



**PEMODELAN *STATISTICAL DOWNSCALING* DENGAN
REGRESI KUANTIL UNTUK PENDUGAAN CURAH HUJAN
EKSTRIM
(Studi Kasus Stasiun Bangkir Kabupaten Indramayu)**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

YANI QUARTA MONDIANA



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2012**

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis *Pemodelan Statistical Downscaling* dengan Regresi Kuantil untuk Pendugaan Curah Hujan Ekstrem (Studi Kasus Stasiun Bangkir Kabupaten Indramayu) adalah 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 tesis ini.

Bogor, Juli 2012

Yani Quarta Mondiana
NIM G152100031

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ABSTRACT

YANI QUARTA MONDIANA. Statistical Downscaling Modeling with Quantile Regression to Estimate Extreme Precipitation (A Case Study in Bangkir Station, Indramayu). Supervised by AJI HAMIM WIGENA and ANIK DJURAIDAH.

Statistical downscaling (SD) is a technique used to model the relationship between global-scale data and local-scale data with statistics model. The global-scale outcomes of Global Circulation Model (GCM) are used as independent variables in SD. Various methods of SD include multiple regression analysis, principal component regression analysis and artificial neural networks. However, these methods can not accurately predict extreme events. Quantile regression can be used to detect extreme conditions, both extreme dry and extreme wet. The aim of this study was to predict the extreme event and its probability. The data of dependent variables used were monthly rainfall of the district Indramayu Bangkir station. Quantile regression method was used to predict extreme rainfall and logistic regression to estimate the chances of extreme events. Quantile regression models formed had correct prediction rate in the 90th quantile in February. The probability of extreme rainfall events in quantile 75 was high in November, December, January, February and March. However, the occurrence probability in quantile 90 and 95, was only high in February. The prediction and probability of extreme rainfall based on quantile regression models and logistic regression showed similar trend with the data pattern observed in extreme conditions.

Keywords : Extreme Precipitation, Statistical Downscaling, Quantile regression



RINGKASAN

YANI QUARTA MONDIANA. Pemodelan *Statistical Downscaling* Dengan Regresi Kuantil untuk Pendugaan Curah Hujan Ekstrim (Studi Kasus Stasiun Bangkir Kabupaten Indramayu). Dibimbing oleh AJI HAMIM WIGENA dan ANIK DJURAIDAH.

Statistical Downscaling (SD) merupakan suatu metode untuk memodelkan hubungan antara data berskala global (data luaran *Global Circulation Model* (GCM) sebagai peubah penjelas, dengan data berskala lokal (data iklim di stasiun cuaca) sebagai peubah respon. Beberapa metode SD antara lain analisis regresi berganda, analisis regresi komponen utama dan jaringan saraf tiruan, namun metode-metode tersebut belum dapat digunakan untuk memprediksi kejadian ekstrim atau penyimpangan iklim yang berpengaruh di bidang pertanian.

Penyimpangan iklim sebagai akibat dari *La-Nina* banyak menimbulkan kerugian di bidang pertanian. Pada tahun terjadinya *La-Nina* curah hujan meningkat dari normal. Curah hujan yang tinggi menyebabkan kerusakan tanaman karena kelebihan air atau banjir selain akibat meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman. Dalam usaha mengantisipasi akibat buruk tersebut dibutuhkan informasi ramalan mengenai kejadian curah hujan yang berlebihan (ekstrim). Informasi awal tentang kejadian ekstrim diperoleh melalui model SD yang memanfaatkan data luaran GCM.

Metode yang dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan ekstrim dalam pemodelan SD adalah regresi kuantil, yang merupakan perluasan dari regresi median pada berbagai nilai kuantil. Model yang dibentuk pada regresi kuantil dapat digunakan untuk mengukur efek peubah penjelas di pusat sebaran data, dan pada bagian atas atau bawah ekor sebaran. Prinsip dari regresi kuantil adalah meminimumkan galat mutlak terboboti yang tidak simetris.

Tujuan penelitian ini adalah membangun model regresi kuantil pada SD untuk pendugaan curah hujan ekstrim, dan menentukan peluang terjadinya curah hujan ekstrim berdasarkan model regresi logistik.

Data peubah respon yang digunakan adalah data curah hujan bulanan dari stasiun klimatologi Bangkir pada tahun 1979-2008. Data penelitian dibagi menjadi dua bagian yaitu data tahun 1979-2007 untuk pemodelan dan data tahun 2008 untuk validasi. Tahap awal adalah analisis komponen utama untuk mengatasi adanya multikolinieritas peubah penjelas yang merupakan data curah hujan bulanan luaran GCM *Climate Prediction Center (CPC) Merged Analysis of Precipitation* (CMAP). Penentuan banyaknya komponen utama (KU) didasarkan atas dua kriteria yaitu proporsi kumulatif lebih dari 80 % dan *Quantile Verification Skill Score* (QVSS) maksimum. KU yang terpilih selanjutnya diregresikan dengan peubah respon menggunakan regresi kuantil pada kuantil ke 5, 90, dan 95. Pemilihan model terbaik dilakukan dengan kriteria QVSS maksimum, kemudian dibentuk model regresi logistik untuk menentukan peluang kejadian ekstrim setiap bulan. Analisis regresi logistik diterapkan pada data yang lainnya lebih besar dari nilai pada kuantil tertentu yang telah ditetapkan.

Berdasarkan hasil analisis komponen utama, dipilih 5 KU berdasarkan kriteria keragaman lebih dari 80 % dan dipilih 22 KU berdasarkan QVSS maksimum. Model regresi kuantil terbaik merupakan model dengan QVSS



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

maksimum yaitu model yang melibatkan 22 KU sebagai peubah penjelas. Model regresi kuantil yang terpilih digunakan untuk memprediksi curah hujan ekstrem, dan disimpulkan bahwa prediksi curah hujan ekstrem yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan yang sama dengan pola data pengamatan pada kondisi ekstrem dan Peluang kejadian curah hujan ekstrem di kuantil 90 dan 95 cukup efektif untuk menduga nilai ekstrem seperti pada bulan Februari. Pada bulan tersebut nilai aktual curah hujan bulanan 727 mm diprediksi dengan tepat pada kuantil ke 90. Peluang kejadian curah hujan ekstrem pada kuantil ke 75 tinggi pada bulan November, Desember, Januari, Februari dan Maret mencapai 0.8. Namun untuk peluang pada kejadian di kuantil 90 dan 95, hanya tinggi pada bulan Februari dengan nilai mencapai 0.9. Bulan Januari dan Februari merupakan bulan yang berpeluang terjadi curah hujan tinggi. Peluang curah hujan bulanan lebih dari 317.22 mm di bulan Januari adalah 0.97. Sedangkan untuk curah hujan lebih dari 509.91 mm adalah 0.28. Untuk bulan Februari didapatkan prediksi peluang sebesar 0.97 untuk curah hujan yang lebih dari 703.63 mm. Untuk bulan November peluang terjadinya curah hujan lebih dari 325.71 mm sangat kecil yaitu 0.18. Demikian juga dengan bulan Desember yang diprediksi berpeluang sebesar 0.15 untuk curah hujan yang lebih dari 236.59 mm. Peluang yang tinggi di kuantil 90 dan 95 terjadi pada bulan Februari, berbanding lurus dengan nilai prediksi curah hujan yang juga tinggi.

Kata Kunci : Curah hujan ekstrem, *Statistical Downscaling*, Regresi Kuantil



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2012
Hak Cipta dilindungi Undang-undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan yang wajar bagi IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh Karya tulis dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



**PEMODELAN *STATISTICAL DOWNSCALING* DENGAN
REGRESI KUANTIL UNTUK PENDUGAAN CURAH HUJAN
EKSTRIM
(Studi Kasus Stasiun Bangkir Kabupaten Indramayu)**

YANI QUARTA MONDIANA

Tesis
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Statistika Terapan

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2012**

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis: Dr. Anang Kurnia

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Judul Tesis : Pemodelan *Statistical Downscaling* dengan Regresi Kuantil untuk Pendugaan Curah Hujan Ekstrim (Studi Kasus Stasiun Bangkir Kabupaten Indramayu)

Nama : Yani Quarta Mondiana

NIM : G152100031

Disetujui
Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Aji Hamim Wigena, M.Sc
Ketua

Dr. Ir. Anik Djuraidah, MS
Anggota

Diketahui,

Ketua Program Studi Statistika Terapan

Dekan Sekolah Pascasarjana

Dr. Ir. Anik Djuraidah, MS

Dr. Ir. Dahrul Syah, M.Sc.Agr

Tanggal Ujian: 1 Agustus 2012

Tanggal Lulus:



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga karya ilmiah yang berjudul “Pemodelan *Statistical Downscaling* dengan Regresi Kuantil untuk Pendugaan Curah Hujan Ekstrim (Studi Kasus Stasiun Bangkir Kabupaten Indramayu)” ini dapat diselesaikan.

Terima kasih penulis sampaikan kepada

1. Bapak Dr. Ir. Aji Hamim Wigena, M.Sc selaku pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Anik Djuraidah, MS selaku pembimbing II, yang telah banyak memberikan bimbingan dan saran dalam penyusunan karya ini
2. Bapak Dr. Anang Kurnia selaku penguji luar komisi pada ujian tesis
3. Papa, mama, mas Yoga, mbak Nina, mas Yuda, mbak Upi, mbak Yana, mas Bayu, dan saudara kembarku Yeni yang telah memberikan dukungan dan kasih sayangnya
4. Edi Prastya untuk kesabaran, kasih sayang dan dukungannya
5. Mbak ana dan Freza, teman-teman statistika terapan lainnya dan statistika 2010 atas kebersamaannya
6. Seluruh staf Program Studi Statistika yang telah banyak memberi bantuan.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan karya ilmiah ini. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan oleh penulis untuk penulisan karya ilmiah selanjutnya. Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat.

Bogor, Juli 2012

Yani Quarta Mondiana



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 11 April 1988 dari pasangan Bapak Agus Priyono dan Ibu Ni Wayan Surya Wardhani. Penulis merupakan anak keempat dari lima bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan SLTA di SMAN 9 Malang pada tahun 2005 dan pada tahun yang sama melanjutkan perkuliahan di jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya dan lulus pada tahun 2009. Tahun 2010 penulis diterima di Program Studi Statistika Terapan pada Sekolah Pascasarjana IPB.

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiv |
| PENDAHULUAN | 1 |
| Latar Belakang | 2 |
| Tujuan Penelitian..... | 3 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| Cuaca Ekstrem | 5 |
| <i>Global Circulation Model dan Statistical Downscaling</i> | 6 |
| Analisis Komponen Utama | 7 |
| Regresi Kuantil..... | 8 |
| Regresi Logistik | 11 |
| METODE PENELITIAN..... | 15 |
| Data | 15 |
| Metode..... | 15 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 19 |
| Deskripsi Data Curah Hujan..... | 19 |
| Analisis Regresi Kuantil Curah Hujan Indramayu | 20 |
| Peluang Kejadian Curah Hujan Ekstrem | 24 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | 27 |
| Kesimpulan..... | 27 |
| Saran | 27 |
| DAFTAR PUSTAKA | 29 |
| LAMPIRAN | 31 |

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| 1 Deskripsi Data Curah Hujan..... | 19 |
| 2 QVSS dari Empat Model..... | 22 |
| 3 Prediksi dan Data Aktual Curah Hujan Tahun 2008 | 23 |
| 4 Prediksi Peluang Kejadian Curah Hujan Ekstrim..... | 26 |



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

Bogor Agricultural University

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| 1 Diagram Alir Penelitian..... | 16 |
| 2 Diagram Kotak Garis Curah Hujan Bulanan..... | 20 |
| 3 Plot QVSS pada Berbagai Jumlah KU..... | 22 |
| Ⓒ Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor) Prediksi Curah Hujan tahun 2008 pada Kuantil ke 75, 90 dan 95..... | 25 |
| Prediksi Peluang per Bulan | 25 |

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| 1 Nilai Akar Ciri, Proporsi dan Proporsi Kumulatif Komponen Utama..... | 33 |
| 2 Nilai QVSS pada Berbagai Jumlah Komponen Utama..... | 34 |
| Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 1..... | 34 |
| Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 2..... | 35 |
| Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 3..... | 36 |
| Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 4..... | 39 |
| Nilai Dugaan Parameter Regresi Logistik..... | 42 |

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Statistical Downscaling (SD) merupakan suatu teknik untuk memodelkan hubungan antara data yang berskala global dengan data berskala lokal. Data berskala global merupakan data luaran *Global Circulation Model* (GCM) dan data berskala lokal merupakan data iklim (misalkan curah hujan) di stasiun cuaca. Luaran GCM digunakan sebagai peubah penjelas pada SD dan data curah hujan yang terukur pada stasiun cuaca sebagai peubah responnya.

