas Akhir. Banyak sekali hikmah yang penulis dapatkan. *Jazaakumullaahu khairan katsiiran*. Dan untuk keluarga KED JMMI ITS 13/14, indahnya ukhuwah yang luar biasa penulis temukan di sini, saling menyemangati dan menasehati.
10. Bu Alif, pembina pesantren mahasisiwi Ash-Shulha yang mengajarkan kesabaran dan keistiqomahan kepada penulis. Teman sekamar, Dek Ika lulus terimakasih atas keceriaan yang selalu dibagi dan juga Dek Eli atas lantunan muroja’ah Qur’an yang turut menenangkan penulis ditengah-tengah rasa suntuk. Tak lupa untuk semua teman-teman Ash-Shulha, terimakasih atas do’anya.
11. Teman-teman “amazing” Σ21 Statistika 2010, yang selama kuliah bersama-sama dengan penulis. Susah, senang, serta jatuh bangunya selama perjuangan penulis hingga empat tahun berada di tengah-tengah kalian.

Tak mampu penulis menyebut satu persatu semua pihak yang telah membantu dan mendukung. Tapi yang jelas penulis juga memohon ketulusan maaf atas segala kesalahan diri penulis, juga pada pembaca semua. Sungguh itu murni datangnya dari penulis yang masih miskin ilmu dan pengalaman. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca agar kedepannya lebih baik. Kini atas nikmat-Nya buku ini hadir, semoga bisa bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Surabaya, Juni 2014

Penulis

Pemilihan *Threshold* Pada Pemodelan Nilai Ekstrim Curah Hujan di Sentra Produksi Padi Jawa Timur dengan MRLP-baru (*New Technique for Mean Residual Life Plot*)

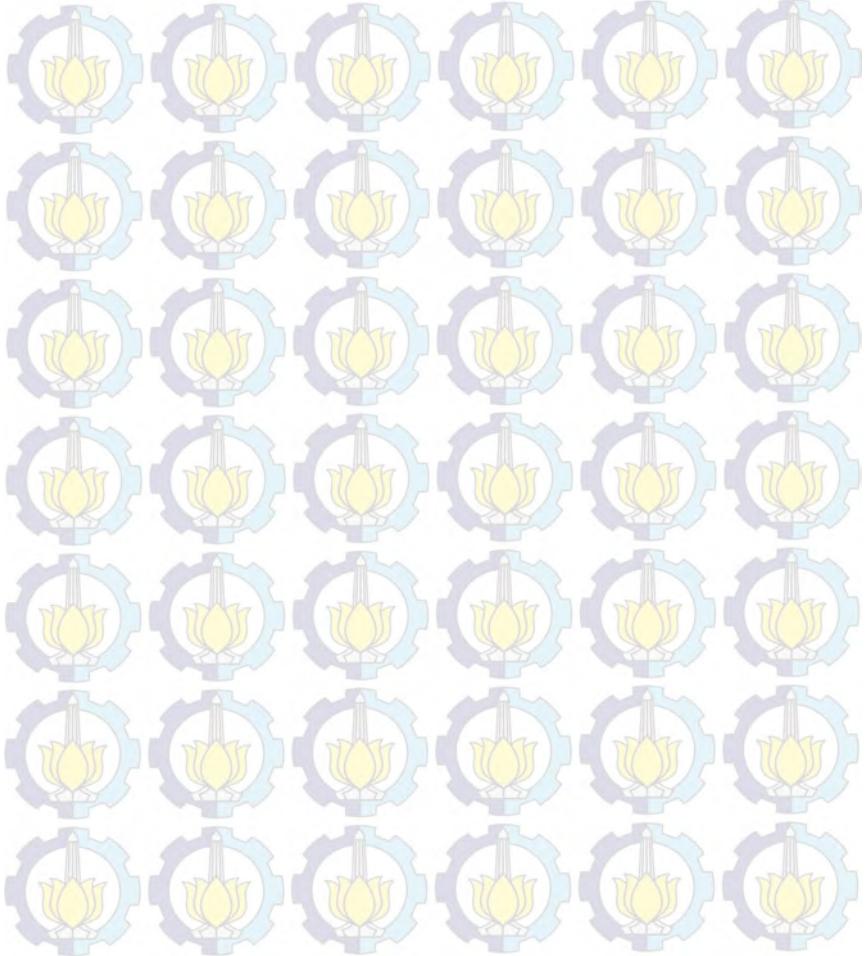
Nama : Umi Anifah
NRP : 1310100057
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. Sutikno, S.Si, M.Si.

ABSTRAK

*Perubahan iklim ekstrim tentunya berdampak pada beberapa sektor kehidupan. Salah satu sektor yang sangat merasakan dampak dari fenomena iklim ekstrim adalah sektor pertanian. Kegagalan panen yang disebabkan oleh banjir dan kekeringan masih saja selalu terjadi. Fenomena tersebut sering terjadi pula pada lima Kabupaten yang menjadi sentra produksi padi di Jawa Timur, antara lain: Kabupaten Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan dan Ngawi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan antisipasi dini. Pengembangan ilmu dan pengetahuan perlu dilakukan dalam kontribusi untuk memecahkan permasalahan ini. Terdapat suatu metode yang mengkaji fenomena ekstrim yaitu Ekstreme Value Theory (EVT). EVT merupakan metode yang membahas distribusi nilai ekstrim. Salah satu metode EVT adalah Peaks Over Threshold (POT). Pada POT, bahasan tentang pemilihan threshold menjadi menarik untuk dikaji. Metode prosentase merupakan metode untuk mendapatkan threshold yang sudah sering digunakan. Namun, ada metode lain yang menarik untuk dibahas adalah MRLP (Mean Residual Life Plot). Pada penelitian ini, digunakan Likelihood-Ratio test untuk memutuskan pilihan threshold yang terbaik. Serangkaian metode dalam penelitian ini kemudian disebut dengan MRLP-baru (*new technique for MRLP*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode MRLP-baru lebih baik daripada metode prosentase. Namun, hasil RMSE secara keseluruhan menunjukkan bahwa*

kedua metode tersebut masih sama. Hal ini karena adanya kemungkinan sifat dependensi data yang mempengaruhi estimasi return level. Oleh karena itu disarankan untuk penelitian selanjutnya memperhatikan syarat data yang independen.

Kata kunci :EVT, MRLP-baru, POT, return level, threshold





Halaman ini sengaja dikosongkan

Threshold Selection for Rainfall Extremes Modeling in East Java Rice Production Centers with MRLP-new (New Technique for Mean Residual Life Plot)

Name : Umi Anifah
NRP : 1310100057
Department : Statistika FMIPA-ITS
Supervisor : Dr. Sutikno, S.Si, M.Si.

ABSTRACT

Extreme climate change would have an impact on some sectors of life. One sector that felt the impact of extreme climatic phenomena is the agricultural sector. Crop failure caused by floods and droughts still always the case. This phenomenon often occurs also in the five districts that became centers of rice production in East Java, among others: Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan and Ngawi. To overcome these problems, it is necessary to anticipate early. Development of science and knowledge needs to be done in a contribution to solving this problem. There is Extreme Value Theory (EVT), a method that examines the phenomenon of extreme. EVT is a method that addresses the extreme value distribution. One of the EVT method is Peaks Over Threshold (POT). In POT, a discussion of the election threshold be interesting to study. Percentage method is a method to obtain a threshold that has been frequently used. However, there is another interesting method to be discussed is MRLP (Mean Residual Life Plot). In this study, the likelihood-ratio test is used to decide which option best threshold. A series of methods in this study are referred to MRLP-new (new technique for MRLP). The results showed that the new method MRLP-percent better than the method. However, the overall RMSE results indicate that both methods are still the same. This is due to potential data dependencies that affect the nature of the return level estimates. It is therefore recommended for further research attention to the requirements of independent data.

Keywords: EVT, MRLP-new, POT, return level, the threshold



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bukti ilmiah telah banyak menunjukkan bahwa iklim telah mengalami perubahan. Antara tahun 1906 -2005 rata-rata suhu permukaan global meningkat dengan laju $0,74^{\circ} \text{C} \pm 0,18^{\circ} \text{C}$ (IPCC, 2007). Hal ini mengakibatkan perubahan iklim di berbagai tempat, termasuk di Indonesia. Pola perubahan curah hujan musiman untuk Desember-Januari-Februari (DJF) terjadi di hampir seluruh pulau Jawa dan Indonesia bagian timur, seperti: Bali, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur. Untuk curah hujan Juni-Juli-Agustus, trend penurunan yang signifikan dapat ditemui hampir di seluruh wilayah Indonesia, kecuali Pandeglang (Jawa Barat), Makassar (Sulawesi Selatan), Manokwari, Sorong (Papua), dan Maluku (KLH, 2010). Dalam kurun waktu kurang lebih selama 10 tahun selama 1998-2008, telah terjadi peningkatan peluang curah hujan ekstrim harian di sebagian wilayah Indonesia, kecuali beberapa wilayah di Maluku. Perubahan curah hujan tentunya sangat mempengaruhi jumlah ketersediaan air.

Salah satu sektor yang sangat merasakan dampak fenomena iklim ekstrim ini adalah sektor pertanian. Banyak kejadian gagal panen yang disebabkan oleh banjir dan kekeringan. Kejadian gagal panen yang kerap terjadi di Indonesia akan mengancam ketahanan pangan. Terlebih jika kejadian gagal panen terjadi di beberapa wilayah yang merupakan sentra produksi padi. Misalnya jika terjadi di Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan dan Ngawi yang merupakan kabupaten penghasil padi terbesar di Jawa Timur. Jawa Timur merupakan salah satu provinsi yang termasuk produktivitas padinya tinggi (BPS, 2013). Oleh karena itu diperlukan antisipasi dini dengan mempelajari perilaku iklim ekstrim agar kerugian akibat gagal panen dapat diminimalkan.

Peristiwa banjir dan kekeringan merupakan dampak perubahan curah hujan ekstrem yang distribusinya memiliki ekor gemuk (*heavy tail*). *Extreme Value Theory* (EVT) merupakan salah satu metode statistika yang digunakan untuk mempelajari perilaku nilai-nilai ekstrem tersebut. Metode ini fokus pada perilaku ekor (*tail*) suatu distribusi untuk dapat menentukan probabilitas nilai-nilai ekstremnya, juga dapat meramalkan terjadinya kejadian ekstrem pada data *heavy tail* yang tidak dapat dilakukan dengan pendekatan tradisional lainnya. Dalam mengidentifikasi nilai ekstrem terdapat dua pendekatan yang digunakan. Pertama, dengan metode *Block Maxima* (BM) yang mengikuti distribusi *Generalized Extreme Value* (GEV). Terdapat tiga jenis tipe distribusi GEV yaitu Tipe I Distribusi Gumbel, Tipe II Distribusi Frechet, dan Tipe III berdistribusi Weibull. Kedua, dengan metode *Peaks Over Threshold* (POT) yang mengikuti distribusi *Generalized Pareto Distribution* (GPD) yang juga memiliki tiga tipe distribusi, yaitu: Tipe I Distribusi Eksponensial, Tipe II Distribusi Pareto, dan Tipe III Distribusi Beta. (Coles, 2001).

Metode BM merupakan metode yang mengidentifikasi nilai ekstrem berdasarkan nilai tertinggi data observasi yang sudah dikelompokkan berdasarkan periode tertentu. Metode POT menentukan nilai ekstrem dengan menggunakan besaran patokan yang disebut *threshold*. Semua amatan yang berada di atas nilai *threshold* diidentifikasi sebagai nilai ekstrem. Wahyudi (2012) menyimpulkan bahwa pendekatan POT memberikan hasil yang lebih sesuai daripada pendekatan BM untuk memprediksi return level curah hujan ekstrem di Ngawi. Hasil yang sama disampaikan oleh Jaruskova dan Hanek (2006) yang menyimpulkan bahwa metode POT lebih sesuai daripada metode BM untuk data ekstrem yang dependen dalam mengestimasi *return level* pada data curah hujan di Moravia Utara, Republik Ceko.

Hal yang menarik dalam kajian EVT-POT adalah pada proses penentuan *threshold*. Estimasi parameter pada GPD bergantung pada pemilihan *threshold*. (Tancredi, Anderson, dan

O' Hagan, 2006). Beberapa penelitian yang menggunakan EVT-POT diantaranya: Kurniawati (2013) dan Malika (2014). Kedua penelitian tersebut menggunakan metode prosentase 10% data maksimum atau data diatas persentil 90% dalam menentukan *threshold*. Data diurutkan dari yang terbesar hingga yang terkecil, 10% data yang nilainya di atas nilai *threshold* dianggap sebagai nilai ekstrim. Cara tersebut merupakan penentuan *threshold* secara nonparametrik. Oleh karena itu kemungkinan terjadi bias pada kesimpulan yang didapatkan akan lebih besar (Anagnostopoulou, C. dan Tolika, K., 2010). Metode lain yang digunakan untuk menentukan *threshold* adalah *mean residual life plot* dan *threshold ranges plot*. Metode ini seringkali disebut metode parametrik. Amran, Iriawan N., Subiono dan Irhamah (2013) mengaplikasikan *mean residual life plot* dan *threshold ranges plot* pada proses pemilihan *threshold*. Namun, hasilnya masih banyak kemungkinan nilai *threshold* yang bisa diambil dan lebih mengandalkan kemampuan visual plot. Masih diperlukan cara bagaimana memilih nilai *threshold* yang terbaik, sehingga dibutuhkan suatu statistik uji tertentu dalam pemilihan *threshold* tersebut. Salah satu statistik uji yang digunakan adalah *likelihood ratio test* dengan memperhatikan nilai *p-value* seperti yang dilakukan oleh Hinsley dan Wadsworth, (2010). Metode tersebut selanjutnya disebut MRLP-baru (*new technique for MRLP*).

Salah satu hal penting dalam interpretasi model *extreme value* adalah menghitung *return level*. *Return level* yang diperoleh berdasarkan estimasi parameter merupakan nilai maksimum yang diharapkan akan dilampaui satu kali dalam jangka waktu tertentu (Gilli dan Kellezi, 2003). Pada bidang pertanian nilai *return level* akan memberikan informasi waktu tanam yang sesuai untuk varietas tanaman pangan tertentu sehingga dapat ditentukan varietas tanaman yang sesuai dan adaptif terhadap keadaan yang ekstrim tersebut. Selain itu informasi nilai *return level* data curah hujan juga dapat digunakan untuk mengantisipasi adanya banjir.

Dengan demikian kerugian akibat gagal panen dapat diminimalkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka permasalahan yang diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik curah hujan ekstrim di Jawa timur khususnya Kabupaten Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan dan Ngawi ?
2. Bagaimana hasil estimasi parameter GPD dan *return level* curah hujan di Kabupaten Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan dan Ngawi dengan metode prosentase dan metode *MRLP-baru* pada proses pemilihan *threshold* ?
3. Bagaimana kebaikan estimasi *return level* metode prosentase dan metode *MRLP-baru* berdasarkan kriteria *root mean square error* (RMSE)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik curah hujan ekstrim di Jawa Timur khususnya Kabupaten Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan dan Ngawi.
2. Mendapatkan estimasi parameter GPD dan *return level* curah hujan ekstrim dengan metode prosentase dan metode *MRLP-baru* pada proses pemilihan *threshold*.
3. Mengetahui kebaikan estimasi *return level* dengan metode prosentase dan metode *MRLP-baru* berdasarkan kriteria *root mean square error* (RMSE).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Bagi Departemen Pertanian, penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan prakiraan cuaca ekstrim sehingga dapat

berantisipasi terhadap terjadinya banjir maupun kekeringan, sebagai sumber informasi waktu tanam yang tepat serta digunakan untuk merancang strategi inovasi teknologi dan varietas tanaman pangan baru yang lebih adaptif terhadap iklim ekstrim.

2. Bagi BMKG, sebagai masukan metode alternatif untuk prakiraan iklim ekstrim.
3. Bagi pengembangan keilmuan, dapat dijadikan pengetahuan dalam mengidentifikasi kejadian ekstrim terhadap cuaca dan iklim dan dapat dijadikan pustaka untuk penelitian berikutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan dalam penelitian ini yaitu data yang digunakan adalah data curah hujan di Kabupaten Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan dan Ngawi antara tahun 1981 hingga tahun 2013. Dalam penelitian ini juga diasumsikan data sudah independen. Hal ini bertujuan agar dalam penelitian ini bisa lebih fokus pada proses pemilihan *threshold*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Extreme Value Theory* (EVT)

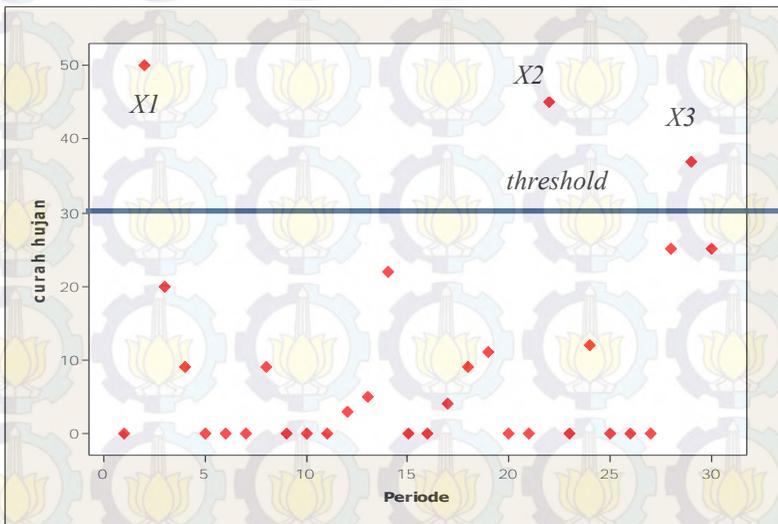
Extreme Value Theory (EVT) merupakan salah satu metode statistika yang digunakan untuk mempelajari bagaimana perilaku ekor (*tail*) dari distribusi data yang mengandung nilai ekstrim. Metode ini fokus pada perilaku ekor (*tail*) suatu distribusi untuk menentukan probabilitas nilai-nilai ekstrimnya. EVT telah lama diterapkan dalam berbagai bidang ilmu, antara lain: hidrologi, klimatologi, dan teori reliabilitas. Kajian mengenai ekor distribusi menunjukkan bahwa sebagian besar data iklim memiliki ekor distribusi yang *heavy-tail*, yaitu ekor distribusi turun secara lambat bila dibandingkan dengan distribusi normal. Dampaknya adalah peluang terjadinya nilai ekstrim akan lebih besar daripada pemodelan dengan distribusi normal. EVT dapat meramalkan terjadinya kejadian ekstrim pada data *heavy-tail* yang tidak dapat dilakukan dengan pendekatan tradisional lainnya. Metode ini mampu menjelaskan kerugian kejadian ekstrim yang jika terjadi mempunyai konsekuensi kerugian yang sangat besar (bernilai maksimum) dan tidak dapat dimodelkan dengan pendekatan biasa.

EVT muncul sebagai salah satu aplikasi statistika yang paling penting untuk ilmu terapan selama lebih dari 50 tahun (Coles, 2001). Dalam disiplin ilmu lainnya, metode ini juga banyak digunakan misalnya untuk penyesuaian portofolio perusahaan asuransi, penilaian resiko di pasar keuangan, dan untuk prediksi lalu lintas telekomunikasi. Beberapa aplikasi pemodelan nilai ekstrim yang telah diterbitkan antara lain pemodelan gelombang laut (Dawson, 2000), strategi manajemen (Dahan dan Mendelson, 2001), pengolahan data biomedis (Roberts, 2000), dan termodinamika gempa bumi (Lavenda dan Cipollone, 2000).

Ada dua pendekatan yang digunakan untuk mengidentifikasi pergerakan nilai ekstrim. Pendekatan pertama yaitu dengan metode *Block Maxima* (BM) yaitu mengambil nilai maksimum dalam satu periode, sedangkan pendekatan kedua yaitu dengan metode *Peaks Over Threshold* (POT) yaitu mengambil nilai-nilai yang melewati suatu nilai *threshold* (McNeil, 1999; Gilli dan Kellezi, 2003).

2.2 Metode *Peaks Over Threshold* (POT)

Metode POT adalah metode EVT yang mengidentifikasi nilai ekstrim dengan menggunakan patokan atau disebut *threshold* (u). Data yang melebihi patokan tersebut akan diidentifikasi sebagai nilai ekstrim. Gambar 2.1 memberikan ilustrasi pemilihan nilai ekstrim dengan menggunakan nilai patokan (*threshold*).



Gambar 2.1 Ilustrasi Pengambilan Sampel Data dalam Metode POT.

Gambar 2.1 menunjukkan pengamatan $x_i, i=1, 2, 3, 4, \dots, n$ akan menjadi data nilai ekstrim pada metode POT. Apabila nilai *threshold* semakin tinggi, maka nilai kelebihan ($x - u$) yang diperoleh dari POT ini akan mengikuti GPD.

Pada metode POT untuk mendapatkan nilai ekstrim, maka harus mengetahui terlebih dahulu nilai *threshold*. Penentuan *threshold* umumnya mencari keseimbangan yang optimal agar diperoleh parameter eror seminimal mungkin. Nilai patokan (*threshold*) digunakan sebagai acuan, dimana suatu nilai observasi yang melebihi nilai patokan maka nilai tersebut termasuk nilai yang ekstrim.

GPD merupakan aplikasi teorema *Picklands, Dalkema dan Denhaan* (Gilli dan Kellezi, 2003) yang menyatakan semakin besar nilai *threshold* (u) maka fungsi distribusi akan mendekati GPD yang memiliki *Probability Density Function* (PDF) seperti pada persamaan 2.1 berikut.

$$f(x-u) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left(1 + \frac{\xi(x-u)}{\sigma} \right)^{-\frac{1}{\xi}-1}, & \xi \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp \left(-\frac{(x-u)}{\sigma} \right), & \xi = 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

Dimana $0 \leq (x-u) \leq \infty$ jika $\xi \geq 0$ dan $u \leq (x-u) < u - (\sigma/\xi)$ jika $\xi < 0$.

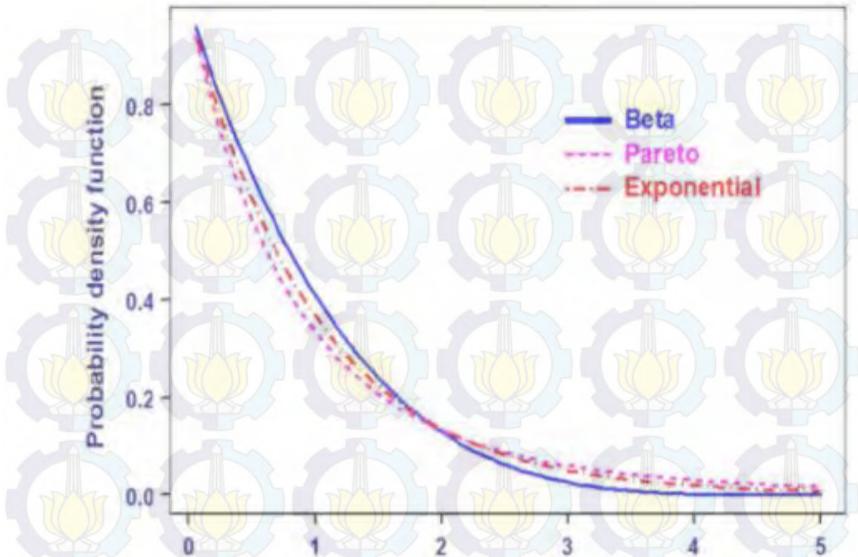
Cumulative Distribution Function (CDF) dari GPD adalah sebagai berikut:

$$F(x-u) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \frac{\xi(x-u)}{\sigma} \right)^{-\frac{1}{\xi}}, & 0 \leq (x-u) < u - \frac{\sigma}{\xi} & \text{jika } \xi < 0 \\ 1 - \exp \left(-\frac{(x-u)}{\sigma} \right), & 0 \leq (x-u) < \infty & \text{jika } \xi > 0 \\ 1 - \exp \left(-\frac{(x-u)}{\sigma} \right), & 0 \leq (x-u) < \infty & \text{jika } \xi = 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

dengan

σ = parameter skala

ξ = parameter bentuk (*shape*) / *tail index*



Gambar 2.2 Grafik *Probability Densty Function* Tipe Distribusi GPD
(Sumber: Coles, 2001)

GPD juga dibedakan menjadi tiga tipe berdasarkan nilai parameter bentuk (ξ), seperti Gambar 2.2, yaitu:

1. Tipe 1 berdistribusi Eksponensial jika nilai $\xi = 0$
2. Tipe 2 berdistribusi Pareto jika nilai $\xi > 0$
3. Tipe 3 berdistribusi Pareto tipe 2 atau Beta jika nilai $\xi < 0$

Nilai ξ pada GPD juga menjelaskan jika $\xi < 0$, maka nilai ekstrim memiliki batasan yang terbatas. Sebaliknya jika $\xi \geq 0$, maka nilai ekstrim memiliki batasan yang tidak terbatas. Semakin besar nilai ξ , maka distribusi akan memiliki ekor yang semakin berat, sehingga akan berdampak peluang terjadinya nilai ekstrim akan semakin besar.

Metode POT akan menghasilkan estimasi parameter yaitu σ (parameter skala) dan ξ (parameter bentuk/*shape*). Estimasi parameter yang didapatkan dengan menggunakan metode POT ini digunakan sebagai informasi untuk analisis lebih lanjut yaitu untuk menentukan nilai *return level*.

2.3 Penentuan Nilai *Threshold*

Penentuan nilai *threshold* merupakan proses penting dalam memodelkan distribusi GPD pada metode POT. Karena pada metode POT yang diidentifikasi sebagai nilai ekstrim adalah data yang berada di atas *threshold*, sehingga perlu menentukan *threshold* terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai ekstrim. Pemilihan *threshold* pada dasarnya adalah untuk mencari keseimbangan yang optimal agar memperoleh eror dari model dan parameter seminimal mungkin. Apabila penentuan *threshold* terlalu rendah akan menghasilkan data ekstrim yang lebih banyak, sehingga eror dari parameter akan relatif rendah. Sebaliknya apabila *threshold* ditetapkan terlalu tinggi, maka eror dari model akan relatif rendah, akan tetapi eror dari parameter nya akan menjadi relatif tinggi. Selain itu karena sedikitnya data ekstrim yang diperoleh mengakibatkan varians yang besar (Coles,2011).

Terdapat beberapa cara yang digunakan untuk menentukan *threshold* diantaranya adalah metode persentase, *Mean Residual Life Plot* (MRLP) dan *Sampel Mean Excess Function* (SMEF). Berikut ini diuraikan penjelasan untuk masing-masing metode tersebut.

a. Metode Prosentase

Metode prosentase merupakan metode penentuan nilai *threshold* yang lebih mudah dan sering digunakan. Penentuan nilai *threshold* dengan menggunakan metode prosentase didapatkan dengan cara sebagai berikut.

1. Mengurutkan data dari yang terbesar hingga yang terkecil.
2. Menghitung jumlah data ekstrim

$$k = 10\% \times n$$

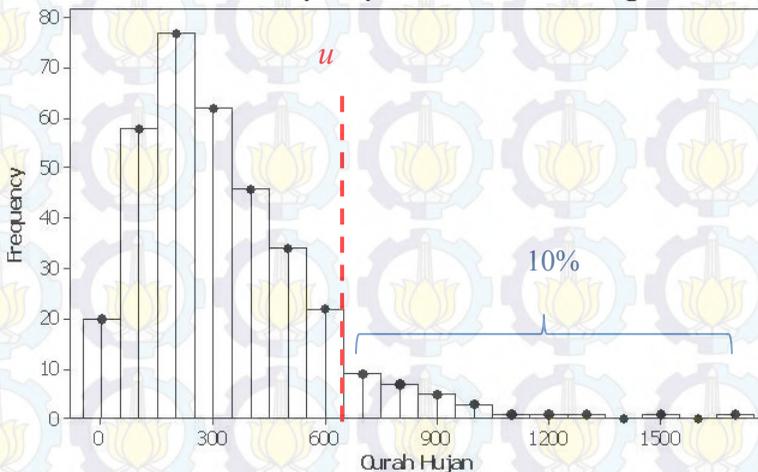
dengan

k = jumlah data ekstrim

n = jumlah data

3. Menentukan nilai *threshold* (u) yaitu $u = k + 1$

Secara visual penentuan nilai *threshold* dengan metode prosentase diilustrasikan seperti pada Gambar 2.3 sebagai berikut.



