

***CHANGE POINT ANALYSIS* UNTUK NILAI EKSTRIM
DENGAN PENDEKATAN SEBARAN PARETO TERAMPAT**

GUNTUR PRAYOGO



**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2014**

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul *Change Point Analysis* untuk Nilai Ekstrim dengan Pendekatan Sebaran Pareto Terampat adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, September 2014

Guntur Prayogo
NIM G14100109

ABSTRAK

GUNTUR PRAYOGO. *Change Point Analysis* untuk Nilai Ekstrim dengan Pendekatan Sebaran Pareto Terampat. Dibimbing oleh AJI HAMIM WIGENA dan DIAN KUSUMANINGRUM.

Curah hujan ekstrim di Bogor merupakan salah satu faktor yang menyebabkan banjir di Jakarta. Informasi perubahan curah hujan ekstrim di Bogor perlu diketahui lebih awal untuk mengantisipasi banjir yang terjadi di Jakarta sehingga diperlukan suatu analisis untuk mengetahui perubahan pola intensitas curah hujan antara lain dengan metode CPA (*Change Point Analysis*). CPA biasanya digunakan untuk mencari perubahan rata-rata tetapi tidak dapat mendeteksi kejadian ekstrim sehingga digunakan pendekatan Sebaran Pareto Terampat atau *Generalized Pareto Distribution* (GPD). Nilai ambang batas untuk GPD ditentukan dengan metode *Mean Residual Life* (MRL), *Threshold Choice* (TC), Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Persentil 90 dan 95. Ambang batas terbaik diperoleh dari persentil 90 karena mudah dan nilai MAPE yang relatif sama. CPA dengan pendekatan GPD diterapkan pada data curah hujan harian Oktober 2006 hingga Maret 2007 dengan ambang batas 30.97 dan Oktober 2007 hingga Maret 2008 dengan ambang batas 42.8. Hasilnya menunjukkan bahwa perubahan kejadian ekstrim terjadi pada 3 Februari 2007 dimana kurang tepat dengan kejadian banjir di Jakarta dan 11 Maret 2008 yang sudah tepat.

Kata kunci: *Change Point Analysis*, Ekstrim, *Generalized Pareto Distribution*, *Mean Residual Life*, *Threshold Choice*

ABSTRACT

GUNTUR PRAYOGO. *Change Point Analysis* for Extreme Value with Generalized Pareto Distribution Approach. Supervised by AJI HAMIM WIGENA and DIAN KUSUMANINGRUM.

Extreme rainfall in Bogor is one of the factors that caused flood in Jakarta. Extreme rainfall change information in Bogor needs to be known in advance to anticipate flood in Jakarta so an analysis to detect rainfall intensity change is required. The method usually used to detect mean change is CPA (*Change Point Analysis*), but it cannot detect extreme event. Therefore, this study employs Generalized Pareto Distribution (GPD) approach. Threshold value for GPD can be determined by Mean Residual Life (MRL), Threshold Choice (TC), Meteorological Climatological and Geophysical Agency (BMKG), 90th and 95th percentiles. The best threshold found was the 90th percentile because it could be computed easily and produced reasonable MAPE values. CPA with GPD approach was applied to daily rainfall of October 2006 to March 2007 with threshold value 30.97 and October 2007 to March 2008 with threshold value 42.8. The results showed that the change in extreme event occurred on February 3rd, 2007 which was not in line with the flood in Jakarta and March 11th, 2008 which was precisely estimated.

Keywords: Change Point Analysis, Extreme, Generalized Pareto Distribution,
Mean Residual Life, Threshold Choice

***CHANGE POINT ANALYSIS* UNTUK NILAI EKSTRIM
DENGAN PENDEKATAN SEBARAN PARETO TERAMPAT**

GUNTUR PRAYOGO

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Statistika pada
Departemen Statistika

**DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2014**

Judul Skripsi: Change Point Analysis untuk Nilai Ekstrim dengan Pendekatan
Sebaran Pareto Terampat

Nama : Guntur Prayogo

NIM : G14100109

Disetujui oleh

Dr Ir Aji Hamim Wigena, MSc
Pembimbing I

Dian Kusumaningrum, SSi MSi
Pembimbing II

Diketahui oleh

Dr Anang Kurnia, MSi
Ketua Departemen

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Topik yang telah dipilih untuk dikaji dalam penelitian ini adalah Meteorologi, dengan judul *Change Point Analysis* untuk Nilai Ekstrim dengan Pendekatan Sebaran Pareto Terampat.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr Ir Aji Hamim Wigena, MSc dan Ibu Dian Kusumaningrum, SSi MSi selaku pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan masukan. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada kak Marco yang telah memberikan data dan literatur untuk menyusun karya ilmiah ini, di samping itu kepada (alm) papa, mama, kakak, Carissa, keluarga dan keluarga besar Statistika IPB atas dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan perkembangan ilmu Statistika dalam bidang Meteorologi.

Bogor, September 2014

Guntur Prayogo

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
Manfaat Penelitian	2
TINJAUAN PUSTAKA	2
Curah Hujan Ekstrim	2
Sebaran Pareto Terampat (Generalized Pareto Distribution, GPD)	2
<i>Change Point Analysis</i> (CPA)	4
METODE	5
Data	5
Metode	6
HASIL DAN PEMBAHASAN	7
Eksplorasi Data	7
Penentuan Ambang Batas	9
Pendugaan Parameter GPD dan Nilai MAPE	12
Change Point Analysis	13
SIMPULAN DAN SARAN	15
Simpulan	15
Saran	16
DAFTAR PUSTAKA	16
LAMPIRAN	18
RIWAYAT HIDUP	19

DAFTAR TABEL

1. Nilai dugaan parameter GPD dan nilai MAPE curah hujan harian Oktober 2006 - Maret 2007	12
2. Nilai dugaan parameter GPD dan nilai MAPE curah hujan harian Oktober 2007 - Maret 2008	13
3. Titik Perubahan Curah Hujan Harian Stasiun Bogor	14
4. Verifikasi dan Perbandingan Hasil CPA	15

DAFTAR GAMBAR

1. Proses analisis data	7
2. Pola hujan harian stasiun Dramaga tahun 2006	7
3. Pola curah hujan harian stasiun Dramaga tahun 2007	8
4. Diagram kotak garis curah hujan harian bulan basah stasiun Dramaga tahun 2006 dan 2007	8
5. MRL curah hujan harian Oktober 2006 – Maret 2007	9
6. MRL curah hujan harian Oktober 2007 – Maret 2008	10
7. TC reparameterisasi parameter skala curah hujan harian Oktober 2006 - Maret 2007	10
8. TC parameter bentuk curah hujan harian Oktober 2006 - Maret 2007	11
9. TC reparameterisasi parameter skala curah hujan harian Oktober 2007 - Maret 2008	11
10. TC parameter bentuk curah hujan harian Oktober 2007 - Maret 2008	11
11. Statistik uji untuk data curah hujan harian 1 Oktober 2006- 31 Maret 2007	13
12. Statistik uji untuk data curah hujan harian 1 Oktober 2007 – 31 Maret 2008	14

DAFTAR LAMPIRAN

1. Grafik TC reparameterisasi parameter skala dan parameter bentuk Oktober 2007 hingga Maret 2008	18
---	----

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca dan iklim yang memiliki keragaman tinggi. Curah hujan tinggi merupakan salah satu faktor penyebab tanah longsor dan banjir. Bogor merupakan wilayah yang memiliki curah hujan yang tinggi setiap tahunnya¹. Curah hujan tinggi di Bogor karena wilayah Bogor dikelilingi gunung sehingga udara akan bergerak menaiki gunung dan mengalami kondensasi¹. Udara yang telah mengalami kondensasi tersebut membentuk awan yang menimbulkan hujan. Curah hujan tinggi di Bogor tersebut secara tidak langsung merupakan faktor penyebab banjir besar di Jakarta. Hal ini karena Jakarta merupakan hilir dari 13 aliran sungai yang salah satu hulunya adalah Bogor. Menurut BMKG (2013) salah satu penyebab banjir di Jakarta adalah tingginya kiriman air dari wilayah Bogor dan kemampuan sungai di Jakarta yang hanya mampu mengalirkan air ke laut sebesar 30% hingga 45%. Air kiriman dari Bogor tersebut membutuhkan waktu mengalir ke Jakarta sekitar 3-4 jam.