Beberapa penelitian sebelumnya tentang pemodelan SD untuk peramalan curah hujan bulanan di Indramayu telah dilakukan. Haryoko (2004) mengkaji suatu metode untuk mereduksi dimensi luaran GCM dalam penyusunan model SD; Wigena (2006) menggunakan *regresi projection pursuit*; Aglamaro (2011) menggunakan teknik *Support Vector Regression* (SVR) dan Muttaqin (2012) menggunakan Jaringan Saraf Tiruan untuk memprediksi curah hujan bulanan di Indramayu. Metode-metode tersebut belum dapat digunakan untuk memprediksi adanya kejadian ekstrim atau penyimpangan iklim yang berpengaruh pada hasil panen dan produksi pertanian.

Kegagalan dan keberhasilan panen serta produksi pertanian seringkali dikaitkan dengan kondisi iklim. Pada saat iklim normal, produksi pertanian relatif stabil sehingga dapat memberikan keuntungan pada petani; sedangkan saat terjadi iklim yang menyimpang dari normal, hasil tanaman akan mengalami penurunan atau bahkan bisa gagal panen. Penyimpangan iklim dapat terjadi sebagai akibat dari *La-Nina*. Pada tahun terjadinya *La-Nina* curah hujan meningkat dari normal. Menurut Irawan (2006) dan Baehaki (2011) curah hujan yang tinggi menyebabkan kerusakan tanaman karena kelebihan air atau banjir selain akibat meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman. Kelembaban udara pada saat terjadinya *La-Nina* menyebabkan peningkatan serangan hama dan penyakit tanaman karena efektifitas pestisida berkurang; misalnya padi yang terserang hama wereng menyebabkan produksi padi secara nasional menurun sehingga mengganggu stabilitas nasional dalam hal kerawanan pangan. Misalkan kejadian *La-Nina* di tahun 1998 berdampak pada ledakan serangan hama wereng di beberapa provinsi



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

di Indonesia, terutama di Jawa Barat, salah satunya di Kabupaten Indramayu yang merupakan lumbung padi terbesar di Jawa Barat. Selain itu kerugian ekonomi akibat kegagalan panen yang disebabkan oleh banjir di daerah tersebut mencapai Rp. 91 milyar (Wigena 2006). Pada tahun 2010 produksi padi mengalami penurunan akibat iklim ekstrim yaitu dari 1.58 juta ton di tahun sebelumnya menjadi sebesar 1.55 juta ton di tahun 2010 (BPS 2011). Sebagai usaha pengantisipasi akibat buruk tersebut dibutuhkan informasi ramalan mengenai kejadian curah hujan yang berlebihan (ekstrim). Informasi awal tentang kejadian ekstrim diperoleh melalui model SD yang memanfaatkan data luaran GCM.

Pembuatan model untuk kejadian ekstrim telah dilakukan oleh Bremnes (2004), menggunakan metode regresi kuantil untuk memprediksi curah hujan pada kuantil tertentu dengan memanfaatkan data NWP (*Numerical Weather Prediction*). Regresi kuantil merupakan perluasan dari regresi median pada berbagai nilai kuantil. Metode ini digunakan untuk menduga hubungan antara peubah respon dengan peubah penjelas pada fungsi kuantil bersyarat tertentu. Model yang dibentuk pada regresi kuantil dapat digunakan untuk mengukur efek peubah penjelas tidak hanya di pusat sebaran data, tetapi juga pada bagian atas atau bawah ekor sebaran. Prinsip dari regresi kuantil adalah meminimumkan galat mutlak terboboti yang tidak simetris. Metode ini tidak terpengaruh oleh adanya pencilan dan dapat memberikan hasil yang stabil jika terdapat data pencilan (Furno 2007).

Friederichs & Hense (2006) mengkaji suatu metode alternatif dari metode yang telah diterapkan oleh Bremnes, yaitu membuat model SD menggunakan regresi kuantil tersensor untuk permasalahan cuaca ekstrim, dengan data curah hujan harian. Djuraidah & Wigena (2011) menggunakan regresi kuantil untuk mengeksplorasi curah hujan di kabupaten Indramayu, pada data yang mengandung pencilan. Penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa regresi kuantil dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi-kondisi ekstrim, baik ekstrim kering (kuantil ke-5) maupun ekstrim basah (kuantil ke-95). Dalam penelitian ini akan digunakan metode regresi kuantil untuk memprediksi curah hujan ekstrim dengan memanfaatkan data luaran GCM.



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Membangun model regresi kuantil pada SD untuk pendugaan curah hujan ekstrim.
2. Menentukan peluang terjadinya curah hujan ekstrim berdasarkan model regresi logistik.



TINJAUAN PUSTAKA

Cuaca Ekstrem

Cuaca ekstrem adalah keadaan atau fenomena kondisi cuaca di atas normal yang terjadi pada suatu wilayah tertentu berskala jangka pendek, misalnya suhu rata-rata 33° C, kemudian suhu menjadi 33°C-47°C, curah hujan melebihi 100 mm, dan angin berkecepatan lebih dari 34 knot. Cuaca ekstrem yang sering terjadi di Indonesia antara lain angin kencang, suhu udara yang tinggi dalam periode yang singkat disertai angin puting beliung dan curah hujan dengan intensitas tinggi, yang mengakibatkan terjadinya banjir dan longsor. Salah satu unsur cuaca ekstrem yang berpotensi menimbulkan bencana adalah hujan (Muhi 2011).

Menurut Syakur (2011), hujan merupakan unsur fisik lingkungan yang paling beragam baik menurut waktu maupun tempat dan juga merupakan faktor penentu dan faktor pembatas bagi kegiatan pertanian. Oleh karena itu klasifikasi iklim untuk wilayah Indonesia (Asia Tenggara pada umumnya) seluruhnya dikembangkan dengan menggunakan curah hujan sebagai kriteria utama.

Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter artinya tertampung air setinggi satu milimeter per satu meter persegi tempat datar (setara dengan satu liter). Curah hujan di wilayah Indonesia dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain topografi, lereng medan, arah angin yang sejajar garis pantai dan jarak perjalanan angin di atas medan (Hidayat 2008).

Curah hujan dengan intensitas yang tinggi menunjukkan adanya cuaca ekstrem dan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan karena banjir. Perubahan iklim menyebabkan perubahan peluang kejadian hujan ekstrem di beberapa wilayah di Indonesia. Menurut BMKG (2011) di Jawa Barat, Banten, dan DKI Jakarta, peluang kejadian hujan ekstrem dengan intensitas mencapai 500 mm/bulan selama periode tahun 1970 - 1999 meningkat hingga 13%, di mana dalam periode tahun 1900 - 1929, peluang kejadian hujan ekstrem di ketiga wilayah tersebut hanya 3%.

Indikator curah hujan ekstrem tinggi menurut BMKG (2008) adalah curah hujan di atas 400 mm/bulan. Untuk menghindari akibat buruk dari kejadian ekstrem



curah hujan sangat penting memperhatikan nilai-nilai ekstrim, agar dapat mengantisipasi adanya curah hujan ekstrim yang dapat merugikan.

Kejadian curah hujan ekstrim sangat sulit untuk diprediksi atau diperkirakan sehingga hanya dapat dianalisis setelah kejadian itu terjadi. Semakin majunya ilmu pengetahuan dan teknologi di berbagai disiplin ilmu maka kejadian cuaca ekstrim dapat diprediksi melalui pendekatan empiris, di antaranya menggunakan Model SD.

Global Circulation Model (GCM) dan Statistical Downscaling (SD)

Perubahan iklim dapat disimulasikan menggunakan GCM, yang merupakan representasi numerik dari gambaran perilaku sistem iklim dan interaksi antar komponen-komponennya (atmosfer, lautan, kriosfer, biosfer dan kemosfer). Model GCM dapat memberikan gambaran tentang pergeseran iklim di masa yang akan datang.

GCM menghasilkan data dalam bentuk *grid* atau petak wilayah dengan resolusi rendah (2.5° atau ± 300 km kali 300 km). Data GCM dalam bentuk *grid* menunjukkan bahwa GCM merupakan salah satu contoh bentuk data spasial yang berkaitan dengan keruangan. GCM hanya merepresentasikan iklim global tidak dalam skala lokal. Karena itu, diperlukan suatu teknik untuk menduga peubah iklim skala lokal dengan tingkat akurasi tinggi (Zorita dan Storch 1999).

Secara umum terdapat dua pendekatan untuk memanfaatkan data luaran GCM yang berskala global menjadi informasi skala lokal yaitu *Dynamical Downscaling* dan *Statistical Downscaling* (SD). SD merupakan suatu teknik yang menggunakan model statistika untuk melihat hubungan antara data yang berskala besar dengan data yang berskala lokal. SD dapat mengatasi adanya perbedaan skala antara peubah respon dengan peubah penjelasnya.

Hal penting yang harus diperhatikan dalam SD adalah penentuan domain, yaitu lokasi dan luasan area permukaan atmosfer pada GCM yang akan dijadikan sebagai daerah yang berisi gugus peubah penjelas untuk menduga curah hujan di stasiun lokal. Ketepatan pemilihan domain akan menghasilkan pendugaan curah hujan yang akurat. Menurut Bergant (2002) ukuran domain minimum yang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

digunakan di dalam SD yaitu seluas 8 x 8 grid dengan posisi domain tepat berada di atas target pendugaannya.

Model SD secara umum merupakan suatu fungsi yang menggambarkan hubungan fungsional sirkulasi atmosfer global dengan unsur-unsur iklim lokal. Model umum SD adalah:

$$y = f(X)$$

dimana y merupakan vektor yang unsur-unsurnya adalah peubah iklim lokal dalam jangka waktu t (misalnya curah hujan) dan $X_{t \times n}$ merupakan matriks yang berisi gugus peubah luaran GCM (misalnya curah hujan), dimana t adalah waktu (misalnya harian atau bulanan) dan n adalah banyaknya peubah didalam X atau banyaknya grid domain GCM.

Analisis Komponen Utama

Peubah - peubah yang dihasilkan dari GCM pada umumnya memiliki dimensi yang besar dan terdapat multikolinieritas. Untuk mereduksi dimensi peubah GCM dan mengatasi multikolinieritas digunakan Analisis Komponen Utama (AKU) sehingga akan terdapat peubah-peubah baru yang tidak berkorelasi kesamanya (Johnson & Wichern 1998).

Peubah baru yang dihasilkan disebut komponen utama, yang memenuhi sifat: (1) merupakan kombinasi linier peubah-peubah asal dan (2) menghilangkan peubah-peubah asal yang mempunyai sumbangan informasi yang relatif kecil.

Misalkan Σ merupakan matriks ragam peragam dari vektor x_1, x_2, \dots, x_p mempunyai pasangan akar ciri dan vektor ciri $(\lambda_1 e_1), (\lambda_2 e_2), \dots, (\lambda_p e_p)$ dengan $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$. Komponen utama ke- i didefinisikan sebagai:

$$KU_i = e_i' x = e_{i1} x_1 + \dots + e_{ip} x_p ; i = 1, 2, \dots, p.$$

Vektor $e_i' = e_1, e_2, \dots, e_p$ ditentukan sedemikian hingga $\text{Var}(KU_i) = e_i' \Sigma e_i$ maksimum dan $e_i' e_i = 1$. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan persamaan Lagrange :

$$f(e_i, \lambda_i) = e_i' \Sigma e_i - \lambda_i (e_i' e_i - 1).$$

Fungsi $f(e_i, \lambda_i)$ mencapai maksimum jika turunan parsial pertama $f(e_i, \lambda_i)$ terhadap e_i sama dengan nol.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

$$\frac{\partial f(e_i, \lambda_i)}{\partial e_i} = (\Sigma - \lambda_i I) e_i = 0. \quad (1)$$

e_i pada persamaan (1) akan mempunyai solusi yang tidak sama dengan 0 jika matriks $(\Sigma - \lambda_i I)$ merupakan matriks singular:

$$|\Sigma - \lambda_i I| = 0.$$

$\text{Var}(KU_i) = \lambda_i$ artinya komponen utama ke- i memiliki keragaman sama dengan λ_i dan $\text{Cov}(KU_{i-1}, KU_i) = 0$, artinya komponen utama tidak saling berkorelasi. Keragaman total yang mampu diterangkan oleh setiap komponen utama adalah (Johnson & Wichern 1998)

$$\frac{\lambda_i}{\text{tr}(\Sigma)} = \frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p}.$$

Selanjutnya dikatakan bahwa banyaknya komponen utama yang akan digunakan dalam membentuk model dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

menggunakan *scree plot*. Banyak komponen yang diambil adalah pada titik ketika kurva tidak lagi menurun tajam atau mulai melandai.

menggunakan kriteria proporsi keragaman kumulatif yang lebih dari 0.80 atau $\sum_{j=1}^p \lambda_j > 0.80$.