Gambar 2.3 Ilustrasi Penentuan Nilai *Threshold* dengan Metode Prosentase

Coles-Davidson (2008) menyatakan bahwa data yang berada dalam *threshold* yaitu sekitar 10% dari keseluruhan data yang sudah diurutkan dari yang paling besar sampai terkecil. Hal ini dikarenakan berdasarkan kajian analisis sensitivitas, menyatakan bahwa apabila ada sedikit pergeseran terhadap *threshold* maka taksiran parameter yang dihasilkan tidak akan terpengaruh oleh pergeseran tersebut.

b. *Mean Residual Life Plot (MRLP)*

Selain metode presentase, pemilihan *threshold* juga bisa dilakukan menggunakan metode *Mean Residual Life Plot*

(MRLP) yang didasarkan pada nilai rata-ran GPD. Jika X merupakan variabel random yang mengikuti GPD dengan parameter σ dan ξ , maka

$$E(X) = \frac{\sigma}{1 - \xi} \quad (2.3)$$

Jika sebuah model valid untuk u_0 , maka untuk nilai u yang lebih dari u_0 model juga akan valid. Rataan dengan nilai *threshold* (u) dan u_0 dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$E(X - u_0 | X > u_0) = \frac{\sigma_{u_0}}{1 - \xi} \quad (2.4)$$

$$E(X - u | X > u) = \frac{\sigma_u}{1 - \xi} = \frac{\sigma_{u_0} + \xi(u - u_0)}{1 - \xi}$$

$E(X - u | X > u)$ adalah fungsi linear dari u . Berdasarkan uraian ini, maka untuk menentukan nilai *threshold* dapat dilakukan sebagai berikut :

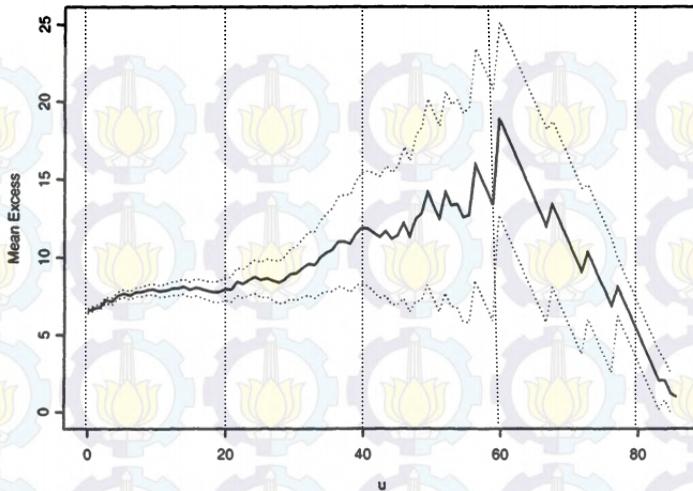
1. Membuat MRLP dengan koordinat titik sebaran dengan persamaan sebagai berikut.

$$\left\{ \left(u, \frac{1}{n_u} \sum_{i=1}^{n_u} (x_{(i)} - u) \right) : u < x_{\text{mak}} \right\} \quad (2.5)$$

dengan n_u banyaknya nilai yang melebihi u .

2. Memilih titik *threshold* jika plot mulai membentuk pola linear disekitar nilai u .

Interpretasi dari *Mean Residual Life Plot* tidak selalu mudah. Gambar 2.4 menunjukkan *MRLP* dengan *confident interval* 95% pada data curah hujan di Inggris hasil penelitian Coles (2001).



Gambar 2.4 Mean Residual Life Plot untuk data curah hujan di Inggris (Sumber : Coles., 2001)

Gambar 2.4 menunjukkan bahwa pada *threshold* $(u) = 0$ pola data tidak stabil sampai $u \approx 60$. Setelah titik $u = 60$ grafik mendekati pola linear sehingga diambil nilai *threshold* $(u) = 60$. Namun hanya ada 6 titik observasi yang melebihi nilai *threshold*, sehingga belum cukup data untuk memodelkan *extreme value*. Oleh karena itu dengan menggeser nilai *threshold* $(u) = 30$ maka data ekstrem yang diperoleh akan cukup memberikan informasi dalam analisis *extreme value*. Gambar 2.4 juga menunjukkan pola linear setelah melewati nilai *threshold* $(u) = 30$.

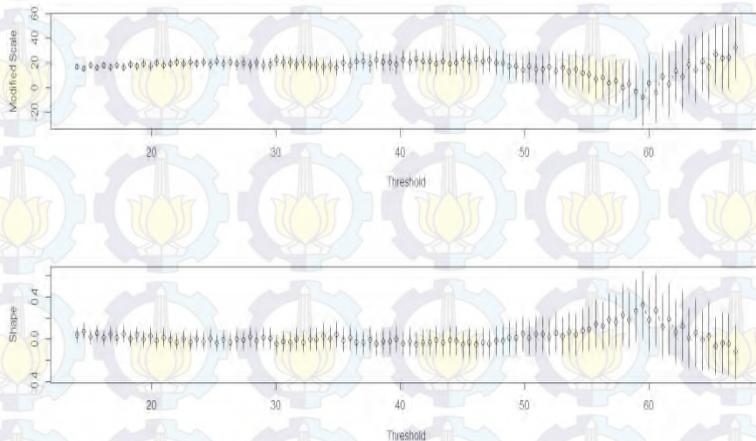
c. Sampel Mean Excess Function (SMEF)

Metode *Sample Mean Excess Function (SMEF)* merupakan analisis grafik *Mean Excess Plot* yang dilakukan untuk mencari perubahan *slope plot* pada *threshold* tertentu. Adanya perubahan *slope* tersebut menandakan dimulainya *tail* (ekor) pada *threshold* dimaksud. *Mean excess plot* harus memiliki *slope* positif di atas *threshold* (u) tertentu untuk dapat menerapkan EVT dalam data tersebut, karena hal tersebut mengindikasikan bahwa data

mengikuti GPD dengan parameter *shape* positif pada daerah ekor diatas u , yang berarti distribusi memiliki ekor gemuk (*heavy tail*).

2.4 GPD Ranges Plot

GPD *ranges plot* merupakan alat bantu yang melengkapi informasi dari *Mean Residual Life Plot*. Dalam proses pencarian *threshold* diperlukan data yang tepat untuk distribusi GPD beberapa kali, setiap kali menggunakan *threshold* yang berbeda. GPD *ranges plot* dapat digunakan untuk memeriksa stabilitas dalam perkiraan parameter (Katz dan Gilliland,2006). Terdapat dua macam plot yang ditampilkan oleh GPD *ranges plot* yaitu *modified scale plot* dan *shape plot*. Berikut ini disajikan pada Gambar 2.5 contoh tampilan GPD *ranges plot*.



Gambar 2.5 GPD *range plot* Data Curah Hujan di Lamongan dengan Range *Threshold* antara 14 hingga 67 dan Sebanyak 100 Interval Nilai Parameter. Sumber: (Katz dan Gilliland,2006)

GPD *range plot* pada Gambar 2.5 menunjukkan plot parameter mulai mengalami perubahan atau mulai tidak stabil pada saat *threshold* 50. Maka *threshold* di atas 50 sudah tidak lagi masuk dalam kriteria pemilihan *threshold*. Range kemungkinan *threshold* yang direkomendasikan oleh *Mean Residual Theshold*

Plot semakin diperkecil dengan mempertimbangkan hasil GPD *range plot*. Demikianlah peran GPD *range plot* dalam seleksi pemilihan *threshold*.

2.5 Estimasi Parameter *Generalized Pareto Distribution* (GPD)

Estimator parameter metode *Generalized Pareto Distribution* (GPD) dapat diestimasi dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Secara umum GPD memiliki *probability density function* seperti pada Persamaan (2.1).

$$\begin{aligned}
 L(u, \xi, \sigma \mid x_1, x_2, \dots, x_n) &= f(x_1)f(x_2)\dots f(x_n) \\
 &= \frac{1}{\sigma} \left(1 + \frac{\xi(x_1 - u)}{\sigma}\right)^{-\left(\frac{1}{\xi} + 1\right)} \frac{1}{\sigma} \left(1 + \frac{\xi(x_2 - u)}{\sigma}\right)^{-\left(\frac{1}{\xi} + 1\right)} \dots \frac{1}{\sigma} \left(1 + \frac{\xi(x_n - u)}{\sigma}\right)^{-\left(\frac{1}{\xi} + 1\right)} \\
 &= \left(\frac{1}{\sigma}\right)^n \prod_{i=1}^n \left(1 + \frac{\xi(x_i - u)}{\sigma}\right)^{-\left(\frac{1}{\xi} + 1\right)} \\
 &= \sigma^{-n} \prod_{i=1}^n \left(1 + \frac{\xi(x_i - u)}{\sigma}\right)^{-\left(\frac{1}{\xi} + 1\right)} \tag{2.6}
 \end{aligned}$$

Fungsi *ln likelihood* Berdasarkan metode MLE maka fungsi *likelihood*-nya untuk GPD dengan $\xi \neq 0$ dari Persamaan 2.6 adalah sebagai berikut.

$$\ln L(u, \xi, \sigma \mid x_1, x_2, \dots, x_n) = -n \ln \sigma - \left(\frac{1}{\xi} + 1\right) \sum_{i=1}^n \ln \left(1 + \frac{\xi(x_i - u)}{\sigma}\right) \tag{2.7}$$

Sedangkan untuk GPD dengan $\xi = 0$ fungsi *likelihood*-nya adalah

$$L(u, \sigma \mid x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n f(x_i, u, \sigma)$$

$$\begin{aligned}
 &= \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sigma} \exp \left(- \frac{(x_i - u)}{\sigma} \right) \\
 &= \left(\frac{1}{\sigma} \right)^n \exp \left(- \frac{1}{\sigma} \sum_{i=1}^n (x_i - u) \right) \quad (2.8)
 \end{aligned}$$

Sehingga fungsi \ln *likelihood* dari persamaan 2.8 adalah sebagai berikut.

$$\ln L(u, \sigma | x_1, x_2, \dots, x_n) = -n \ln(\sigma) - \frac{1}{\sigma} \sum_{i=1}^n (x_i - u) \quad (2.9)$$

Selanjutnya dari persamaan \ln *likelihood* yang diperoleh kemudian diturunkan terhadap parameter yang akan diestimasi dan disamakan dengan nol. Berdasarkan persamaan yang terbentuk, diperoleh persamaan yang tidak *close form* maka dibutuhkan analisis numerik lebih lanjut dengan cara iterasi untuk memaksimalkan fungsi \ln *likelihood*.

Salah satu analisis numerik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan yang tidak *close form* adalah metode *Newton Raphson*. Apabila $\mathbf{g}(\theta)$ adalah vektor dari turunan pertama dari $L(\xi; \sigma; x)$ dan $\mathbf{H}(\theta)$ adalah matriks *Hessian* yaitu matriks dari turunan kedua dari fungsi \ln *likelihood*. Persamaan umum *Newton Raphson* sebagai berikut.

$$\theta_{i+1} = \theta - (\mathbf{g}(\theta_i)) \mathbf{H}^{-1}(\theta_i) \quad (2.10)$$

Iterasi berhenti apabila $|\theta_{i+1} - \theta_i| < \varepsilon$ dimana ε adalah bilangan yang sangat kecil.

2.6 Pemeriksaan Kesesuaian Distribusi

Pemeriksaan kesesuaian distribusi dilakukan untuk menunjukkan adanya kesesuaian distribusi teoritis. Pemeriksaan distribusi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu melalui *quantile plot* dan *probability plot* atau dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

a. *Quantile Plot dan Probability Plot*

Pemeriksaan distribusi dengan *quantile plot* dan *probability plot* dilakukan karena dengan melihat pola sebaran nilai-nilai ekstrim yang mengikuti garis linier. Adapun langkah-langkah membuat *quantile plot* dan *probability plot* sebagai berikut:

1. Mengurutkan data nilai ($y-u$) dari yang terkecil sampai terbesar $y_{(1)}, y_{(2)}, y_{(3)}, \dots, y_{(k)}$ dan menentukan nilai $p_{(i)}$ untuk setiap urutan $y_{(i)}$ dengan rumus

$$p_{(i)} = \frac{i}{k + 1} \quad (2.11)$$

2. Membuat *quantile plot* dengan koordinat titik-titik sebaran ($G^{-1}(p), y_i$) dimana nilai $G^{-1}(p)$ adalah sebagai berikut

$$G^{-1}(p) = \begin{cases} \frac{\hat{\sigma}}{\xi} \left((1-p)^{-\xi} - 1 \right), & \xi \neq 0 \\ -\hat{\sigma} \ln(1-p), & \xi = 0 \end{cases} \quad (2.12)$$

3. Membuat *probability plot* dengan koordinat titik-titik sebaran ($p_{(i)}, G(y)$). Jika *quantile plot* dan *probability plot* mengikuti garis lurus atau linear maka distribusi tersebut sudah sesuai.

b. Uji Kolmogorov-Smirnov

Selain melalui *quantile plot* dan *probability plot*, pemeriksaan distribusi juga dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Pengujian ini dilakukan dengan menyesuaikan fungsi distribusi empiris (berdasarkan sampel) $F_n(x)$ dengan distribusi teoritis tertentu (sesuai yang dihipotesiskan) $F_0(x)$.

Uji Hipotesis:

$H_0: F_n(x) = F_0(x)$.(Data mengikuti distribusi teoritis $F_0(x)$)

$H_1: F_n(x) \neq F_0(x)$.(Data tidak mengikuti distribusi teoritis $F_0(x)$)

Statistik Uji:

$$D = \text{Maks} |F_n(x) - F_0(x)| \quad (2.13)$$

Daerah Kritis :

Tolak H_0 jika $D_{hitung} > D_\alpha$. Membandingkan nilai D_{hitung} dengan nilai D_α pada tabel *Kolmogorov-Smirnov* dengan taraf signifikansi (α). D_α adalah nilai kritis untuk uji *Kolmogorov-Smirnov* satu sampel, diperoleh dari tabel *Kolmogorov-Smirnov* satu sampel. $F_n(x)$ adalah nilai peluang kumulatif (fungsi distribusi kumulatif) berdasarkan data sampel. $F_0(x)$ adalah nilai peluang kumulatif (fungsi distribusi kumulatif) dibawah H_0 , $P(Z < Z_i)$ (Daniel, 1989).

2.7 Likelihood-Ratio test

Likelihood-Ratio test digunakan untuk membandingkan dua model bersarang. Bentuk uji yang seperti disarankan oleh namanya,

$$LRT = -2 \log_e \left(\frac{L_s \theta}{L_g \theta} \right) \quad (2.14)$$

Persamaan 2.14 merupakan rasio dari dua fungsi likelihood; model sederhana (s) memiliki parameter lebih sedikit daripada umum (g) model. Secara asimtotik, statistik uji didistribusikan sebagai variabel random chi-square, dengan derajat bebasnya yang merupakan selisih jumlah parameter antara dua model.

Likelihood-Ratio test membandingkan dua model yang lebih sederhana yang merupakan kasus khusus dari model yang lebih kompleks (misalnya, "bersarang"). LRTs dapat disajikan sebagai perbedaan dalam log likelihood (ingat bahwa $\log(A/B) = \log A - \log B$) dan hal ini sering berguna karena mereka dapat dinyatakan dalam bentuk penyimpangan / deviasi. Sehingga,

$$\begin{aligned} LRT &= -2 (\log_e(L_s) - \log_e(L_g)) \\ &= -2 \log_e(L_s) + 2 \log_e(L_g) \\ &= \text{deviance}_g - \text{deviance}_s \end{aligned} \quad (2.15)$$

Dengan demikian, LRT dapat dihitung sebagai perbedaan terhadap penyimpangan untuk dua model (mengabaikan istilah untuk model jenuh). Hal ini mudah pada penyimpangan yang merupakan nilai kepentingan dalam hal lain.

Misalkan jika dilemparkan sebuah koin, akan didapatkan

$$H_0 : p_1 = p_2 = p \quad (\text{model sederhana, 1 parameter}),$$

Sedangkan alternatif lain didapatkan peluang yang berbeda

$$H_0 : p_1 \neq p_2 \quad (\text{model umum, 2 parameter}).$$

MLEs dihitung berdasarkan kedua model dan dihitung pula penyimpangan / deviances (D),

$$D_s = -2 \log_e (L(\hat{p})), \quad K_s = 1 \text{ parameter}$$

$$D_g = -2 \log_e (L(\hat{p}_1, \hat{p}_2)), \quad K_g = 2 \text{ parameter}$$

$$LRT = D_s - D_g \quad df = K_g - K_s = 1 \quad (2.16)$$

Sehingga, statistik uji mendekati χ^2 dengan df 1 di bawah hipotesis nol. Pendekatan ini meningkatkan ukuran sampel dalam kelipatan. Log-likelihood untuk model jenuh adalah konstan dan sama untuk kedua model di atas.

Dengan *Likelihood Ratio test* ditemukan *p-value* yang merupakan probabilitas mendapatkan statistik uji setidaknya sama besar dengan yang diamati jika H_0 benar. Jika bukti terhadap H_0 kuat maka *p-value* akan menjadi kecil (Hinsley dan Wadsworth, 2010)

Hipotesis untuk *Likelihood Ratio test* dalam penelitian ini yaitu:

H_0 : model *single tail* baik untuk *threshold* yang dipilih.

H_1 : model *single tail* tidak baik untuk *threshold* yang dipilih.

α : 0,05

Daerah penolakan :

Tolak H_0 ketika *p-value* < 0,05

Uji hipotesis ini digunakan dengan membandingkan model *single tail* (ekor tunggal) dengan model ekor yang memiliki titik perubahan (bukan *single tail*).

2.8 Return Level

Hal yang menarik dalam kajian *extreme value theory* dalam bidang klimatologi selain untuk menaksir parameter adalah menentukan *return level*. Nilai maksimum pada periode yang akan datang disebut *return level*. Nilai *return level* dapat memberikan informasi yang sangat penting dalam bidang ekonomi, keuangan, dan asuransi, serta pertanian. Pada bidang asuransi, *return level* digunakan untuk mengukur seberapa besar resiko yang ditanggung perusahaan asuransi dari klaim yang dianggap ekstrim atau melebihi rata-rata klaim lainnya sebagai salah satu upaya untuk menjaga portofolio perusahaannya. Dalam bidang ekonomi dan keuangan, nilai *return level* dapat mengetahui tingkat resiko saham yang diperlukan oleh para investor untuk menentukan saat yang tepat untuk berinvestasi. Sedangkan pada bidang pertanian nilai *return level* akan memberikan informasi waktu tanam yang sesuai untuk varietas tanaman pangan tertentu sehingga dapat ditentukan varietas tanaman yang sesuai dan adaptif terhadap keadaan yang ekstrim tersebut. Penentuan *return level* pada GPD melibatkan parameter ξ , σ , dan nilai *threshold* (u). Persamaan *return level* untuk GPD adalah sebagai berikut.

$$x_m = u + \frac{\hat{\sigma}}{\xi} \left((m \zeta_u \theta)^\xi - 1 \right) \quad (2.17)$$

dengan :

u : nilai *threshold*

m : observasi ke-

ζ_u : $\frac{n_u}{n}$

$$\hat{\theta} : \frac{n_c}{n_u}$$

ξ : parameter bentuk (*shape*)

$\hat{\sigma}$: taksiran parameter skala (*scale*)

Nilai x_m atau nilai ekstrim yang terjadi satu kali pada jangka waktu m pengamatan. Nilai $\xi_u \theta$ dapat ditaksir dengan

$\hat{\xi}_u \hat{\theta} = \frac{n_c}{n}$ dengan n_c adalah banyaknya data yang melebihi *threshold* dan n adalah banyaknya data (Coles, 2001).

2.9 Kriteria Pemilihan Model yang Sesuai

Root Mean Square Error (RMSE) dalam penelitian ini digunakan sebagai kriteria dalam pemilihan metode yang sesuai. RMSE berguna untuk mengetahui akar kesalahan rata-rata kuadrat setiap metode.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t (x_i - \hat{x}_i)^2} \quad (2.18)$$

dengan :

x_i = Nilai aktual

\hat{x}_i = Nilai dugaan

t = banyaknya nilai yang diduga

2.10 Curah Hujan

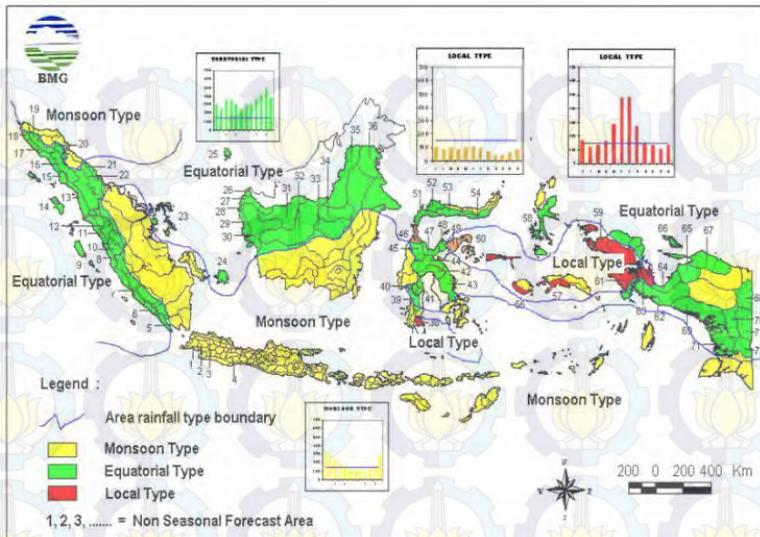
Curah hujan menunjukkan jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Curah hujan diukur dalam jumlah harian, bulanan, dan tahunan. Menurut BMKG berdasarkan distribusi data rata-rata curah hujan bulanan, umumnya wilayah Indonesia dibagi menjadi 3 (tiga) pola hujan, yaitu :

1. Pola hujan monsun, yang wilayahnya memiliki perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dan periode musim kemarau kemudian dikelompokkan dalam Zona Musim

(ZOM), tipe curah hujan yang bersifat unimodial (satu puncak musim hujan). Zona Musim (ZOM) di bagi menjadi 4 yaitu

- a. Bulan Desember, Januari, dan Februari (DJF) terjadi musim hujan.
 - b. Bulan Maret, April, dan Mei (MAM) pada bulan tersebut terjadi transisi dari musim hujan menuju musim kemarau
 - c. Bulan Juni, Juli, dan Agustus (JJA) musim kemarau
 - d. Bulan September, Oktober, dan November (SON) transisi dari musim kemarau ke musim hujan.
2. Pola hujan equatorial, yang wilayahnya memiliki distribusi hujan bulanan bimodial dengan dua puncak musim hujan maksimum dan hampir sepanjang tahun masuk dalam kriteria musim hujan. Pola ekuatorial dicirikan oleh tipe curah hujan dengan bentuk bimodial (dua puncak hujan) yang biasanya terjadi sekitar bulan Maret dan Oktober atau pada saat terjadi ekinoks.
3. Pola hujan lokal, yang wilayahnya memiliki distribusi hujan bulanan kebalikan dengan pola monsun. Pola lokal dicirikan oleh bentuk pola hujan unimodial (satu puncak hujan), tetapi bentuknya berlawanan dengan tipe hujan monsun.

Pada kondisi normal, daerah yang bertipe hujan monsoon akan mendapatkan jumlah curah hujan yang berlebih pada saat monsun barat (DJF) dibanding saat monsun timur (JJA). Pengaruh monsun di daerah yang memiliki pola curah hujan ekuator kurang tegas akibat pengaruh insolasi pada saat terjadi ekinoks, demikian juga pada daerah yang memiliki pola curah hujan lokal yang lebih dipengaruhi oleh efek orografi. Gambar 2.6 di bawah ini merupakan pola curah hujan dari BMKG.



Gambar 2.6 Sebaran Pola Curah Hujan di Indonesia

Rata-rata curah hujan di Indonesia untuk setiap tahunnya tidak sama. Namun masih tergolong cukup banyak, yaitu rata-rata 2000-3000 mm/tahun. Begitu pula antara tempat yang satu dengan tempat yang lain rata-rata curah hujannya tidak sama. Ada beberapa daerah yang mendapat curah hujan sangat rendah dan ada pula daerah yang mendapat curah hujan tinggi:

1. Daerah yang mendapat curah hujan rata-rata per tahun kurang dari 1000 mm, meliputi 0,6% dari luas wilayah Indonesia, di antaranya Nusa Tenggara, dan 2 daerah di Sulawesi (Lembah Palu dan Luwuk).
2. Daerah yang mendapat curah hujan antara 1000-2000 mm per tahun di antaranya sebagian Nusa Tenggara, daerah sempit di Merauke, Kepulauan Aru, dan Tanibar.
3. Daerah yang mendapat curah hujan antara 2000-3000 mm per tahun, meliputi Sumatera Timur, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur, sebagian besar Jawa Barat dan Jawa Tengah, sebagian Irian Jaya, Kepulauan Maluku dan sebagian besar Sulawesi.

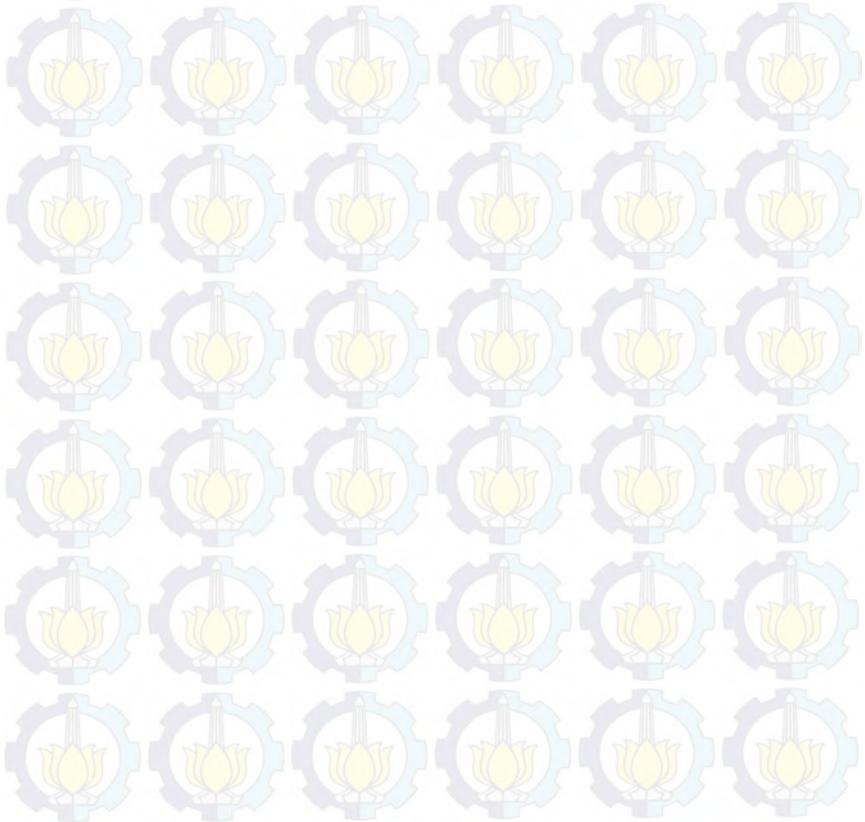
4. Daerah yang mendapat curah hujan tertinggi lebih dari 3000 mm per tahun meliputi dataran tinggi di Sumatera Barat, Kalimantan Tengah, dataran tinggi Irian bagian tengah, dan beberapa daerah di Jawa, Bali, Lombok, dan Sumba.

2.11 Penelitian Sebelumnya

Kajian dan penelitian tentang bahasan EVT (*Extreme Value Theory*) telah banyak dilakukan sebelumnya. Wahyudi (2012) membandingkan dua pendekatan antara BM (*Block Maxima*) dan POT (*Peaks Over Threshold*) yang merupakan bagian dari EVT. Penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa pendekatan POT memberikan hasil yang lebih sesuai dibandingkan dengan menggunakan pendekatan BM untuk curah hujan di Ngawi. Penelitian luar negeri juga pernah dilakukan salah satunya yaitu Jaruskova dan Hanek (2006) membandingkan metode POT dan BM untuk mengestimasi *return level* pada data curah hujan di Moravia Utara, Republik Ceko. Penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa metode POT lebih sesuai untuk data ekstrim yang dependen. Kurniawati (2013) juga menggunakan metode POT, memodelkan parameter GPD yang diperoleh dengan melakukan transformasi trigonometri pada data ekstrim dependen sesuai dengan pola data yang memiliki pola siklik. Malika (2013) mengatasi dependensi data pada metode POT dengan melakukan *declustering* data. Semua penelitian tersebut yang mengenai bahasan metode POT, menggunakan metode persentase dalam proses pemilihan *threshold* sebelum mendapatkan sampel data ekstrim. Metode persentase sering digunakan karena cara ini merupakan cara yang paling sederhana untuk mendapatkan *threshold*.