Informasi perubahan curah hujan ekstrim di Bogor perlu diketahui lebih awal untuk mengantisipasi banjir yang terjadi di Jakarta sehingga diperlukan suatu analisis untuk mengetahui perubahan pola intensitas curah hujan antara lain dengan metode CPA (*Change Point Analysis*). CPA biasanya digunakan untuk mencari perubahan rata-rata tetapi tidak dapat mendeteksi kejadian ekstrim seperti yang telah dijelaskan pada penelitian Tua (2014). Oleh karena itu penelitian ini menggunakan metode CPA dengan pendekatan sebaran Pareto Terampat atau *Generalized Pareto Distribution* (GPD). Penentuan nilai ekstrim dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu *Block Maxima* dan *Peak Over Threshold* (POT). *Block Maxima* mengambil nilai maksimum dari setiap periode atau blok sebagai nilai ekstrim yang selanjutnya nilai tersebut didekati dengan *Generalized Extreme Value* (GEV), sedangkan POT mengambil nilai yang melampaui suatu nilai ambang batas (*threshold*) u sebagai nilai ekstrim yang selanjutnya didekati dengan GPD (Gilli dan K llezi 2006).

Penentuan ambang batas yang tepat pada POT merupakan hal yang penting dalam pengklasifikasian ekstrim atau tidaknya suatu curah hujan. Menurut Coles (2001), ambang batas yang terlalu tinggi akan menyebabkan ragam besar karena semakin sedikit nilai yang melebihi ambang batas. Ambang batas yang terlalu rendah akan menyebabkan penduga yang bias karena nilai amatan yang relatif rendah telah dianggap ekstrim sehingga penentuan ambang batas harus seimbang antara ragam dan bias. Penentuan ambang batas yang berbeda akan menghasilkan perbedaan titik perubahan.

CPA dengan pendekatan GPD telah diaplikasikan dalam berbagai bidang. Dierckx dan Teugels (2010) menggunakan CPA dengan pendekatan GPD untuk menganalisis pola gempa bumi dan saham Malaysia. Selain dalam bidang geologi dan ekonomi, Dierckx dan Teugels (2010) juga mengaplikasikannya dalam bidang meteorologi untuk mengetahui perubahan pola suhu udara dan curah hujan.

¹ <http://www.kotabogor.go.id/investasi/potensi-kota>

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mendeteksi perubahan pola intensitas curah hujan ekstrim menggunakan CPA dengan pendekatan sebaran GPD.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengetahui pola perubahan curah hujan di Bogor berdasarkan nilai ekstrim, sehingga diperoleh gambaran yang lebih baik dalam menggambarkan pola perubahan curah hujan ekstrim di Bogor.

TINJAUAN PUSTAKA

Curah Hujan Ekstrim

Curah hujan adalah butir air yang jatuh dari hasil proses kondensasi awan atau kabut berdiameter lebih besar dari 0.5 mm. Jika butir air yang jatuh berdiameter kurang dari 0.5 mm biasanya butir air tersebut akan habis menguap diudara sebelum sampai ke permukaan bumi (Petterssen 1941).

Ambang batas curah hujan ekstrim menurut BMKG (2008) adalah curah hujan 50 mm/hari. Banjir di Jakarta biasanya terjadi pada bulan basah dan umumnya puncak terjadi banjir pada akhir Januari atau awal Februari. Sementara untuk menentukan bulan basah, bulan lembab dan bulan kering adalah sebagai berikut : pada bulan basah (BB) jumlah curah hujan lebih dari 100 mm/bulan biasanya terjadi pada bulan Oktober hingga Maret, bulan lembab (BL) jumlah curah hujan antara 60-100 mm/bulan biasanya terjadi pada bulan April hingga Mei, dan bulan kering (BK) jumlah curah hujan kurang dari 60 mm/bulan yang biasanya terjadi pada bulan Juni hingga September (BMKG 2014).

Sebaran Pareto Terampat atau *Generalized Pareto Distribution (GPD)*

Menurut Coles (2001), misalkan $X_1, \dots, X_n$ adalah peubah acak dan misalkan u suatu nilai ambang batas, maka fungsi sebaran dari $(X - u)$, dengan $X > u$ adalah :

$$F(y) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \frac{\xi y}{\tilde{\sigma}}\right)^{-1/\xi}, & \xi \neq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{y}{\tilde{\sigma}}\right), & \xi = 0 \end{cases}$$

dengan σ adalah parameter skala, ξ adalah parameter bentuk, $F(y)$ adalah sebaran GPD dengan $y = x - u$ dan $y > 0$, $\left(1 + \frac{\xi y}{\tilde{\sigma}}\right) > 0$.

Misal k adalah banyaknya nilai yang melebihi ambang batas u maka pelampauan ambang batas $y_1, \dots, y_k$ akan memiliki fungsi kepekatan peluang (fkp) sebagai berikut :

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

Pendugaan parameter dalam GPD salah satunya dapat menggunakan kemungkinan maksimum. Fungsi log kemungkinan dari $y_1, \dots, y_k$ adalah :

$$l(\tilde{\sigma}, \xi) = \begin{cases} -k \log \tilde{\sigma} - \left(1 + \frac{1}{\xi}\right) \sum_{i=1}^k \log \left(1 + \frac{\xi y_i}{\tilde{\sigma}}\right), & \xi \neq 0 \\ -k \log \tilde{\sigma} - \tilde{\sigma}^{-1} \sum_{i=1}^k y_i, & \xi = 0 \end{cases}$$

pemaksimuman fungsi log kemungkinan dilakukan dengan pendekatan numerik dengan bantuan perangkat lunak R.

Salah satu aplikasi dari GPD adalah peramalan tingkat pengembalian (*return level*). Tingkat pengembalian di notasikan dengan x_r yang merupakan nilai maksimum yang diharapkan akan dilampaui satu kali secara rata-rata dalam setiap r pengamatan. Nilai ramalan tingkat pengembalian dihitung dengan persamaan berikut :

$$\hat{x}_r = \begin{cases} u - \frac{\sigma}{\xi} [(r\xi_u)^\xi - 1], & \xi \neq 0 \\ u - \sigma \log(r\xi_u), & \xi = 0 \end{cases}$$

nilai ξ_u diduga dengan $\hat{\xi}_u = k/n$.

Penentuan ambang batas seperti pada Coles (2001) menggunakan *Mean Residual Life* (MRL), *Threshold Choice* (TC), dan berdasarkan Chavez-Demoulin (1999) dalam Irfan (2011) merekomendasikan persentil 90 sebagai ambang batas nilai ekstrim. Selain itu, persentil 95 dan ketentuan BMKG juga digunakan dalam penelitian ini.

Mean Residual Life (MRL)

Metode ini berlandaskan pada rata-rata pelampauan ambang batas. Berdasarkan Coles (2001), misalkan data sebanyak n terdiri dari $x_1, \dots, x_n$ yang menyebar bebas identik dan untuk kejadian ekstrim dengan $x_i > u$, dinyatakan sebagai $x_{(1)}, \dots, x_{(k)}$ dengan k adalah banyaknya amatan yang lebih dari nilai ambang batas, plot MRL dapat ditulis sebagai berikut :

$$\left\{ \left(u, \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (x_{(i)} - u) \right) : u < x_{max} \right\}$$

dengan x_{max} adalah nilai maksimum dari $x_{(i)}$. Nilai ambang batas yang baik untuk GPD jika nilai ambang pada plot MRL akan mendekati linier setelah u .

Threshold Choice (TC)

Metode TC menentukan ambang batas berdasarkan kestabilan parameter. Metode ini menghasilkan dua plot. Pertama, plot antara $\hat{\sigma}^*$ dengan ambang batas. Kedua, plot antara $\hat{\xi}$ dengan ambang batas. Plot dari TC dapat ditulis sebagai berikut :

$$\{(u, \hat{\sigma}^*) : u < x_{max}\} \text{ dan } \{(u, \hat{\xi}) : u < x_{max}\}$$

Nilai ambang batas yang baik berdasarkan metode ini, jika nilai parameter stabil di atas ambang batas dari kedua plot tersebut.