Regresi Kuantil

Regresi kuantil yang dikemukakan oleh Koenker dan Bassett pada tahun 1978, merupakan teknik statistika yang digunakan untuk menduga hubungan antara peubah respon dengan peubah penjelas pada fungsi kuantil bersyarat tertentu. Regresi kuantil meminimumkan galat mutlak terboboti dan menduga model dengan menggunakan fungsi kuantil bersyarat pada suatu sebaran data. Metode regresi kuantil tidak membutuhkan asumsi parametrik dan regresi kuantil sangat bermanfaat untuk menganalisis bagian tertentu dari suatu sebaran bersyarat (Bhui 2004).

Keuntungan utama dari regresi kuantil adalah efisien jika sisaan tidak menyebar normal dan kekar terhadap adanya pencilan. Metode ini dapat digunakan mengukur efek peubah penjelas tidak hanya di pusat sebaran data, tapi juga pada bagian atas dan bawah ekor sebaran. Hal ini sangat berguna dalam penerapan, khususnya bila nilai ekstrim merupakan permasalahan penting (Juraidah dan Wigena 2011).

Untuk peubah acak Y , dengan fungsi sebaran peluang

$$F(y) = P(Y \leq y)$$

terdapat fungsi kebalikan yang merupakan kuantil ke- τ dari Y yaitu

$$Q(\tau) = F^{-1}(\tau) = \inf\{y: F(y) \geq \tau\}$$

untuk setiap $0 < \tau < 1$, misalnya $Q(1/2)$ adalah median.

Untuk contoh acak berukuran n dari peubah acak Y , yaitu (y_1, \dots, y_n) ,

median contoh adalah penduga yang meminimumkan jumlah mutlak galat yaitu

$$\min_{\alpha \in R} \sum_{i=1}^n |y_i - \alpha|.$$

Seperti pada median contoh, metode ini bisa dikembangkan untuk model regresi kuantil

$$y = X'\beta + \varepsilon$$

dengan $y = (y_1, \dots, y_n)$ adalah vektor respon berukuran $(n \times 1)$,

$= (x_1, \dots, x_n)'$ adalah matriks peubah penjelas berukuran $(n \times p)$,

$= (\beta_1, \dots, \beta_p)'$ adalah vektor parameter berukuran $(p \times 1)$,

dan $\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)'$ adalah vektor galat berukuran $(n \times 1)$. Regresi L_1 disebut

sebagai regresi median yang merupakan perluasan dari median contoh. Penduga

koefisien pada model regresi L_1 merupakan solusi dari minimisasi fungsi

$$\min_{\beta \in R} \sum_{i=1}^n |y_i - x_i'\beta|.$$

Hubungan fungsional antara peubah respon dengan peubah penjelas pada regresi kuantil merupakan hubungan fungsional antara kuantil bersyarat peubah

respon dengan peubah penjelas yang membentuk fungsi linier yaitu

$Q(\tau|X = x) = x'\beta(\tau)$. Menurut Koenker (2005), penduga regresi kuantil ke- τ

untuk $\tau \in (0,1)$ merupakan solusi dari masalah minimisasi fungsi

$$\min_{\beta \in R} [\sum_{i \in \{i|y_i \geq x_i'\beta\}} \tau |y_i - x_i'\beta| + \sum_{i \in \{i|y_i < x_i'\beta\}} (1 - \tau) |y_i - x_i'\beta|]. \quad (2)$$

Persamaan (2) memberikan bobot τ untuk seluruh pengamatan yang lebih besar

dari nilai optimum yang belum diketahui dan memberikan bobot $1 - \tau$ terhadap

seluruh pengamatan yang lebih kecil dari nilai optimum. Persamaan (2) dapat

disingkas menjadi persamaan dengan ekspresi tunggal seperti pada persamaan (3).

$$\min_{\beta \in R} \sum_{i=1}^n \rho_\tau(y_i - x_i'\beta) \quad (3)$$

dengan $\rho_\tau(u)$ adalah fungsi kerugian yang tidak simetrik. Fungsi kerugian dapat

dijabarkan sebagai berikut :

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

$$\rho_{\tau}(u) = u(\tau - I(u < 0)) \quad , \quad 0 < \tau < 1$$

dengan $I(\cdot)$ merupakan fungsi indikator, $I(A) = 1$ jika A benar dan $I(A) = 0$ selainnya.

Pendugaan dalam regresi kuantil diperoleh dengan menyelesaikan masalah pemrograman linier. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pendugaan parameter regresi kuantil adalah metode simpleks.

Menurut Chen (2005), metode simpleks banyak digunakan dalam aplikasi statistika. Dalam teorinya, jumlah iterasi dapat meningkat secara eksponensial bergantung ukuran datanya dan metode ini masih dapat digunakan untuk ukuran data yang kurang dari 10000.

Chen dan Wei (2005) mengemukakan tahapan dalam metode simpleks sebagai berikut :

Misalkan $\mu = [y - A'\beta]_+$, $v = [A'\beta - y]_+$, $\phi = [\beta]_+$, dan $\varphi = [-\beta]_+$ dengan $y = (y_1, \dots, y_n)'$, A merupakan matriks peubah penjelas dan $[z]_+$ adalah bagian yang tidak negatif dari z .

Untuk kasus regresi median, pendekatan simpleks menyelesaikan masalah

$$\min_{\beta \in R} \sum_{i=1}^n |y_i - x_i'\beta|$$

dapat diselesaikan dengan :

$$\min_{\beta} \{e'\mu + e'v | y = A'\beta + \mu - v\}$$

dimana e adalah vektor satu berukuran n .

Misalkan $B = [A' - A' \quad I \quad -I]$, $\theta = (\phi', \varphi', \mu', v')'$, dan

$d = (0', 0' e', e')'$, dengan $0' = (0, 0 \dots 0)_p$, perumusan ulang dari masalah model

standar baku:

$$\min_{\theta} d'\theta$$

dengan kendala $B\theta = y$, $\theta \geq 0$. Masalah ini memiliki bentuk ganda yaitu

$\max_z y'z$, dengan kendala $B'z \leq d$, yang dapat disederhanakan menjadi

$$\max_z y'z | Az = 0.$$

Jika $\eta' = \frac{1}{2}z + \frac{1}{2}e$, $b = \frac{1}{2}Ae$, maka rumusan menjadi

$$\max_{\eta} \{y'\eta | A\eta = b\}.$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Untuk regresi kuantil, masalah minimisasi adalah

$$\min_{\beta} \sum_{i=1}^n \rho_{\tau}(y_i - x_i' \beta),$$

dan analog dengan tahapan sebelumnya, rumusan masalah menjadi

$$\max_z \{y'z \mid Az = (1 - \tau)Ae\}.$$

Pengujian parameter pada regresi kuantil dilakukan dengan uji Wald.

Statistik uji Wald untuk pengujian hipotesis $H_0: \beta_i(\tau) = 0$ vs $H_1: \beta_i(\tau) \neq 0$

dengan $i = 0, 1, 2, \dots, p$ adalah

$$W_i(\tau) = \frac{(\hat{\beta}_i(\tau))^2}{s_{\beta\tau}^2}.$$

Jika H_0 benar, $T_W(\tau)$ akan mengikuti sebaran χ^2 dengan derajat bebas = 1

(Hao & Naiman 2007).

Regresi kuantil mempunyai beberapa metode untuk menghitung selang kepercayaan parameter. Salah satunya adalah metode resampling. Penduga dari ragam $\hat{\beta}_i(\tau)$ yaitu $s_{\beta\tau}^2$ diperoleh dengan menghitung ragam dari $\{\hat{\beta}_{\tau 1}^*, \hat{\beta}_{\tau 2}^*, \dots, \hat{\beta}_{\tau m}^*\}$ yang merupakan penduga parameter dari contoh resampling. Selang kepercayaan untuk parameter regresi kuantil adalah

$$\hat{\beta}_{\tau(i)} \pm z_{\alpha/2} s_{\beta\tau}.$$

Penilaian kebaikan model dilakukan dengan menghitung *Quantile Verification Skill Score* (QVSS). QVSS didefinisikan sebagai berikut (Friederichs & Hense 2006) :

$$QVSS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \rho_{\tau} |y_i - \hat{\beta}_{\tau}^T x_i|}{\sum_{i=1}^n \rho_{\tau} |y_i - Q_{\tau}(y)|}.$$

dengan $Q_{\tau}(y)$ merupakan kuantil ke- τ dari y .

Regresi Logistik

Analisis regresi logistik dapat digunakan untuk menentukan peluang terjadinya curah hujan ekstrim untuk setiap kuantil. Regresi logistik dapat mendeskripsikan hubungan antara peubah respon yang memiliki dua kategori atau lebih dengan satu atau lebih peubah penjelas berskala kategori atau kontinu (Hosmer & Lemeshow 2000). Dijelaskan bahwa model regresi logistik dengan $E(Y=1|x)$ sebagai $\pi(x)$ adalah:

$$\pi(x) = \frac{\exp(g(x))}{1 + \exp(g(x))}$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Fungsi hubung yang sesuai untuk model regresi logistik biner adalah fungsi logit.

Transformasi logit sebagai fungsi dari $\pi(x)$ adalah:

$$g(x) = \ln \left[\frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \right]$$

$$= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p$$

Peubah respon Y mengikuti sebaran Bernoulli dengan fungsi sebaran

peluang $y=1$ adalah $\pi(x)$, sehingga fungsi kepekatan bersama untuk n pengamatan adalah

$$f(Y_1, \dots, Y_n) = \prod_{i=1}^n f_i(y_i)$$

$$= \prod_{i=1}^n \pi(x_i)^{y_i} [1 - \pi(x_i)]^{1-y_i}$$

Pendugaan parameter β menggunakan metode kemungkinan maksimum yaitu memaksimumkan logaritma fungsi kemungkinan maksimum yang merupakan fungsi kepekatan bersama peubah Y untuk n pengamatan. Logaritma fungsi kepekatannya sebagai berikut:

$$g[L(\beta)] = \log \left(f(Y_1, \dots, Y_n) \right)$$

$$= \log \left(\prod_{i=1}^n \pi(x_i)^{y_i} [1 - \pi(x_i)]^{1-y_i} \right)$$

$$= \sum_{i=1}^n (y_i \log \pi(x_i) + (1 - y_i) \log (1 - \pi(x_i)))$$

Nilai dugaan β_i diperoleh dengan membuat turunan pertama $\log (L(\beta))$ terhadap $\beta_i = 0$, dengan $i = 1, 2, 3, \dots, p$. Dalam penerapannya, regresi logistik tidak memerlukan asumsi normal ganda atau kesamaan matrik ragam peragam (Hosmer dan Lemeshow 2000); untuk mengetahui peran seluruh peubah penjelas di dalam model secara bersama-sama dapat digunakan uji nisbah kemungkinan yaitu uji-G berdasarkan hipotesis :

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_j \neq 0 \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, p$$



dan statistik uji yang digunakan adalah:

$$G = -2 \ln \left[\frac{L_0}{L_1} \right]$$

dengan L_0 : nilai kemungkinan tanpa peubah penjelas

L_1 : nilai kemungkinan dengan peubah penjelas

Jika H_0 benar maka statistik uji G akan mengikuti sebaran χ^2 dengan derajat bebas p . Pengujian parameter secara parsial menggunakan uji-Wald dengan statistik uji

$$W_i = \frac{\hat{\beta}_i}{se(\hat{\beta}_i)}$$

dengan hipotesis : $H_0 : \beta_j = 0$ vs $H_1 : \beta_j \neq 0$. Rasio yang dihasilkan di bawah hipotesis H_0 akan mengikuti sebaran normal baku.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

METODE PENELITIAN

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 macam, yaitu data sekunder berupa data luaran GCM dan data primer yang merupakan data iklim pada stasiun cuaca. Data GCM adalah data curah hujan bulanan *Climate Prediction Center* (CPC) *Merged Analysis of Precipitation* (CMAP) yang dikeluarkan oleh NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder Colorado, USA dari situs web <http://www.esrl.noaa.gov/psd/> tahun 1979 sampai dengan 2008 yang terletak pada 1.25° LU – 16.25° LS dan 98.75° BT – 116.25° BT dengan domain 8 kali 8.