Dalam kajian yang lebih khusus tentang proses pemilihan *threshold*, pernah dilakukan oleh Amran, Iriawan, Subiono dan Irhamah (2013) dalam papernya yang diikutkan pada *The Third Basic Science International Conference-2013*. Pada paper tersebut membahas aplikasi metode POT untuk memodelkan curah hujan ekstrim di Malang. *Threshold* dicari dengan menggunakan MRLP (*Mean Residual Live Plot*) dan didukung

dengan *modified scale plot* dan *shape plot*. Namun, hasilnya masih ada beberapa *threshold* yang mungkin bisa diambil. Sehingga, masih diperlukan cara untuk menentukan *threshold* yang terbaik. Sedangkan Hinsley dan Wadsworth (2010) dari Lancaster University telah mengenalkan penggunaan *Likelihood-Ratio test* untuk memutuskan pilihan *threshold* yang terbaik. *Likelihood-Ratio test* merupakan penyempurna metode MRLP, karena MRLP tetap diperlukan dalam proses penentuan daerah *threshold* yang disarankan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data yang digunakan adalah data curah hujan harian di lima kabupaten di Jawa Timur yang merupakan sentra produksi padi, yaitu: Kabupaten Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan, dan Ngawi pada periode 1981 sampai 2013. Sehingga terdapat 12053 data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini untuk masing-masing pos pengamatan curah hujan.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah curah hujan harian yang diambil dari satu pos tertentu pada setiap kabupaten yaitu Pos Karang Kedawung di Kabupaten Jember, Pos Cawak di Kabupaten Bojonegoro, Pos Karangbinangun di Kabupaten Lamongan, Pos Pasewaran di Kabupaten Banyuwangi, dan Pos Ngale di Kabupaten Ngawi pada periode 1981 sampai 2013.

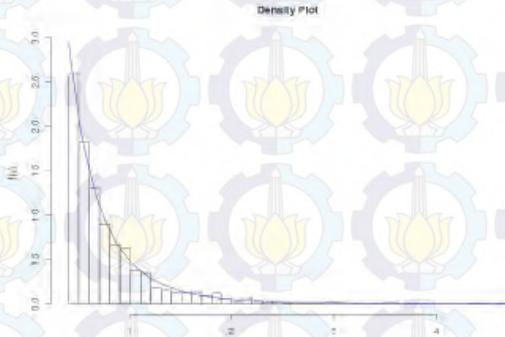
Data yang diolah merupakan data periode 1981-2010 dan periode sisanya yaitu 2011-2013 digunakan sebagai pembanding hasil nilai *return level* hingga 3 periode ulang. Pemilihan pos-pos tersebut sama seperti yang dilakukan Malika (2014) yang mendasarkan pada penelitian Nihayatin (2013) yang melakukan perbandingan uji homogenitas pada data curah hujan di Jawa Timur pada periode 1981-2010 sebagai pra-pemrosesan kajian perubahan iklim.

3.3 Metode Analisis Data

Tahapan analisis data dalam penelitian sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi karakteristik curah hujan ekstrim di Jawa Timur, khususnya: Kabupaten Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan, dan Ngawi serta mengidentifikasi

distribusi data curah hujan di masing masing kabupaten untuk mengetahui adanya distribusi data *heavy tail* dan nilai ekstrim dengan histogram dan *normality plot*. Data yang memiliki ekor gemuk atau *heavy tail* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.1 berikut.



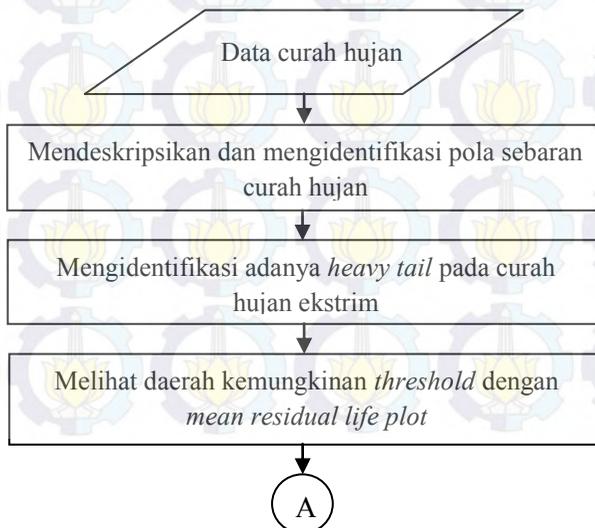
Gambar 3.1 Histogram Distribusi Data Curah Hujan *Heavy Tail*

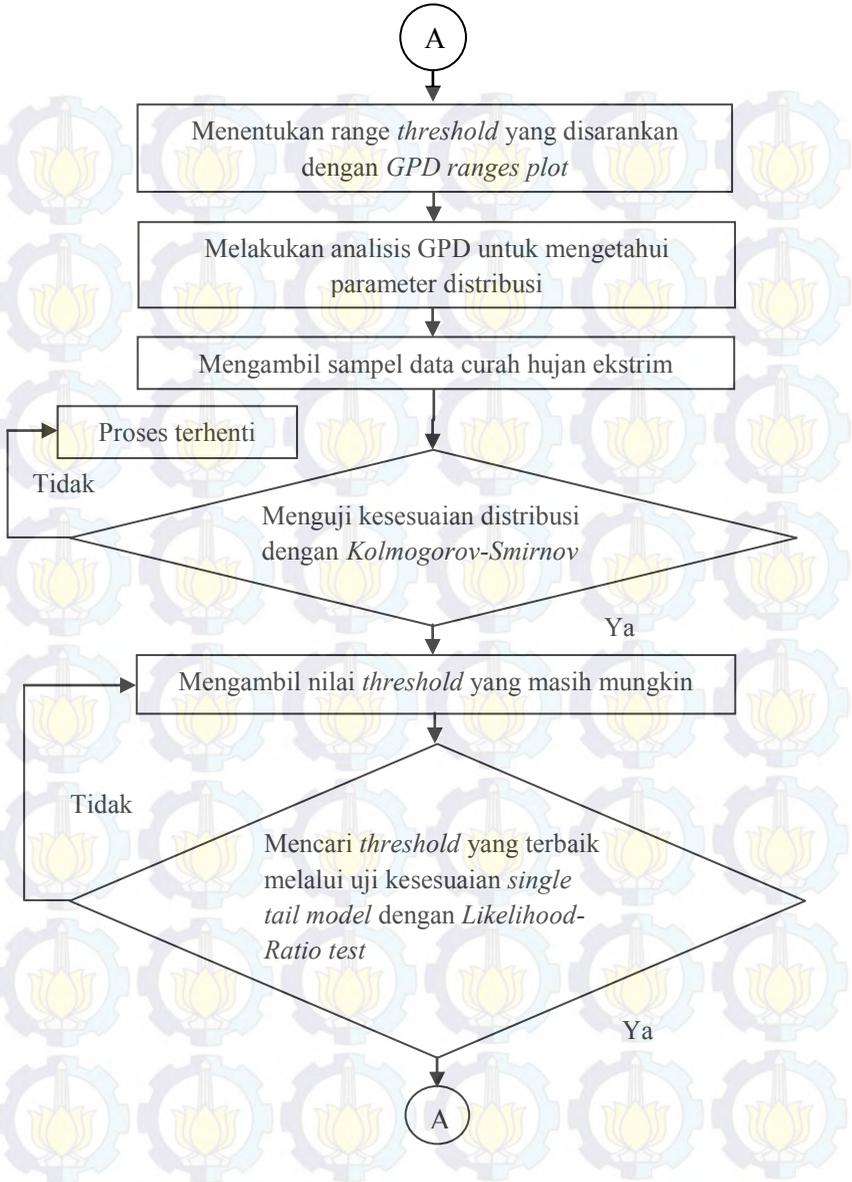
2. Menentukan range *Threshold* pada masing-masing data curah hujan di lima kabupaten tersebut dengan langkah sebagai berikut.
 - a. Menentukan daerah kemungkinan *threshold* yang disarankan dengan menggunakan *Mean Residual Life Plot*.
 - b. Menentukan range *threshold* yang disarankan dengan mempertimbangkan informasi dari *GPD Ranges Plot*.
3. Melakukan analisis GPD untuk mengetahui parameter distribusi pada setiap nilai *threshold* yang mungkin diambil.
4. Memilih *threshold* yang terbaik dengan langkah sebagai berikut.
 - a. Mengambil sampel nilai ekstrim dan menguji kesesuaian distribusinya dengan menggunakan *quantile plot*, *probability plot* dan pengujian hipotesis

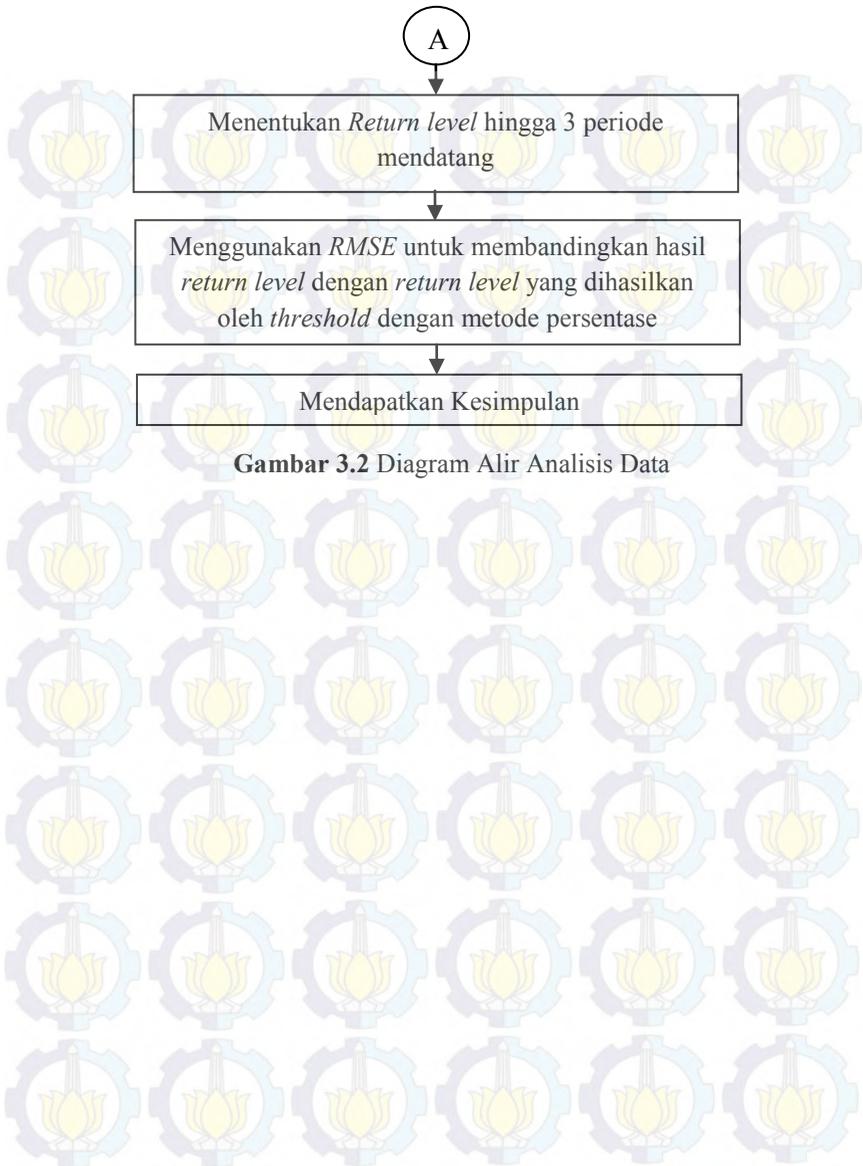
dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* untuk masing-masing kemungkinan nilai *threshold* dalam range yang telah disarankan sebelumnya.

- b. Melakukan uji *Likelihood-Ratio test* untuk mengetahui kesesuaian *single tail model* pada masing-masing nilai *threshold* yang mungkin diambil.
5. Menghitung nilai *return level* hingga 3 periode tahun ke depan dari data curah hujan ekstrem di lima kabupaten untuk setiap nilai *threshold* yang mungkin diambil dan juga untuk *threshold* berdasarkan metode prosentase.
6. Menggunakan *RMSE* untuk membandingkan semua hasil estimasi nilai *return level* dengan hasil estimasi nilai *return level* yang didapatkan dari *threshold* yang menggunakan metode prosentase.
7. Menyusun kesimpulan berdasarkan pengamatan hasil perbandingan yang telah dilakukan.

Tahapan analisis data selengkapnya disajikan pada Gambar 3.2 berikut.







Gambar 3.2 Diagram Alir Analisis Data

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dilakukan analisis data curah hujan ekstrim pada lima kabupaten yang menjadi sentra produksi padi di Jawa Timur yaitu: Kabupaten Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan dan Ngawi. Pembahasan akan lebih fokus pada tahap proses pemilihan *threshold* dengan serangkaian proses *mean residual life plot*, *GPD range plot*, serta memperhatikan nilai *p-value* dari *likelihood ratio test*. Sebelumnya, pembahasan diawali dengan deskripsi dan identifikasi data curah hujan, serta uji kesesuaian distribusi. Di bagian akhir dibahas mengenai estimasi parameter yang dihasilkan, kemudian menentukan *return level* hingga 3 periode tahun mendatang. Untuk mengetahui seberapa baik *return level* yang dihasilkan jika pada tahap pemilihan *threshold*nya melalui serangkaian proses yang telah disebutkan sebelumnya, maka dibahas pula perolehan *return level* yang dihasilkan jika pada proses penentuan *threshold*nya menggunakan metode yang sudah sering digunakan yaitu metode prosentase 10% agar dapat digunakan sebagai pembanding.

4.1 Deskripsi Data Curah Hujan di Lima Pos Pengamatan

Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui informasi awal mengenai gambaran umum tentang data curah hujan yang akan digunakan. Berikut ini hasil statistik deskriptif curah hujan di lima pos pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan harian tertinggi terjadi di Pos Pasewaran Kabupaten Banyuwangi sebesar 6,637 mm/hari. Kemudian disusul secara berurutan dari rata-rata curah hujan yang tertinggi yaitu di Pos Ngale Kabupaten Ngawi sebesar 5,376 mm/hari, Pos Karang Kedawung Kabupaten Jember sebesar 5,152 mm/hari, Pos Cawak Kabupaten Bojonegoro sebesar 4,343 mm/hari dan terakhir Pos Karangbinangun Kabupaten Lamongan sebesar 4,164 mm/hari.

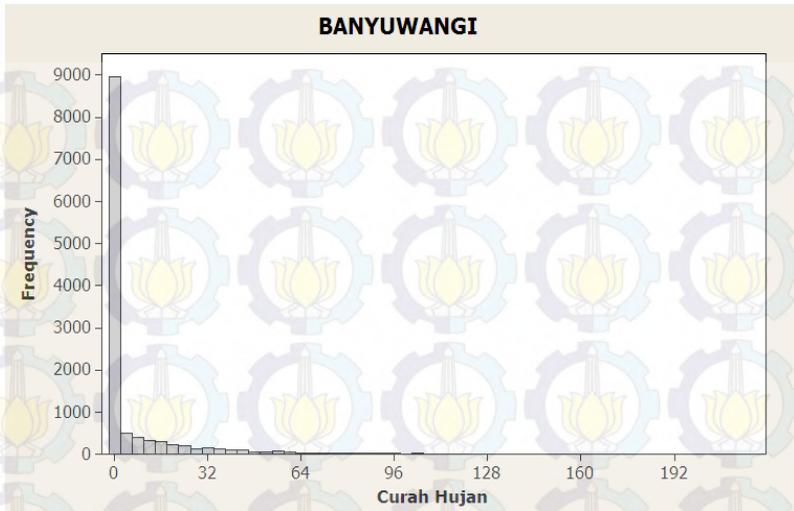
Tabel 4.1 Nilai Rata-rata, Standart Deviasi, Nilai Minimum, dan Nilai Maksimum Curah Hujan Harian (mm)

Pos Pengamatan (Kabupaten)	Rata-rata	Std Deviasi	Min	Maks
Karang Kedawung (Jember)	5,152	12,781	0	137
Pasewaran (Banyuwangi)	6,637	17,38	0	219
Cawak (Bojonegoro)	4,343	12,477	0	165
Karangbinangun (Lamongan)	4,164	11,393	0	164
Ngale (Ngawi)	5,376	13,326	0	177

Berdasarkan Tabel 4.1 juga diketahui bahwa ternyata kejadian curah hujan yang tercatat sebagai nilai curah hujan yang maksimum pada masing-masing pos pengamatan jika diurutkan dari nilai yang tertinggi, urutannya berbeda dengan urutan berdasarkan nilai rata-ratanya. Urutan yang terbentuk berdasarkan nilai curah hujan maksimum yaitu Pos Pasewaran, Pos Ngale, Pos Cawak, Pos Karangbinangun, dan Pos Karang Kedawung dengan nilai berturut-turut 219 mm, 177 mm, 165 mm, 164 mm dan 137 mm. Nilai standart deviasi menunjukkan keragaman curah hujan. Tingkat keragaman paling tinggi sebesar 17,38 terjadi di Pos Pasewaran Kabupaten Banyuwangi dan keragaman terendah sebesar 11,393 terjadi di Pos Karangbinangun Kabupaten Lamongan. Sedangkan untuk ketiga pos lainnya yaitu Pos Karang Kedawung, Pos Cawak dan Pos Ngale berturut-turut nilai standart deviasinya sebesar 12,871; 12,477; 13,326.

4.2 Identifikasi Pola Data *Heavy Tail* dan Nilai Ekstrim

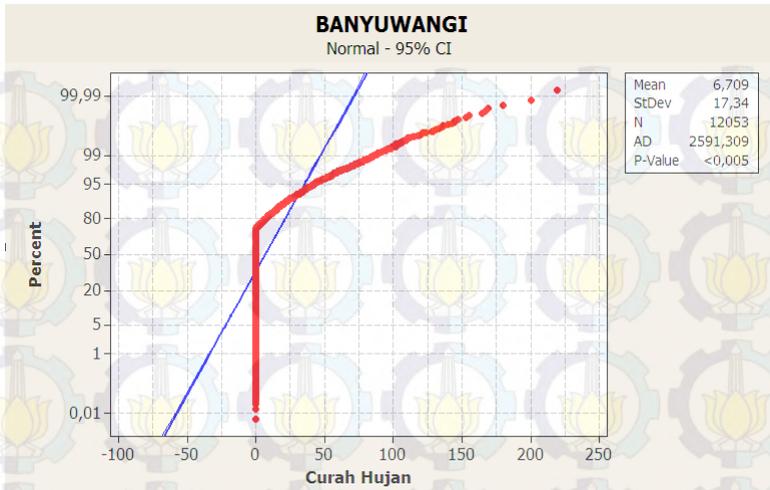
Identifikasi data berpola *heavy tail* dapat diketahui secara visualisasi melalui histogram pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Histogram Curah Hujan Harian di Pos Pasewaran

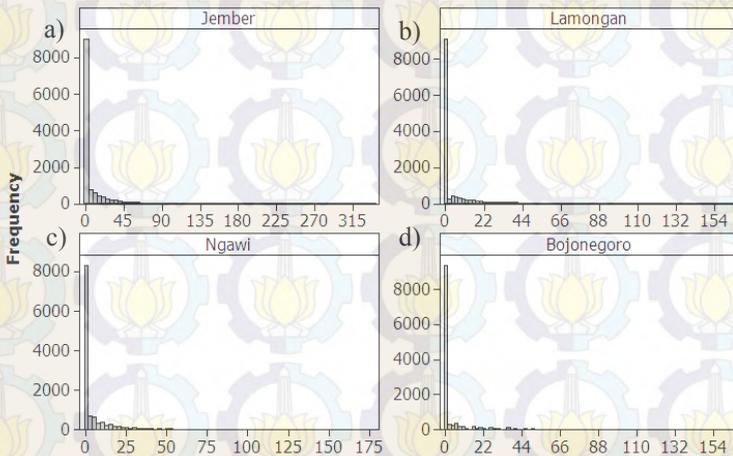
Histogram pada Gambar 4.1 menggambarkan ekor distribusi lambat untuk data curah hujan di Pos Pasewaran. Hal ini mengindikasikan adanya pola distribusi data *heavy tail*. Indikasi ini juga menunjukkan bahwa data curah hujan tidak berdistribusi normal sehingga menggunakan metode *extreme value theory*. Hal ini dapat diperkuat dengan *normality probability plot* pada Gambar 4.2.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa sebaran titik-titik data (yang berwarna merah) tidak mengikuti garis lurus (warna biru). Hal ini menjelaskan bahwa data curah hujan tidak berdistribusi normal. Berdasarkan hasil histogram dan *normality probability plot* menunjukkan bahwa data curah hujan harian di Pos Pasewaran berpola *heavy tail* (mengandung nilai ekstrim) dan tidak mengikuti distribusi normal.

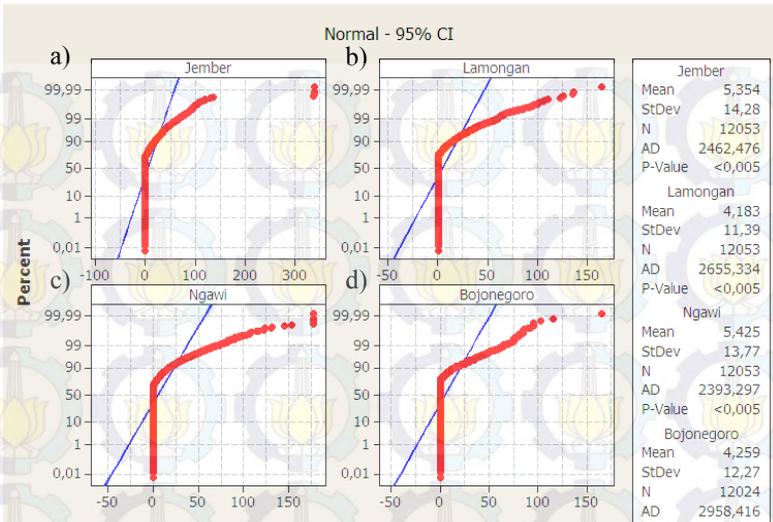


Gambar 4.2 Pengujian *Normality Probability Plot* Curah Hujan Harian di Pos Pasewaran

Histogram dan *normality probability plot* keempat pos pengamatan yang lain disajikan pada Gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.3 Histogram Curah Hujan di Pos Karang Kedawung (a), Pos Karangbinangun (b), Pos Ngale (c), dan Pos Cawak (d)



Gambar 4.4 Normality Probability Plot Curah Hujan di Pos Karang Kedawang (a), Pos Karangbinangun (b), Pos Ngale (c), dan Pos Cawak (d)

Histogram pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa curah hujan harian pada keempat pos pengamatan yang lain juga menggambarkan ekor distribusinya turun lambat sehingga mengindikasikan adanya pola distribusi data *heavy tail*. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa semua distribusi pada keempat pos pengamatan yang lain tidak mengikuti distribusi normal.

4.3 Proses Penentuan Range Threshold

Proses pemilihan *threshold* merupakan tahapan penting pada metode POT-GPD. Nilai estimasi parameter GPD sangat tergantung pada nilai *threshold*. Pada penelitian sebelumnya, pemilihan *threshold* sering menggunakan metode prosentase yaitu dengan mengurutkan data dari nilai yang terbesar hingga yang terkecil kemudian menganggap 10% data yang nilainya terbesar sebagai nilai ekstrim yang berada di atas *threshold*. Sehingga, untuk data curah hujan di Banyuwangi menghasilkan *threshold* 24 dengan metode ini. Untuk *threshold* berdasarkan metode

prosentase pada data curah hujan di empat Kabupaten lainnya bisa dilihat pada Lampiran B dan penjelasan perhitungannya pada Lampiran I.

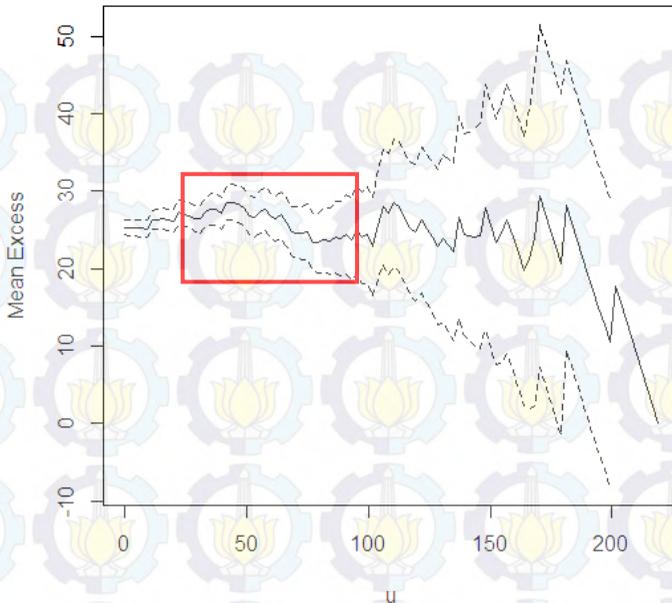
Sedangkan pada penelitian ini, pemilihan *threshold* dicoba juga dengan menggunakan metode *Mean Residual Life Plot* (MRLP) yang didasarkan pada nilai rata-rata GPD. Ketika grafik pada MRLP mulai mendekati linier pada interval *threshold* tertentu, maka beberapa kemungkinan *threshold* dapat dipilih dari interval tersebut. Dalam memperjelas rentang *threshold* yang mulai menunjukkan kelinieran pada grafik MRLP, digunakan pula *GPD range plot* yang sekaligus mampu menggambarkan kestabilan parameternya. Karena yang dihasilkan dari MRLP masih merupakan interval kemungkinan *threshold* yang dapat dipilih, belum cukup jika berhenti sampai MRLP saja ketika ingin mengetahui *threshold* terbaik yang harus dipilih. Maka, untuk melengkapi proses pemilihan *threshold* dengan MRLP digunakan pula *likelihood ratio test* dengan memperhatikan nilai *p-value*nya. Jika *p-value* dari *likelihood ratio test* $> 0,05$ maka model *single tail* sesuai dengan *threshold* yang dipilih.

Tabel 4.2 menunjukkan kemungkinan *threshold* berdasarkan *extremal index*. Ketika langsung menggunakan metode prosentase yang secara praktis mengasumsikan 10% data maksimum merupakan data ekstrim, dan 90% merupakan data yang berada di bawah *threshold* maka dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa *threshold* yang dihasilkan adalah 24. Sedangkan untuk menentukan *threshold* menggunakan MRLP, maka harus diperhatikan juga daerah linier pada MRLP.