Change Point Analysis (CPA)

CPA untuk Perubahan Rata-rata

Menurut Tua (2014), CPA dapat mendeteksi perubahan rata-rata sehingga dapat melihat pola perubahan rata-rata curah hujan saat mengalami penurunan, peningkatan, atau tidak ada perubahan selama periode tertentu. Prosedur CPA merupakan gabungan dari metode CUSUM dan *bootstrap*. Metode CUSUM digunakan untuk mendeteksi perubahan sedangkan *bootstrap* digunakan untuk menguji hipotesis. *Bootstrap* dipilih karena metode tersebut tidak memerlukan asumsi sebaran tertentu. Metode CPA ini menggunakan algoritma rekursif untuk mendeteksi beberapa perubahan dan algoritma iteratif untuk membagi data menjadi subdata yang memiliki perbedaan rata-rata.

Algoritma CPA sebagai berikut :

- a. Menghitung besarnya perubahan penduga (S_{diff}) dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 1. Menghitung rata-rata curah hujan harian
 2. Menghitung nilai CUSUM sehingga didapatkan $S_0, S_1, \dots, S_n$
 3. Menghitung besarnya perubahan penduga yang didefinisikan sebagai S_{diff} dimana $S_{diff} = S_{max} - S_{min}$
- b. Membuat plot jumlah kumulatif untuk memperoleh gambaran mengenai pola perubahan yang terjadi.
- c. Pengujian hipotesis untuk menguji ada atau tidaknya titik perubahan dengan metode *bootstrap*.

Hipotesis statistik:

$H_0: S_{diff} = 0$ (tidak ada titik perubahan)

$H_1: S_{diff} > 0$ (ada titik perubahan)

Pengujian hipotesis dilakukan dengan menghitung tingkat kepercayaan bagi S_{diff} :

$$\text{tingkat kepercayaan} = \frac{s}{B} \times 100\%$$

B adalah banyaknya ulangan *bootstrap* dan s adalah banyaknya contoh acak *bootstrap* dengan nilai S_{diff} lebih dari nilai S_{diff} asli.

Jika tingkat kepercayaan $\geq (1-\alpha)\%$ atau tolak H_0 maka lakukan pendeteksian titik perubahan.

- d. Mendeteksi titik perubahan (m) yang terjadi dengan pendugaan CUSUM atau MSE.

Setelah mendapatkan titik perubahan (m), CPA diulang untuk data dari 1 hingga m dan m+1 hingga n dengan melakukan kembali prosedur pada langkah a, c, dan d. Prosedur tersebut berhenti ketika terima H_0 atau tingkat kepercayaan kurang dari $(1-\alpha)\%$.

CPA untuk Nilai Ekstrim

Dierckx dan Teugels (2010) memaparkan sebuah metode CPA untuk nilai ekstrim dengan pendekatan sebaran GPD. Berbeda dengan Metode CPA yang diperkenalkan oleh Taylor (2000), metode CPA ini hanya mampu menangkap satu

perubahan. Jika terdapat perubahan beberapa kali metode ini hanya akan menangkap satu perubahan yang paling besar. Untuk melakukannya Csörgö dan Horváth (1997) memperkenalkan statistik uji berbasis kemungkinan. Jika $X_i \sim \text{GPD}$ dengan parameter $\theta_i = (\xi_i, \sigma_i)$, hipotesis menurut Dierckx dan Teugels (2010) adalah

$$H_0: \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_n \text{ (tidak terjadi perubahan)}$$

$$H_1: \theta_1 = \theta_m \neq \theta_{m+1} = \dots = \theta_n \text{ (terjadi perubahan pada saat m)}$$

dengan statistik uji berikut (Csörgö dan Horváth 1997):

$$Z_n = \sqrt{\max_{1 \leq m \leq n} (-2 \log \Lambda_m)}$$

Menurut Dierckx dan Teugels (2010), nilai $-2 \log \Lambda_m$ adalah:

$$-2 \log \Lambda_m = 2[L_m(\hat{\theta}_m) + L_m^+(\hat{\theta}_m^+) - L_n(\hat{\theta}_n)]$$

Dengan

$$\begin{aligned} L_m(\hat{\theta}_m) &= -m \log \hat{\sigma}_m - \left(\frac{1}{\hat{\xi}_m} + 1\right) \sum_{i=1}^m \log\left(1 + \hat{\xi}_m \frac{E_i}{\hat{\sigma}_m}\right) \\ L_m^+(\hat{\theta}_m^+) &= -(n-m) \log \hat{\sigma}_m^+ - \left(\frac{1}{\hat{\xi}_m^+} + 1\right) \sum_{i=m+1}^n \log\left(1 + \hat{\xi}_m^+ \frac{E_i}{\hat{\sigma}_m^+}\right) \\ L_n(\hat{\theta}_n) &= -n \log \hat{\sigma}_n - \left(\frac{1}{\hat{\xi}_n} + 1\right) \sum_{i=1}^n \log\left(1 + \hat{\xi}_n \frac{E_i}{\hat{\sigma}_n}\right). \end{aligned}$$

Nilai $(\hat{\sigma}_m, \hat{\xi}_m)$ dan $(\hat{\sigma}_m^+, \hat{\xi}_m^+)$ diperoleh dari penduga kemungkinan berdasarkan $X_1, X_2, \dots, X_m$ dan $X_{m+1}, \dots, X_n$ sedangkan nilai E_i diperoleh dari persamaan berikut:

$$E_i = \begin{cases} x_i - u, & x_i > u \\ 0, & x_i < u \end{cases}$$

Nilai-p dihitung dengan persamaan berikut: (Csörgö dan Horváth 1997)

$$\frac{Z_n^2 \exp\left(-\frac{Z_n^2}{2}\right)}{2} \left[\log \frac{(1-c)(1-d)}{cd} - \frac{2}{Z_n^2} \log \frac{(1-c)(1-d)}{cd} + \frac{4}{Z_n^2} + o\left(\frac{1}{Z_n^4}\right) \right]$$

dengan Z_n adalah nilai statistik uji, $o\left(\frac{1}{Z_n^4}\right) = \frac{1}{Z_n^4}$ karena Z_n yang menuju tak hingga,

dan berdasarkan Dierckx dan Teugels (2010) nilai $c = d = \frac{(\log k)^{3/2}}{k}$ adalah pilihan yang baik.

Taraf nyata (α) yang telah ditentukan sebelumnya dibandingkan dengan nilai-p. Jika nilai-p kurang dari α artinya tolak H_0 atau terjadi perubahan saat m, sebaliknya tidak tolak H_0 atau tidak terjadi perubahan.

METODE

Data

Penelitian ini menggunakan data yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Bogor. Data curah harian yang digunakan

saat bulan basah dari bulan Oktober 2006 hingga Maret 2007 dan bulan Oktober 2007 hingga Maret 2008.