Data curah hujan lokal (Y) adalah data curah hujan bulanan dari stasiun klimatologi Bangkir. Data curah hujan dari stasiun ini berada pada rentang waktu 1979 sampai dengan 2008 (panjang data 30 tahun) dengan total 360 data. Data curah hujan bulanan diperoleh dari puslitbang BMG pusat. Data yang digunakan dalam penelitian ini akan dibagi menjadi dua bagian yaitu data 29 tahun (1979-2007) untuk pemodelan dan data pada tahun 2008 untuk validasi.

Metode

Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1 dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi adanya curah hujan ekstrim dengan diagram kotak garis
2. Mereduksi dimensi peubah penjelas dengan menggunakan AKU, sehingga diperoleh koefisien AKU. Berdasarkan jumlah kumulatif ($>80\%$) dari proporsi nilai akar ciri dipilih sejumlah $KU_i = 1, 2, \dots, m$.
3. Membangun model regresi kuantil pada kuantil (τ) = 75, 90, 95 antara Y dengan KU yang terpilih pada tahap 2 dan peubah penjelas bulan (1, 2, 3, ..., 12).
4. Membangun model regresi kuantil pada kuantil (τ) = 75, 90, 95 antara Y dengan berbagai jumlah KU sampai didapatkan model dengan QVSS tertinggi.
5. Membandingkan model yang telah terbentuk pada tahap (3) dan tahap (4)

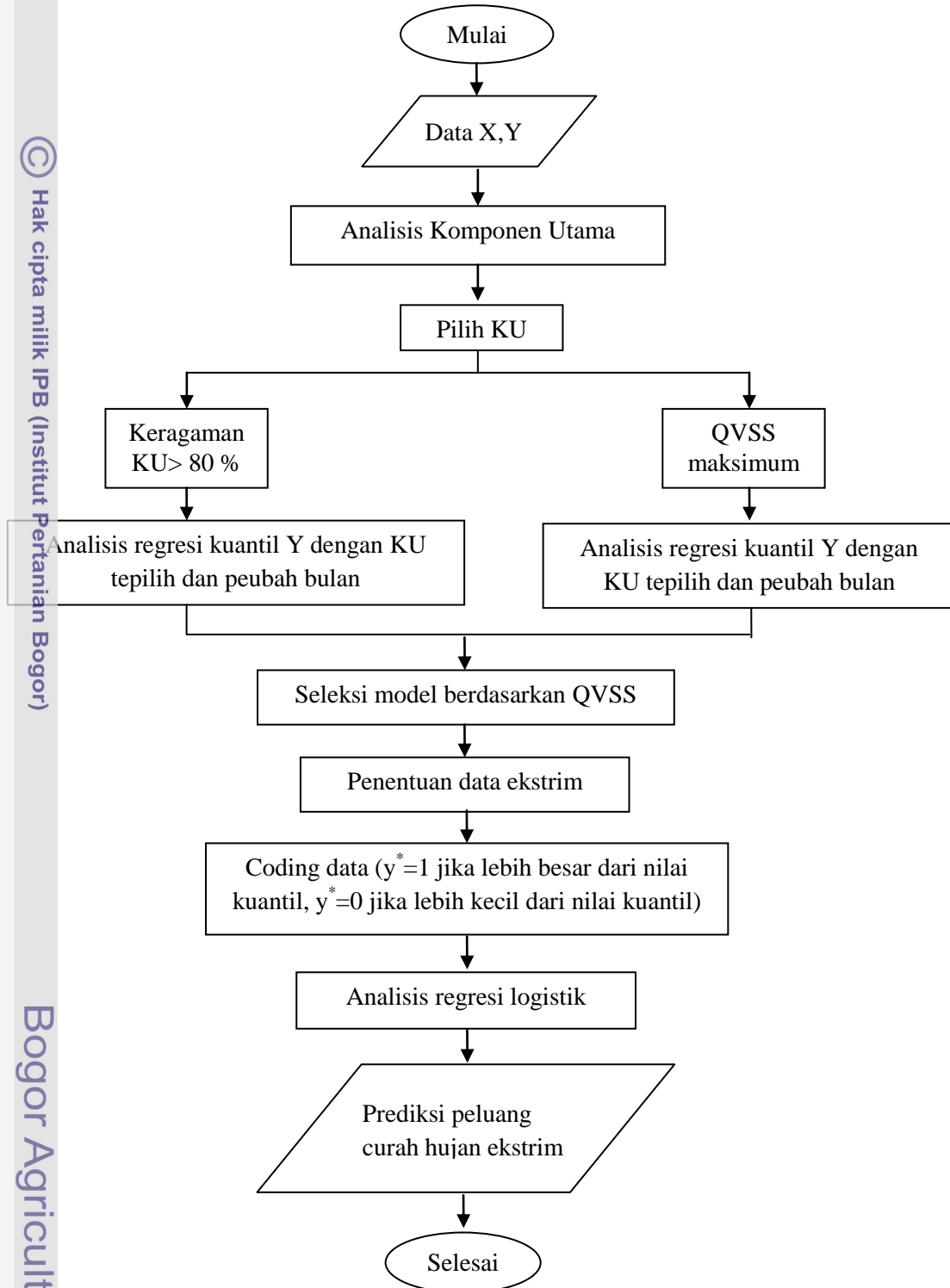
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

6. Mengukur ketepatan model regresi kuantil pada tahap (3) dan (4) untuk mendapatkan model yang terbaik menggunakan QVSS.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

7. Menghitung peluang kejadian curah hujan ekstrim tiap bulan pada kuantil tertentu dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Mengelompokkan data berdasarkan bulan, kemudian memilih data yang berada di atas nilai kuantil setiap bulan.

Respon pada data yang telah terpilih diberi kode dengan ketentuan:

$$y^* = \begin{cases} 1, & y \geq Q_\tau(y) \\ 0, & y < Q_\tau(y) \end{cases}$$

- b. Membentuk model regresi logistik untuk menduga peluang curah hujan ekstrim tiap bulan pada kuantil tertentu.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data Curah hujan

Deskripsi data curah hujan bulanan yang tercatat di stasiun penakar curah hujan Bangkir kabupaten Indramayu disajikan pada Tabel 1. Data penelitian merupakan data curah hujan bulanan kabupaten Indramayu yang termasuk dalam DPM (Daerah Prakiraan Musim) 6. Musim kemarau pada DPM 6 mulai pada bulan April- September dan musim hujan antara November - Maret (Haryoko 2005). Pada bulan-bulan yang masuk dalam musim hujan rata-rata curah hujan bulannya relatif tinggi seperti pada bulan Januari, Februari, Maret, November, dan Desember. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari tahun 1994 dengan intensitas 947 mm.

Tabel 1 Deskripsi Data Curah Hujan

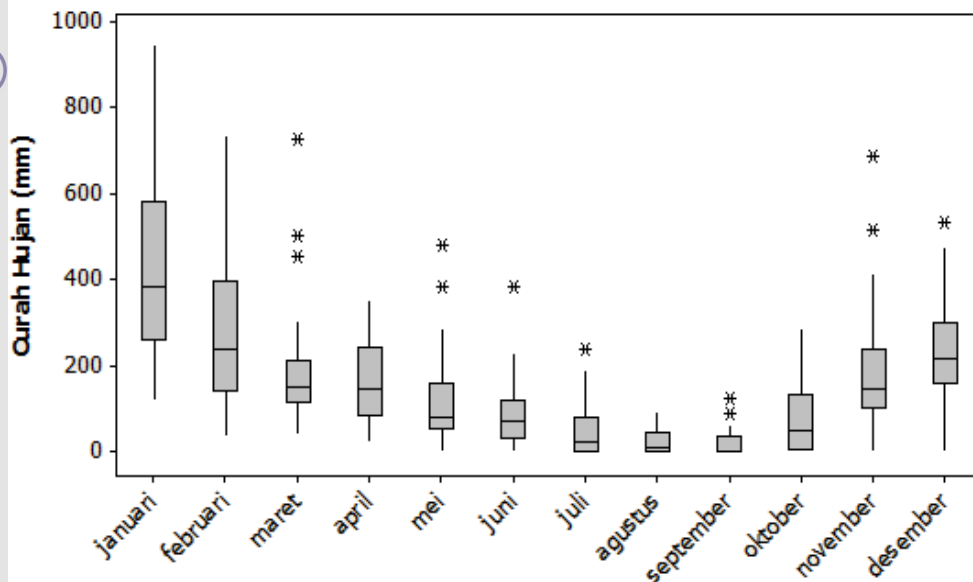
| Bulan | Rataan | Simpangan baku | Minimum | Maksimum | Koefisien Kemiringan |
|-----------|--------|----------------|---------|----------|----------------------|
| Januari | 429 | 224 | 120 | 947 | 0.73 |
| Februari | 284 | 192 | 37 | 737 | 0.89 |
| Maret | 191 | 144 | 41 | 728 | 2.35 |
| April | 160 | 93 | 23 | 352 | 0.50 |
| Mei | 112 | 111 | 0 | 483 | 1.89 |
| Juni | 89 | 83 | 0 | 386 | 1.85 |
| Juli | 51 | 66 | 0 | 240 | 1.51 |
| Agustus | 22 | 27 | 0 | 93 | 0.95 |
| September | 20 | 31 | 0 | 125 | 1.96 |
| Oktober | 72 | 77 | 0 | 287 | 1.08 |
| November | 191 | 153 | 0 | 687 | 1.54 |
| Desember | 236 | 127 | 0 | 534 | 0.62 |

Berbeda pada bulan-bulan di musim hujan, curah hujan pada bulan-bulan di musim kemarau relatif rendah. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata curah hujan per bulannya. Nilainya berkisar antara 20 mm sampai 160 mm. Simpangan baku terbesar berada pada bulan Januari dengan 224 mm dan terendah pada bulan Agustus. Simpangan baku yang tinggi pada bulan Januari menunjukkan bahwa curah hujan pada bulan Januari di tahun 1979-2008 sangat beragam. Koefisien kemiringan untuk semua bulan lebih dari nol, dengan koefisien kemiringan tertinggi berada pada bulan Maret sebesar 2.35 dan terendah pada bulan April sebesar 0.50. Koefisien kemiringan yang lebih dari nol merupakan indikator

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

bahwa sebaran data pengamatan tidak normal dan menjulur ke kanan, artinya nilai rata-rata lebih besar dari median dan modus. Dengan kata lain, bahwa terdapat curah hujan ekstrim (tinggi) pada data pengamatan. Diagram kotak garis data curah hujan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Kotak Garis Curah Hujan Bulanan.

Pada Gambar 2 tampak bahwa pada bulan Maret, Mei, Juni, Juli, September, November, dan Desember terdapat curah curah hujan bulanan yang lebih tinggi dari kondisi normalnya. Pada bulan Mei 1984, Juli 1985, September 1979, Maret 1994 curah hujan lebih tinggi dibanding kondisi normalnya. Demikian juga pada bulan Maret, Mei, Juni, November dan Desember tahun 1995 yang bertepatan dengan adanya *La-Nina* di Indonesia (Subagyo & Surmaini 2007). Selain pada bulan-bulan di tahun 1995, pada bulan September dan Maret 1996, serta November 2001 curah hujan bulanan juga lebih tinggi dari kondisi normalnya.

Analisis Regresi Kuantil Curah Hujan di Indramayu

Peubah X dalam penelitian ini merupakan *grid-grid* GCM yang memiliki korelasi tinggi antar *grid*nya. Korelasi antar *grid* berkisar antara mendekati -1 sampai dengan mendekati +1, atau $|r|$ berkisar antara 0.03 sampai 0.971. Korelasi antar *grid* dengan jarak yang relatif dekat relatif mendekati +1, dan makin jauh



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

jarak antar *grid* maka korelasi mendekati angka nol. Korelasi antar peubah penjasar yang paling tinggi yaitu sebesar 0.971 terjadi antara X35 dan X36. Kedua peubah penjasar tersebut merupakan peubah dengan *grid* yang saling berdekatan.