Tabel 4.2 Kemungkinan *threshold* berdasarkan *extremal index*

	<i>Thresholds</i>	<i>No. of Clusters</i>	<i>Run Length</i>	<i>Extremal Index</i>
90%	24	156	10	0.15627 (0.14078, 0.1792)
90.5%	25	160	10	0.16612 (0.149, 0.19078)
91%	26	163	10	0.17046 (0.1529, 0.19761)
91.5%	28	164	10	0.18261 (0.16209, 0.21017)
92%	30	156	11	0.19515 (0.17283, 0.22542)
92.5%	31	155	11	0.19967 (0.17702, 0.22834)
93%	33	160	11	0.21647 (0.1898, 0.25008)
93.5%	35	160	11	0.23415 (0.20871, 0.2652)
94%	36	152	12	0.23577 (0.20579, 0.27165)
94.5%	39	146	13	0.25877 (0.22818, 0.30349)
95%	41	148	12	0.27252 (0.24269, 0.31576)
95.5%	44	134	14	0.29591 (0.2554, 0.34991)
96%	47	135	14	0.32215 (0.28329, 0.38151)
96.5%	52	131	14	0.34746 (0.30211, 0.41528)
97%	56	117	15	0.38102 (0.32652, 0.45543)
97.5%	61	113	15	0.41605 (0.36489, 0.49041)
98%	69	106	14	0.49289 (0.43165, 0.58127)
98.5%	78	89	14	0.58906 (0.48813, 0.70972)
99%	87	64	15	0.61501 (0.46925, 0.80485)
99.5%	102	34	38	0.65628 (0.46596, 1)

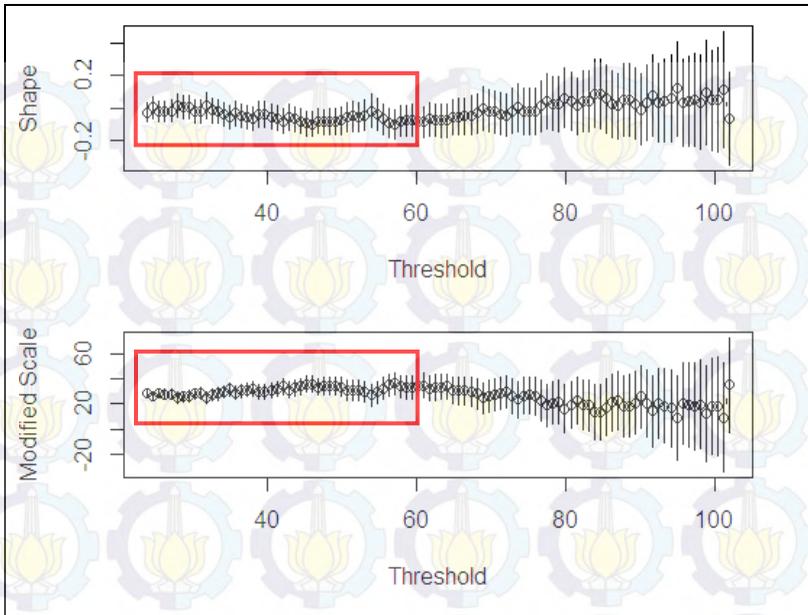
Berikut ini hasil MRLP data curah hujan yang tercatat di Pos Pasewaran Kabupaten Banyuwangi disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Mean Residual Life Plot Data Curah Hujan di Banyuwangi
Keterangan: plot yang berada di dalam kotak merah menunjukkan kondisi linier

Gambar 4.5 menunjukkan *mean residual life plot* sepanjang nilai interval nilai *threshold*. *Mean residual life plot* yang ditampilkan menggunakan pendekatan 95% *confidence interval*. Gambar menunjukkan pendekatan linier terjadi pada range *threshold* 24 hingga 102 (didapatkan dari penyesuaian indeks pada Gambar 4.5 dengan kemungkinan *threshold* dari Tabel 4.2). Tentunya range yang disarankan berdasarkan plot ini masih terlalu lebar. Maka, dilanjutkan dengan membuat *GDP range plot* yang menggambarkan stabilitas parameter terhadap *threshold*.

Awalnya, *GDP range plot* dibuat berdasarkan range yang disarankan dari hasil pengamatan *mean residual life plot* yang hasilnya disajikan pada Gambar 4.6 berikut.

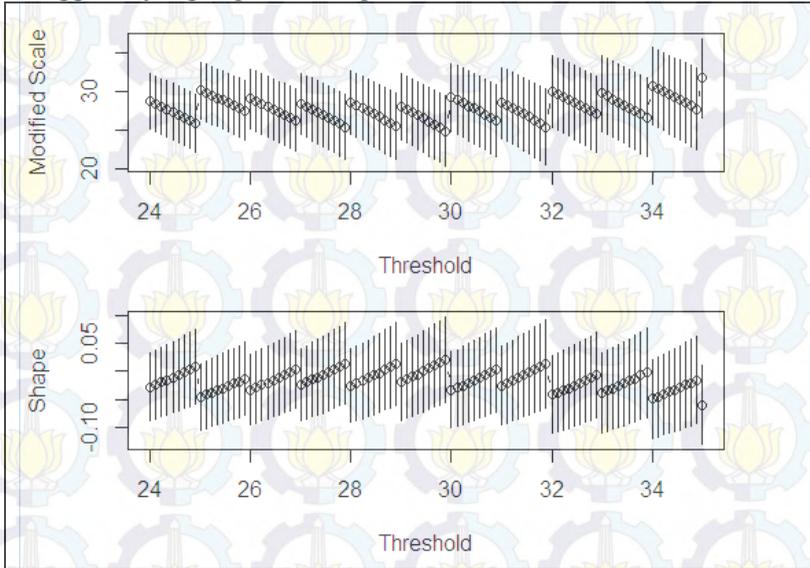


Gambar 4.6 GPD *range plot* Data Curah Hujan di Banyuwangi dengan *Range Threshold* antara 24 hingga 102 dan Sebanyak 100 Interval Nilai Parameter.

Keterangan: plot yang berada di dalam kotak merah menunjukkan kondisi stasioner

Gambar 4.6 menunjukkan GPD *range plot* yang terdiri dari *modified scale parameter plot* dan *shape parameter plot*. Masing-masing plot terdiri dari 100 interval nilai parameter yang berada pada *range threshold* 24 hingga 102. Titik-titik pada setiap interval menunjukkan stabilitas parameter terhadap *threshold*. Karena diketahui dari Gambar 4.6 *modified scale parameter plot* mulai menunjukkan ketidakstabilan parameter pada *threshold* sekitar 60. Maka dibuat lagi GPD *range plot* yang baru dengan membuang *range* di atas 60, sehingga rangenya menjadi 24 hingga 60. Hasilnya dapat dilihat pada Lampiran C. Sama seperti yang dilakukan sebelumnya yaitu *range* terus dikurangi hingga GPD *range plot* benar-benar menunjukkan bahwa parameternya

sudah stabil terhadap *threshold*. Adapun hasil terakhir GPD *range plot* sudah menunjukkan kestabilan parameter pada range 24 hingga 35 yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 GPD *range plot* Data Curah Hujan di Bojonegoro dengan Range *Threshold* antara 24 hingga 35 dan Sebanyak 100 Interval Nilai Parameter.

Gambar 4.7 cukup menunjukkan bahwa parameter telah stabil pada range *threshold* 24 hingga 35. Range ini sudah jauh lebih sempit dari range yang disarankan di awal. Selama range *threshold* yang dihasilkan GPD *range plot* merupakan bagian dari range yang disarankan berdasarkan hasil MRLP di awal, maka range tersebut dapat digunakan sebagai dasar bahwa kemungkinan *threshold* dapat dipilih pada range tersebut. Perlu diingat bahwa *threshold* yang dihasilkan dari metode prosentase adalah 24. Ternyata, *threshold* ini juga masuk dalam range pemilihan *threshold* yang telah disarankan. Namun ternyata, untuk data curah hujan yang tercatat di Pos Karangbinangun Kabupaten Lamongan dan Pos Ngale Kabupaten Ngawi,

threshold yang dihasilkan dari metode prosentase tidak masuk dalam range pemilihan *threshold* yang disarankan berdasarkan GPD *range plot*. Untuk keempat pos pengamatan yang lain prosesnya juga sama, bisa dilihat pada Lampiran C.

Selanjutnya, untuk memilih *threshold* yang terbaik dari range 24 hingga 35, bisa menggunakan *likelihood ratio test*. Namun, sebelumnya perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi nilai ekstrim yang dihasilkan oleh masing-masing kemungkinan nilai *threshold* dengan serangkaian proses analisis GPD. Sehingga untuk pembahasan pemilihan *threshold* yang terbaik akan dibahas pada bagian tersendiri di akhir.

4.4 Estimasi Parameter *Generalized Pareto Distribution*

Pada tahap ini, analisis GPD dilakukan untuk semua kemungkinan nilai *threshold* yang akan dipilih berdasarkan range yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya. Melalui analisis GPD akan didapatkan nilai parameter *scale* dan *shape*, rata-rata kejadian ekstrim per tahun dan jumlah kejadian ekstrim (banyaknya data yang berada di atas *threshold*). Hasil analisis GPD dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 (a) Hasil Analisis GPD Curah Hujan di Banyuwangi

Estimasi Parameter	Threshold			
	24*	25	26	27
Scale ($\hat{\sigma}$)	28,093 (1,224)	29,074 (1,269)	28,308 (1,275)	27,816 (1,288)
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,028 (0,031)	-0,045 (0,030)	-0,032 (0,032)	-0,024 (0,033)
Rataan curah hujan ekstrim (mm/tahun)	35,068	33,202	32,468	31,568
Nu (Jumlah kejadian)	1052	996	974	947

Keterangan : * nilai *threshold* yang dihasilkan dari metode prosentase angka yang ada di dalam kurung merupakan nilai eror

Tabel 4.3 (b) Hasil Analisis GPD Curah Hujan di Banyuwangi

Estimasi Parameter	Threshold			
	28	29	30	31
Scale ($\hat{\sigma}$)	27,894 (1,316)	27,548 (1,335)	28,312 (1,380)	27,866 (1,396)
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,025 (0,034)	-0,019 (0,035)	-0,033 (0,034)	-0,025 (0,036)
Rataan curah hujan ektrim (mm/tahun)	30,368	29,435	27,968	27,168
Nu (Jumlah kejadian)	911	883	839	815

Keterangan : angka yang ada di dalam kurung merupakan nilai eror

Tabel 4.3 (c) Hasil Analisis GPD Curah Hujan di Banyuwangi

Estimasi Parameter	Threshold			
	32	33	34	35
Scale ($\hat{\sigma}$)	28,749 (1,445)	28,547 (1,467)	29,108 (1,508)	29,716 (1,550)
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,041 (0,035)	-0,038 (0,036)	-0,048 (0,036)	-0,059 (0,035)
Rataan curah hujan ektrim (mm/tahun)	25,768	24,934	23,801	22,701
Nu (Jumlah kejadian)	773	748	714	681

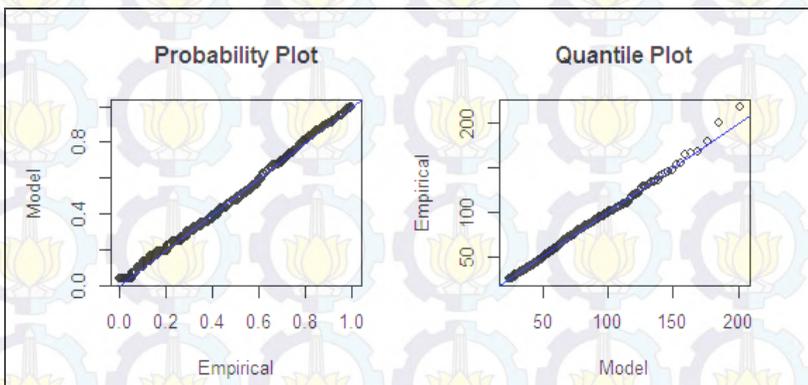
Keterangan : angka yang ada di dalam kurung merupakan nilai eror

Tabel 4.3 diketahui bahwa hasil analisis GPD menghasilkan nilai parameter *scale* dan *shape* yang berbeda-beda untuk setiap *threshold* yang mungkin. Nilai parameter *scale* maksimum sebesar 29,716 terjadi ketika *threshold*-nya 35 dan nilai parameter *scale* minimum sebesar 27,549 ketika *threshold*-nya 29.

Sedangkan nilai parameter *shape* maksimum sebesar $-0,019$ terjadi ketika *thresholdnya* 29 dan nilai parameter *shape* minimum sebesar $-0,059$ ketika *thresholdnya* 35. Rata-rata curah hujan ekstrim juga bervariasi dari masing-masing *threshold*. Rata-rata curah hujan ekstrim maksimum terjadi ketika *thresholdnya* 24 yaitu sebesar 35,068 dan minimum sebesar 22,701 ketika *threshold* 35. Jumlah kejadian curah hujan ekstrim (jumlah data curah hujan yang berada di atas *threshold*) paling banyak juga terjadi ketika *threshold* yang digunakan 24 yaitu sebesar 1052 dan paling sedikit 681 yaitu ketika menggunakan *threshold* 35. Hal inilah yang menjadi menarik dalam pemilihan *threshold*. Apabila *threshold* yang dipilih terlalu rendah akan menghasilkan data ekstrim yang lebih banyak sehingga eror dari parameter akan relatif rendah. Sebaliknya apabila *threshold* ditetapkan terlalu tinggi maka eror dari model akan relatif rendah, akan tetapi eror dari parameter nya akan menjadi relatif tinggi.

4.5 Uji Kesesuaian *Generalized Pareto Distribution*

Hasil analisis GPD juga menampilkan *probabbility plot* dan *quantile plot* seperti pada Gambar 4.8 yang dapat digunakan dalam pemeriksaan distribusi.



Gambar 4.8 *Probabbility Plot* dan *Quantile Plot* Data Curah Hujan di Banyuwangi dengan *threshold* 24

Kedua plot pada Gambar 4.8 dihasilkan ketika *threshold* 24. Sebagian besar titik-titik telah mengikuti garis linear. Begitu pula pada semua *threshold* yang berada dalam range yang telah disarankan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data ekstrim curah hujan di Banyuwangi telah mengikuti distribusi *generalized pareto* untuk semua *threshold* dalam range yang telah disarankan. Hal ini berarti bahwa semua *threshold* dalam range mempunyai alasan yang kuat untuk berpeluang menjadi *threshold* yang terpilih. Kesimpulan yang sama juga berlaku pada ketiga pos pengamatan yang lain di Kabupaten Jember, Lamongan, dan Ngawi. Sedangkan untuk Bojonegoro *probability plot* dan *quantile plot* yang dihasilkan kurang baik. *Probability plot* dan *quantile plot* di empat pos pengamatan yang lain dengan *threshold* yang berbeda-beda dapat dilihat pada Lampiran E.

Pemeriksaan kesesuaian distribusi untuk mengetahui bahwa sampel ekstrim curah hujan berdistribusi *Generalized Pareto Distribution* (GPD) juga dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* sebagai berikut.

Pengujian hipotesis:

H_0 : $F_n(x) = F_0(x)$ (Data mengikuti *Generalized Pareto Distribution*)

H_1 : $F_n(x) \neq F_0(x)$ (Data tidak mengikuti *Generalized Pareto Distribution*)

$\alpha = 0,05$

Daerah kritis :

Tolak H_0 jika $D_{hitung} > D_\alpha$ dimana D_α adalah nilai kritis untuk uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan taraf signifikansi sebesar α .

Berdasarkan Tabel 4.4 menunjukkan bahwa D_{hitung} pada semua *threshold* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan D_α sehingga kesimpulan yang dapat diambil adalah untuk semua *threshold* dalam range yang disarankan telah menghasilkan sampel nilai ekstrim yang mengikuti *Generalized Pareto Distribution*.

Tabel 4.4 Uji *Kolmogorov-Smirnov Generalized Pareto Distribution* Data Curah Hujan di Banyuwangi

<i>Threshold</i>	Jumlah Nilai Ekstrim	D hitung	D_α	Keputusan
24	1052	0,03296	0,04187	Gagal Tolak H_0
25	996	0,03826	0,04303	Gagal Tolak H_0
26	974	0,04068	0,04351	Gagal Tolak H_0
27	947	0,04335	0,04413	Gagal Tolak H_0
28	911	0,03795	0,04499	Gagal Tolak H_0
29	883	0,04272	0,0457	Gagal Tolak H_0
30	839	0,04039	0,04688	Gagal Tolak H_0
31	815	0,03892	0,04757	Gagal Tolak H_0
32	773	0,03635	0,04884	Gagal Tolak H_0
33	748	0,03555	0,04965	Gagal Tolak H_0
34	714	0,03955	0,05082	Gagal Tolak H_0
35	681	0,03728	0,05204	Gagal Tolak H_0

Untuk data curah hujan di Jember, Lamongan dan Ngawi juga telah menghasilkan sampel nilai ekstrim yang mengikuti *Generalized Pareto Distribution*. Hanya data curah hujan di Bojonegoro yang ternyata distribusi sampel nilai ekstrimnya belum sesuai. Salah satu pengujian menunjukkan distribusi sampel data nilai ekstrim mengikuti distribusi Weibull. Hal ini menimbulkan adanya dugaan bahwa untuk kasus di Bojonegoro lebih sesuai jika diatasi dengan metode *Block Maxima*. Karena pada penelitian ini lebih fokus pada proses pemilihan *threshold* yang merupakan bagian dari metode POT, maka untuk data curah hujan di pos Cawak Kabupaten Bojonegoro tidak akan dilanjutkan pada proses selanjutnya. Hasil *Uji Kolmogorov-Smirnov GPD* untuk data curah hujan ekstrim pada empat Kabupaten lain bisa dilihat di Lampiran F.

4.6 Pemilihan *Threshold* Terbaik Melalui *Likelihood-Ratio test*

Pada bahasan sebelumnya, telah diketahui range *threshold* yang disarankan pada data curah hujan ekstrim Pos Pasewaran Kabupaten Banyuwangi adalah antara 24 hingga 35. Pada bagian ini dibahas cara memilih *threshold* yang terbaik dengan menggunakan *Likelihood Ratio test*. *Likelihood Ratio test* merupakan jenis uji hipotesis. Dimana dalam pengujiannya menggunakan fungsi kemungkinan (*likelihood*) untuk menguji hipotesis nol, H_0 . Dengan *Likelihood Ratio test* ditemukan *p-value*: probabilitas mendapatkan statistik uji setidaknya sama besar dengan yang diamati jika H_0 benar. Jika bukti terhadap H_0 kuat maka *p-value* akan menjadi kecil (Hinsley dan Wadsworth, 2010)

Hipotesis untuk *Likelihood Ratio test* yaitu:

H_0 : model *single tail* baik untuk *threshold* yang dipilih.

H_1 : model *single tail* tidak baik untuk *threshold* yang dipilih.

α : 0,05 , *Chi-square Critical Value* (0,05;1) : 3,8414

Daerah penolakan :

Tolak H_0 ketika *p-value* < 0,05 atau

Likelihood Ratio > *Chi-square Critical Value* (0,05;1)

Uji hipotesis ini digunakan dengan membandingkan model *single tail* (ekor tunggal) dengan model ekor yang memiliki titik perubahan (bukan *single tail*). *Single tail* yang diharapkan dalam penelitian ini adalah distribusi yang condong pada distribusi Pareto.

Hasil *Likelihood Ratio test* untuk range *threshold* yang telah disarankan pada data curah hujan ekstrim di Banyuwangi yaitu antara 24 hingga 35, dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa ternyata dari range *threshold* yang telah disarankan, semua *threshold* telah memiliki model *single tail* yang baik.

Tabel 4.5 *p-value* dari *Likelihood Ratio test* untuk range *threshold* data curah hujan ekstrim di Banyuwangi

<i>Threshold</i>	Jumlah Data Ekstrim	<i>p-value</i>	<i>Likelihood Ratio</i>	Keputusan
24*	1052	0,3848	0,755136	Gagal Tolak H_0
25	996	0,1562	2,009877	Gagal Tolak H_0
26	974	0,3273	0,959437	Gagal Tolak H_0
27	947	0,4883	0,480065	Gagal Tolak H_0
28	911	0,4686	0,525072	Gagal Tolak H_0
29	883	0,5994	0,275768	Gagal Tolak H_0
30	839	0,3574	0,846729	Gagal Tolak H_0
31	815	0,4976	0,459991	Gagal Tolak H_0
32	773	0,264	1,242705	Gagal Tolak H_0
33	748	0,3145	1,011580	Gagal Tolak H_0
34	714	0,2066	1,594948	Gagal Tolak H_0
35**	681	0,1228	2,380949	Gagal Tolak H_0

Keterangan : * *threshold* yang dihasilkan metode prosentase

** *threshold* yang terpilih berdasarkan metode MRLP-Baru

Hasil studi sebelumnya menyebutkan bahwa jika bukti terhadap H_0 kuat maka *p-value* akan menjadi kecil (Hinsley dan Wadsworth,2010). Artinya, dalam hal ini ketika model *single tail* telah dinyatakan baik, bukti yang terkuat untuk menyatakan kebaikan model adalah yang memiliki *p-value* terkecil. Dengan demikian, *threshold* yang dipilih adalah 35. (Untuk hasil *threshold* yang terpilih pada data curah hujan di tiga Kabupaten yang lain ada di Lampiran G).

4.7 Estimasi *Return Level* Hingga 3 Periode Tahun ke Depan

Pada bagian pembahasan ini, menjelaskan tahap setelah mendapatkan *threshold*, yaitu menentukan *return level* nya. *Return level* merupakan nilai ekstrim yang diperkirakan akan muncul kembali pada setiap periode yang telah ditentukan. Dalam tahapan ini, nilai *return level* yang telah didapatkan nantinya akan

dibandingkan dengan nilai kenyataan. Seperti yang telah dijelaskan pada Bab III, bahwa data yang dianalisis dalam penelitian ini adalah data curah hujan harian dalam rentang tahun 1981 hingga tahun 2010. Sedangkan tiga tahun data sisanya yaitu data pada tahun 2011 hingga 2013 digunakan sebagai alat untuk validasi hasil *return level* untuk perkiraan ke depan. Selain itu, untuk lebih meyakinkan seberapa baik *threshold* yang dihasilkan dari metode MRLP-baru maka perlu adanya pembandingan. Sehingga, pada tahap ini juga akan dicari nilai *return level* dari *threshold* hasil metode prosentase. Untuk *threshold* hasil metode prosentase pada setiap Kabupaten dapat dilihat pada Lampiran B.

Hasil estimasi *return level* selama tiga periode ke depan pada data curah hujan ekstrim di setiap Kabupaten untuk kedua metode perolehan *threshold* disajikan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 (a) Hasil Estimasi *Return Level* Berdasarkan *Threshold* dari Metode Prosentase dan MRLP-Baru di Setiap Pos Pengamatan

Kabupaten	Periode	Real value	Return level	
			Metode Prosentase 10%	MRLP-Baru
Banyuwangi	1	114	119,1713; 5,1713	119,6998; 5,6998
	2	114	136,6493; 22,6493	136,4679; 22,4679*
	3	114	146,7189; 32,7189	145,9618; 31,9618*

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai eror (*return level* – *real value*). *nilai eror yang lebih kecil pada MRLP-Baru

Tabel 4.6 secara umum dapat diketahui bahwa 7 dari 12 eror *return level* yang didapatkan berdasarkan *threshold* dari metode MRLP-baru lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa metode untuk mendapatkan *threshold* dengan menggunakan MRLP-baru lebih baik dari metode prosentase yang sudah sering digunakan.

Tabel 4.6 (a) Hasil Estimasi *Return Level* Berdasarkan *Threshold* dari Metode Prosentase dan MRLP-Baru di Setiap Pos Pengamatan

Kabupaten	Periode	Real value	Return level	
			Metode Prosentase 10%	MRLP-Baru
Jember	1	80	85,0435; 5,0435	85,1725; 5,1725
	2	95	96,9607; 1,9607	96,527; 1,527*
	3	337	103,7954; -233,2046	102,926; -234,074
Lamongan	1	86	81,8035; -4,1965	82,3548; -3,6452*
	2	86	96,0136; 10,0136	94,983; 8,983*
	3	123	104,5; -18,5	102,1952; -20,8048
Ngawi	1	95	93,8982; -1,1018	94,3849; -0,6151*
	2	103	108,8786; 5,8786	107,5773; 4,5773*
	3	146	117,66; -28,34	114,965; -31,035

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai eror (*return level* – *real value*). *nilai eror yang lebih kecil pada MRLP-Baru

Untuk beberapa nilai eror yang minus, asumsi nilai mutlak yang digunakan untuk membandingkannya. Karena dalam hal ini, yang dianggap lebih baik perkiraannya adalah jarak yang lebih dekat antara *return level* dengan *real value* nya. Nilai eror yang minus menandakan bahwa hasil *return level* berada di bawah *real value*,

sehingga tidak bisa digunakan sebagai *early warning*. Terdapat 5 nilai eror yang minus dari 12 hasil estimasi di atas, antara lain pada saat estimasi *return level* dengan periode 3 tahun untuk data curah hujan ekstrim di Kabupaten Jember. Hal ini dikarenakan data *real* nya yang maksimum selama periode 3 tahun ke depan sangat tinggi yaitu sebesar 337. Empat nilai eror lain yang minus terjadi pada saat estimasi *return level* di Lamongan dan Ngawi yang sama-sama terjadi pada periode 1 dan 3. Pada periode 1 baik untuk Lamongan maupun Ngawi nilai mutlak erornya cukup kecil karena nilai maksimum *real* nya tidak begitu tinggi yaitu sebesar 86 untuk Lamongan dan 95 untuk Ngawi. Sedangkan pada periode 3 nilai mutlak erornya cukup berarti untuk kedua Kabupaten tersebut. Hal ini dikarenakan data maksimum *real* nya selama 3 periode tahun ke depan cukup tinggi untuk Lamongan dan Ngawi yaitu secara berurutan sebesar 123 dan 146. Perbandingan hasil *return level* secara visualisasi dapat dilihat pada Lampiran H.

Jika dikaji satu per satu tiap Kabupaten, hasil estimasi yang paling baik adalah estimasi *return level* untuk data curah hujan ekstrim di Banyuwangi. Semua hasil *estimasi return level* nya juga sudah berada di atas *real value*. Namun, eror dari metode MRLP-baru masih lebih besar pada saat estimasi dilakukan untuk periode 1 tahun mendatang jika dibandingkan dengan eror dari metode prosentase. Meskipun demikian, pada periode 2 dan 3 tahun mendatang, eror dari metode MRLP-baru sudah lebih kecil. Hal ini berarti bahwa metode MRLP-baru mampu memberikan hasil estimasi yang lebih stabil karena dalam proses mendapatkan *threshold* dengan MRLP telah memperhatikan kestabilan parameternya, sedangkan pada metode prosentase tidak. Hal ini ternyata yang menyebabkan *threshold* yang dihasilkan berdasarkan metode prosentase pada data curah hujan untuk Kabupaten Lamongan dan Ngawi berada di luar range pemilihan *threshold* yang disarankan pada tahap GPD *Range Plot* (lihat Lampiran B dan C).