Metode

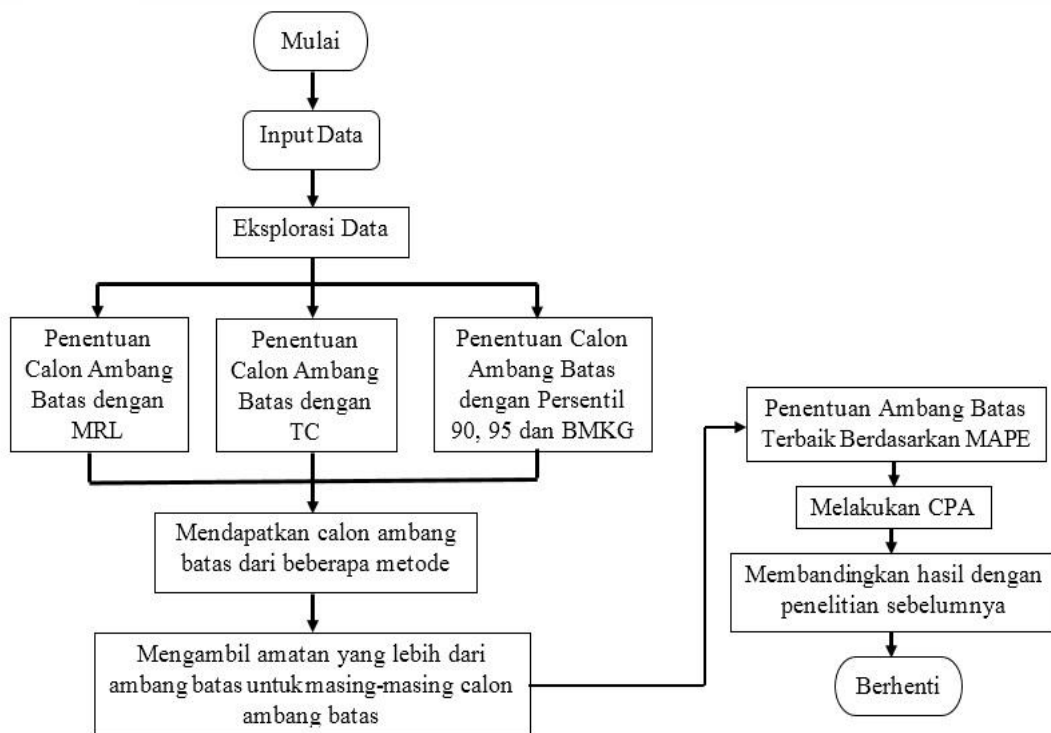
Penelitian ini menggunakan perangkat lunak R untuk melakukan *Change Point Analysis* (CPA). Langkah – langkah dalam penelitian ini seperti yang terdapat pada Gambar 1 adalah:

- 1) Eksplorasi data curah hujan harian menggunakan diagram deret waktu dan diagram kotak garis.
 - 2) Menentukan calon ambang batas dengan MRL, TC, persentil 90, dan persentil 95
 - 3) Mengambil amatan yang lebih dari ambang batas untuk masing-masing calon ambang batas ($x_{(1)}, \dots, x_{(k)}$)
 - 4) Mengurangi nilai $x_{(1)}, \dots, x_{(k)}$ dengan masing-masing ambang batas ($y_1, \dots, y_k$)
 - 5) Menduga parameter GPD masing-masing calon ambang batas berdasarkan $y_1, \dots, y_k$
 - 6) Menentukan ambang batas terbaik berdasarkan MAPE
- MAPE digunakan untuk menentukan ambang batas terbaik dari suatu ramalan tingkat pengembalian. Perhitungan nilai MAPE adalah:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^j \left| \frac{x_{r,i} - \hat{x}_{r,i}}{x_{r,i}} \right|}{j} \times 100\%$$

dengan $x_{r,i}$ merupakan nilai aktual tingkat pengembalian setiap r pengamatan, $\hat{x}_{r,i}$ merupakan nilai ramalan tingkat pengembalian, dan j adalah banyaknya nilai aktual dan nilai ramalan tingkat pengembalian. Semakin kecil nilai MAPE, semakin baik nilai ramalan.

- 7) Melakukan CPA untuk Nilai Ekstrim
 - a. Menghitung nilai E_i dengan i dari 1 hingga n dan n adalah banyaknya data
 - b. Menduga parameter $\hat{\sigma}_n$ dan $\hat{\xi}_n$ berdasarkan $y_1, \dots, y_k$ dengan k adalah banyaknya amatan yang lebih dari ambang batas
 - c. Menghitung nilai $L_n(\hat{\theta}_n)$
 - d. Membagi data menjadi dua bagian $E_1, E_2, \dots, E_m$ dan $E_{m+1}, \dots, E_n$
 - e. Menduga parameter $(\hat{\sigma}_m, \hat{\xi}_m)$ dan $(\hat{\sigma}_m^+, \hat{\xi}_m^+)$
 - f. Menghitung nilai $L_m(\hat{\theta}_m)$, $L_m^+(\hat{\theta}_m^+)$, dan $\sqrt{-2 \log \Lambda_m}$
 - g. Ulangi langkah d,e,f untuk m dari 1 hingga n
 - h. Menghitung nilai Z_n , c , d , dan nilai- p
 - i. Menarik kesimpulan dari hipotesis
- 8) Membandingkan hasilnya dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Tua (2014)

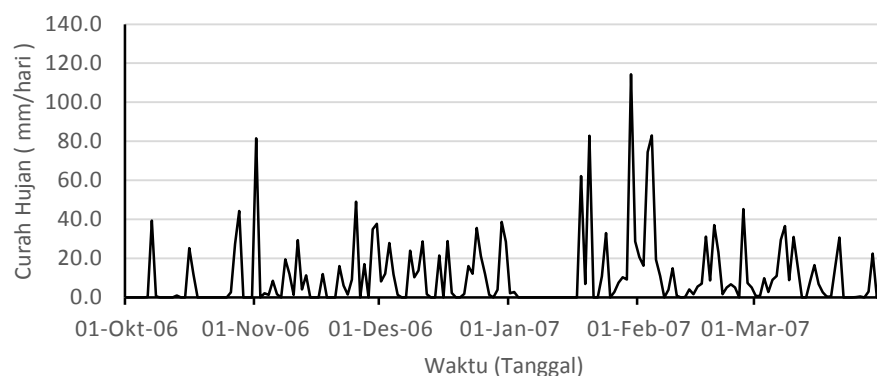


Gambar 1 Proses analisis data

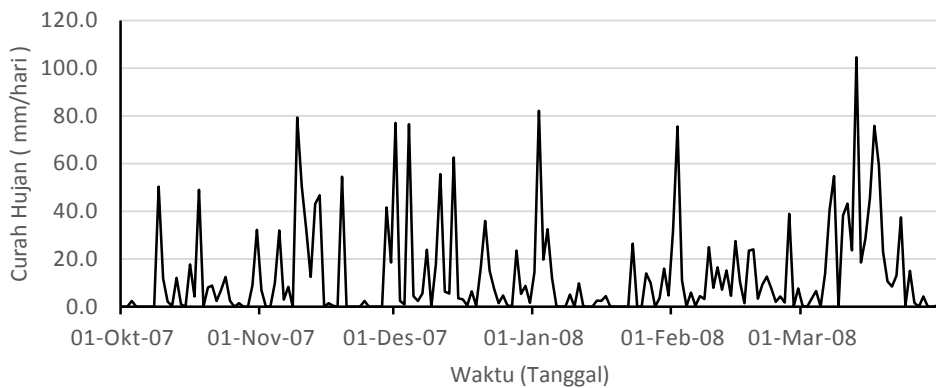
HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksplorasi Data

Data curah hujan harian stasiun klimatologi Dramaga bulan Oktober 2006 hingga Maret 2007 dan Oktober 2007 hingga Maret 2008 dipilih karena pada bulan basah tersebut terdapat perubahan ekstrim pada intensitas curah hujan.

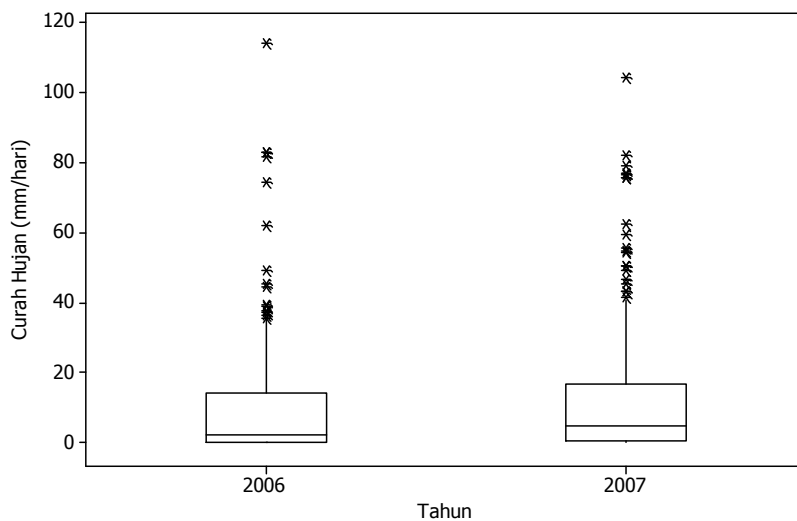


Gambar 2 Pola hujan harian stasiun Dramaga tahun 2006



Gambar 3 Pola curah hujan harian stasiun Dramaga tahun 2007

Gambar 2 menunjukkan pola perubahan intensitas curah hujan terjadi sekitar akhir Januari atau awal Februari begitu pula untuk Gambar 3. Akan tetapi, Gambar 2 menunjukkan curah hujan yang relatif tinggi sepanjang periode tersebut. Menurut Elistiawaty (2007) terdapat 3 hal yang menjadi penyebab tingginya curah hujan pada tahun 2007. Pertama, badai tropis yang terjadi di Australia bagian utara. Kedua, adanya pertemuan angin di Laut Jawa hingga Laut Banda. Ketiga, adanya kenaikan suhu permukaan laut 0.5-1 derajat Celsius di wilayah perairan Indonesia. Hal tersebut menyebabkan peningkatan potensi peningkatan curah hujan di Indonesia.