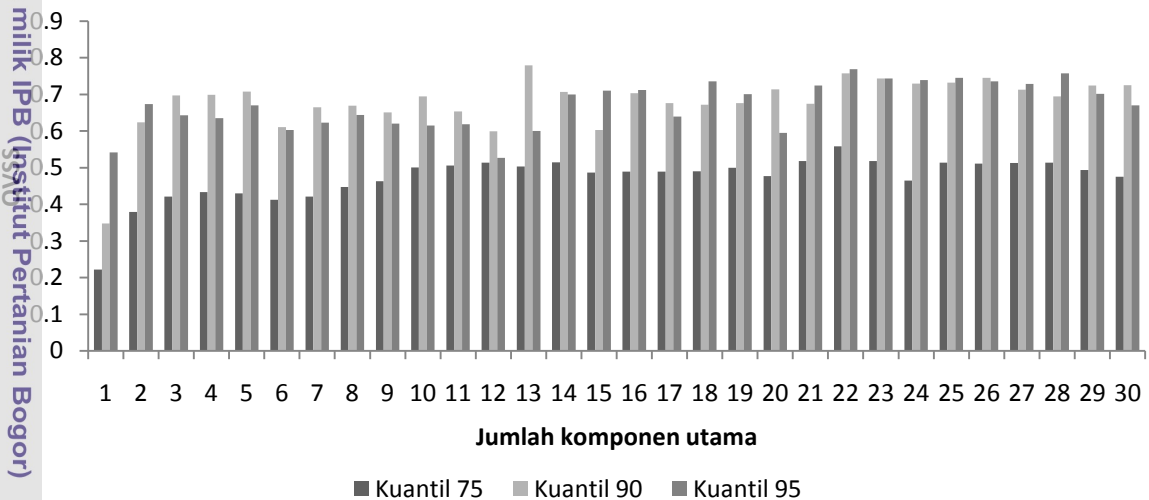
Untuk mengatasi adanya korelasi antar peubah penjasar, digunakan analisis komponen utama. Berdasarkan hasil dari analisis komponen utama diperoleh bahwa 4 komponen utama mampu menggambarkan keragaman data curah hujan bulanan GCM sebesar 79% dan 5 komponen mampu menggambarkan curah hujan bulanan GCM sebesar 82% (Hasil selengkapnya nilai akar ciri dan proporsi kumulatif dari setiap komponen utama (KU) pada Lampiran 1).

Selain berdasarkan proporsi kumulatif, pemilihan banyaknya KU yang akan digunakan dalam model juga dapat ditentukan berdasarkan nilai QVSS maksimum (Friederichs & Hense 2006). Nilai QVSS pada berbagai jumlah komponen utama dapat dilihat pada Lampiran 2 dan plot disajikan pada Gambar 2. QVSS terendah terdapat pada model dengan 1 KU, kemudian QVSS meningkat perlahan sampai pada model yang memuat 22 KU; dan selanjutnya mulai menurun. Hal ini menunjukkan bahwa KU yang menghasilkan QVSS maksimum adalah 22 KU.

Jika dilihat diagram kotak garis yang tersaji pada Gambar 2, tampak bahwa pola curah hujan di kabupaten Indramayu mengikuti bentuk kuadratik. Berdasarkan penelitian Djuraidah & Wigena (2011) yang mengeksplorasi curah hujan bulanan di kabupaten Indramayu, dihasilkan kesimpulan bahwa peubah bulan dan kuadrat bulan memberikan pengaruh yang nyata terhadap curah hujan bulanan di kabupaten Indramayu. Oleh karena itu kedua peubah tersebut juga digunakan sebagai peubah penjasar pada model regresi kuantil dan hasilnya akan dibandingkan dengan model yang hanya melibatkan KU sebagai peubah penjasar. Selanjutnya dibangun 4 model regresi kuantil yaitu model yang melibatkan peubah penjasar 5 KU (model 1); 5 KU, bulan dan kuadrat bulan (model 2); 22 KU (model 3); 22 KU, bulan dan kuadrat bulan (model 4).

Penduga bagi parameter regresi kuantil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3 untuk model 1, Lampiran 4 untuk model 2, Lampiran 5 untuk model 3 dan Lampiran 6 untuk model 4. Terdapat perbedaan nilai dugaan parameter pada kuantil yang berbeda, sehingga metode regresi kuantil dapat digunakan untuk

memodelkan kejadian ekstrim. Apabila kejadian ekstrim dimodelkan menggunakan metode kuadrat terkecil akan mengakibatkan ketidakcocokan model. Pada model yang melibatkan peubah bulan, baik model dengan 5 KU ataupun 22 KU, peubah bulan dan kuadrat bulan berpengaruh nyata terhadap curah hujan bulanan di Indramayu. Walaupun kedua peubah tersebut berpengaruh terhadap curah hujan bulanan, namun pemilihan model terbaik tidak dilakukan berdasarkan kriteria peubah yang berpengaruh nyata melainkan kriteria QVSS. Model dengan QVSS tertinggi merupakan model yang paling baik. Nilai QVSS untuk keempat model tersaji pada Tabel 2.



Gambar 3 Plot QVSS pada Berbagai Jumlah KU.

Model 2 dan model 4 yang melibatkan peubah penjelas bulan dan kuadrat bulan menghasilkan QVSS yang relatif rendah walaupun kedua peubah penjelas ini berpengaruh nyata terhadap curah hujan bulanan. Secara keseluruhan nilai QVSS pada model yang melibatkan 22 KU lebih besar dibandingkan ketiga model lainnya dengan nilai mencapai 0.77 pada kuantil ke 95. Hal ini menunjukkan bahwa model terbaik adalah regresi kuantil dengan 22 KU.

Tabel 2 QVSS dari Empat Model

| Model | QVSS | | |
|---------|---------------|---------------|---------------|
| | Kuantil ke 75 | Kuantil ke 90 | Kuantil ke 95 |
| Model 1 | 0.43 | 0.71 | 0.67 |
| Model 2 | 0.48 | 0.55 | 0.72 |
| Model 3 | 0.56 | 0.76 | 0.77 |

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

| | Model 4 | 0.47 | 0.49 | 0.57 |
|--------------|--------------------------------|--|------|------|
| Keterangan : | Model 1 : $Y=f(5 \text{ KU})$ | Model 2 : $Y=f(5 \text{ KU} + \text{bulan} + \text{bulan}^2)$ | | |
| | Model 3 : $Y=f(22 \text{ KU})$ | Model 4 : $Y=f(22 \text{ KU} + \text{bulan} + \text{bulan}^2)$ | | |

Pada kuantil ke 75 delapan peubah penjelas berpengaruh nyata terhadap curah hujan bulanan yaitu peubah KU1, KU2, KU3, KU10, KU11, KU 12, KU14 dan KU17. Untuk kuantil ke 90, ada sepuluh peubah penjelas yaitu KU1, KU2, KU3, KU4, KU7, KU8, KU10, KU11, KU12 dan KU17 yang berpengaruh nyata. Sedangkan untuk kuantil 95, hanya 5 peubah penjelas yang berpengaruh nyata yaitu KU1, KU2, KU3, KU8, KU11 dan KU12.

Berdasarkan model regresi kuantil yang telah terbentuk diperoleh prediksi curah hujan bulanan untuk data tahun 2008 yang merupakan data validasi. Hasil prediksi selengkapnya disajikan pada Tabel 3 dan visualisasinya dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 3 Prediksi dan Data Aktual Curah Hujan Bulanan tahun 2008

| Bulan | Kuantil ke 75 | Kuantil ke 90 | Kuantil ke 95 | aktual |
|-------|---------------|---------------|---------------|--------|
| 1 | 317.22 | 481.39 | 509.91 | 350 |
| 2 | 541.87 | 730.63 | 843.64 | 727 |
| 3 | 314.03 | 322.01 | 388.72 | 234 |
| 4 | 321.47 | 332.63 | 408.97 | 168 |
| 5 | 77.89 | 145.77 | 244.19 | 18 |
| 6 | 117.46 | 164.74 | 249.24 | 46 |
| 7 | 46.95 | 83.49 | 182.89 | 0 |
| 8 | 51.69 | 132.65 | 198.57 | 41 |
| 9 | 19.18 | 85.03 | 132.19 | 7 |
| 10 | 109.42 | 168.99 | 217.92 | 52 |
| 11 | 204.55 | 325.71 | 352.83 | 136 |
| 12 | 189.76 | 236.59 | 292.56 | 134 |

Prediksi curah hujan kuantil ke 90 dan 95 pada bulan Januari sampai Desember lebih tinggi daripada nilai pengamatan, namun prediksinya mampu mengikuti pola data pengamatan saat ada curah hujan yang ekstrim. Bulan Februari merupakan saat di mana curah hujan paling tinggi di tahun 2008, yaitu sebesar 727 mm. Prediksi curah hujan bulanan pada kuantil 90 untuk bulan Februari paling mendekati nilai amatannya, yaitu 730.63 mm. Prediksi curah hujan untuk bulan Februari pada kuantil ke 95 paling tinggi yaitu sebesar 843.64 mm. Untuk bulan-bulan yang berada di musim kemarau (April-September) prediksi untuk kuantil 75, 90, dan 95 relatif rendah dibandingkan bulan-bulan



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

yang berada di musim hujan (Oktober-Maret). Namun nilai prediksi curah hujan bulanannya berada di atas data amatannya. Data amatan curah hujan bulanan pada bulan April sampai September berturut-turut adalah 168 mm, 18 mm, 46 mm, 0 mm, 41 mm, 7 mm dan 52 mm. Pada kuantil 75, nilai prediksi curah hujan bulanan pada bulan April sampai September adalah 321.47 mm, 77, 89 mm, 117,46 mm, 46.95 mm, 51.69 mm, 19.18 mm, dan 109.42 mm. Model regresi kuantil yang terbentuk dapat menggambarkan kondisi curah hujan ekstrim di dramayu, dan hasil prediksi sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.

Peluang Kejadian Curah Hujan Ekstrim

Hasil pendugaan parameter regresi logistik dapat dilihat pada Lampiran 7. Uji kesesuaian model menggunakan statistik uji G untuk model logistik pada kuantil ke 75, 90 dan 95 berturut-turut adalah 729.566, 264.735, 169.835 dengan nilai-p sebesar 0.000 untuk ketiga model. Nilai p yang nyata pada $\alpha = 5\%$ menunjukkan bahwa model regresi logistik yang terbentuk dapat digunakan untuk memprediksi peluang kejadian curah hujan ekstrim tiap bulan pada masing-masing kuantil. Prediksi peluang kejadian curah hujan ekstrim dapat dilihat pada tabel 4.

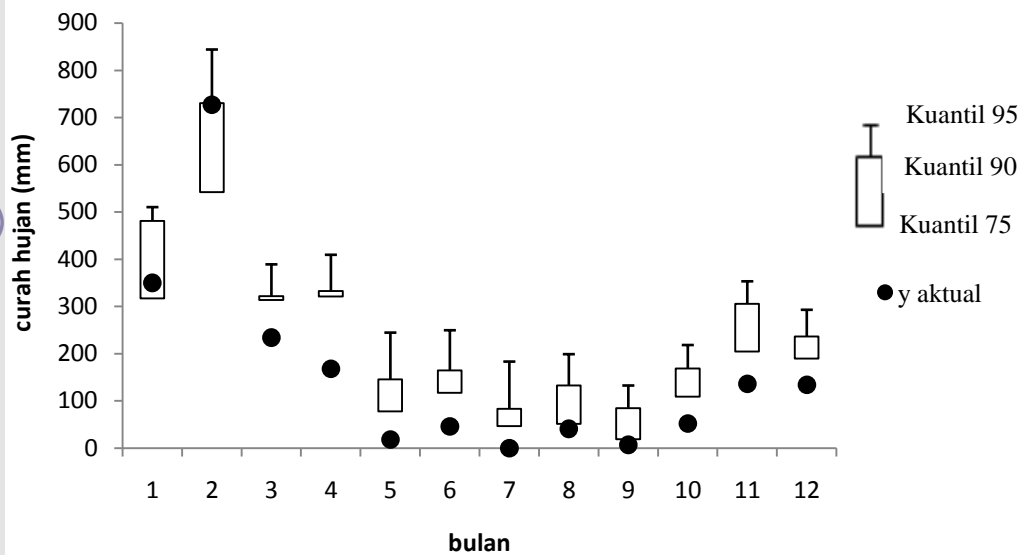
Peluang kejadian ekstrim pada kuantil ke 75 tinggi pada bulan November, Desember, Januari, Februari dan Maret dengan nilai peluang berturut turut adalah 0.83, 0.89, 0.97, 0.99 dan 0.99. Bulan-bulan ini merupakan bulan yang masuk dalam musim hujan. Pada kuantil ke 90, peluang kejadian ekstrim hanya tinggi pada bulan Januari dan Februari dengan nilai lebih dari 0.8. Amatan curah hujan bulanan pada kedua bulan ini juga lebih tinggi dibandingkan pada bulan-bulan lainnya. Sedangkan untuk peluang kejadian ekstrim curah hujan pada kuantil ke 95 hanya tinggi pada bulan Februari yaitu mencapai 0.99

Visualisasi prediksi peluang kejadian ekstrim tersebut dapat dilihat pada gambar 5. Terlihat pula bahwa pada musim kemarau peluang kejadian curah hujan ekstrim sangat rendah, sedangkan peluang kejadian ekstrim pada musim hujan cukup tinggi kecuali pada bulan Desember.