Meskipun beberapa hasil menunjukkan bahwa metode MRLP-baru memberikan hasil estimasi *return level* yang lebih baik daripada metode prosentase, namun untuk lebih meyakinkan lagi perlu dilakukan perbandingan nilai RMSE dari *return level* yang didapatkan berdasarkan dua metode pemilihan *threshold*. Metode yang memiliki nilai RMSE terkecil adalah metode yang lebih baik dalam menentukan *return level*. Hasil perbandingan nilai RMSE dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

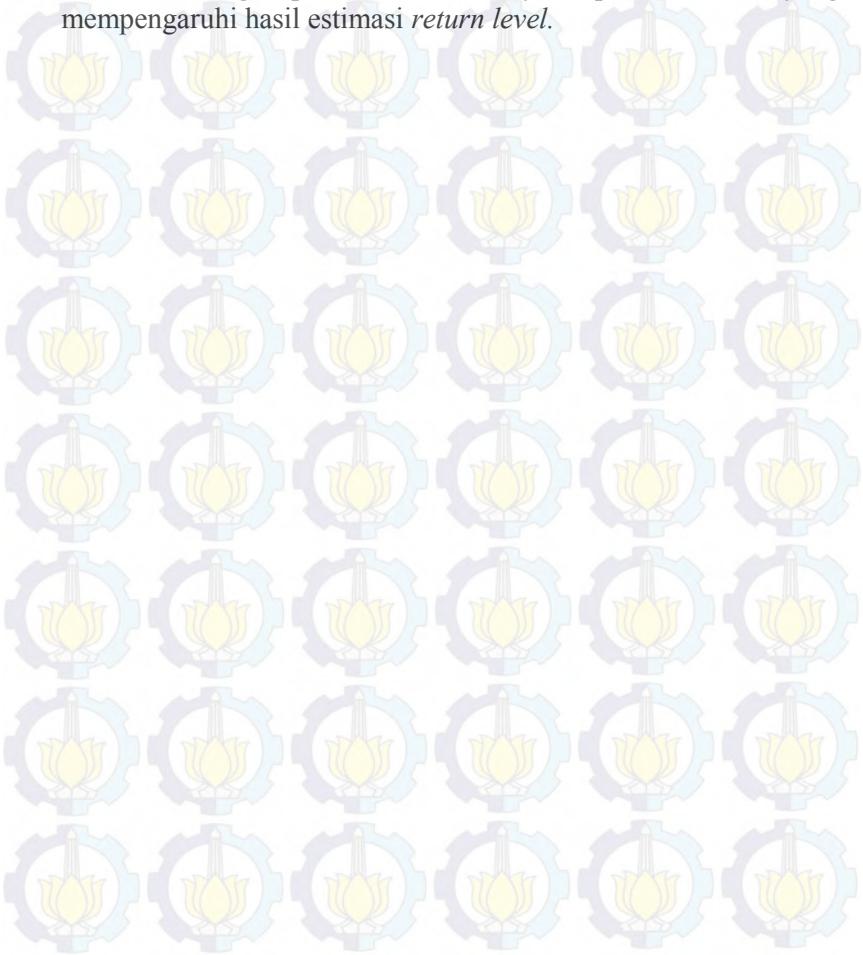
Tabel 4.7 Nilai RMSE *Return Level* Menurut Metode Pemilihan Threshold di Setiap Stasiun Pengamatan

Pos Pengamatan (Kabupaten)	Metode prosentase 10%	Metode MRLP- Baru
Karang Kedawung (Jember)	134,677	135,178
Pasewaran (Banyuwangi)	23,168	22,795*
Karang-binangun (Lamongan)	12,385	13,252
Ngale (Ngawi)	16,723	18,115
Secara Keseluruhan	69,11523	69,4561598

Keterangan: *nilai RMSE yang lebih kecil pada metode MRLP-Baru

Berdasarkan Tabel 4.7 diketahui bahwa ternyata dalam penelitian ini metode pemilihan *threshold* dengan MRLP-baru menghasilkan *return level* lebih baik hanya pada Pos Pasewaran Kabupaten Banyuwangi. Hal ini ditunjukkan dengan nilai RMSE yang lebih kecil, yaitu sebesar 22,795. Namun tidak demikian pada tiga Pos yang lain. Jika dilihat perbandingan nilai RMSE secara keseluruhan, diketahui bahwa sangat kecil perbedaannya yaitu hanya sebesar 0,34. Karena selisih yang tidak begitu signifikan ini, maka belum bisa ditarik kesimpulan metode mana yang lebih baik. Artinya, dalam penelitian ini masih cenderung sama hasilnya. Namun, jika melihat kembali hasil analisis sebelum dilakukan perhitungan RMSE, ada indikasi bahwa

metode MRLP-baru cenderung lebih baik daripada metode prosentase. Hanya saja, dalam penelitian ini belum begitu terlihat. Ada dua kemungkinan yang menyebabkan hal ini terjadi. Pertama, kemungkinan adanya tambahan *human eror* pada saat menentukan daerah dan range *threshold* yang dilihat dari MRLP dan GPD *ranges plot*. Kedua, adanya dependensi data yang mempengaruhi hasil estimasi *return level*.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

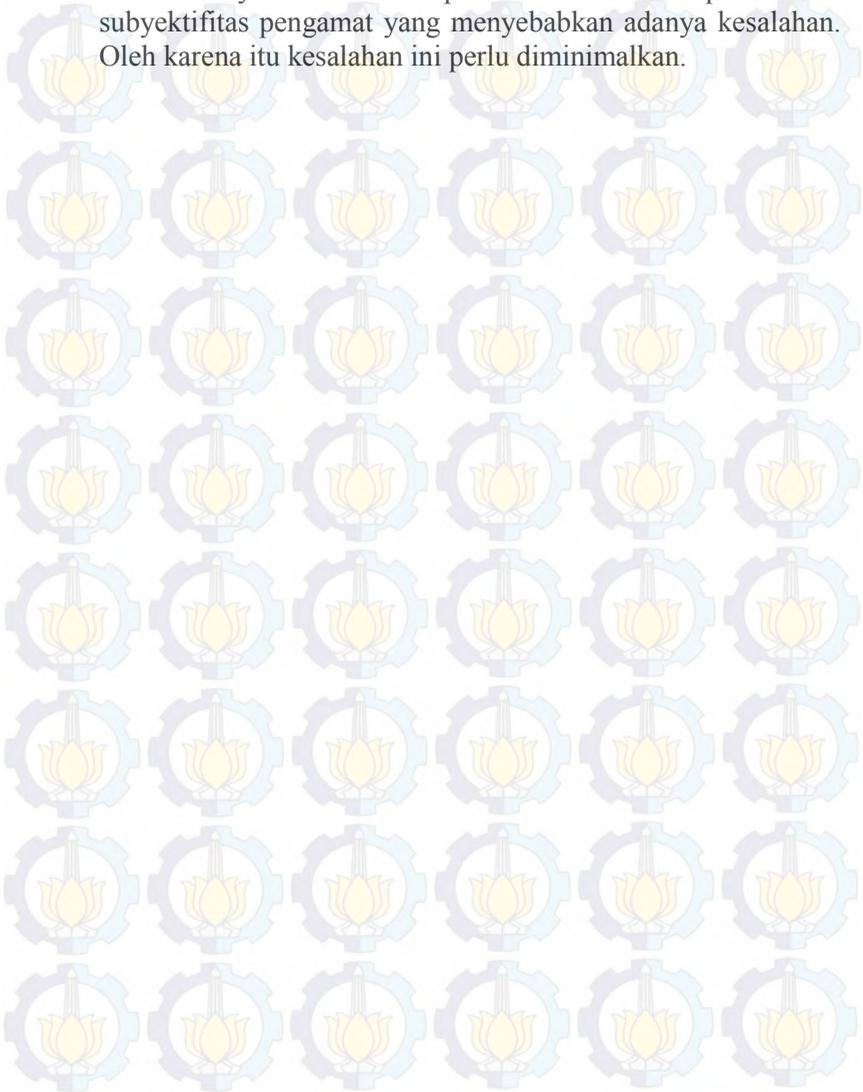
Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan yang didapatkan antara lain:

1. Karakteristik curah hujan ekstrim di lima kabupaten yang menjadi sentra produksi padi Jawa Timur yaitu Jember, Banyuwangi, Bojonegoro, Lamongan dan Ngawi memiliki pola distribusi ekor gemuk yang menunjukkan adanya amatan ekstrim. Data tidak mengikuti distribusi normal, namun mengikuti distribusi *Generalized Pareto*.
2. Berdasarkan error hasil estimasi *return level* curah hujan ekstrim, MRLP-baru lebih baik daripada metode prosentase dalam memilih *threshold* khususnya di Banyuwangi. Secara umum, error *return level* dengan metode MRLP-baru lebih kecil daripada metode prosentase. Selain itu, hasil estimasi *return level* metode MRLP-baru lebih stabil jika dilihat dari periode ke periode. Hal ini karena pada saat proses mendapatkan *threshold* melalui langkah metode baru ini telah memperhatikan kestabilan parameternya, yaitu pada saat penentuan range *threshold* dengan *GPD Range Plot*.
3. Hasil perbandingan RMSE ternyata belum bisa menunjukkan perbedaan hasil estimasi yang cukup berarti antara MRLP-baru dan metode prosentase dalam pemilihan *threshold*.

5.2 Saran

1. Hasil penelitian ini belum mampu menunjukkan adanya perbedaan antara kedua metode karena kemungkinan ada sifat dependensi data yang mempengaruhi hasil estimasi *return level*. Oleh karena itu penelitian selanjutnya disarankan agar memperhatikan syarat data yang independen.

2. Kesulitan pada saat menentukan daerah kemungkinan ditemukannya *threshold* pada MRLP terdapat unsur subyektifitas pengamat yang menyebabkan adanya kesalahan. Oleh karena itu kesalahan ini perlu diminimalkan.





Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

LAMPIRAN A : DATA CURAH HUJAN (1981-2013)

A1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro

No.	Tahun	Bulan	Tanggal	Curah Hujan (mm)
1	1981	1	1	0
2	1981	1	2	50
3	1981	1	3	38
4	1981	1	4	9
5	1981	1	5	0
6	1981	1	6	0
7	1981	1	7	0
8	1981	1	8	9
9	1981	1	9	0
10	1981	1	10	0
11	1981	1	11	0
12	1981	1	12	3
13	1981	1	13	5
14	1981	1	14	22
15	1981	1	15	0
...
...
12047	2013	12	25	51
12048	2013	12	26	7
12049	2013	12	27	0
12050	2013	12	28	0
12051	2013	12	29	0
12052	2013	12	30	0
12053	2013	12	31	12

A2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi

No.	Tahun	Bulan	Tanggal	Curah Hujan (mm)
1	1981	1	1	44
2	1981	1	2	32
3	1981	1	3	20
4	1981	1	4	24
5	1981	1	5	15
6	1981	1	6	87
7	1981	1	7	92
8	1981	1	8	0
9	1981	1	9	0
10	1981	1	10	0
11	1981	1	11	0
12	1981	1	12	14
13	1981	1	13	41
14	1981	1	14	32
15	1981	1	15	1
...
...
...
12045	2013	12	23	62
12046	2013	12	24	0
12047	2013	12	25	34
12048	2013	12	26	71
12049	2013	12	27	0
12050	2013	12	28	21
12051	2013	12	29	15
12052	2013	12	30	15
12053	2013	12	31	74

A3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember

No.	Tahun	Bulan	Tanggal	Curah Hujan (mm)
1	1981	1	1	0
2	1981	1	2	21
3	1981	1	3	53
4	1981	1	4	11
5	1981	1	5	8
6	1981	1	6	44
7	1981	1	7	41
8	1981	1	8	4
9	1981	1	9	0
10	1981	1	10	32
11	1981	1	11	0
12	1981	1	12	0
13	1981	1	13	0
14	1981	1	14	22
15	1981	1	15	0
...
...
12045	2013	12	23	76
12046	2013	12	24	10
12047	2013	12	25	120
12048	2013	12	26	4
12049	2013	12	27	0
12050	2013	12	28	0
12051	2013	12	29	0
12052	2013	12	30	1
12053	2013	12	31	5

A4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan

No.	Tahun	Bulan	Tanggal	Curah Hujan (mm)
1	1981	1	1	12
2	1981	1	2	20
3	1981	1	3	37
4	1981	1	4	26
5	1981	1	5	0
6	1981	1	6	0
7	1981	1	7	0
8	1981	1	8	38
9	1981	1	9	3
10	1981	1	10	12
11	1981	1	11	4
12	1981	1	12	4
13	1981	1	13	19
14	1981	1	14	3
15	1981	1	15	7
...
...
12045	2013	12	23	7
12046	2013	12	24	4
12047	2013	12	25	45
12048	2013	12	26	3
12049	2013	12	27	0
12050	2013	12	28	0
12051	2013	12	29	0
12052	2013	12	30	0
12053	2013	12	31	2

A5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi

No.	Tahun	Bulan	Tanggal	Curah Hujan (mm)
1	1981	1	1	0
2	1981	1	2	0
3	1981	1	3	0
4	1981	1	4	4
5	1981	1	5	12
6	1981	1	6	1
7	1981	1	7	1
8	1981	1	8	21
9	1981	1	9	2
10	1981	1	10	0
11	1981	1	11	0
12	1981	1	12	11
13	1981	1	13	2
14	1981	1	14	4
15	1981	1	15	6
...
...
12045	2013	12	23	16
12046	2013	12	24	0
12047	2013	12	25	10
12048	2013	12	26	1
12049	2013	12	27	0
12050	2013	12	28	0
12051	2013	12	29	0
12052	2013	12	30	0
12053	2013	12	31	1

LAMPIRAN B : PENENTUAN THRESHOLD DENGAN METODE PERSENTASE

B1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro

Thresholds	No. of Clusters	Run Length	Extremal Index	
90%	15 *	302	8	0.32559 (0.28692, 0.38597)
90.5%	15	302	8	0.32559 (0.28692, 0.38597)
91%	16	301	8	0.33178 (0.29405, 0.39631)
91.5%	18	301	8	0.3334 (0.30006, 0.38349)
92%	20	305	8	0.36215 (0.32568, 0.41169)
92.5%	21	302	8	0.36908 (0.33126, 0.42198)
93%	25	249	9	0.37938 (0.34084, 0.42613)
93.5%	25	249	9	0.37938 (0.34084, 0.42613)
94%	28	228	10	0.37747 (0.33935, 0.42888)
94.5%	30	201	11	0.3783 (0.33879, 0.42721)
95%	31	196	11	0.38287 (0.34552, 0.43347)
95.5%	35	186	11	0.44595 (0.39676, 0.50349)
96%	35	186	11	0.44595 (0.39676, 0.50349)
96.5%	39	176	12	0.4922 (0.43905, 0.56203)
97%	42	164	12	0.54086 (0.48015, 0.62439)
97.5%	46	156	11	0.58494 (0.51428, 0.66952)
98%	50	138	10	0.6434 (0.56017, 0.73791)
98.5%	60	99	14	0.6966 (0.57187, 0.87011)
99%	65	62	25	0.63766 (0.4975, 0.96053)
99.5%	75	33	30	0.82431 (0.65477, 1)

**threshold* yang dihasilkan dengan metode persentase, 10% data di atas *threshold* dianggap sebagai nilai ekstrim.

B2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi

Thresholds	No. of Clusters	Run Length	Extremal Index	
90%	24*	156	10	0.15627 (0.14078, 0.1792)
90.5%	25	160	10	0.16612 (0.149, 0.19078)
91%	26	163	10	0.17046 (0.1529, 0.19761)
91.5%	28	164	10	0.18261 (0.16209, 0.21017)
92%	30	156	11	0.19515 (0.17283, 0.22542)
92.5%	31	155	11	0.19967 (0.17702, 0.22834)
93%	33	160	11	0.21647 (0.1898, 0.25008)
93.5%	35	160	11	0.23415 (0.20871, 0.2652)
94%	36	152	12	0.23577 (0.20579, 0.27165)
94.5%	39	146	13	0.25877 (0.22818, 0.30349)
95%	41	148	12	0.27252 (0.24269, 0.31576)
95.5%	44	134	14	0.29591 (0.2554, 0.34991)
96%	47	135	14	0.32215 (0.28329, 0.38151)
96.5%	52	131	14	0.34746 (0.30211, 0.41528)
97%	56	117	15	0.38102 (0.32652, 0.45543)
97.5%	61	113	15	0.41605 (0.36489, 0.49041)
98%	69	106	14	0.49289 (0.43165, 0.58127)
98.5%	78	89	14	0.58906 (0.48813, 0.70972)
99%	87	64	15	0.61501 (0.46925, 0.80485)
99.5%	102	34	38	0.65628 (0.46596, 1)

**threshold* yang dihasilkan dengan metode persentase, 10% data di atas *threshold* dianggap sebagai nilai ekstrim.

B3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember

	Thresholds	No. of Clusters	Run Length	Extremal Index
90%	19.00*	291	8	0.28015 (0.24941, 0.328)
90.5%	20.00	258	9	0.28439 (0.24939, 0.33292)
91%	21.00	262	9	0.2971 (0.26102, 0.34593)
91.5%	22.00	260	9	0.30036 (0.26533, 0.35012)
92%	23.00	242	10	0.30087 (0.26369, 0.35019)
92.5%	24.00	242	10	0.30385 (0.26731, 0.35765)
93%	25.00	216	11	0.3067 (0.26676, 0.36047)
93.5%	26.00	212	11	0.31183 (0.27201, 0.36851)
94%	28.00	211	11	0.32755 (0.29147, 0.38606)
94.5%	30.00	194	12	0.33907 (0.28952, 0.40549)
95%	32.00	190	12	0.36534 (0.30972, 0.42804)
95.5%	34.00	183	12	0.38681 (0.33581, 0.45297)
96%	35.00	161	14	0.39013 (0.33829, 0.46031)
96.5%	37.00	159	13	0.42212 (0.36577, 0.49014)
97%	40.32	136	16	0.44457 (0.38835, 0.51641)
97.5%	44.00	129	16	0.49488 (0.42661, 0.5795)
98%	49.00	118	17	0.55956 (0.47957, 0.6556)
98.5%	54.00	111	13	0.67574 (0.58588, 0.78977)
99%	62.00	71	22	0.67148 (0.55434, 0.83618)
99.5%	79.00	53	0	1 (NA, NA)

**threshold* yang dihasilkan dengan metode persentase, 10% data di atas *threshold* dianggap sebagai nilai ekstrim.

B4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan

	Thresholds	No. of Clusters	Run Length	Extremal Index
90%	14.00 *	291	8	0.29526 (0.2625, 0.35012)
90.5%	15.00	296	8	0.30791 (0.27552, 0.3687)
91%	16.00	296	8	0.32331 (0.28979, 0.36957)
91.5%	16.74	296	8	0.32331 (0.28979, 0.36957)
92%	18.00	291	8	0.35718 (0.32184, 0.41108)
92.5%	18.00	291	8	0.35718 (0.32184, 0.41108)
93%	20.00	263	9	0.38029 (0.34002, 0.44093)
93.5%	21.00	261	9	0.38804 (0.34547, 0.44262)
94%	22.00	258	9	0.39417 (0.35791, 0.45408)
94.5%	24.00	235	10	0.41061 (0.36814, 0.47119)
95%	26.00	230	10	0.44882 (0.40675, 0.52206)
95.5%	28.00	232	10	0.48686 (0.43756, 0.55973)
96%	30.00	226	10	0.53825 (0.49053, 0.6133)
96.5%	33.00	198	11	0.558 (0.50566, 0.62996)
97%	36.00	185	11	0.61181 (0.55459, 0.68338)
97.5%	39.00	169	11	0.64914 (0.58501, 0.73016)
98%	43.00	156	10	0.72652 (0.6574, 0.81426)
98.5%	50.00	129	10	0.81631 (0.72893, 0.9283)
99%	58.44	92	8	0.85069 (0.722, 1)
99.5%	67.00	54	0	1 (NA, NA)

**threshold* yang dihasilkan dengan metode persentase, 10% data di atas *threshold* dianggap sebagai nilai ekstrim.

B5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi

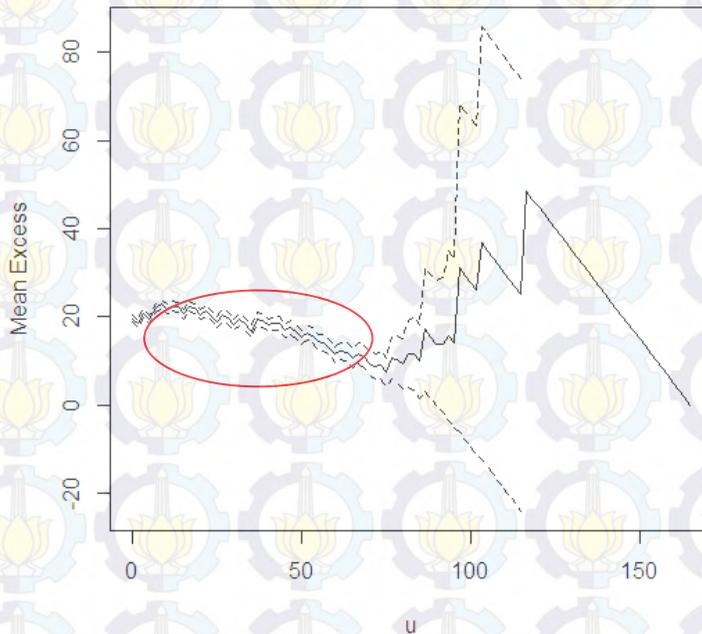
Thresholds	No. of Clusters	Run Length	Extremal Index	
90%	17.00 *	271	9	0.28881 (0.22997, 0.373)
90.5%	18.00	269	9	0.30392 (0.2526, 0.3862)
91%	19.00	266	9	0.29584 (0.23088, 0.39982)
91.5%	20.00	267	9	0.30378 (0.23635, 0.41469)
92%	21.00	265	9	0.31979 (0.2517, 0.4313)
92.5%	22.00	265	9	0.32829 (0.26075, 0.4291)
93%	24.00	261	9	0.35197 (0.28225, 0.45859)
93.5%	25.86	236	10	0.35852 (0.28502, 0.45616)
94%	27.00	230	10	0.37715 (0.30571, 0.47427)
94.5%	29.00	229	10	0.40591 (0.32952, 0.51345)
95%	31.00	223	10	0.42412 (0.34739, 0.52448)
95.5%	33.00	220	10	0.45427 (0.38047, 0.56717)
96%	36.00	201	11	0.47129 (0.39962, 0.57124)
96.5%	39.00	185	12	0.49841 (0.42172, 0.59416)
97%	42.32	162	14	0.5041 (0.43434, 0.59272)
97.5%	48.00	158	14	0.60512 (0.52928, 0.70139)
98%	52.00	134	16	0.65283 (0.57783, 0.75128)
98.5%	58.00	117	16	0.72483 (0.64006, 0.82947)
99%	67.00	90	17	0.83029 (0.67822, 1)
99.5%	82.22	55	0	1 (NA, NA)

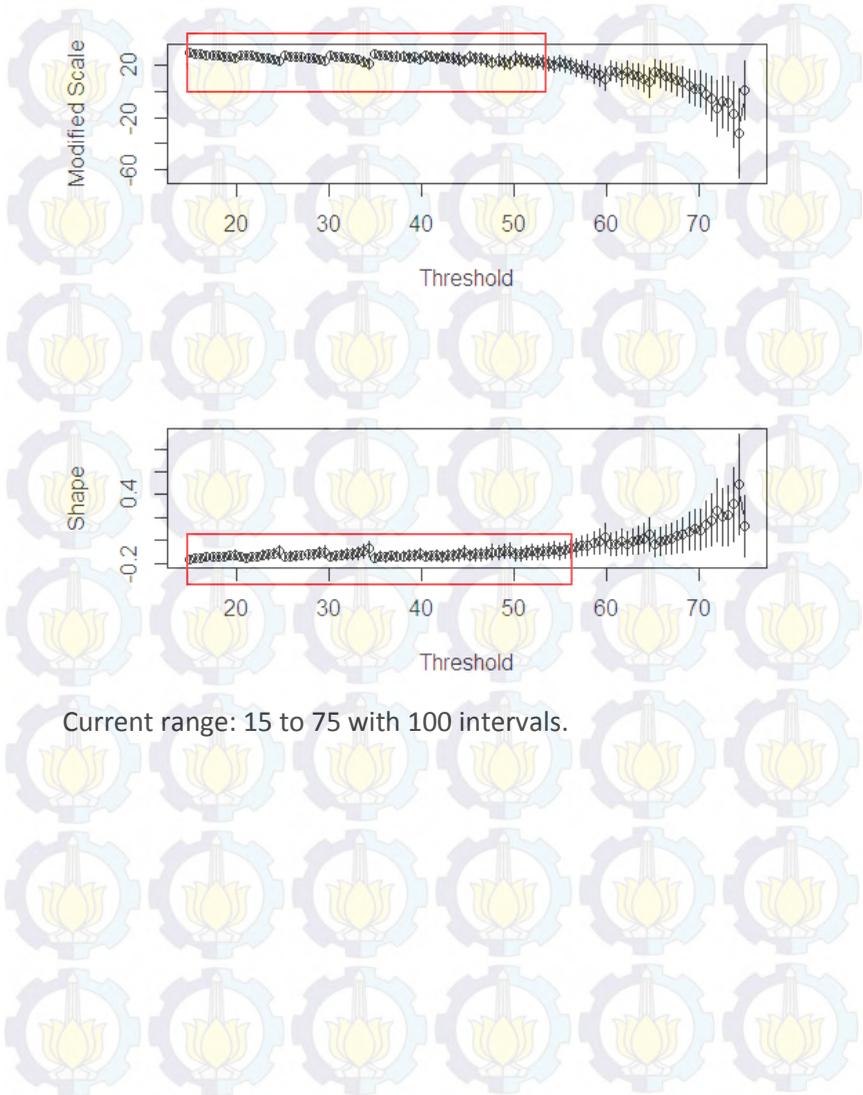
**threshold* yang dihasilkan dengan metode persentase, 10% data di atas *threshold* dianggap sebagai nilai ekstrim.

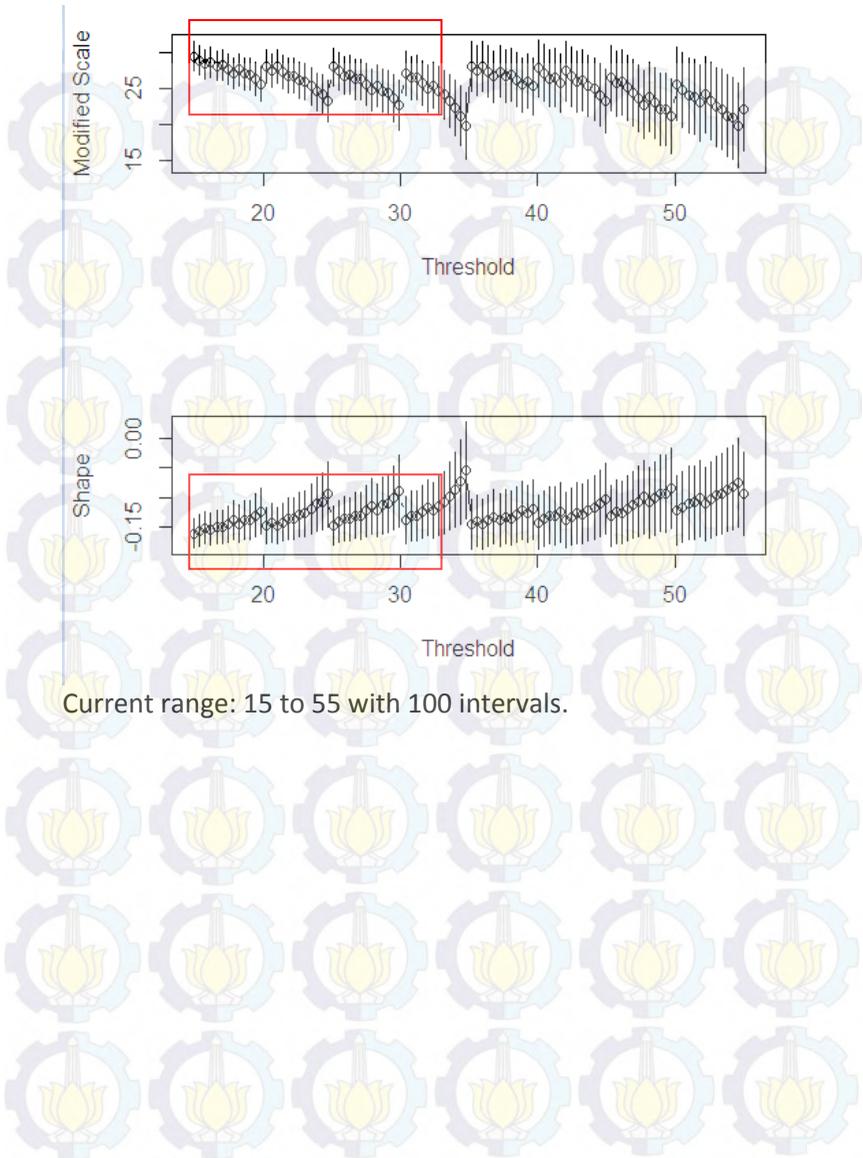
**LAMPIRAN C : PENENTUAN RANGE THRESHOLD
YANG DISARANKAN DENGAN MRLP DAN GPD
RANGES PLOT**

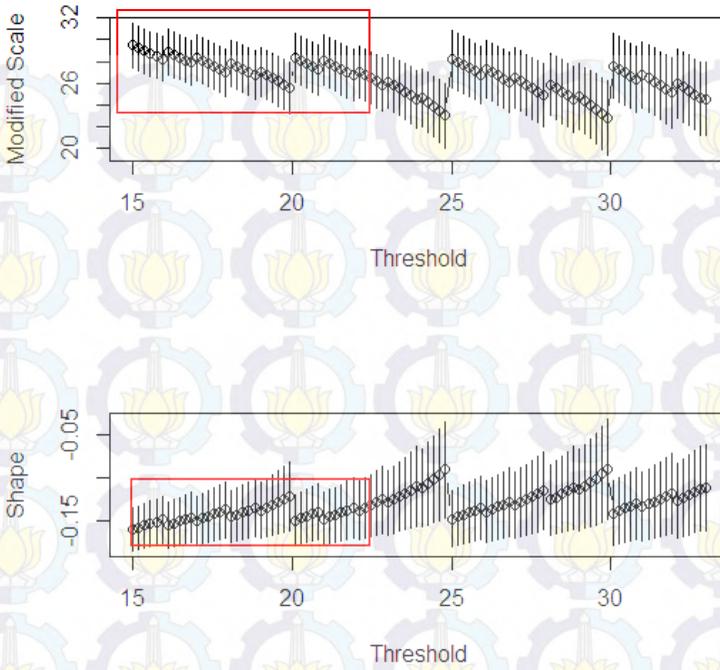
C1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro

Mean Residual Life Plot: bojonegoro.2010 Bojonegoro

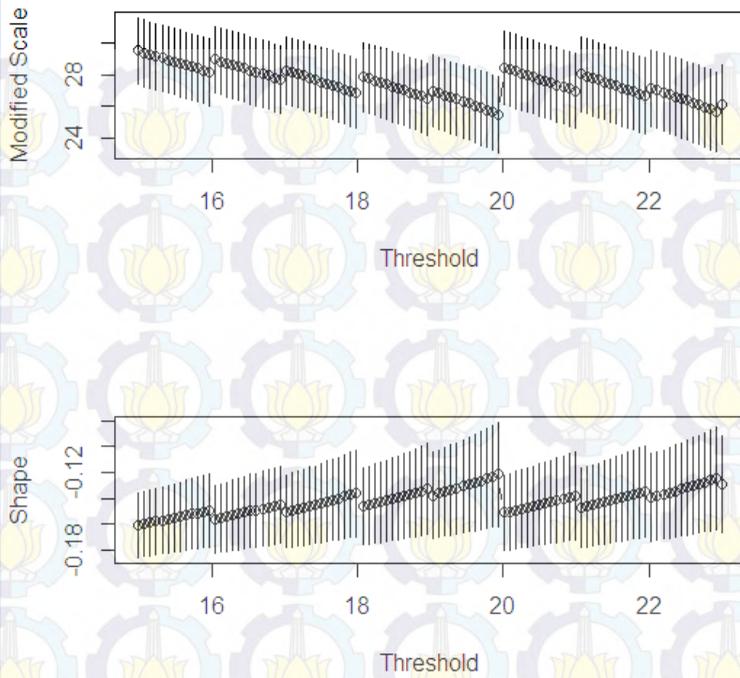








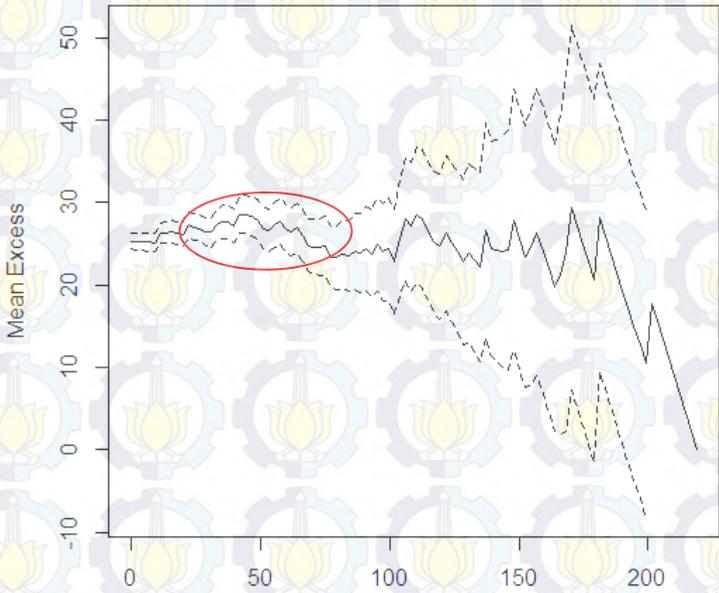
Current range: 15 to 33 with 100 intervals.