Gambar 4 Diagram kotak garis curah hujan harian bulan basah stasiun Dramaga tahun 2006 dan 2007

Eksplorasi curah hujan harian bulan basah tahun 2006 dan 2007 dengan diagram kotak garis dapat dilihat pada Gambar 4. Masing-Masing tahun memiliki median yang dekat dengan kuartil pertama yang artinya data tersebut menjulur ke kanan, sehingga diindikasikan terdapat nilai-nilai ekstrim. Hal tersebut didukung dengan banyaknya pencilan. Pencilan tertinggi terjadi pada 30 Januari 2007 yaitu

114.3 mm. Selain itu, data curah hujan harian bulan basah tahun 2007 memiliki keragaman lebih dari tahun 2006 karena nilai jangkauan antar kuartil yang lebih besar.

Penentuan Ambang Batas

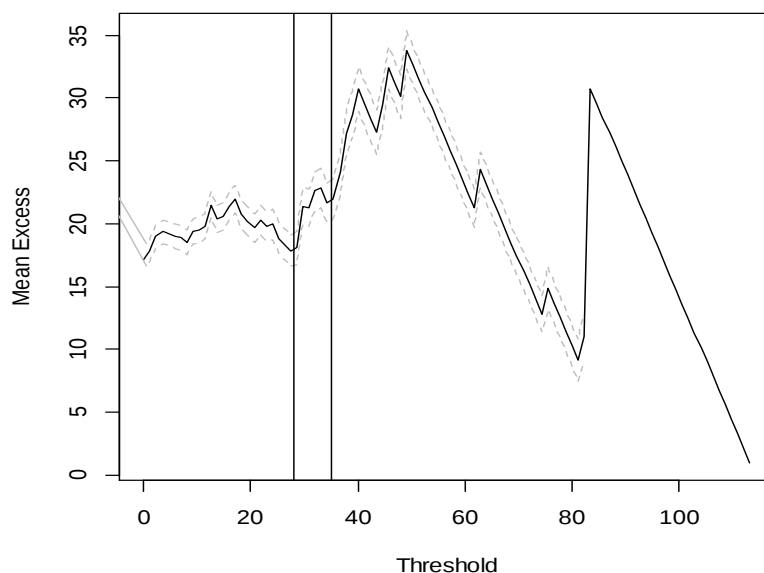
Penentuan ambang batas dilakukan dengan menentukan beberapa calon ambang batas untuk masing-masing tahun. Metode yang digunakan adalah persentil 95, persentil 90, *Mean Residual Life* (MRL), dan *Threshold Choice* (TC).

Persentil 90 dan Persentil 95

Data curah hujan harian bulan basah Oktober 2006 hingga Maret 2007 memiliki persentil 90 dan persentil 95 berturut-turut sebesar 30.97 dan 39.27, sedangkan untuk data curah hujan harian bulan basah Oktober 2007 hingga Maret 2008 memiliki persentil 90 dan persentil 95 berturut-turut sebesar 42.8 dan 55.42.

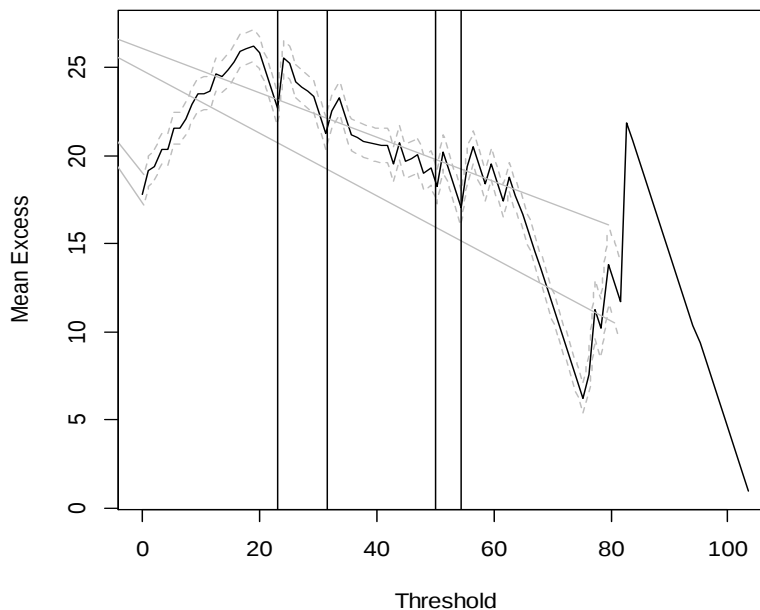
Mean Residual Life (MRL)

Penentuan ambang batas untuk data curah hujan harian bulan basah Oktober 2006 hingga Maret 2007 berdasarkan MRL dapat dilihat pada Gambar 5. Grafik menunjukkan pola linier dan konsisten setelah $u \approx 27$ dan setelah $u \approx 35$. Selain kedua titik tersebut, Gambar 5 menunjukkan nilai *mean excess* yang linier konsisten setelah $u \approx 80$. Akan tetapi, untuk ambang batas $u = 80$ banyaknya nilai amatan yang lebih dari ambang batas tersebut hanya sebanyak 4. Oleh karena itu calon ambang batas untuk data curah hujan harian bulan basah Oktober 2006 hingga Maret 2007 adalah $u = 27$ dan $u = 35$.



Gambar 5 MRL curah hujan harian Oktober 2006 – Maret 2007

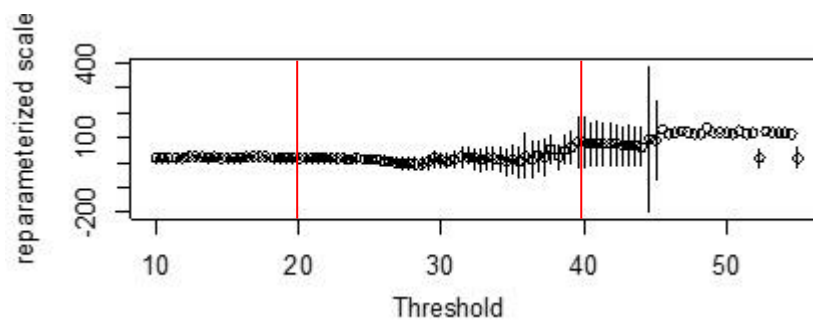
Grafik MRL untuk curah hujan harian Oktober 2007 hingga Maret 2008 dapat dilihat pada Gambar 6. Grafik tersebut menunjukkan pola linier pada $u \approx 0$ hingga $u \approx 20$ tetapi ambang batas tersebut belum dapat dijadikan calon ambang batas karena nilai ambang batas yang terlalu rendah. Calon ambang batas yang diperhatikan selanjutnya adalah $u \approx 23$, $u \approx 31.5$, $u \approx 50$, dan $u \approx 54.5$. Selain dari titik tersebut Gambar 6 menunjukkan linier setelah ambang batas $u \approx 75$, akan tetapi banyaknya amatan yang melampaui ambang batas tersebut hanya sebanyak 7, sehingga terlalu sedikit untuk pendugaan parameter dan cenderung menghasilkan ragam yang besar. Berdasarkan grafik MRL pada Gambar 6 dapat disimpulkan calon ambang batas untuk curah hujan harian Oktober 2007 hingga Maret 2008 adalah $u = 23, 31.5, 50$, dan 54.5 .