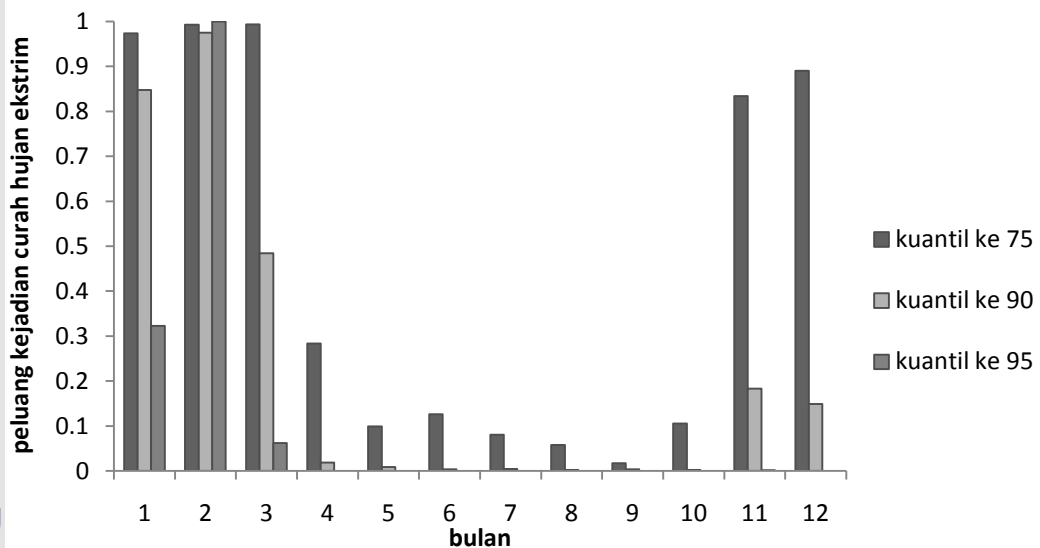
Untuk bulan-bulan di musim kemarau, peluang kejadian ekstrim pada kuantil ke 75 rendah, di bawah 0.3. Sedangkan peluang kejadian pada kuantil 90

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

di bawah 0.9. Untuk peluang kejadian curah hujan ekstrim pada kuantil ke 95 nilainya nol pada semua bulan di musim kemarau.



Gambar 4 Prediksi Curah Hujan tahun 2008 pada kuantil ke 75, 90, dan 95.



Gambar 5 Prediksi Peluang per Bulan

Pada bulan Februari dugaan peluang terjadinya curah hujan ekstrim pada kuantil ke 75, 90 dan 95 sangat tinggi. Sementara pada bulan lainnya dugaan peluang terjadinya curah hujan ekstrim pada kuantil ke 90 dan 95 menurun. Hal ini disebabkan pada bulan Februari tahun 2008 yang merupakan tahun validasi pada penelitian ini, curah hujan bulanan sangat tinggi, sehingga prediksi peluang curah hujan ekstrim juga tinggi.

Tabel 4 Prediksi Peluang Kejadian Curah Hujan Ekstrim

| Bulan | Kuantil ke 75 | Kuantil ke 90 | Kuantil ke 95 |
|-------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 0.97 | 0.84 | 0.32 |
| 2 | 0.99 | 0.97 | 0.99 |
| 3 | 0.99 | 0.48 | 0.06 |
| 4 | 0.28 | 0.02 | 0.00 |
| 5 | 0.09 | 0.01 | 0.00 |
| 6 | 0.12 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 0.08 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.11 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.83 | 0.18 | 0.00 |
| 12 | 0.89 | 0.15 | 0.00 |

Bulan April sampai dengan September adalah bulan-bulan dengan curah hujan rendah, karena masuk dalam musim kemarau. Prediksi peluang kejadian curah hujan ekstrim dan curah hujan bulannya juga kecil; sedangkan untuk bulan November sampai dengan Maret yang masuk dalam musim hujan, nilai prediksi curah hujan bulanan dan peluang kejadian curah hujan ekstrimnya tinggi. Prediksi peluang kejadian curah hujan ekstrim di bulan April sampai dengan September sangat kecil, kurang dari 0.1. Prediksi ini seiring dengan prediksi curah hujan bulanan berdasarkan model regresi kuantil yang juga rendah.

Bulan Januari dan Februari merupakan bulan yang berpeluang terjadi curah hujan tinggi. Peluang curah hujan bulanan lebih dari 317.22 mm di bulan Januari adalah 0.97. Sedangkan untuk curah hujan lebih dari 509.91 mm adalah 0.28. Untuk bulan Februari didapatkan prediksi peluang sebesar 0.97 untuk curah hujan yang lebih dari 703.63 mm. Untuk bulan November peluang terjadinya curah hujan lebih dari 325.71 mm sangat kecil yaitu 0.18. Demikian juga dengan bulan Desember yang diprediksi berpeluang sebesar 0.15 untuk curah hujan yang lebih dari 236.59 mm.

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis regresi kuantil untuk memprediksi curah hujan ekstrim dengan memanfaatkan data luaran GCM, dapat disimpulkan :

Prediksi curah hujan ekstrim yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan yang sama dengan pola data pengamatan pada kondisi ekstrim.

Peluang kejadian curah hujan ekstrim di kuantil 90 dan 95 cukup efektif untuk menduga nilai ekstrim.

Saran

Dalam penelitian ini, hanya diprediksi satu nilai curah hujan per bulannya. Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan selang kepercayaan prediksi curah hujan bulanan.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR PUSTAKA

- Baehaki. 2011. Normalisasi dan Pengendalian Dini Hama Wereng Coklat Pengaman Produksi Padi Nasional. *Agro inovasi* 3415 : 1-9. <http://www.litbang.deptan.go.id/download/one/113/file/Pengendalian-Wereng.pdf>. [16 Februari 2012]
- BKMG]. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2011. Perubahan Iklim dan Dampaknya di Indonesia. http://www.bmkg.go.id/bmkg_pusat/klimatologi/informasiPI.bmkg [12 Januari 2012]
- PS]. Badan Pusat Statistik. 2011. Indramayu dalam Angka 2011. Indramayu : BPS Kabupaten Indramayu.
- Buhai S. 2004. Quantile regression :Overview and Selected Application. <http://www.ad-astra.ro/journal/7/buhai>. [1 Oktober 2011]
- Chen C. 2005. An Introduction to Quantile Regression and The QUANTREG Procedure. Proceedings of the Thirtieth Annual SAS Users Group International Conference. <http://www2.sas.com/proceedings/sugi30/213-30.pdf>. [10 Desember 2011]
- Juraidah A, Wigena AH. 2011. Regresi Kuantil untuk Eksplorasi Pola Curah Hujan di Kabupaten Indramayu. http://www.fmipa.unej.ac.id/images/pdf/vol12no1/ANIK_MATE.pdf. [16 November 2011]
- Friederichs P, Hense A. 2006. Statistical Downscaling of Extreme Precipitation Events Using Censored Quantile Regression. <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/MWR34031>. [1 Oktober 2011].
- Furno M. 2006. Quantile Regression and Structural Changes in the Italian Wage Equation. Department of economics University of Cassino.
- Hao L, Naiman DQ. 2007. Quantile Regression. United States of America : Sage Publications, Inc.
- Jaryoko U. 2004. Pendekatan Reduksi Dimensi Luaran GCM untuk Penyusunan Model SD. [Tesis]. Bogor : Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor
- Jaryoko U. 2005. Pewilayahan Hujan untuk menentukan Pola Hujan (Contoh kasus Kabupaten Indramayu. <http://www.staklimpondokbetung.net/publikasi/PengelompokanPolaHujan.pdf> [4 Mei 2012]
- Dayat S. 2008. Iklim Lokal. Pusat Pengembangan Bahan Ajar Universitas Mercubuana. pksm.mercubuana.ac.id/new/elearning/files_modul/12036-5-532799148860.doc. [2 Desember 2011]



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hosmer DW, Lemeshow S. 2000. Applied Logistic Regression. New York : John Wiley and Sons.

Irawan B. 2006. Fenomena Anomali Iklim El Nino dan La Nina : Kecenderungan Jangka Panjang dan Pengaruhnya terhadap Produksi Pangan. Forum Penelitian Agro Ekonomi 24(1) : 28-45. <http://pse.litbang.deptan.go.id/ind/pdf/FAE24-1c.pdf>. [5 Maret 2012].

Johnson RA & Wichern DW. 1998. Applied Multivariate Statistical Analysis. United States of America : Prentice Hall International.Inc.

Senkenker R. 2005. Quantile Regression. Cambridge: Cambridge University Press.

Muhi AH. 2011. Pemanasan Global. <http://alimuhi.staff.ipdn.ac.id/wp-content/uploads/2011/12/PEMANASAN-GLOBAL.pdf>. [20 Januari 2012]

Payung BS. 2000. Dampak Variabilitas Iklim Terhadap Produksi Pangan di Sumatera. http://www.perpustakaan.lapan.go.id/jurnal/index.php/jurnal_sains/article/viewFile/652/570. [16 Februari 2012]

Subagyo K, Surmanini E. 2007. Pengelolaan Sumberdaya Iklim dan Air untuk Antisipasi Perubahan Iklim. [http://www.bmkg.go.id/Puslitbang/filePDF/Dokumen 261 Volume 8 Nomor 1 Juli 2007 Pengelolaan Sumberdaya Iklim dan Air untuk Antisipasi Perubahan Iklim.pdf](http://www.bmkg.go.id/Puslitbang/filePDF/Dokumen%20261%20Volume%208%20Nomor%201%20Juli%202007%20Pengelolaan%20Sumberdaya%20Iklim%20dan%20Air%20untuk%20Antisipasi%20Perubahan%20Iklim.pdf). [18 Mei 2012]

Yakur AR. 2011. Klasifikasi Iklim. <http://geografiuntukmu.blogspot.com/2011/04/klasifikasi-iklim.html>. [20 Januari 2012]

Wigena AH. 2006. Pemodelan Statistical Downscaling dengan Regresi Projection Pursuit untuk Peramalan Curah Hujan Bulanan : Kasus Curah Hujan Bulanan di Indramayu [Disertasi]. Bogor : Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Zorita E, von Storch H. 1999. The Analog Method as a Simple Statistical Downscaling Technique. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 12: 2474-2489.



LAMPIRAN

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 1 Nilai Akar Ciri, Proporsi dan Proporsi Kumulatif Komponen Utama

| Jumlah komponen utama | Nilai Eigen | Proporsi | Proporsi Kumulatif |
|-----------------------|-------------|----------|--------------------|
| 1 | 18.021 | 0.522 | 0.523 |
| 2 | 9.441 | 0.143 | 0.666 |
| 3 | 6.544 | 0.069 | 0.736 |
| 4 | 5.817 | 0.054 | 0.791 |
| 5 | 4.314 | 0.029 | 0.821 |
| 6 | 3.726 | 0.022 | 0.843 |
| 7 | 3.362 | 0.018 | 0.861 |
| 8 | 2.917 | 0.014 | 0.875 |
| 9 | 2.892 | 0.014 | 0.888 |
| 10 | 2.743 | 0.012 | 0.901 |
| 11 | 2.542 | 0.010 | 0.911 |
| 12 | 2.234 | 0.008 | 0.919 |
| 13 | 2.105 | 0.007 | 0.926 |
| 14 | 2.015 | 0.006 | 0.932 |
| 15 | 1.835 | 0.005 | 0.938 |
| 16 | 1.731 | 0.005 | 0.943 |
| 17 | 1.600 | 0.004 | 0.947 |
| 18 | 1.468 | 0.003 | 0.950 |
| 19 | 1.452 | 0.003 | 0.954 |
| 20 | 1.381 | 0.003 | 0.956 |
| 21 | 1.337 | 0.003 | 0.959 |
| 22 | 1.299 | 0.003 | 0.962 |
| 23 | 1.242 | 0.002 | 0.965 |
| 24 | 1.195 | 0.002 | 0.967 |
| 25 | 1.159 | 0.002 | 0.969 |

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 2 Nilai QVSS pada Berbagai Jumlah Komponen Utama

| Jumlah KU | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kuantil 75 | 0.22 | 0.37 | 0.42 | 0.43 | 0.43 | 0.41 | 0.42 | 0.45 | 0.46 | 0.50 |
| Kuantil 90 | 0.35 | 0.62 | 0.69 | 0.70 | 0.71 | 0.61 | 0.66 | 0.67 | 0.65 | 0.69 |
| Kuantil 95 | 0.54 | 0.67 | 0.64 | 0.63 | 0.67 | 0.60 | 0.62 | 0.64 | 0.62 | 0.62 |
| Jumlah KU | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Kuantil 75 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.51 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.50 | 0.48 |
| Kuantil 90 | 0.65 | 0.60 | 0.78 | 0.71 | 0.60 | 0.70 | 0.68 | 0.67 | 0.67 | 0.71 |
| Kuantil 95 | 0.62 | 0.53 | 0.60 | 0.70 | 0.71 | 0.71 | 0.64 | 0.74 | 0.70 | 0.59 |
| Jumlah KU | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Kuantil 75 | 0.52 | 0.58 | 0.52 | 0.46 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.49 | 0.47 |
| Kuantil 90 | 0.68 | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.73 | 0.74 | 0.71 | 0.69 | 0.72 | 0.72 |
| Kuantil 95 | 0.72 | 0.77 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.73 | 0.73 | 0.76 | 0.70 | 0.67 |