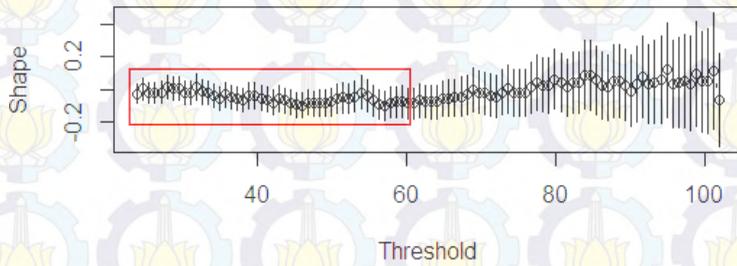
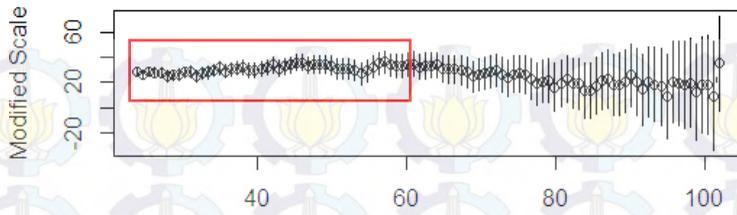
Current range: 15 to 23 with 100 intervals.

C2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi

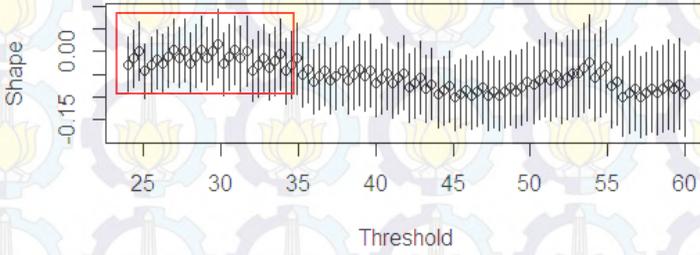
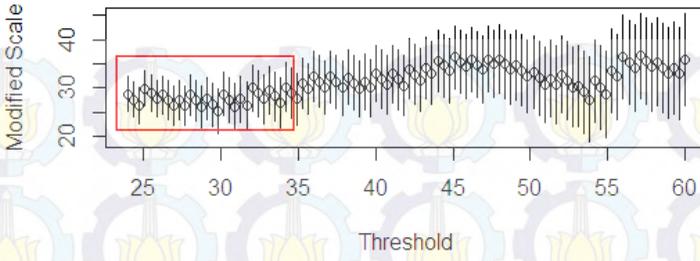
Mean Residual Life Plot: banyuwangi(1981-2010) Banyuwa



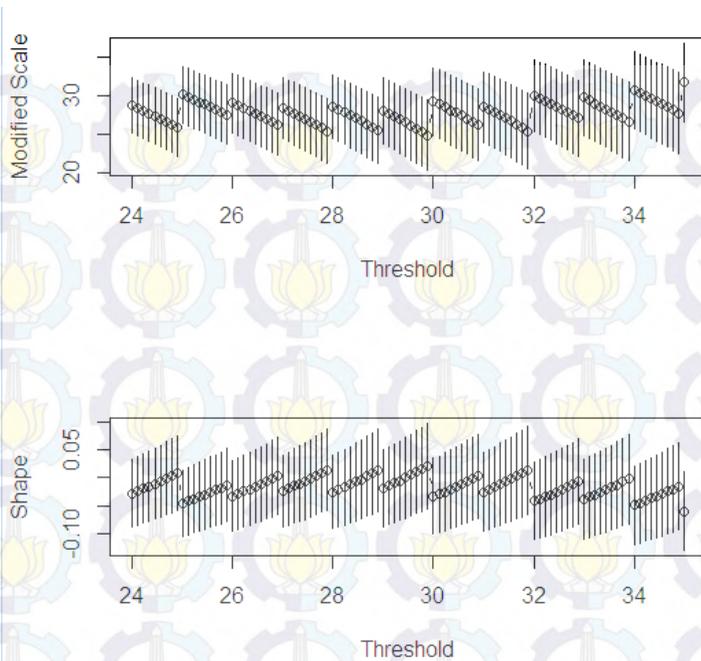
u



Current range: 24 to 102 with 100 intervals.



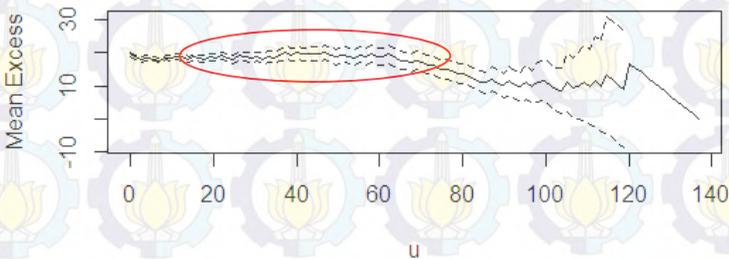
Current range: 24 to 60 with 100 intervals

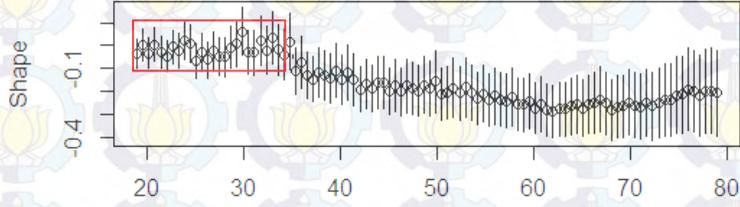
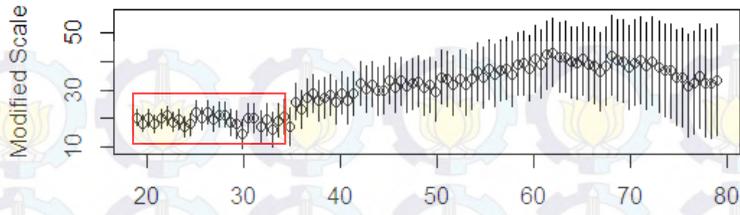


Current range: 24 to 35 with 100 intervals.

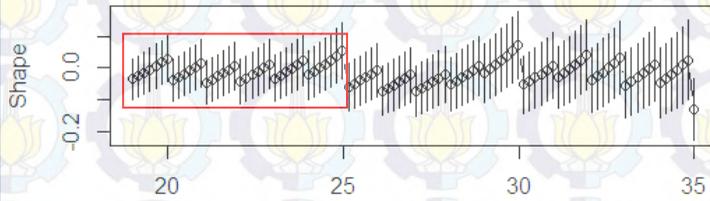
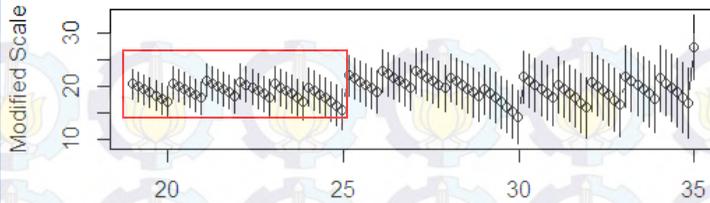
C3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember

Mean Residual Life Plot: jember.2010 Jember

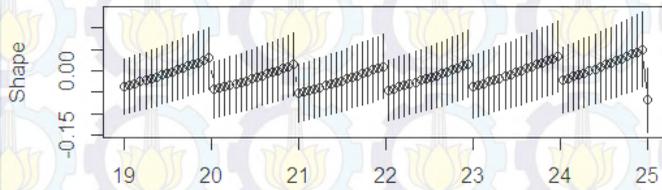
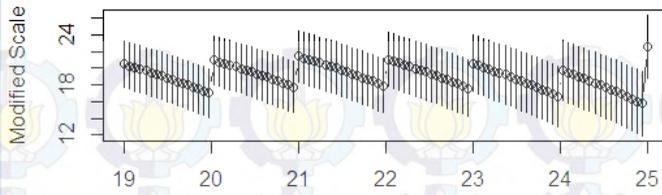




Current range: 19 to 79 with 100 intervals.

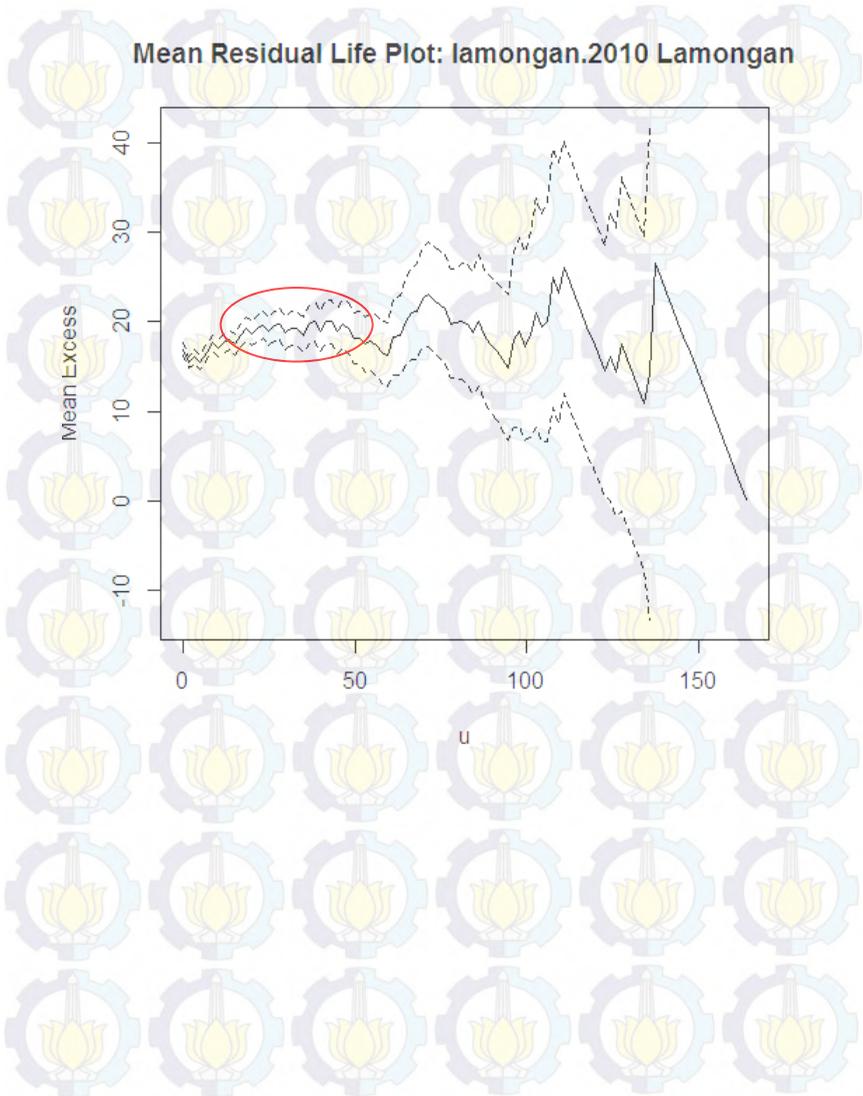


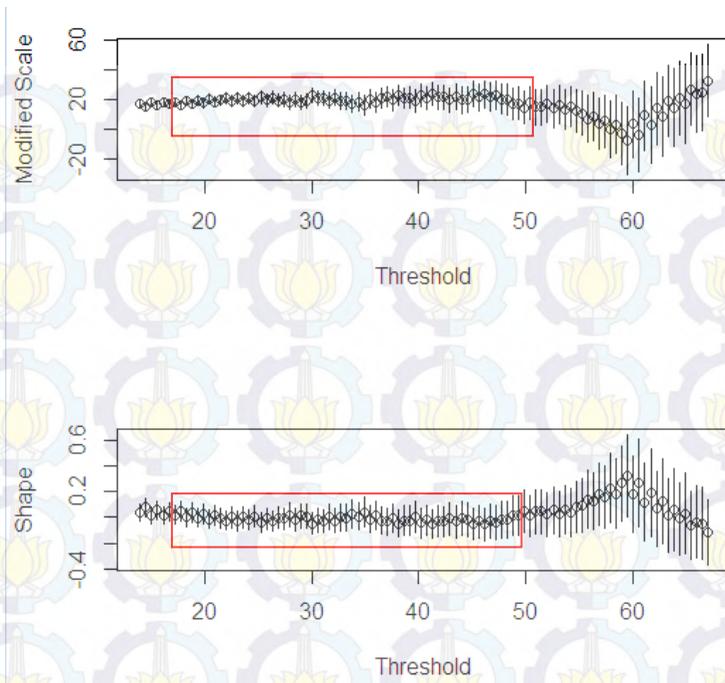
Current range: 19 to 35 with 100 intervals.



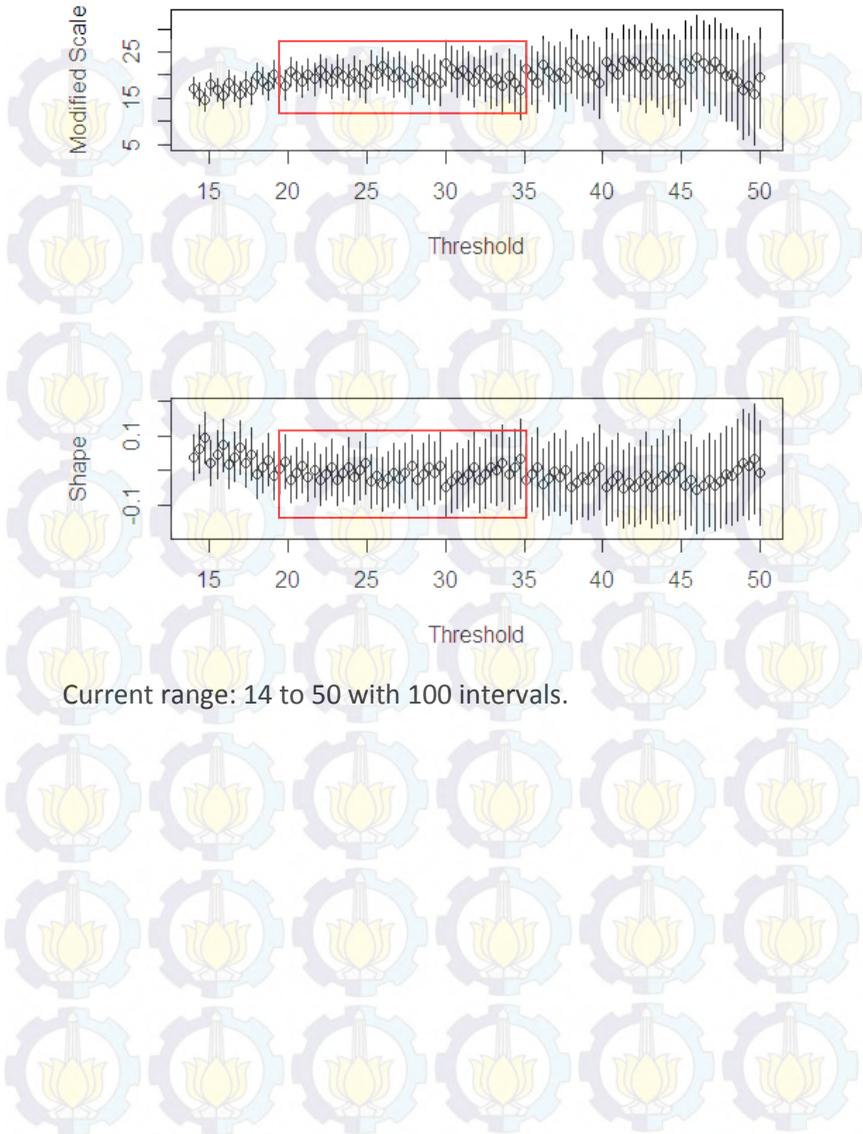
Current range: 19 to 25 with 100 intervals.

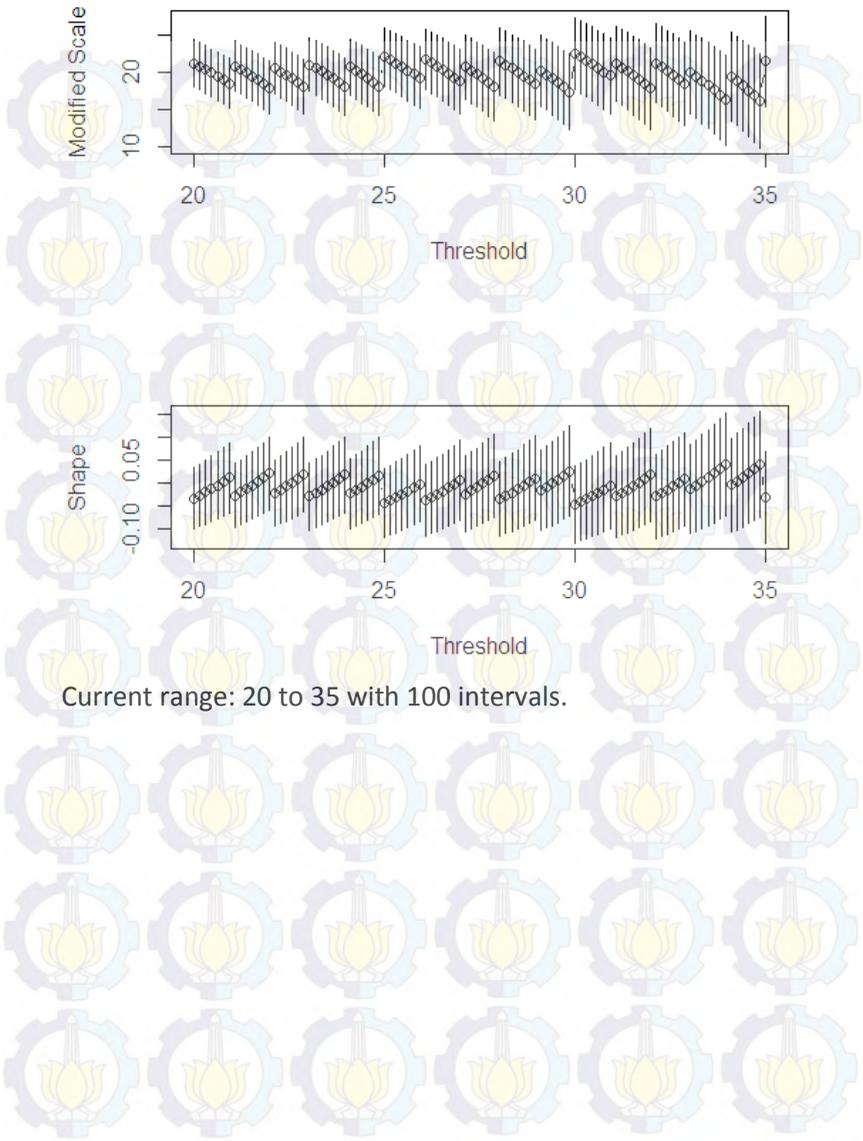
C4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan



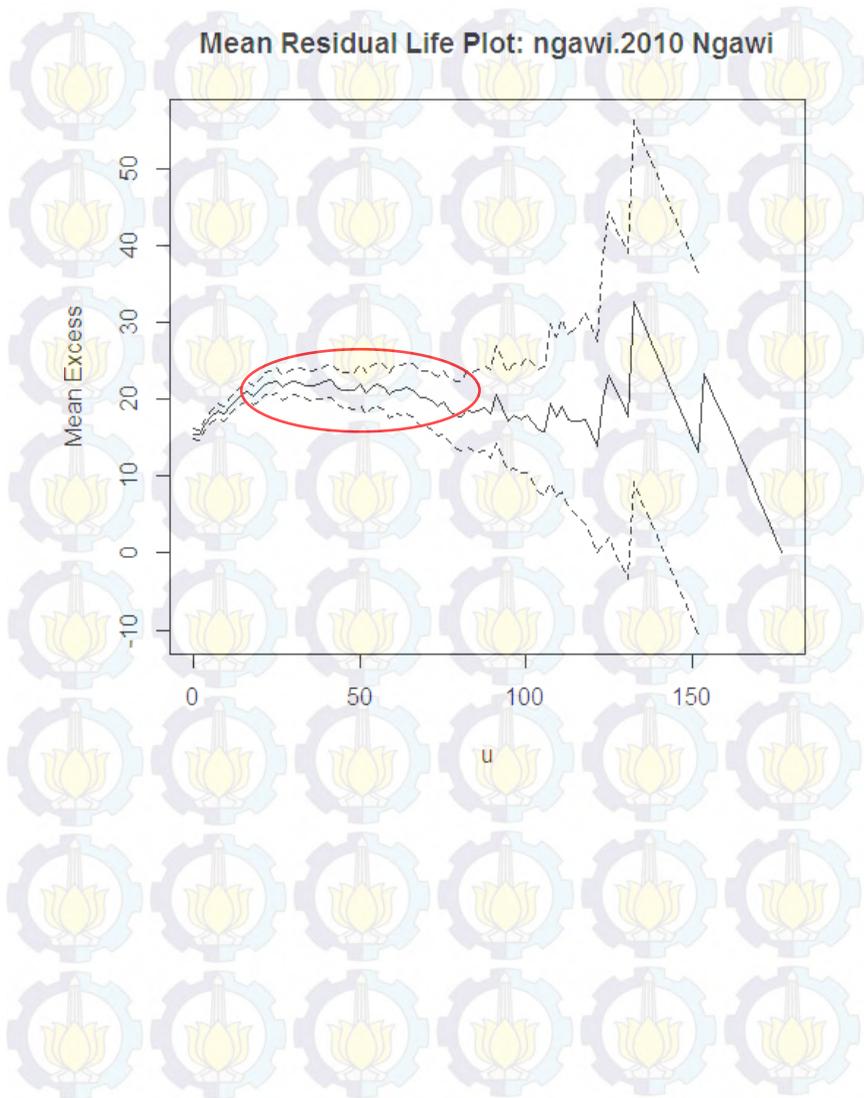


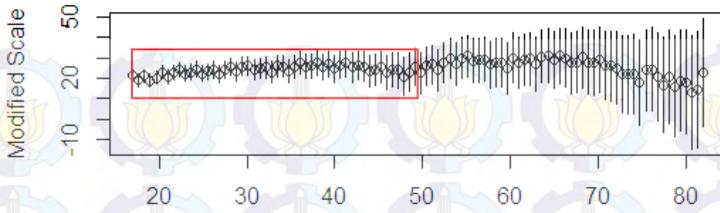
Current range is: 14 to 67 with 100 thresholds.



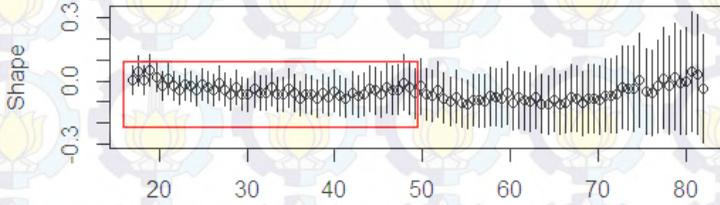


Current range: 20 to 35 with 100 intervals.

C5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi

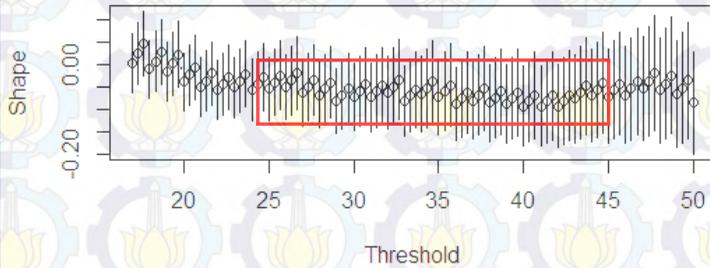
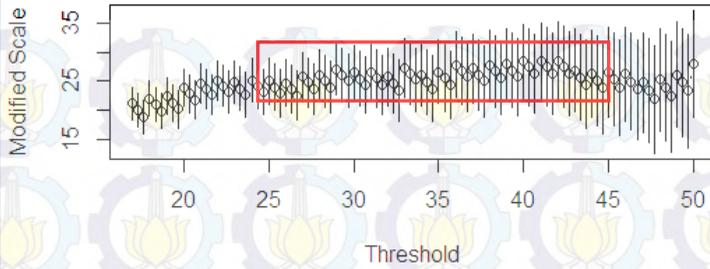


Threshold

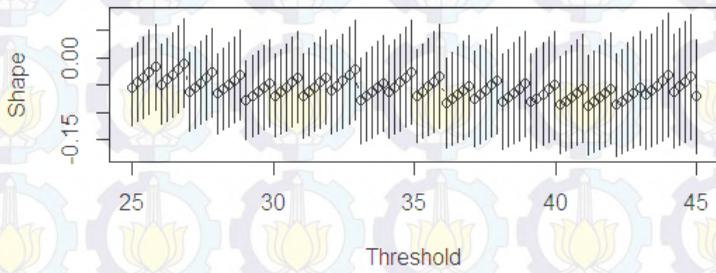
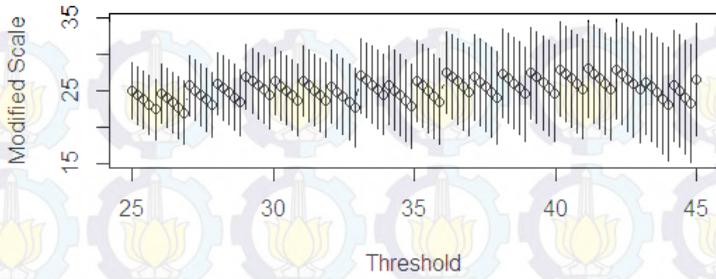


Threshold

Current range: 17 to 82 with 100 intervals.



Current range: 17 to 50 with 100 intervals.



Current range: 25 to 45 with 100 intervals.

LAMPIRAN D : ANALISIS GPD UNTUK ESTIMASI PARAMETER

D1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro

Estimasi Parameter	Threshold				
	15*	16	17	18	19
Scale ($\hat{\sigma}$)	27,038	26,497	25,730	25,308	24,399
	<i>0,911</i>	<i>0,909</i>	<i>0,901</i>	<i>0,905</i>	<i>0,898</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,161	-0,157	-0,150	-0,147	-0,138
	<i>0,013</i>	<i>0,013</i>	<i>0,014</i>	<i>0,015</i>	<i>0,017</i>
Rataan curah hujan ekstrem (mm/tahun)	33,368	32,535	31,935	30,968	30,501
Nu (Jumlah kejadian)	1001	976	958	929	915

Keterangan : * nilai *threshold* yang dihasilkan dari metode persentase. Angka yang dicetak miring adalah nilai error.