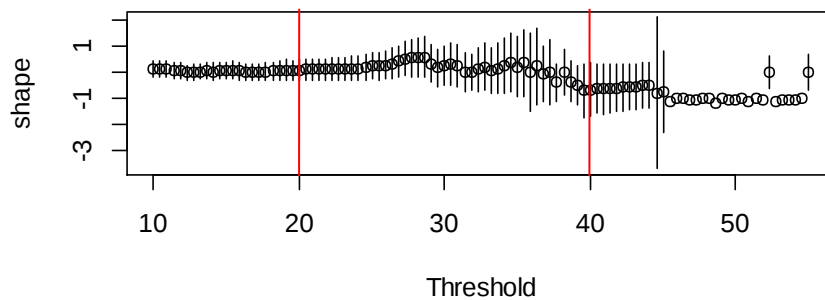
Gambar 6 MRL curah hujan harian Oktober 2007 – Maret 2008

Threshold Choice (TC)

Pemilihan calon ambang batas pada TC dilihat dari kestabilan parameter skala dan bentuk setelah ambang batas. Selain itu, perlu diperhatikan banyaknya amatan yang melampaui ambang batas tersebut.



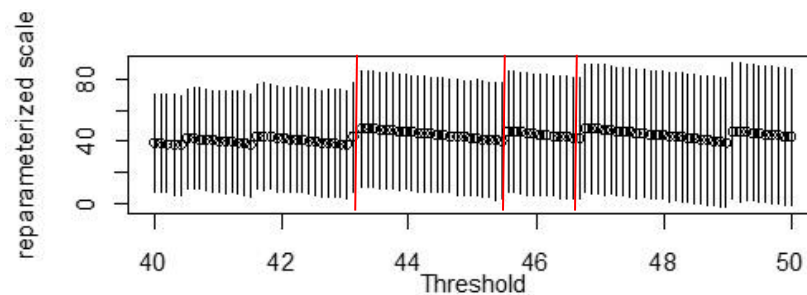
Gambar 7 TC reparameterisasi parameter skala curah hujan harian Oktober 2006 - Maret 2007



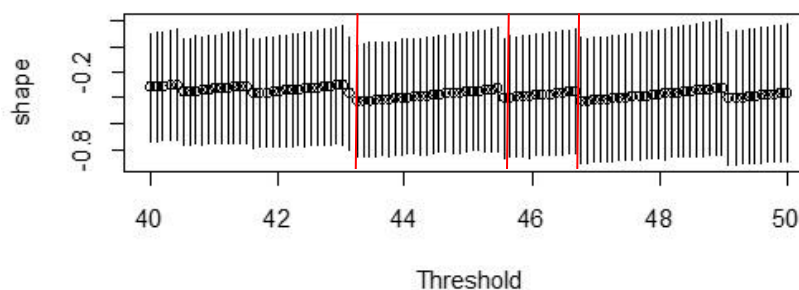
Gambar 8 TC parameter bentuk curah hujan harian Oktober 2006 - Maret 2007

Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan bentuk yang saling berkebalikan. Jika parameter bentuk meningkat maka parameter skala akan menurun dan sebaliknya. Berdasarkan kedua gambar tersebut perlu diperhatikan titik $u = 20$ dan $u = 40$, karena setelah kedua titik ambang batas tersebut kedua gambar menunjukkan kestabilan dalam parameter skala dan bentuk.

Calon ambang batas curah hujan harian Oktober 2007 hingga Maret 2008 ditentukan berdasarkan grafik pada Lampiran 1. Akan tetapi, dalam Lampiran 1 ambang batas $u \approx 0$ hingga $u \approx 55$ tampak bahwa stabil dalam kedua parameter. Oleh karena itu, perlu diamati lebih lanjut pada ambang batas $u \approx 40$ hingga $u \approx 50$ yang terdapat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10 calon ambang batas yang stabil untuk data curah hujan harian Oktober 2007 hingga Maret 2008 adalah $u \approx 43, 45.5, 46.7$.



Gambar 9 TC reparameterisasi parameter skala curah hujan harian Oktober 2007 - Maret 2008



Gambar 10 TC parameter bentuk curah hujan harian Oktober 2007 - Maret 2008

Pendugaan Parameter GPD dan Nilai MAPE

Penentuan ambang batas terbaik ditentukan berdasarkan nilai MAPE dan parameter skala. Perhitungan nilai MAPE membutuhkan nilai dugaan parameter sehingga nilai parameter tersebut diduga terlebih dahulu dengan metode kemungkinan maksimum.

Tabel 1 Nilai dugaan parameter GPD dan nilai MAPE curah hujan harian Oktober 2006 - Maret 2007

Metode	Calon ambang batas u (mm)	Nilai dugaan parameter		MAPE (%)
		σ	ξ	
TC	20	18.58	0.08	7.97
MRL	27	10.65	0.45	9.73
Persentil 90	30.97	16.28	0.25	7.89
MRL	35	18.32	0.2	8.06
Persentil 95	39.27	43.85	-0.5	10.64
TC	40	54.64	-0.69	13.25
BMKG	50	67.86	-1.05	12.27

Keragaman amatan yang paling besar dan paling kecil untuk curah hujan harian Oktober 2006 – Maret 2007 berdasarkan Tabel 1 secara berturut-turut adalah 67.86 dan 10.65. Kedua keragaman ini berasal dari calon ambang batas $u = 50$ dan $u = 27$. Nilai dugaan parameter bentuk berbeda untuk masing-masing calon ambang batas. Nilai dugaan parameter bentuk yang paling kecil pada saat $u = 50$ dengan nilai -1.05. Nilai parameter bentuk yang lebih besar dari nol untuk nilai ambang batas $u \approx 20, 27, 30.97$, dan 35 menggambarkan bahwa amatan yang lebih dari ambang batas membentuk ekor panjang (*heavy tail*), sedangkan nilai parameter bentuk yang negatif membentuk ekor pendek (*bounded tail*) (Dupuis 2012).

Nilai MAPE untuk calon ambang batas Oktober 2006 hingga Maret 2007 dapat dilihat pada Tabel 1. Ambang batas 30.97 yang berasal dari persentil 90 menghasilkan nilai MAPE terkecil dan nilai pendugaan parameter skala yang relatif rendah sehingga ambang batas tersebut dipilih untuk digunakan dalam CPA data curah hujan harian Oktober 2006 hingga Maret 2007.

Nilai penduga parameter GPD untuk data curah hujan harian Oktober 2007 hingga Maret 2008 dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai parameter skala atau ragam yang paling kecil dan paling besar berturut-turut 25.3 dan 30.42 yang berasal dari nilai ambang batas 50 dan 55.42. Nilai parameter bentuk pada Tabel 2 bernilai negatif untuk setiap calon ambang batas yang menunjukkan bahwa amatan yang lebih dari ambang batas membentuk ekor pendek.