Lampiran 3 Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 1

| Kuantil ke | Parameter | Dugaan | Selang Kepercayaan | Stat. Wald | Nilai p |
|------------|-----------|--------|--------------------|------------|---------|
| 75 | Intersep | 200.18 | 184.51 228.05 | 13.94 | 0.00 |
| | KU 1 | -6.11 | -8.25 -5.65 | -8.33 | 0.00 |
| | KU 2 | 3.88 | 2.64 7.15 | 2.83 | 0.00 |
| | KU 3 | 5.85 | 3.37 7.35 | 3.68 | 0.00 |
| | KU 4 | 0.71 | -2.64 5.72 | 0.28 | 0.77 |
| | KU 5 | -2.75 | -5.76 1.85 | -1.25 | 0.21 |
| 90 | Intersep | 314.61 | 286.71 351.46 | 11.90 | 0.00 |
| | KU 1 | -8.13 | -11.73 -6.17 | 5.96 | 0.00 |
| | KU 2 | 9.05 | 5.18 11.82 | 3.35 | 0.00 |
| | KU 3 | 9.96 | 2.82 11.82 | 2.56 | 0.01 |
| | KU 4 | 0.33 | -5.90 7.57 | -0.07 | 0.94 |
| | KU 5 | -2.21 | -6.08 2.68 | -0.44 | 0.65 |
| 95 | Intersep | 423.03 | 370.31 479.10 | 38.07 | 0.00 |
| | KU 1 | -9.15 | -15.92 -5.35 | -26.96 | 0.00 |
| | KU 2 | 7.70 | 2.13 17.53 | 12.50 | 0.00 |
| | KU 3 | 8.86 | 1.39 18.66 | 14.91 | 0.00 |
| | KU 4 | 1.99 | -13.93 6.01 | -0.40 | 0.68 |
| | KU 5 | -10.42 | -16.20 11.75 | 3.96 | 0.00 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 4 Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 2

| Kuantil ke | Parameter | Dugaan | Selang Kepercayaan | | Stat. Wald | Nilai p |
|------------|-------------|---------|--------------------|---------|------------|---------|
| 75 | Intersep | 408.64 | 314.44 | 466.29 | 11.19 | 0.00 |
| | KU 1 | -1.41 | -2.52 | -0.90 | -3.28 | 0.00 |
| | KU 2 | 1.89 | -0.26 | 3.19 | 2.58 | 0.01 |
| | KU 3 | -0.86 | -2.09 | 0.80 | -1.21 | 0.23 |
| | KU 4 | -2.20 | -3.95 | 1.19 | -1.95 | 0.05 |
| | KU 5 | -0.94 | -3.98 | 2.05 | -0.87 | 0.38 |
| | Bulan | -101.19 | -119.03 | -66.41 | -8.72 | 0.00 |
| | Bulan*bulan | 6.93 | 4.55 | 8.20 | 8.57 | 0.00 |
| 90 | Intersep | 671.89 | 507.64 | 814.58 | 6.45 | 0.00 |
| | KU 1 | -1.26 | -4.06 | 0.33 | -1.30 | 0.19 |
| | KU 2 | 2.85 | -0.61 | 5.33 | 2.19 | 0.02 |
| | KU 3 | -2.84 | -3.91 | 0.80 | -1.47 | 0.14 |
| | KU 4 | -3.85 | -6.05 | 1.20 | -1.54 | 0.12 |
| | KU 5 | -1.14 | -4.11 | 2.51 | -0.54 | 0.58 |
| | Bulan | -166.82 | -217.87 | -102.88 | -4.28 | 0.00 |
| | Bulan*bulan | 11.35 | 6.37 | 15.00 | 4.94 | 0.00 |
| 95 | Intersep | 951.30 | 510.70 | 1670.84 | 33.55 | 0.00 |
| | KU 1 | -6.62 | -17.34 | 6.13 | -11.41 | 0.00 |
| | KU 2 | 5.56 | -6.69 | 16.36 | 7.20 | 0.00 |
| | KU 3 | -2.43 | -21.42 | 20.50 | -2.79 | 0.00 |
| | KU 4 | -11.22 | -27.20 | 15.16 | -3.33 | 0.00 |
| | KU 5 | -3.10 | -14.90 | 4.04 | -5.25 | 0.00 |
| | Bulan | -137.38 | -384.64 | 56.24 | -11.51 | 0.00 |
| | Bulan*bulan | 8.29 | -6.44 | 25.67 | 8.78 | 0.00 |

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 5 Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 3

| Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 3 pada Kuantil ke 75 | | | | | |
|---|--------|--------------------|--------|------------|---------|
| Parameter | Dugaan | Selang Kepercayaan | | Stat. Wald | Nilai p |
| Intersep | 207.94 | 186.92 | 225.13 | 13.88 | 0.00 |
| KU 1 | -7.03 | -7.91 | -5.88 | -12.60 | 0.00 |
| KU 2 | 4.87 | 0.93 | 0.64 | 4.14 | 0.00 |
| KU 3 | 5.54 | 2.43 | 6.86 | 4.09 | 0.00 |
| KU 4 | 0.80 | -2.12 | 5.03 | 0.51 | 0.61 |
| KU 5 | -3.34 | -6.70 | 1.08 | -1.59 | 0.11 |
| KU 6 | -0.05 | -4.41 | 2.86 | -0.02 | 0.98 |
| KU 7 | 3.68 | -3.64 | 9.08 | 1.21 | 0.23 |
| KU 8 | 2.19 | 1.91 | 8.195 | 0.703 | 0.48 |
| KU 9 | 6.90 | 4.98 | 14.32 | 1.85 | 0.65 |
| KU 10 | -6.48 | -12.49 | -0.48 | -2.13 | 0.03 |
| KU 11 | -9.52 | -14.80 | -4.86 | -2.65 | 0.008 |
| KU 12 | -9.22 | -18.25 | -0.19 | -2.32 | 0.02 |
| KU 13 | 0.52 | -7.16 | 7.75 | 0.10 | 0.92 |
| KU 14 | -8.21 | -22.92 | -1.68 | -1.98 | 0.05 |
| KU 15 | -7.76 | -15.81 | 9.37 | -1.57 | 0.12 |
| KU 16 | -6.69 | -20.28 | 3.24 | -1.65 | 0.10 |
| KU 17 | 10.50 | 5.04 | 22.63 | 2.15 | 0.03 |
| KU 18 | -2.650 | -11.44 | 6.57 | -0.46 | 0.64 |
| KU 19 | 4.51 | -3.41 | 20.24 | 0.61 | 0.54 |
| KU 20 | 5.78 | -14.29 | 15.63 | 0.89 | 0.38 |
| KU 21 | 1.23 | -8.92 | 13.24 | 0.22 | 0.83 |
| KU 22 | 12.18 | 1.14 | 30.65 | 1.77 | 0.78 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 5 (lanjutan)

| Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 3 pada Kuantil ke 90 | | | | | |
|---|--------|--------------------|--------|------------|---------|
| Parameter | Dugaan | Selang Kepercayaan | | Stat. Wald | Nilai p |
| Intersep | 328.21 | 303.13 | 364.33 | 16.27 | 0.00 |
| KU 1 | -8.61 | -10.81 | -5.22 | -8.63 | 0.00 |
| KU 2 | 7.72 | 2.81 | 10.20 | 4.69 | 0.00 |
| KU 3 | 4.05 | 1.85 | 11.69 | 2.46 | 0.01 |
| KU 4 | 4.39 | -1.78 | 7.40 | 2.29 | 0.02 |
| KU 5 | -3.79 | -15.51 | 4.17 | -1.31 | 0.19 |
| KU 6 | -2.57 | -11.47 | 9.44 | -0.95 | 0.34 |
| KU 7 | 5.57 | -3.91 | 14.39 | 1.80 | 0.07 |
| KU 8 | 12.23 | 6.14 | 19.07 | 2.82 | 0.01 |
| KU 9 | 9.19 | -2.95 | 22.03 | 1.58 | 0.12 |
| KU 10 | -10.93 | -15.20 | 3.81 | -2.19 | 0.03 |
| KU 11 | -23.59 | -36.17 | -6.06 | -3.48 | 0.00 |
| KU 12 | -17.01 | -30.31 | 1.80 | -2.47 | 0.01 |
| KU 13 | -2.27 | -4.85 | 29.09 | -0.26 | 0.79 |
| KU 14 | -11.59 | 22.16 | 8.04 | -1.96 | 0.05 |
| KU 15 | 9.28 | -10.44 | 24.07 | 1.04 | 0.30 |
| KU 16 | -10.93 | -27.06 | -2.97 | -1.44 | 0.15 |
| KU 17 | 25.87 | 1.52 | 29.69 | 3.58 | 0.00 |
| KU 18 | 4.48 | -21.26 | 31.00 | 0.44 | 0.66 |
| KU 19 | -5.34 | -22.62 | 32.85 | -0.49 | 0.62 |
| KU 20 | 10.09 | -8.29 | 31.20 | 1.28 | 0.20 |
| KU 21 | 8.30 | -13.62 | 37.00 | 1.09 | 0.28 |
| KU 22 | 18.06 | -8.36 | 34.17 | 1.60 | 0.11 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 5 (lanjutan)

| Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 3 pada Kuantil ke 95 | | | | | |
|---|--------|--------------------|-------|------------|---------|
| Parameter | Dugaan | Selang Kepercayaan | | Stat. Wald | Nilai p |
| Intersep | 385.91 | 368.57 | 415.6 | 19.25 | 0.00 |
| KU 1 | -8.87 | -10.70 | -6.63 | -11.02 | 0.00 |
| KU 2 | 9.92 | 2.61 | 11.19 | 6.86 | 0.00 |
| KU 3 | 5.84 | 1.18 | 12.81 | 2.00 | 0.05 |
| KU 4 | 2.82 | -6.45 | 9.21 | 1.11 | 0.27 |
| KU 5 | -1.79 | -15.08 | 2.97 | -0.41 | 0.68 |
| KU 6 | -4.50 | -11.62 | 6.84 | -0.78 | 0.44 |
| KU 7 | 4.35 | -6.12 | 13.39 | 0.91 | 0.37 |
| KU 8 | 16.80 | 5.39 | 22.43 | 2.77 | 0.01 |
| KU 9 | 3.72 | -7.37 | 27.31 | 0.60 | 0.55 |
| KU 10 | -14.69 | -22.86 | 6.38 | -1.94 | 0.05 |
| KU 11 | -31.97 | -39.11 | -1.34 | -4.28 | 0.00 |
| KU 12 | -25.84 | -34.65 | -4.46 | -3.64 | 0.00 |
| KU 13 | 12.00 | -9.96 | 19.71 | 1.36 | 0.18 |
| KU 14 | -18.09 | -31.10 | 27.68 | -1.95 | 0.05 |
| KU 15 | 12.22 | 3.77 | 28.63 | 1.18 | 0.24 |
| KU 16 | -5.23 | -39.37 | -0.59 | -0.62 | 0.53 |
| KU 17 | 12.35 | -0.39 | 39.52 | 1.40 | 0.16 |
| KU 18 | 8.25 | -34.10 | 60.36 | 0.63 | 0.53 |
| KU 19 | -0.65 | -24.14 | 33.68 | -0.06 | 0.96 |
| KU 20 | 3.23 | -4.76 | 46.26 | 0.28 | 0.78 |
| KU 21 | 10.77 | -11.04 | 50.17 | 1.09 | 0.28 |
| KU 22 | 18.41 | -12.91 | 23.15 | 1.977 | 0.05 |