Estimasi Parameter	Threshold			
	20	21	22	23
Scale ($\hat{\sigma}$)	25,412	24,993	24,114	23,165
	<i>0,944</i>	<i>0,947</i>	<i>0,937</i>	<i>0,930</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,151	-0,148	-0,140	-0,129
	<i>0,015</i>	<i>0,016</i>	<i>0,017</i>	<i>0,019</i>
Rataan curah hujan ekstrem (mm/tahun)	28,135	27,268	26,835	26,435
Nu (Jumlah kejadian)	844	818	805	793

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai error.

D2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi

Estimasi Parameter	Threshold			
	24*	25	26	27
Scale ($\hat{\sigma}$)	28,093	29,074	28,308	27,816
	<i>1,224</i>	<i>1,269</i>	<i>1,275</i>	<i>1,288</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,028	-0,045	-0,032	-0,024
	<i>0,031</i>	<i>0,030</i>	<i>0,032</i>	<i>0,033</i>
Rataan curah hujan ekstrim (mm/tahun)	35,068	33,202	32,468	31,568
Nu (Jumlah kejadian)	1052	996	974	947

Keterangan : * nilai *threshold* yang dihasilkan dari metode persentase. Angka yang dicetak miring adalah nilai eror.

Estimasi Parameter	Threshold			
	28	29	30	31
Scale ($\hat{\sigma}$)	27,894	27,548	28,312	27,866
	<i>1,316</i>	<i>1,335</i>	<i>1,380</i>	<i>1,396</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,025	-0,019	-0,033	-0,025
	<i>0,034</i>	<i>0,035</i>	<i>0,034</i>	<i>0,036</i>
Rataan curah hujan ekstrim (mm/tahun)	30,368	29,435	27,968	27,168
Nu (Jumlah kejadian)	911	883	839	815

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai eror.

Estimasi Parameter	Threshold			
	32	33	34	35
Scale ($\hat{\sigma}$)	28,749	28,547	29,108	29,716
	1,445	1,467	1,508	1,550
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,041	-0,038	-0,048	-0,059
	0,035	0,036	0,036	0,035
Rataan curah hujan ekstrem (mm/tahun)	25,768	24,934	23,801	22,701
Nu (Jumlah kejadian)	773	748	714	681

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai eror.

D3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember

Estimasi Parameter	Threshold			
	19*	20	21	22
Scale ($\hat{\sigma}$)	19,784	20,132	20,324	20,105
	0,885	0,923	0,957	0,978
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,036	-0,046	-0,052	-0,046
	0,032	0,033	0,034	0,035
Rataan curah hujan ekstrem (mm/tahun)	35,035	32,935	31,101	29,668
Nu (Jumlah kejadian)	1051	988	933	890

Keterangan : * nilai *threshold* yang dihasilkan dari metode persentase. Angka yang dicetak miring adalah nilai eror.

Estimasi Parameter	Threshold		
	23	24	25
Scale ($\hat{\sigma}$)	19,712	19,259	20,844
	<i>0,994</i>	<i>1,011</i>	<i>1,101</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,036	-0,023	-0,068
	<i>0,037</i>	<i>0,039</i>	<i>0,038</i>
Rataan curah hujan ekstrem (mm/tahun)	28,401	27,201	24,834
Nu (Jumlah kejadian)	852	816	745

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai error.

D4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan

Estimasi Parameter	Threshold			
	14*	20	21	22
Scale ($\hat{\sigma}$)	17.674	20,572	20,405	20,313
	<i>0.797</i>	<i>1,041</i>	<i>1,063</i>	<i>1,088</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	0.037	-0,033	-0,030	-0,028
	<i>0.033</i>	<i>0,034</i>	<i>0,036</i>	<i>0,037</i>
Rataan curah hujan ekstrem (mm/tahun)	35.968	24,001	22,901	21,801
Nu (Jumlah kejadian)	1079	720	687	654

Keterangan : * nilai *threshold* yang dihasilkan dari metode persentase. Angka yang dicetak miring adalah nilai error.

Estimasi Parameter	Threshold			
	23	24	25	26
Scale ($\hat{\sigma}$)	20,435	20,298	20,993	20,843
	<i>1,121</i>	<i>1,146</i>	<i>1,199</i>	<i>1,224</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,031	-0,027	-0,044	-0,041
	<i>0,037</i>	<i>0,039</i>	<i>0,038</i>	<i>0,039</i>
Rataan curah hujan ekstrem (mm/tahun)	20,634	19,668	18,334	17,501
Nu (Jumlah kejadian)	619	590	550	525

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai eror.

Estimasi Parameter	Threshold			
	27	28	29	30
Scale ($\hat{\sigma}$)	20,315	20,587	19,933	21,108
	<i>1,235</i>	<i>1,278</i>	<i>1,286</i>	<i>1,367</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,029	-0,035	-0,020	-0,047
	<i>0,042</i>	<i>0,042</i>	<i>0,045</i>	<i>0,043</i>
Rataan curah hujan ekstrem (mm/tahun)	16,867	15,901	15,367	14,134
Nu (Jumlah kejadian)	506	477	461	424

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai eror.

Estimasi Parameter	Threshold				
	31	32	33	34	35
Scale ($\hat{\sigma}$)	20,386	20,510	19,642	19,469	20,401
	<i>1,371</i>	<i>1,412</i>	<i>1,411</i>	<i>1,444</i>	<i>1,528</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,032	-0,035	-0,014	-0,009	-0,032
	<i>0,046</i>	<i>0,047</i>	<i>0,050</i>	<i>0,052</i>	<i>0,051</i>
Rataan curah hujan ekstrim (mm/tahun)	13,701	12,967	12,601	12,001	11,101
Nu (Jumlah kejadian)	411	389	378	360	333

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai eror.

D5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi

Estimasi Parameter	Threshold				
	17*	25	26	27	28
Scale ($\hat{\sigma}$)	21,290	23,655	23,438	24,044	24,187
	<i>0,955</i>	<i>1,224</i>	<i>1,247</i>	<i>1,290</i>	<i>1,322</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	0,003	-0,054	-0,050	-0,063	-0,067
	<i>0,033</i>	<i>0,036</i>	<i>0,037</i>	<i>0,037</i>	<i>0,037</i>
Rataan curah hujan ekstrim (mm/tahun)	36,134	23,768	22,834	21,534	20,534
Nu (Jumlah kejadian)	1084	713	685	646	616

Keterangan : * nilai *threshold* yang dihasilkan dari metode persentase. Angka yang dicetak miring adalah nilai eror.

Estimasi Parameter	Threshold			
	29	30	31	32
Scale ($\hat{\sigma}$)	24,742	24,291	24,268	23,733
	<i>1,364</i>	<i>1,379</i>	<i>1,407</i>	<i>1,422</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,079	-0,072	-0,072	-0,062
	<i>0,036</i>	<i>0,0381</i>	<i>0,039</i>	<i>0,041</i>
Rataan curah hujan ekstrim (mm/tahun)	19,401	18,768	17,967	17,401
Nu (Jumlah kejadian)	582	563	539	522

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai eror.

Estimasi Parameter	Threshold			
	33	34	35	36
Scale ($\hat{\sigma}$)	24,627	23,816	24,099	24,730
	<i>1,478</i>	<i>1,486</i>	<i>1,525</i>	<i>1,575</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,081	-0,066	-0,073	-0,087
	<i>0,040</i>	<i>0,042</i>	<i>0,042</i>	<i>0,041</i>
Rataan curah hujan ekstrim (mm/tahun)	16,301	15,901	15,101	14,234
Nu (Jumlah kejadian)	489	477	453	427

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai eror.

Estimasi Parameter	Threshold			
	37	38	39	40
Scale ($\hat{\sigma}$)	24,285	24,512	24,519	24,730
	<i>1,593</i>	<i>1,632</i>	<i>1,664</i>	<i>1,705</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,079	-0,085	-0,087	-0,092
	<i>0,044</i>	<i>0,0436</i>	<i>0,044</i>	<i>0,0445</i>
Rataan curah hujan ekstrem (mm/tahun)	13,767	13,101	12,534	11,934
Nu (Jumlah kejadian)	413	393	376	358

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai error.

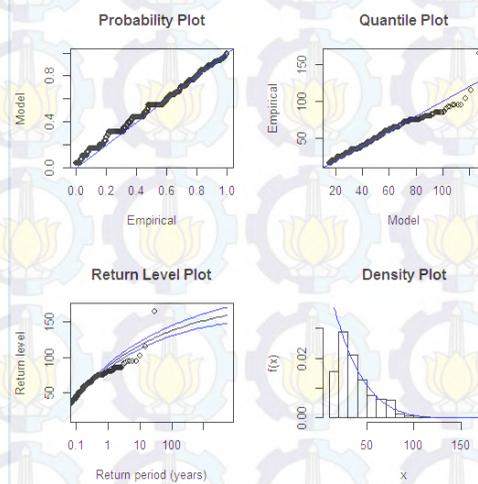
Estimasi Parameter	Threshold				
	41	42	43	44	45
Scale ($\hat{\sigma}$)	24,686	24,591	23,637	23,320	23,332
	<i>1,737</i>	<i>1,767</i>	<i>1,767</i>	<i>1,793</i>	<i>1,833</i>
Shape ($\hat{\xi}$)	-0,093	-0,092	-0,075	-0,069	-0,071
	<i>0,045</i>	<i>0,046</i>	<i>0,0499</i>	<i>0,052</i>	<i>0,053</i>
Rataan curah hujan ekstrem (mm/tahun)	11,434	10,967	10,734	10,334	9,867
Nu (Jumlah kejadian)	343	329	322	310	296

Keterangan : angka yang dicetak miring adalah nilai error.

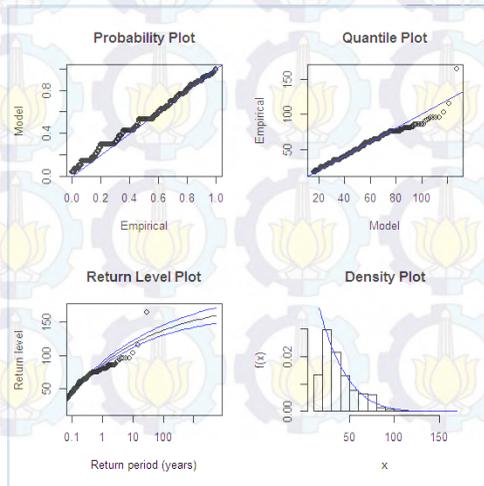
LAMPIRAN E : PROBABILITY & QUANTILE PLOT

E1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro

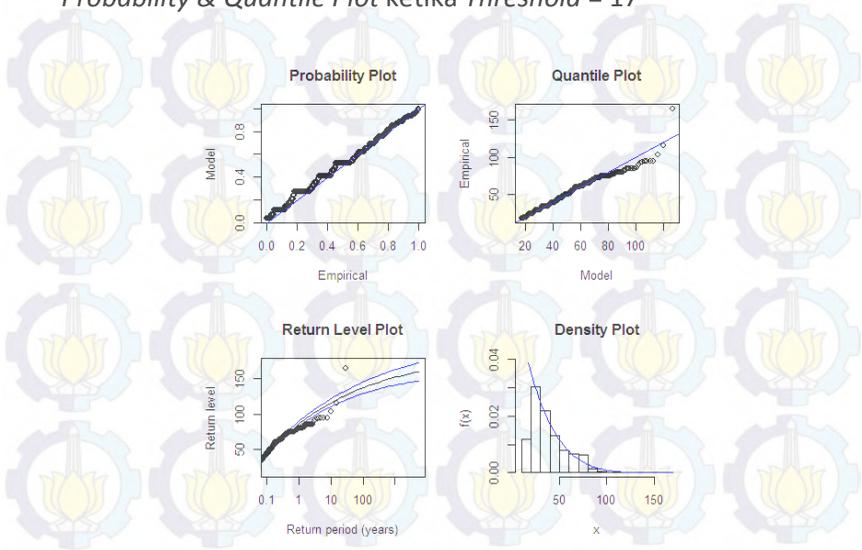
Probability & Quantile Plot ketika Threshold = 15



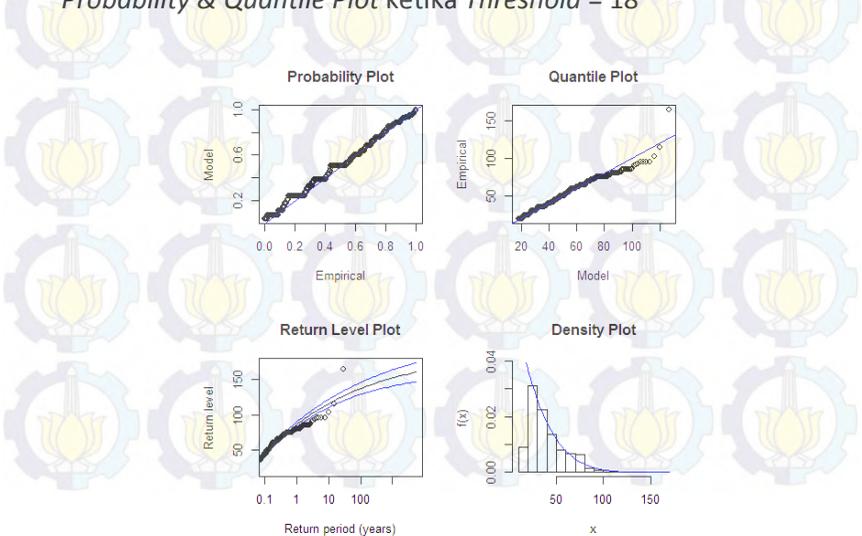
Probability & Quantile Plot ketika Threshold = 16



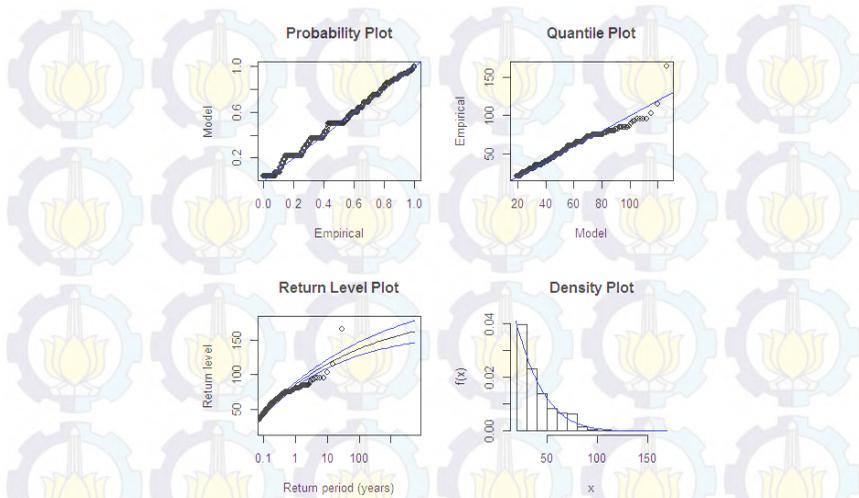
Probability & Quantile Plot ketika Threshold = 17



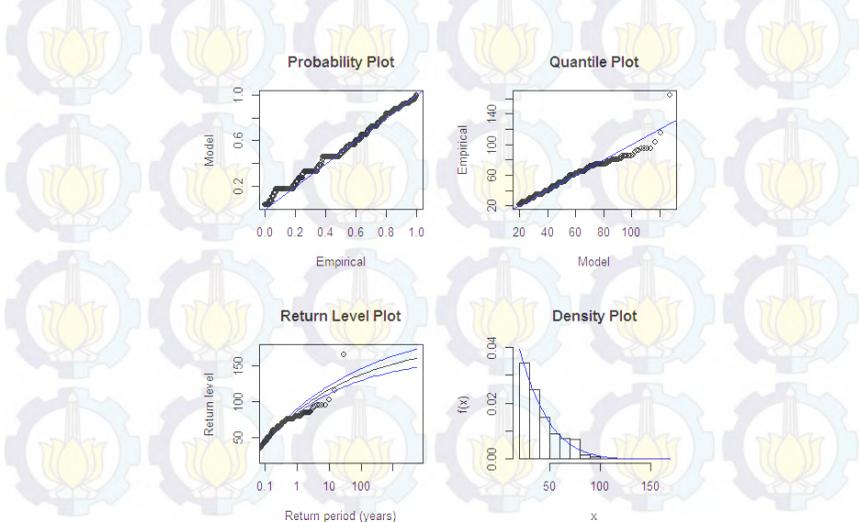
Probability & Quantile Plot ketika Threshold = 18



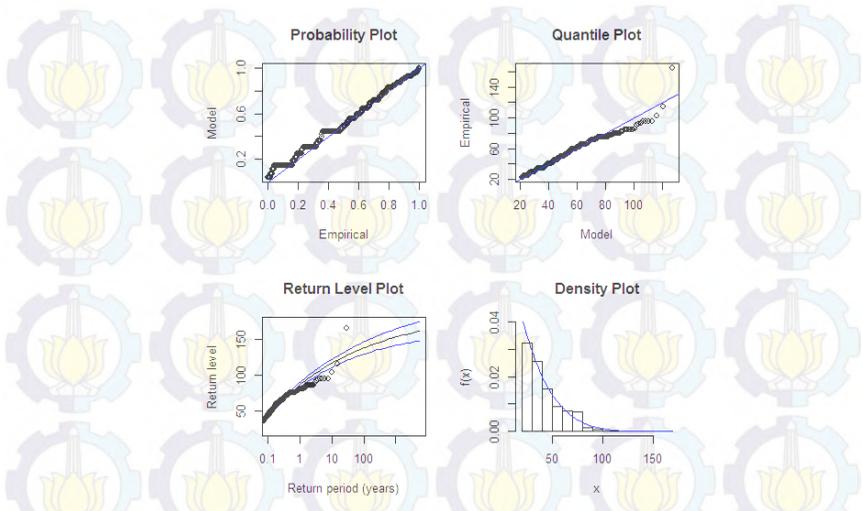
Probability & Quantile Plot ketika Threshold = 19



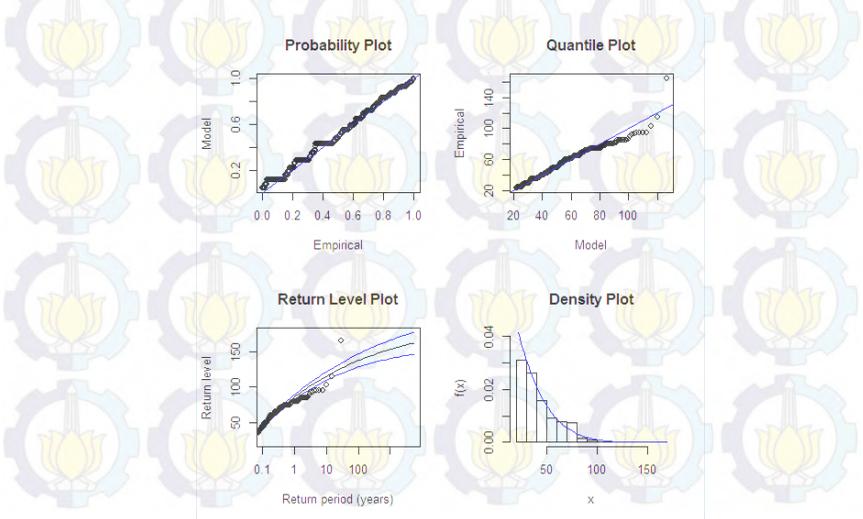
Probability & Quantile Plot ketika Threshold = 20



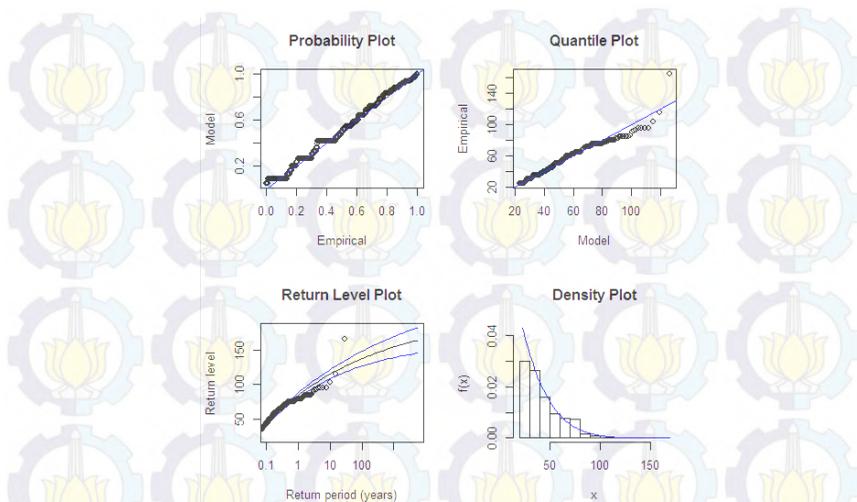
Probability & Quantile Plot ketika Threshold = 21



Probability & Quantile Plot ketika Threshold = 22

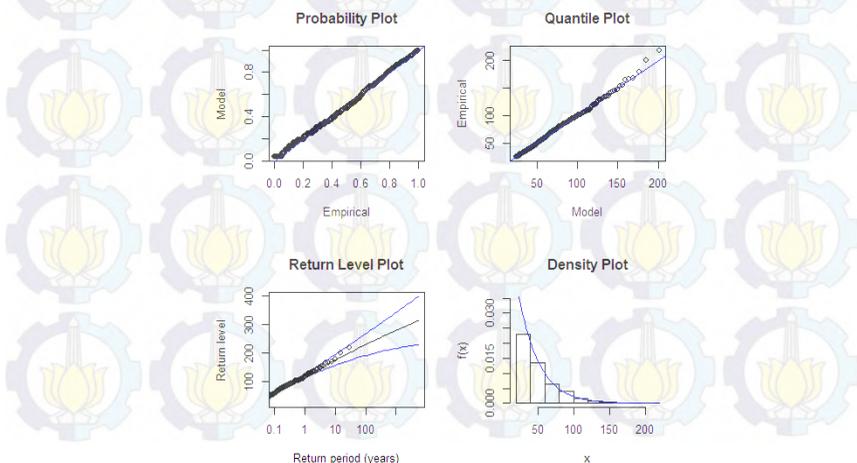


Probability & Quantile Plot ketika Threshold = 23

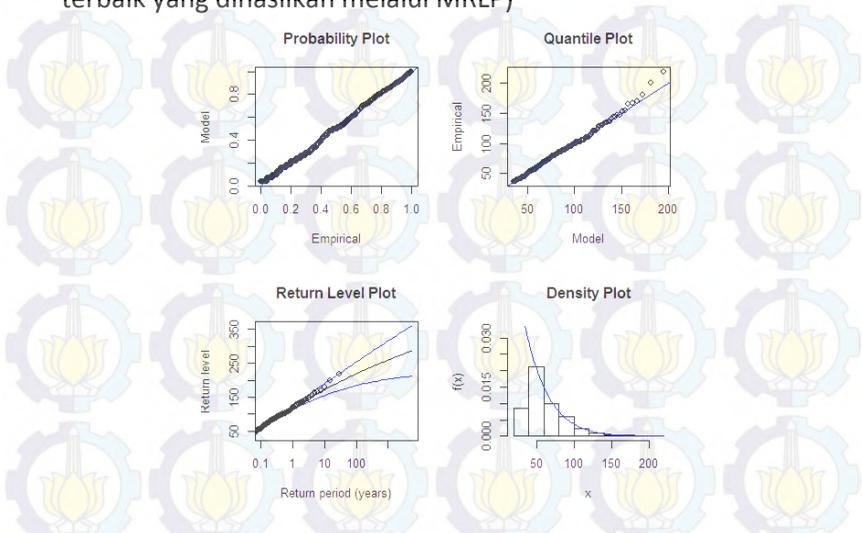


E2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi

Probability & Quantile Plot ketika Threshold = 24 (hasil dari metode persentase)

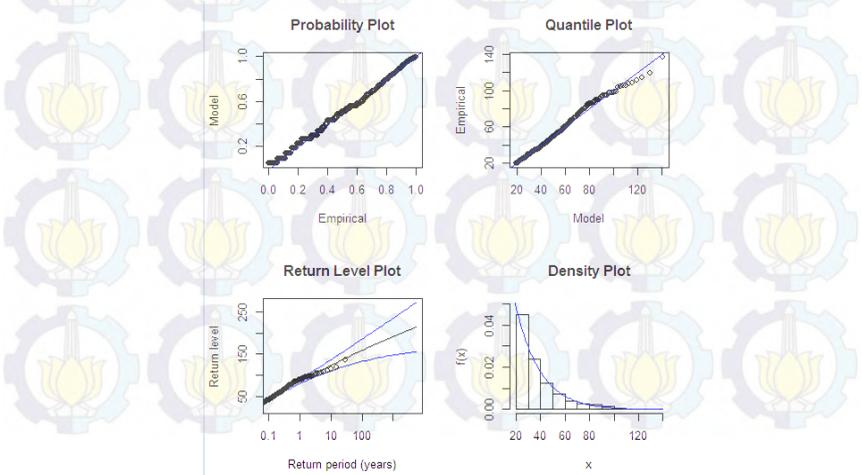


Probability & Quantile Plot ketika *Threshold* = 35 (*threshold* terbaik yang dihasilkan melalui MRLP)

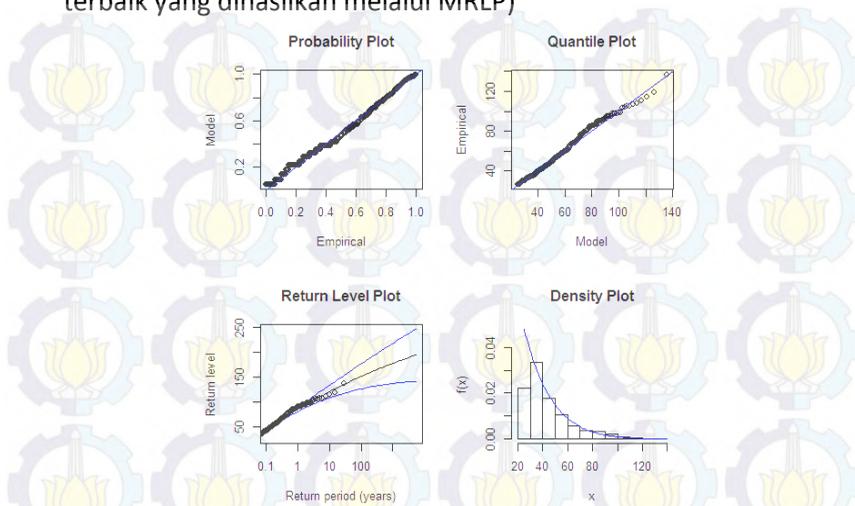


E3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember

Probability & Quantile Plot ketika *Threshold* = 19 (hasil dari metode persentase)

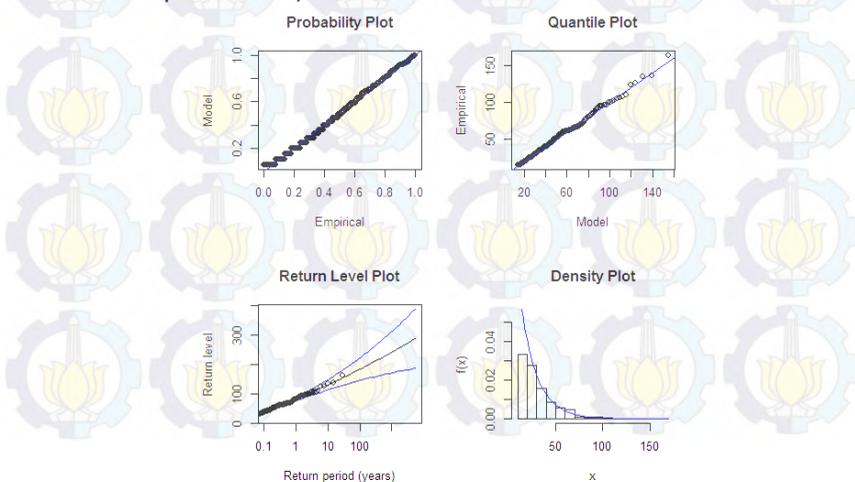


Probability & Quantile Plot ketika *Threshold* = 25 (*threshold* terbaik yang dihasilkan melalui MRLP)