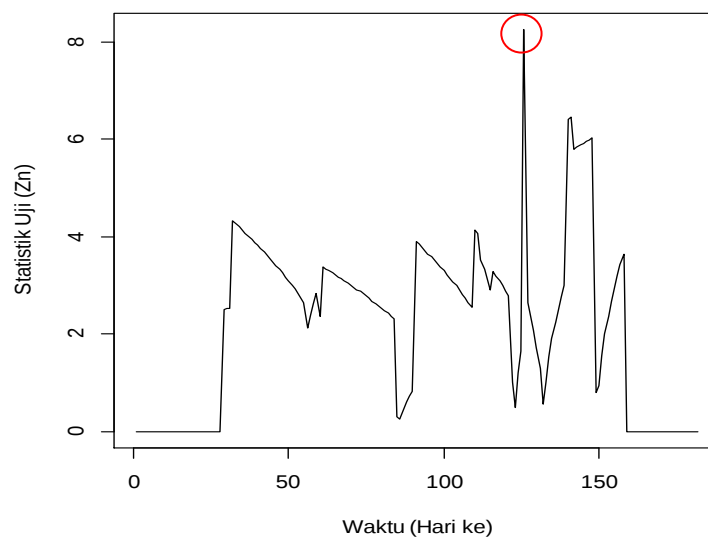
Tabel 2 Nilai dugaan parameter GPD dan nilai MAPE curah hujan harian Oktober 2007 - Maret 2008

Metode	Calon ambang batas u (mm)	Nilai dugaan parameter		MAPE (%)
		σ	ξ	
MRL	23	28.03	-0.22	6.33
MRL	31.5	26.46	-0.24	6.58
Persentil 90	42.8	25.9	-0.31	6.58
TC	43	25.43	-0.3	6.67
TC	45.5	28.74	-0.4	6.03
TC	46.7	29.33	-0.42	5.82
MRL, BMKG	50	25.3	-0.35	6.17
MRL	54.5	27.22	-0.45	5.63
Persentil 95	55.42	30.42	-0.55	5.24

Hasil perhitungan nilai MAPE untuk masing-masing calon ambang batas pada data curah hujan harian Oktober 2007 hingga Maret 2008 dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil tersebut nilai MAPE untuk masing-masing calon ambang batas relatif sama. Nilai MAPE yang minimum sebesar 5.24 yang berasal dari ambang batas 55.42 tetapi ambang batas tersebut menghasilkan nilai parameter skala yang tertinggi. Oleh karena itu, ambang batas yang dipilih sebesar 42.8 yang diperoleh dari persentil 90 karena nilai MAPE dan parameter skala yang relatif rendah.

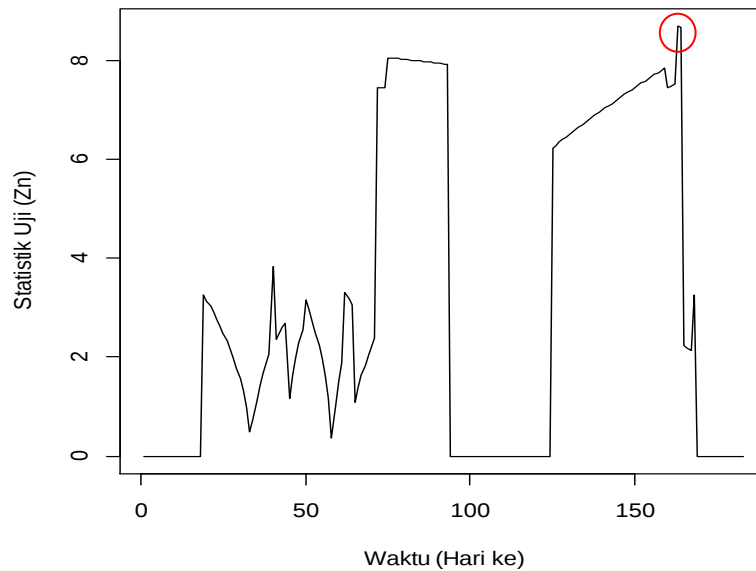
Change Point Analysis

Change Point Analysis dengan pendekatan sebaran GPD digunakan untuk menganalisis data curah hujan harian Oktober 2006 hingga Maret 2007 dengan ambang batas 30.97 dan data curah hujan harian Oktober 2007 hingga Maret 2008 dengan ambang batas 42.8.



Gambar 11 Statistik uji untuk data curah hujan harian 1 Oktober 2006- 31 Maret 2007

Gambar 11 menunjukkan nilai maksimum dari $-2 \log \Lambda_m(Z_n)$ sebesar 8.25 dengan nilai-p sebesar 0.000. Pada taraf nyata $\alpha = 0.05$, hipotesis H_0 ditolak yang berarti terjadi perubahan. Titik perubahan yang terjadi pada $\hat{m} = 126$ atau 3 Februari 2007. Perubahan yang terjadi didukung dengan pernyataan yang ditulis oleh BMKG (2014) yakni puncak curah hujan ekstrim yang terjadi biasanya dimulai pada akhir Januari atau awal Februari.



Gambar 12 Statistik uji untuk data curah hujan harian 1 Oktober 2007 – 31 Maret 2008

Statistik uji untuk data curah hujan harian Oktober 2007 hingga Maret 2008 dapat dilihat pada Gambar 12. Statistik uji tersebut dihitung dengan ambang batas 42.8. Statistik uji maksimum sebesar 8.68 dan nilai-p sebesar 0.000. Hal ini menunjukkan adanya perubahan yang terjadi pada saat $\hat{m} = 163$ atau 11 Maret 2008.

Tabel 3 Titik Perubahan Curah Hujan Harian Stasiun Bogor

Periode Tahun	Titik Perubahan (Curah Hujan)	Rata-rata		Parameter GPD			
		Sebelum	Sesudah	Sebelum		Sesudah	
				σ	ξ	σ	ξ
2006	03/02/07 (74.5)	10.74	10.77	25.23	1.73.E-08	1.3	2.11
2007	11/03/08 (43.2)	12.3	23.53	45.12	-1.15	68.42	-1.11

Ringkasan titik perubahan untuk masing-masing tahun dapat dilihat pada Tabel 3. Secara keseluruhan rata-rata sebelum terjadinya perubahan dan setelah terjadinya perubahan pada masing-masing tahun tidak menunjukkan selisih yang relatif besar. Selisih yang relatif kecil tersebut dikarenakan metode CPA yang digunakan tidak mencari perubahan pola intensitas berdasarkan rata-rata seperti pada Taylor (2000). Akan tetapi, mencari perubahan pola intensitas nilai-nilai ekstrim yang didekati dengan perubahan parameter GPD. Berdasarkan Tabel 3 pada periode tahun 2006 intensitas curah hujan sebelum titik perubahan lebih dari

sesudah titik perubahan tetapi terjadi curah hujan ekstrim sedangkan pada periode tahun 2007 intensitas curah hujan sesudah titik perubahan lebih dari sebelum titik perubahan.

Tabel 4 Verifikasi dan Perbandingan Hasil CPA

Tanggal Banjir	CPA untuk Rata-rata	CPA untuk Nilai Ekstrim
02 Februari 2007 ^a	(30/01/06);(05/02/07) ^b	03/02/07
11 Maret 2008 ^c	(23/01/08);(07/03/08) ^b	11/03/08

Sumber: ^a Jakarta dilanda banjir sejak 1621 (2011); ^b Tua (2014); ^c Banjir (2010)

Hasil CPA yang diperoleh pada penelitian ini selanjutnya dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Tua (2014) sekaligus dilakukan verifikasi kejadian banjir besar yang menggenangi lebih dari 50 persen wilayah Jakarta seperti yang tercantum pada Tabel 4. Berbeda dengan hasil penelitian Tua (2014) pada penelitian ini titik perubahan yang diperoleh hanya satu, ini disebabkan proses pendugaan titik pada Tua (2014) dilakukan secara rekursif. Namun hasil pendugaan titik menggunakan CPA dengan pendekatan sebaran GPD secara keseluruhan lebih baik karena sesuai dengan kenyataan bahwa Jakarta pada tanggal 11 Maret 2008 terkena banjir dan hasil CPA dengan pendekatan sebaran GPD menunjukkan bahwa perubahan terjadi pada 11 Maret 2008, sementara hasil CPA pada Tua (2014) perubahan terjadi pada 07 Maret 2008. Akan tetapi kejadian banjir tanggal 02 Februari 2007 hasil CPA dengan pendekatan sebaran GPD menunjukkan titik perubahan yang masih kurang tepat karena titik perubahan terjadi pada 03 Februari 2007.