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 6 Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 4

| Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 4 pada Kuantil ke 75 | | | | | |
|---|---------|--------------------|---------|------------|---------|
| Parameter | Dugaan | Selang Kepercayaan | | Stat. Wald | Nilai p |
| Intersep | 633.09 | 501.55 | 907.90 | 7.58 | 0.00 |
| KU 1 | -1.89 | -4.10 | 1.33 | -3.79 | 0.00 |
| KU 2 | 3.10 | -1.81 | 5.51 | 3.49 | 0.00 |
| KU 3 | -2.25 | -6.49 | 0.06 | -0.57 | 0.57 |
| KU 4 | -1.37 | -7.14 | 0.56 | -1.20 | 0.23 |
| KU 5 | -0.13 | -7.99 | 1.86 | -1.19 | 0.24 |
| KU 6 | -4.87 | -10.36 | -1.5 | -2.28 | 0.02 |
| KU 7 | 6.19 | -1.50 | 9.75 | -0.26 | 0.80 |
| KU 8 | -0.75 | -7.43 | 5.90 | -0.32 | 0.75 |
| KU 9 | 4.17 | -1.69 | 9.45 | 2.84 | 0.00 |
| KU 10 | 1.01 | -6.38 | 10.93 | 0.57 | 0.57 |
| KU 11 | -3.14 | -8.55 | 6.86 | 0.28 | 0.78 |
| KU 12 | -6.22 | -15.96 | -0.77 | -1.22 | 0.22 |
| KU 13 | 1.82 | -9.50 | 18.54 | -0.44 | 0.66 |
| KU 14 | -5.3 | -11.53 | 4.44 | -2.86 | 0.00 |
| KU 15 | -6.44 | -13.80 | 9.23 | 0.39 | 0.70 |
| KU 16 | -6.37 | -19.26 | 6.43 | 0.50 | 0.62 |
| KU 17 | 10.05 | -3.25 | 17.9 | 0.88 | 0.38 |
| KU 18 | 3.21 | -11.69 | 11.48 | -0.89 | 0.38 |
| KU 19 | 15.73 | -3.45 | 31.15 | 2.38 | 0.02 |
| KU 20 | -0.93 | -14.36 | 9.76 | -0.57 | 0.57 |
| KU 21 | 1.36 | -8.85 | 15.07 | 1.72 | 0.09 |
| KU 22 | 13.14 | -11.44 | 27.77 | 2.03 | 0.04 |
| Bulan | -150.54 | -226.75 | -100.14 | -5.60 | 0.00 |
| Bulan ² | 10.28 | 6.30 | 15.60 | 5.49 | 0.00 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 6 (lanjutan)

| Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 4 pada Kuantil ke 90 | | | | | |
|---|---------|--------------------|---------|------------|---------|
| Parameter | Dugaan | Selang Kepercayaan | | Stat. Wald | Nilai p |
| Intersep | 975.35 | 820.57 | 1181.25 | 10.35 | 0.00 |
| KU 1 | -0.54 | -2.84 | 2.09 | -0.393 | 0.69 |
| KU 2 | 1.33 | -1.36 | 4.22 | 0.83 | 0.41 |
| KU 3 | -4.49 | -10.43 | -2.64 | -1.64 | 0.10 |
| KU 4 | -2.07 | -7.22 | 1.39 | -0.72 | 0.47 |
| KU 5 | -4.62 | -9.74 | 1.76 | -1.36 | 0.18 |
| KU 6 | -9.15 | -14.47 | -5.27 | -2.77 | 0.01 |
| KU 7 | 5.80 | 0.25 | 12.16 | 1.62 | 0.11 |
| KU 8 | 8.03 | -1.15 | 11.92 | 2.06 | 0.04 |
| KU 9 | 3.19 | -5.04 | 7.91 | 0.74 | 0.46 |
| KU 10 | 2.96 | -3.56 | 15.34 | 0.70 | 0.48 |
| KU 11 | -7.63 | -15.24 | 3.05 | -1.31 | 0.19 |
| KU 12 | -19.24 | -22.70 | -9.67 | -3.38 | 0.00 |
| KU 13 | 14.12 | 3.28 | 22.95 | 2.69 | 0.01 |
| KU 14 | -1.10 | -12.97 | 17.17 | -0.16 | 0.87 |
| KU 15 | 1.01 | -12.75 | 12.76 | 0.14 | 0.89 |
| KU 16 | -8.89 | -16.61 | 8.79 | -1.44 | 0.15 |
| KU 17 | 11.76 | 5.40 | 23.74 | 1.40 | 0.16 |
| KU 18 | 1.82 | -18.1 | 23.42 | 0.23 | 0.82 |
| KU 19 | 14.12 | 1.99 | 23.59 | 1.39 | 0.17 |
| KU 20 | 4.53 | -6.31 | 15.77 | 0.50 | 0.62 |
| KU 21 | 5.49 | -11.77 | 18.22 | 0.53 | 0.60 |
| KU 22 | 3.59 | -6.34 | 22.11 | 0.36 | 0.72 |
| Bulan | -226.54 | -295.81 | -188.56 | -6.50 | 0.00 |
| Bulan ² | 14.91 | 12.28 | 19.94 | 5.93 | 0.00 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 6 (lanjutan)

| Nilai Dugaan Parameter Regresi Kuantil Model 4 pada Kuantil ke 95 | | | | | |
|---|---------|--------------------|---------|------------|---------|
| Parameter | Dugaan | Selang Kepercayaan | | Stat. Wald | Nilai p |
| Intersep | 1018.67 | 715.49 | 1401.33 | 10.35 | 0.00 |
| KU 1 | -1.13 | -6.67 | 4.54 | -0.66 | 0.51 |
| KU 2 | -0.80 | -5.61 | 5.94 | -0.50 | 0.62 |
| KU 3 | -6.56 | -10.96 | 2.75 | -2.51 | 0.01 |
| KU 4 | 0.38 | -8.40 | 8.55 | 0.10 | 0.92 |
| KU 5 | -7.08 | -14.03 | 4.92 | -2.42 | 0.02 |
| KU 6 | -12.79 | -17.65 | -4.30 | -4.17 | 0.00 |
| KU 7 | 2.47 | -5.60 | 18.94 | 0.53 | 0.60 |
| KU 8 | 7.39 | -9.59 | 17.82 | 1.88 | 0.06 |
| KU 9 | 3.95 | -6.26 | 10.94 | 0.86 | 0.39 |
| KU 10 | 5.8 | -6.79 | 24.51 | 1.42 | 0.16 |
| KU 11 | -11.49 | -27.53 | 4.61 | -2.04 | 0.04 |
| KU 12 | -19.84 | -29.74 | -12.31 | -3.76 | 0.00 |
| KU 13 | 13.64 | -0.04 | 30.17 | 2.32 | 0.02 |
| KU 14 | 6.35 | -23.94 | 24.42 | 1.07 | 0.29 |
| KU 15 | -3.44 | -20.79 | 10.28 | -0.44 | 0.66 |
| KU 16 | -3.15 | -32.92 | 26.28 | -0.41 | 0.68 |
| KU 17 | 19.75 | 1.05 | 32.37 | 2.54 | 0.01 |
| KU 18 | -1.96 | -28.89 | 51.26 | -0.34 | 0.73 |
| KU 19 | 23.24 | -14.33 | 40.51 | 2.31 | 0.02 |
| KU 20 | 14.87 | -14.36 | 31.46 | 1.48 | 0.14 |
| KU 21 | -2.09 | -29.44 | 32.16 | -0.24 | 0.81 |
| KU 22 | 13.55 | -10.05 | 34.51 | 1.55 | 0.12 |
| Bulan | -214.93 | -328.04 | -91.08 | -5.06 | 0.00 |
| Bulan ² | 13.65 | 5.88 | 23.76 | 4.22 | 0.00 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 7 Nilai Dugaan Parameter Regresi Logistik untuk Data pada Kuantil 75, 90, dan 95

Nilai Dugaan Parameter Regresi Logistik untuk Data pada Kuantil 75

| Parameter | Dugaan | Stat. uji wald | Nilai-p | R ² |
|-----------|--------|----------------|---------|----------------|
| Intersep | 0.09 | 0.39 | 0.54 | 0.75 |
| KU 1 | -0.13 | 188.28 | 0.00 | |
| KU 2 | 0.05 | 12.17 | 0.00 | |
| KU 3 | 0.22 | 99.75 | 0.00 | |
| KU 4 | 0.06 | 8.13 | 0.00 | |
| KU 5 | -0.08 | 5.97 | 0.02 | |
| KU 6 | 0.09 | 6.69 | 0.01 | |
| KU 7 | -0.05 | 1.16 | 0.28 | |
| KU 8 | -0.03 | 0.30 | 0.58 | |
| KU 9 | 0.18 | 11.48 | 0.00 | |
| KU 10 | -0.22 | 18.67 | 0.00 | |
| KU 11 | -0.04 | 0.77 | 0.38 | |
| KU 12 | 0.04 | 0.63 | 0.43 | |
| KU 13 | 0.02 | 0.18 | 0.67 | |
| KU 14 | 0.01 | 0.04 | 0.84 | |
| KU 15 | -0.11 | 2.63 | 0.11 | |
| KU 16 | 0.09 | 1.61 | 0.21 | |
| KU 17 | 0.14 | 3.15 | 0.08 | |
| KU 18 | 0.06 | 0.59 | 0.44 | |
| KU 19 | 0.18 | 4.12 | 0.04 | |
| KU 20 | 0.03 | 0.15 | 0.70 | |
| KU 21 | -0.17 | 3.58 | 0.06 | |
| KU 22 | -0.17 | 3.41 | 0.07 | |

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 7 (lanjutan)

Nilai Dugaan Parameter Regresi Logistik untuk Data pada Kuantil 90

| Parameter | Dugaan | Stat. uji wald | Nilai-p | R ² |
|-----------|--------|----------------|---------|----------------|
| Intersep | -2.15 | 39.00 | 0.00 | 0.74 |
| KU 1 | -0.10 | 31.47 | 0.85 | |
| KU 2 | 0.12 | 16.36 | 0.00 | |
| KU 3 | 0.16 | 20.81 | 0.00 | |
| KU 4 | 0.18 | 18.87 | 0.00 | |
| KU 5 | -0.07 | 1.50 | 0.00 | |
| KU 6 | 0.18 | 6.40 | 0.22 | |
| KU 7 | -0.12 | 2.25 | 0.01 | |
| KU 8 | 0.02 | 0.07 | 0.13 | |
| KU 9 | 0.20 | 8.36 | 0.79 | |
| KU 10 | -0.23 | 8.28 | 0.00 | |
| KU 11 | 0.04 | 0.27 | 0.00 | |
| KU 12 | 0.05 | 0.35 | 0.61 | |
| KU 13 | -0.16 | 2.64 | 0.56 | |
| KU 14 | -0.02 | 0.05 | 0.10 | |
| KU 15 | -0.06 | 0.29 | 0.83 | |
| KU 16 | 0.06 | 0.23 | 0.59 | |
| KU 17 | 0.19 | 2.10 | 0.63 | |
| KU 18 | -0.02 | 0.01 | 0.15 | |
| KU 19 | -0.20 | 1.63 | 0.91 | |
| KU 20 | -0.18 | 1.30 | 0.20 | |
| KU 21 | 0.12 | 0.75 | 0.25 | |
| KU 22 | 0.03 | 0.04 | 0.39 | |



Lampiran 7 (lanjutan)

Nilai Dugaan Parameter Regresi Logistik untuk Data pada Kuantil 95

| Parameter | Dugaan | Stat. uji wald | Nilai-p | R ² |
|-----------|--------|----------------|---------|----------------|
| Intersep | -10.02 | 6.69 | 0.01 | 0.89 |
| KU 1 | -0.31 | 3.95 | 0.05 | |
| KU 2 | 0.63 | 6.26 | 0.01 | |
| KU 3 | 0.26 | 2.22 | 0.14 | |
| KU 4 | 0.58 | 4.74 | 0.03 | |
| KU 5 | -0.62 | 3.83 | 0.05 | |
| KU 6 | 0.70 | 2.61 | 0.11 | |
| KU 7 | -0.64 | 2.20 | 0.14 | |
| KU 8 | 0.43 | 1.11 | 0.29 | |
| KU 9 | 0.03 | 0.04 | 0.85 | |
| KU 10 | -1.08 | 6.30 | 0.01 | |
| KU 11 | -0.47 | 1.42 | 0.23 | |
| KU 12 | 1.14 | 3.72 | 0.05 | |
| KU 13 | -0.27 | 0.50 | 0.48 | |
| KU 14 | 0.47 | 1.72 | 0.19 | |
| KU 15 | 0.34 | 0.51 | 0.47 | |
| KU 16 | -0.87 | 2.22 | 0.14 | |
| KU 17 | -0.25 | 0.47 | 0.49 | |
| KU 18 | 0.04 | 0.01 | 0.93 | |
| KU 19 | 0.18 | 0.10 | 0.75 | |
| KU 20 | 0.33 | 0.24 | 0.62 | |
| KU 21 | 0.85 | 2.42 | 0.12 | |
| KU 22 | -0.56 | 0.88 | 0.35 | |

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.