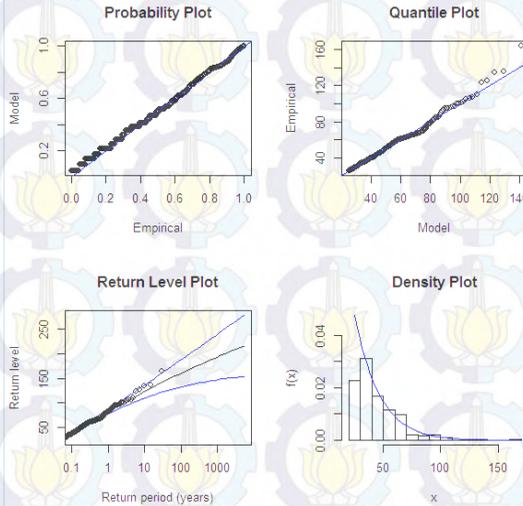


E4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan

Probability & Quantile Plot ketika *Threshold* = 14 (hasil dari metode persentase)

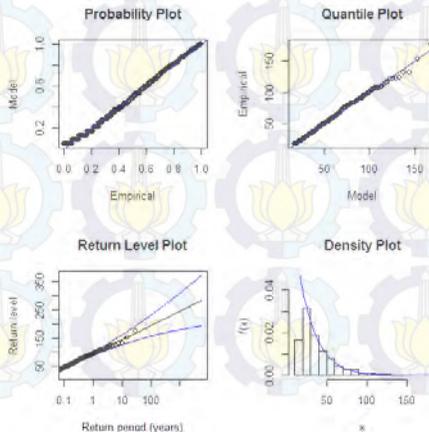


Probability & Quantile Plot ketika *Threshold* = 25 (*threshold* terbaik yang dihasilkan melalui MRLP)

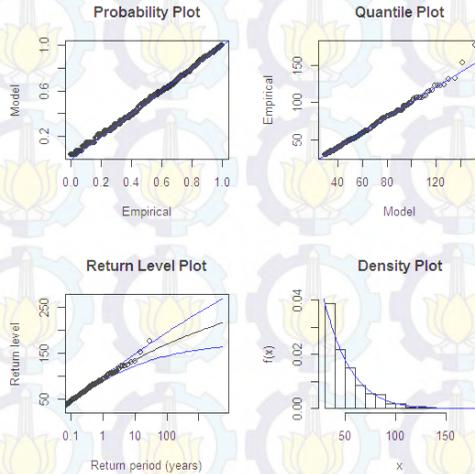


E5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi

Probability & Quantile Plot ketika *Threshold* = 17 (hasil dari metode persentase)



Probability & Quantile Plot ketika *Threshold = 29* (*threshold* terbaik yang dihasilkan melalui MRLP)



LAMPIRAN F : UJI KESESUAIAN DISTRIBUSI DENGAN KOLMOGOROV SMIRNOV

F1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro

<i>Threshold</i>	Jumlah Nilai Ekstrim	D hitung	D a	Keputusan
15	1001	0,06683	0,04316	Tolak H_0
16	976	0,07057	0,04372	Tolak H_0
17	958	0,07284	0,04413	Tolak H_0
18	929	0,07412	0,04482	Tolak H_0
19	915	0,07317	0,04517	Tolak H_0
20	844	0,07183	0,04694	Tolak H_0
21	818	0,06805	0,04769	Tolak H_0
22	805	0,06979	0,04807	Tolak H_0
23	793	0,07136	0,04844	Tolak H_0

F2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi

<i>Threshold</i>	Jumlah Nilai Ekstrim	D hitung	D _α	Keputusan
24	1052	0,03296	0,04187	Gagal Tolak H ₀
25	996	0,03826	0,04303	Gagal Tolak H ₀
26	974	0,04068	0,04351	Gagal Tolak H ₀
27	947	0,04335	0,04413	Gagal Tolak H ₀
28	911	0,03795	0,04499	Gagal Tolak H ₀
29	883	0,04272	0,0457	Gagal Tolak H ₀
30	839	0,04039	0,04688	Gagal Tolak H ₀
31	815	0,03892	0,04757	Gagal Tolak H ₀
32	773	0,03635	0,04884	Gagal Tolak H ₀
33	748	0,03555	0,04965	Gagal Tolak H ₀
34	714	0,03955	0,05082	Gagal Tolak H ₀
35	681	0,03728	0,05204	Gagal Tolak H ₀

F3. Pos Karang Kedawung, Pos Karangbinangun, Pos Ngale

<i>Threshold</i>	Jumlah Nilai Ekstrim	D hitung	D _α	Keputusan
Jember				
19*	1051	0,04557	0,04682	Gagal Tolak H ₀
25**	745	0,04624	0,05562	Gagal Tolak H ₀
Lamongan				
14*	1079	0,03854	0,04621	Gagal Tolak H ₀
25**	550	0,0384	0,06473	Gagal Tolak H ₀
Ngawi				
17*	1084	0,04965	0,04611	Gagal Tolak H ₀
29**	582	0,03175	0,06292	Gagal Tolak H ₀

**Threshold* yang dihasilkan metode persentase

** *Threshold* terbaik yang dihasilkan melalui MRLP

LAMPIRAN G : PEMILIHAN THRESHOLD TERBAIK MELALUI LIKELIHOOD RATIO TEST

G1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro

<i>Threshold</i>	Jumlah Data Ekstrim	<i>p-value</i>	<i>Likelihood Ratio</i>	Keputusan
15*	1001	0,00001	45,53474	Tolak H_0
16	976	0,00013	41,26555	Tolak H_0
17	958	0,00286	35,27534	Tolak H_0
18	929	0,01392	32,19823	Tolak H_0
19	915	0,43302	25,54126	Tolak H_0
20	844	0,00802	33,26920	Tolak H_0
21	818	0,03234	30,56177	Tolak H_0
22	805	0,64927	24,76011	Tolak H_0
23	793	14,24994	18,83538	Tolak H_0

**Threshold* yang dihasilkan metode persentase

G2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi

<i>Threshold</i>	Jumlah Data Ekstrim	<i>p-value</i>	<i>Likelihood Ratio</i>	Keputusan
24*	1052	0,384855	0,755136	Gagal Tolak H_0
25	996	0,156278	2,009877	Gagal Tolak H_0
26	974	0,327329	0,959437	Gagal Tolak H_0
27	947	0,488393	0,480065	Gagal Tolak H_0
28	911	0,468686	0,525072	Gagal Tolak H_0
29	883	0,599489	0,275768	Gagal Tolak H_0
30	839	0,357479	0,846729	Gagal Tolak H_0
31	815	0,497628	0,459991	Gagal Tolak H_0
32	773	0,26495	1,242705	Gagal Tolak H_0
33	748	0,314525	1,011580	Gagal Tolak H_0
34	714	0,206621	1,594948	Gagal Tolak H_0
35**	681	0,122823	2,380949	Gagal Tolak H_0

**Threshold* yang dihasilkan metode persentase

** *Threshold* terbaik yang dihasilkan melalui MRLP

G3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember

<i>Threshold</i>	Jumlah Data Ekstrim	<i>p-value</i>	<i>Likelihood Ratio</i>	Keputusan
19*	1051	0,28269	1,154093	Gagal Tolak H_0
20	988	0,18364	1,767896	Gagal Tolak H_0
21	933	0,14642	2,109113	Gagal Tolak H_0
22	890	0,20674	1,594092	Gagal Tolak H_0
23	852	0,34409	0,895132	Gagal Tolak H_0
24	816	0,55699	0,344936	Gagal Tolak H_0
25**	745	0,09432	2,798979	Gagal Tolak H_0

**Threshold* yang dihasilkan metode persentase

** *Threshold* terbaik yang dihasilkan melalui MRLP

G4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan

<i>Threshold</i>	Jumlah Data Ekstrim	<i>p-value</i>	<i>Likelihood Ratio</i>	Keputusan
20	720	0,35437	0,857756	Gagal Tolak H_0
21	687	0,42339	0,640894	Gagal Tolak H_0
22	654	0,5026	0,525695	Gagal Tolak H_0
23	619	0,43289	0,615049	Gagal Tolak H_0
24	590	0,49337	0,469166	Gagal Tolak H_0
25**	550	0,28158	1,159431	Gagal Tolak H_0
26	525	0,32779	0,957600	Gagal Tolak H_0
27	506	0,5026	0,449443	Gagal Tolak H_0
28	477	0,42097	0,647593	Gagal Tolak H_0
29	461	0,66052	0,192887	Gagal Tolak H_0
30	424	0,30115	1,069112	Gagal Tolak H_0
31	411	0,50844	0,437268	Gagal Tolak H_0
32	389	0,47793	0,503583	Gagal Tolak H_0
33	378	0,78556	0,074030	Gagal Tolak H_0
34	360	0,86195	0,030237	Gagal Tolak H_0
35	333	0,55074	0,356002	Gagal Tolak H_0
14*	1079	0,236397	1,401950	Gagal Tolak H_0

**Threshold* yang dihasilkan metode persentase

** *Threshold* terbaik yang dihasilkan melalui MRLP

G5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi

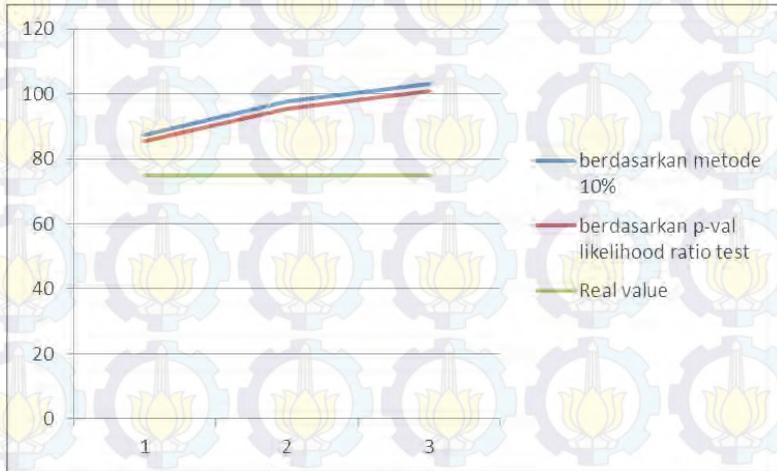
<i>Threshold</i>	Jumlah Data Ekstrim	<i>P-value</i>	Keputusan
17*	1084	0,90871	Gagal Tolak H_0
25	713	0,16143	Gagal Tolak H_0
26	685	0,20729	Gagal Tolak H_0
27	646	0,11212	Gagal Tolak H_0
28	616	0,09790	Gagal Tolak H_0
29**	582	0,05273	Gagal Tolak H_0
30	563	0,08978	Gagal Tolak H_0
31	539	0,09392	Gagal Tolak H_0
32	522	0,16255	Gagal Tolak H_0
33	489	0,06818	Gagal Tolak H_0
34	477	0,15525	Gagal Tolak H_0
35	453	0,12081	Gagal Tolak H_0
36	427	0,06718	Gagal Tolak H_0
37	413	0,10384	Gagal Tolak H_0
38	393	0,08565	Gagal Tolak H_0
39	376	0,08625	Gagal Tolak H_0
40	358	0,07237	Gagal Tolak H_0
41	343	0,07606	Gagal Tolak H_0
42	329	0,08337	Gagal Tolak H_0
43	322	0,17735	Gagal Tolak H_0
44	310	0,22440	Gagal Tolak H_0
45	296	0,22570	Gagal Tolak H_0

**Threshold* yang dihasilkan metode persentase

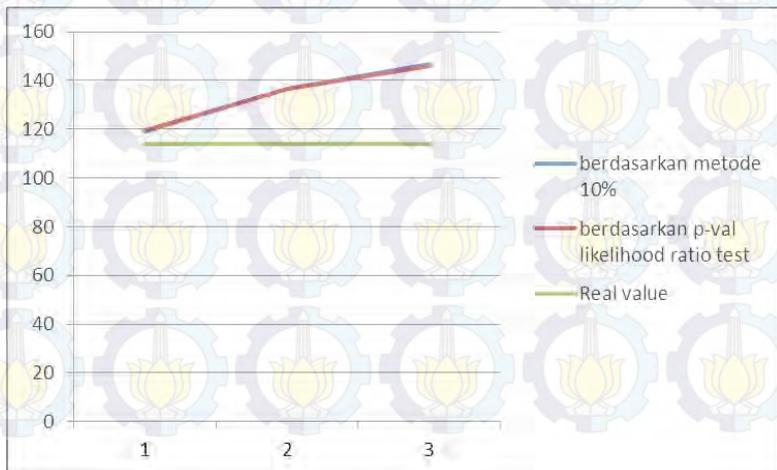
** *Threshold* terbaik yang dihasilkan melalui MRLP

LAMPIRAN H : VISUALISASI PERBANDINGAN HASIL RETURN LEVEL

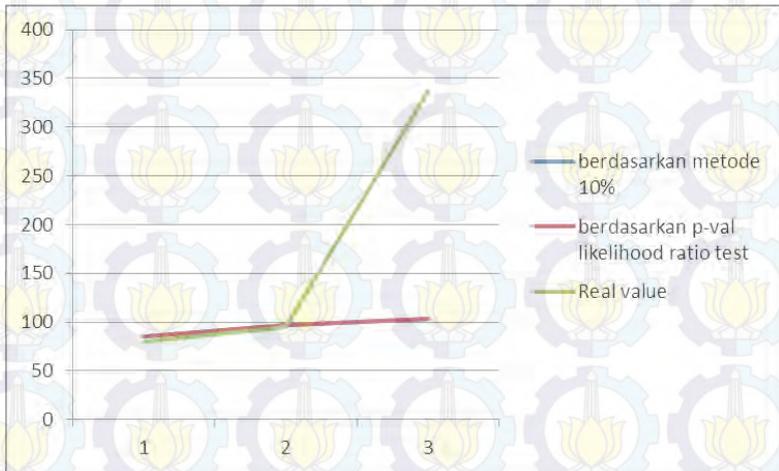
H1. Pos Cawak, Kabupaten Bojonegoro



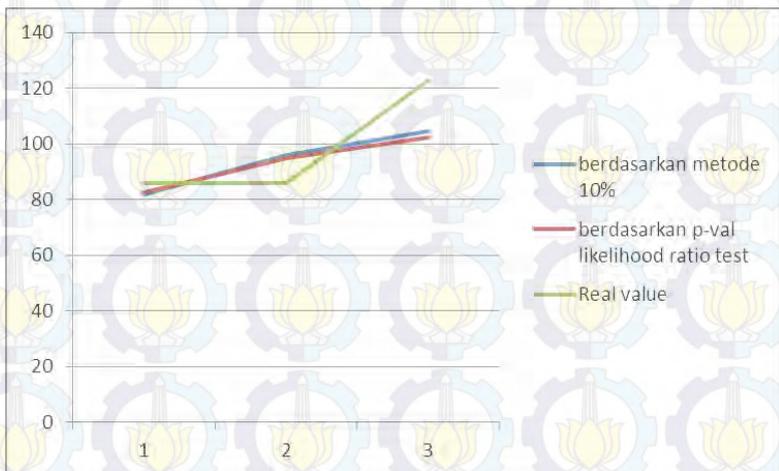
H2. Pos Pasewaran, Kabupaten Banyuwangi



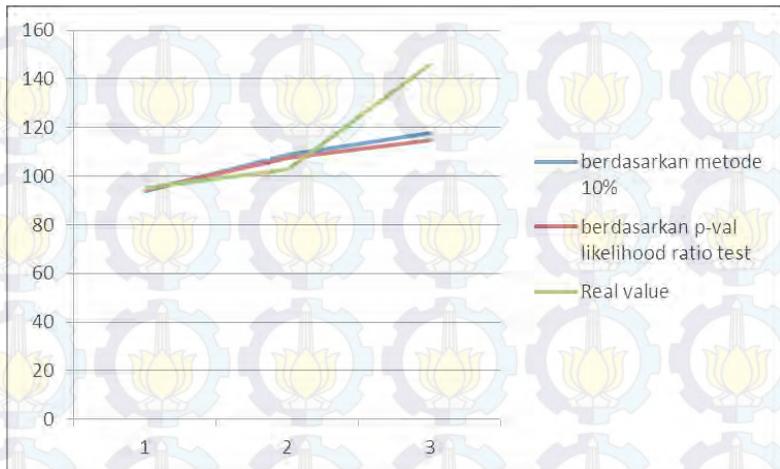
H3. Pos Karang Kedawung, Kabupaten Jember



H4. Pos Karangbinangun, Kabupaten Lamongan



H5. Pos Ngale, Kabupaten Ngawi



LAMPIRAN I : Ilustrasi Penentuan Nilai *Threshold* dengan Metode Prosentase Pada Data Curah Hujan di Pos Pasewaran

1. Mengurutkan data dari yang terbesar hingga terkecil

Data Curah Hujan (mm)	
sebelum <i>sort</i>	setelah <i>sort</i>
44	219
32	200
20	180
24	169
15	167
87	165
92	155
0	153
0	147
⋮	⋮
6	0
0	0
0	0
0	0

Jumlah data (N) = 10957

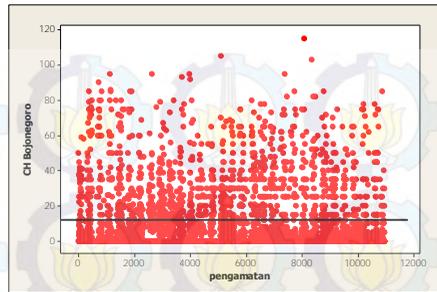
2. Menghitung 10% dari jumlah data (k)

$$\begin{aligned}
 k &= 10\% \times N \\
 &= 0,1 \times 10957 \\
 &= 1095,7 \approx 1096
 \end{aligned}$$

3. Menentukan nilai *threshold* (u), yaitu data urutan ke- ($k+1$)

$$\begin{aligned}
 k &= 1096 \\
 (k+1) &= 1097
 \end{aligned}$$

No.	Data
1	219
2	200
3	180
4	169
5	167
6	165
7	155
8	153
9	147
⋮	⋮
1096	24
1097	24
⋮	⋮
10956	0
10957	0



Threshold (u) = 24 mm

LAMPIRAN J: Contoh Cara Perhitungan Nilai *Return Level*

Rumus untuk menghitung *return level* :

$$x_m = u + \frac{\hat{\sigma}}{\xi} \left((m \zeta_u \hat{\theta})^\xi - 1 \right)$$

dengan :

u : nilai *threshold*

m : observasi ke-

ζ_u : $\frac{n_u}{n}$

$\hat{\theta}$: $\frac{n_c}{n_u}$

ξ : parameter bentuk (*shape*)

LAMPIRAN K : *Contoh Perhitungan Likelihood Ratio-test dalam Pemilihan Threshold Terbaik*

Hipotesis untuk *Likelihood Ratio test* dalam penelitian ini yaitu:

H_0 : model *single tail* baik untuk *threshold* yang dipilih. (dalam hal ini *single tail* yang diharapkan adalah distribusi data ekstrim yang lebih condong mendekati distribusi Pareto)

H_1 : model *single tail* tidak baik untuk *threshold* yang dipilih.

α : 0,05 , *Chi-square Critical Value* (0,05;1) : 3,8414

Daerah penolakan :

Tolak H_0 ketika *p-value* < 0,05 atau

Likelihood Ratio > *Chi-square Critical Value* (0,05;1)

Sedangkan rumus *Likelihood Ratio-test* adalah:

$$LRT = -2 \log_e \left(\frac{L_s \theta}{L_g \theta} \right)$$

$L_s \theta$: merupakan *Likelihood Ratio* dari distribusi yang lebih sederhana atau jumlah parameternya lebih kecil.

$L_g \theta$: merupakan *Likelihood Ratio* dari distribusi yang lebih umum atau jumlah parameternya lebih besar.

Perlu diingat kembali bahwa terdapat tiga tipe distribusi GPD berdasarkan nilai parameter bentuk (ξ), yaitu:

1. Tipe 1 berdistribusi Eksponensial jika nilai $\xi = 0$
2. Tipe 2 berdistribusi Pareto jika nilai $\xi > 0$
3. Tipe 3 berdistribusi Pareto tipe 2 atau Beta jika nilai $\xi < 0$

Probability Density Function (PDF) dari GPD adalah

$$f(x-u) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left(1 + \frac{\xi(x-u)}{\sigma} \right)^{-\frac{1}{\xi}-1}, & \xi \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{(x-u)}{\sigma}\right) & \xi = 0 \end{cases}$$

Sehingga, dalam hal ini

$L_s \theta$: merupakan *Likelihood Ratio* dari distribusi Eksponensial.
(bisa dilihat pada persamaan 2.8)

$L_g \theta$: merupakan *Likelihood Ratio* dari distribusi Pareto. (bisa dilihat pada persamaan 2.6)

Maka, LRT didapatkan dari perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} LRT &= -2 \log_e \left(\frac{L_s \theta}{L_g \theta} \right) \\ &= -2 \log_e \left(\frac{\left(\frac{1}{\sigma} \right)^n \exp\left(-\frac{1}{\sigma} \sum_{i=1}^n (x_i - u)\right)}{\sigma^{-n} \prod_{i=1}^n \left(1 + \frac{\xi(x_i - u)}{\sigma} \right)^{-\left(\frac{1}{\xi}+1\right)}} \right) \end{aligned}$$

n	x_i	σ	ξ	u
1	219	29,715821	-0,059313	35
2	200	29,715821	-0,059313	35
3	180	29,715821	-0,059313	35
4	169	29,715821	-0,059313	35
5	167	29,715821	-0,059313	35
6	165	29,715821	-0,059313	35
7	155	29,715821	-0,059313	35
8	153	29,715821	-0,059313	35
9	147	29,715821	-0,059313	35
10	146	29,715821	-0,059313	35
11	144	29,715821	-0,059313	35
12	144	29,715821	-0,059313	35
13	143	29,715821	-0,059313	35
14	140	29,715821	-0,059313	35
15	136	29,715821	-0,059313	35
16	136	29,715821	-0,059313	35
...
...
...
679	39	29,715821	-0,059313	35
680	39	29,715821	-0,059313	35
681	39	29,715821	-0,059313	35

$LRT = 3,023 < Chi\text{-square Critical Value } (0,05;1) : 3,8414$

Maka, hasilnya gagal tolak H_0 yang artinya model *single tail* distribusi telah sesuai dengan distribusi Pareto.



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Anagnostopoulou, C., Tolika, K. (2010). *"Extreme Precipitation over Europe: Comparison of threshold selection methods"*. Department of Meteorology and Climatology, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki
- Amran, Iriawan N., Subiono and Irhamah (2013), "Application of the Peak Over Threshold Method for Extreme Rainfalls Modelling in Malang Regency", in *The Third Basic Science International Conference*.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2013. *Tanaman Pangan* [http://bps.go.id/tnmn_pgn.php], diakses pada tanggal 24 Maret 2014.
- Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modelling of Extreme Values*. London: Springer-Verlag.
- Dahan, E., Mendelson, H. (2001). An extreme value model of concept testing. *Management Science* 47, 102-116.
- Daniel, W. (1989). *Statistika Nonparametrik Terapan*. Jakarta: PT Gramedia.
- Dawson, T. H. (2000). Maximum wave crests in heavy seas. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering - Transactions of the AMSE* 122, 222-224.
- Gilli, M., Kellezi, E. (2003). *An Application of Extreme Value Theory for Measuring Risk*. Elsevier Science.
- Gilleland, E., Katz, R.W. (2006). Analyzing Seasonal to Interannual Extreme Weather and Climate Variability with the Extremes Toolkit (extRemes). *18th Conference on Climate Variability and Change, 86th American Meteorological Society (AMS) Annual Meeting*. Atlanta.
- Hinsley, Samantha., Wadsworth, Jenny., (2010) *"Examining applicability of a new technique for threshold selection in*

extreme value modelling", poster in STOR-i internship, Lancaster University

IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B.Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY,USA

Jaruskova, D., Hanek, M. (2006). Peaks Over Threshold Method In Comparison With Block-Maxima Method For Estimating High Return Levels Of Several Northern Moravia Precipitation And Discharges Series. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 54, 309–319.

Kementrian PPN/Bappenas. (2013). *Perubahan Iklim dan Dampaknya di Indonesia*. File presentasi Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API)

Kurniawati, Y. (2013). *Analisis Data Ekstrem Dependen (Non Stationary) Pada Kasus Curah Hujan Ekstrem di Jawa Timur Dengan Pendekatan Peaks Over Threshold*. Tugas Akhir S1: Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Lai, Li-Hua., Wu, Pei-Hsuan,(2008): African Journal of Agricultural Research, *Estimating the threshold value and loss distribution: Rice damage by typhoons in Taiwan*, Vol. 3 (12), pp. 818-824

Lavenda, B. H., Cipollone, E. (2000). Extreme value statistics and thermodynamics of earthquakes: aftershock sequences. *Annali di geofisica* 43, 967-982.

Malika, Rosna. (2014). *Declustering Peaks Over Threshold Pada Data Curah Hujan Ekstrem Dependen di Sentra Produksi Padi Jawa Timur*. Tugas Akhir S1: Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

McNeil, A.J. (1999). *Extreme Value Theory for Risk Managers*. Zurich: Departement Mathematic ETH Zentrum.

Nihayatin,L.N. (2013). *Perbandingan Uji Homogenitas Pada Data Curah Hujan Di Jawa Timur Sebagai Pra-Pemrosesan Kajian Perubahan Iklim*. Tugas Akhir S1: Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Roberts, S. J. (2000). Extreme value statistics for novelty detection in biomedical data processing.*IEE Proceedings - Science Measurement and Technology* 147, 363-367.

Scarrott,Carl., Macdonald, Ana., (2012). *A Review of Extreme Value Threshold Estimation and Uncertainty Quantification*. REVSTAT-Statistical Journal, vol.10 (1), 33-60

Tancredi, A., Anderson, C., O' Hagan., Accounting for threshold uncertainty in extreme value estimation. *Extremes*, 9, 87-106 (2006).

Wahyudi. (2012). *Identifikasi Curah Hujan Ekstrem di Kabupaten Ngawi Menggunakan Generalized Extreme Value dan Generalized Pareto Distribution*.Tugas Akhir S1: Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



BIOGRAFI PENULIS



UmiAnifah, lahir di Bojonegoro pada tanggal 7 Maret 1991, anak kedua dari 4 bersaudara dari pasangan Sumadi dan Munisri. Ia menempuh jenjang pendidikan formal TK Tunas Rimba Sukorejo, MIN Kepatihan Bojonegoro, SMPN 2 Bojonegoro,

dan SMAN 1 Bojonegoro, kemudian tahun 2010 ia diterima di Jurusan Statistika ITS melalui jalur PMDK - Bidik Misi. Semasa kuliah Umi menempa dirinya dengan aktif pada beberapa organisasi dan kegiatan kemahasiswaan. Pada tahun kedua masa perkuliahan, Umi aktif di KOPMA-ITS, FORSIS dan JMMI. Menjelang akhir tahun kedua perkuliahan Umi lolos PIMNAS XXV, Jogja bersama Tim PKMM Mahkota Dewa. Puncak pengalaman berorganisasi dialami pada tahun ketiga masa perkuliahan. Sebagai Wakil Ketua Biro Pengajaran BPU JMMI-ITS 12/13, Ketua Departemen Keputrian FORSIS 12/13, dan juga Tim Pengawas Kopma. Kemudian pada tahun terakhir perkuliahan masih mendapat amanah sebagai Koordinator Muslimah MIPA, sekaligus merangkap sebagai Wakil Direktur FSLDJ-JMMI 13/14 pada 3 bulan terakhir menjelang akhir kepengurusan karena saat itu ada yang harus digantikan. Penulis juga pernah memiliki pengalaman bisnis bersama Tim "*Gripizz Ontong*", yang awalnya berasal dari PKMK terdani saat tahun kedua kuliah dan kemudian berlanjut di Inkubator Bisnis ITS hingga tahun ketiga kuliah. Keikutsertaan dalam berbagai kepanitiaan kegiatan tentunya juga sering penulis ikuti. Misalnya STATION (*Statistics Competition*), SC MUAMALAT (Mega Ukhuwah Melayani Umat), SC FF (Fantastic Forsis), Koordinator

Putri Tim Kobar (Buko Bareng) bersama RDK (Ramadhan di Kampus) JMMI-ITS, dll. Selain kegiatan kampus, di akhir kuliahnya Umi berkesempatan menjadi salah satu Pengurus Pesantren Mahasiswi Ash-Shulha yang merupakan lingkungan tempat tinggalnya selama tahun terakhir menempuh masa kuliahnya. Apabila pembaca memiliki saran, kritik, atau ingin berdiskusi dengan penulis, dapat dihubungi melalui email: anifahim@gmail.com.