Kemungkinan besar perbedaan ini terjadi akibat pemilihan ambang batas yang kurang tepat, mengingat dalam metode CPA dengan pendekatan GPD hal yang paling utama adalah penentuan ambang batas untuk menentukan batas curah hujan ekstrim. Penentuan calon ambang batas dengan menggunakan metode MRL dan TC memiliki kelemahan yaitu penentuan calon ambang batas yang subjektif. Penentuan ambang batas yang objektif dapat menggunakan persentil 90 karena mudah dan nilai MAPE yang relatif sama dengan ambang batas lain seperti yang dijelaskan pada subbab sebelumnya. Perbedaan juga dapat disebabkan karena jumlah amatan yang melebihi ambang batas terlalu sedikit. Selain itu, data curah hujan harian pada tahun 2007 yang tidak dalam kondisi normal akibat badai tropis di Australia bagian utara dan beberapa faktor lain yang dapat menjadikan pendugaan titik perubahan belum tepat (Elistiawaty 2007).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Data curah hujan harian Oktober 2006 hingga Maret 2007 dan Oktober 2007 hingga Maret 2008 memiliki curah hujan ekstrim. Curah hujan ekstrim dapat dikaji dengan baik oleh GPD. Sebaran GPD tersebut digunakan untuk melakukan CPA. Penentuan ambang batas pada GPD menggunakan persentil 90 karena

objektif, mudah dan nilai MAPE yang relatif sama. Hasil CPA dengan pendekatan GPD untuk data curah hujan harian Oktober 2006 hingga Maret 2007 dengan nilai ambang batas sebesar 30.97 menghasilkan titik perubahan perubahan pola intensitas curah hujan ekstrim pada 03 Februari 2007 sedangkan untuk data curah hujan harian Oktober 2007 hingga Maret 2008 dengan ambang batas terbaiknya sebesar 42.8 menghasilkan titik perubahan pola intensitas curah hujan ekstrim pada 11 Maret 2008.

Saran

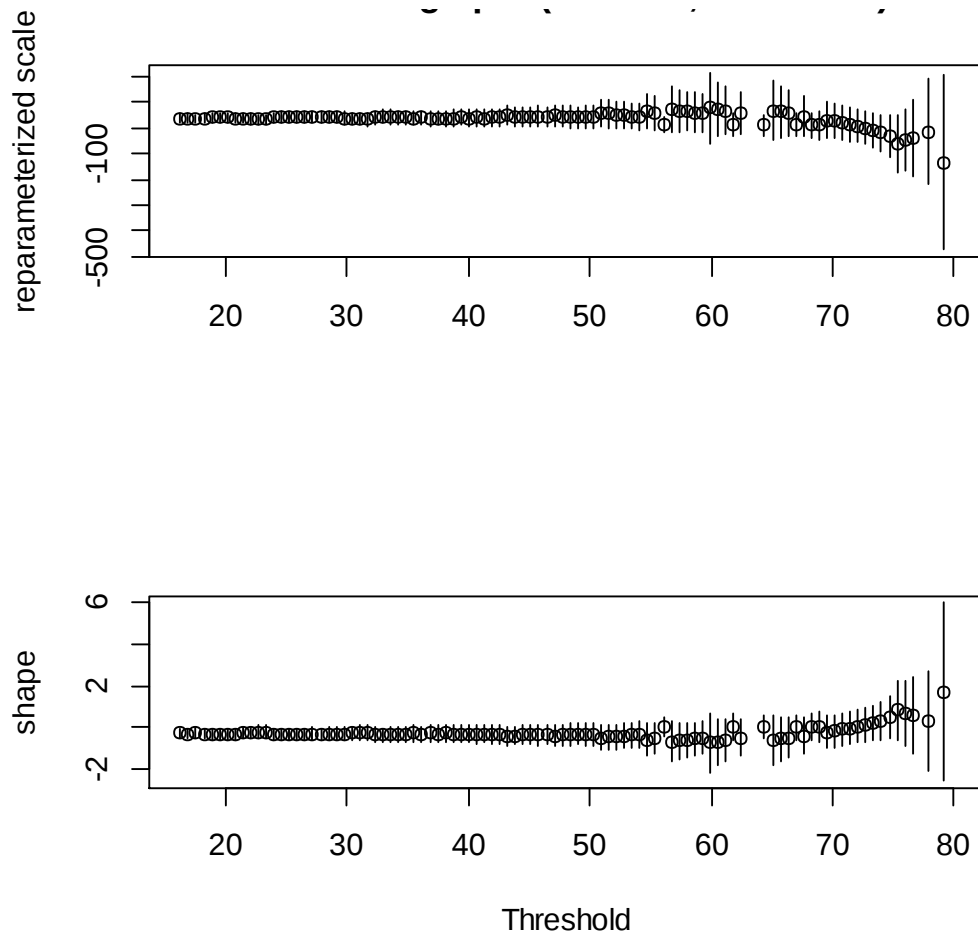
CPA dengan pendekatan GPD menghasilkan hanya satu titik perubahan, sebaiknya metode CPA dikembangkan untuk dapat menghasilkan beberapa titik perubahan ekstrim.

DAFTAR PUSTAKA

- Banjir. 2010. [diakses 2014 Juli 1] Tersedia pada : <http://azivaziv.wordpress.com/2010/03/09/banjir/>.
- Jakarta dilanda banjir besar sejak 1621. 2011 Feb. *Kumpul Berita* [Internet]. [diakses 2014 Juni 25] Tersedia pada : <http://www.kumpulberita.com/2011/02/jakarta-dilanda-banjir-besar-sejak-1621.html>.
- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (ID). 2008. Curah Hujan dan Potensi Bencana Gerakan Tanah. Jakarta (ID) : BMKG.
- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2013. Fenomena Banjir Jakarta. Jakarta(ID): BMKG.
- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2014. Mungkinkah Banjir Besar lagi di Jakarta. Jakarta(ID): BMKG.
- Coles S. 2001. *An Introduction to Statistical Modelling of Extreme Values*. London (EN) : Springer.
- Csörgö M, Horváth L. 1997. *Limit Theorems in Change-Point Analysis*. Chichester (EN) : J Wiley.
- Dierckx G, Teugels JL. 2010. Change Point Analysis of Extreme Values. *Environmetrics*. 21(7-8): 661–686.
- Dupuis D. 2012. Estimating Change-point in Extreme Values [Internet]. [diunduh 2014 Mar 15]. Tersedia pada : www.samsi.info/sites/default/files/sun_may2012.pdf
- Elistiawaty. 2007. 3 Penyebab Tingginya Curah Hujan 2007 di Indonesia. Tersedia pada : <http://news.detik.com/read/2007/02/09/173330/740552/10/3-penyebab-tingginya-curah-hujan-2007-di-indonesia?nd771104bcj> [diakses pada 2014 Juni 25]
- Gilli M, Këllezi E. 2006. An application of extreme value theory for measuring financial risk. *Computational Economics*. 21 (1): 1-23.

- Irfan M. 2011. *Sebaran Pareto Terampat untuk Menentukan Curah Hujan Ekstrim* (Studi Kasus : Curah Hujan Periode 2001-2010 pada Stasiun Dramaga).[Skripsi]. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Petterssen S. 1941. *Introduction to Meteorology*. 1st ed. New York (US) : McGraw-Hill.
- Taylor WA. 2000. Change-Point Analysis A Powerful New Tool For Detecting Changes. [Internet]. [diunduh 2013 Desember 12]. Tersedia pada: <http://www.variation.com/cpa/tech/changepoint.html#ChangePoint%20Analysis>.
- Tua MB. 2014. Aplikasi *Change Point Analysis* (CPA) pada Data Curah Hujan Harian. [Skripsi]. Bogor (ID): Departemen Statistika, Institut Pertanian Bogor (IPB).

Lampiran 1 Grafik TC reparameterisasi parameter skala dan parameter bentuk
Oktober 2007 hingga Maret 2008



RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Wonogiri tanggal 9 Januari 1993, sebagai anak kedua dari dua bersaudara pasangan Sudarwanto dan Eny Widaryati. Penulis lulus dari SMAN 2 Wonogiri pada tahun 2010 dan pada tahun yang sama diterima di Institut Pertanian Bogor (IPB) melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis menempuh pendidikan sarjananya di Departemen Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Selama menempuh pendidikan di IPB penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan dan organisasi. Penulis mengikuti kepanitiaan Statistika Ria 2011 sebagai anggota divisi Logstran dan tahun 2012 sebagai ketua divisi Logstran. Selain itu penulis pada tahun 2011 menjadi anggota Departemen Sains Himpunan Profesi Gamma Sigma Beta dan tahun 2012 diberi amanah sebagai Ketua Departemen *Human Resource and Development* Himpunan profesi Gamma Sigma Beta. Penulis melaksanakan kegiatan praktik lapang di Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika (BMKG) di Jakarta Pusat.