

REGRESI MARGINAL DAN PENDUGAAN AREA KECIL BERBASIS *COPULA* UNTUK PEUBAH RESPON BERSEBARAN TIDAK SIMETRIS

DIMAS ANGGARA



**PROGRAM STUDI DOKTOR STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI, SUMBER INFORMASI, PENGGUNAAN AI, DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “ Regresi Marginal dan Pendugaan Area Kecil Berbasis *Copula* untuk Peubah Respon Bersebaran Tidak Simetris” adalah karya saya dengan arahan dari dosen 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 disertasi ini.

Dalam penyusunan karya ini penulis menggunakan bantuan kecerdasan buatan *Copilot* untuk membantu menyederhanakan beberapa konsep yang rumit. Selain itu bantuan kecerdasan buatan tersebut digunakan untuk membuat ringkasan dari beberapa artikel yang dijadikan referensi.

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

Bogor, Agustus 2026

Dimas Anggara
NIM G1601202005



RINGKASAN

DIMAS ANGGARA. Regresi Marginal dan Pendugaan Area Kecil Berbasis *Copula* untuk Peubah Respon Bersebaran Tidak Simetris. Dibimbing oleh ANANG KURNIA, KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO, dan INDAHWATI

Copula merupakan suatu fungsi yang menggabungkan sebaran marginal menjadi sebaran bersama peubah acak ganda. Melalui *copula*, hubungan antarpeubah acak dapat dijelaskan tanpa harus membatasi bentuk sebaran marginalnya. Kemampuan tersebut memungkinkan pemodelan yang lebih kompleks, termasuk hubungan *non-linear*, yaitu keterkaitan antarpeubah yang tidak dapat digambarkan korelasi linear, dan kompleksitas lainnya, yaitu kecenderungan peubah-peubah untuk mengalami nilai-nilai ekstrem secara bersamaan pada bagian ekor sebaran. Karakteristik tersebut tidak mampu dijelaskan oleh pendekatan regresi klasik yang membutuhkan asumsi kenormalan galat. Ada dua kajian utama dalam disertasi ini yaitu pemodelan data terklaster dan pendugaan area kecil berbasis model lognormal. Dalam kajian tersebut digunakan pendekatan berbasis *copula*.

Pemodelan data terklaster dengan pendekatan metode berbasis *copula* menggabungkan regresi marginal dan struktur ketergantungan menggunakan Gaussian *copula* untuk menangkap hubungan antarpengamatan dalam wilayah yang sama. Berdasarkan hasil simulasi untuk data terklaster dengan peubah respon menjulur ke kiri, simetris, dan menjulur ke kanan jika dimodelkan dengan LMM, GLMM, MERT, dan regresi marginal berbasis *copula*, dipengaruhi oleh bentuk sebaran galat dalam menghasilkan kinerja seluruh model, namun memiliki tingkat sensitivitas yang berbeda. Kajian simulasi ini menegaskan bahwa tidak terdapat satu model yang unggul untuk seluruh tujuan analisis. LMM dan GLMM tetap relevan untuk inferensi parametrik dan interpretasi pengaruh tetap maupun pengaruh acak, MERT berguna untuk menangkap pola kompleks dan *nonlinear*, sedangkan Marginal Regresi *Copula* memberikan keunggulan dalam hal akurasi dan stabilitas prediksi.

Penerapan pemodelan data terklaster untuk IPM kabupaten/kota di Pulau Jawa menunjukkan bahwa tidak terdapat satu model yang secara konsisten unggul untuk seluruh kriteria evaluasi. Model LMM menunjukkan kekuatan dalam menghasilkan prediksi yang lebih konsisten dari sisi median melalui struktur pengaruh acak yang sederhana dan stabil, model GCMR unggul dalam mengelola kesalahan ekstrem melalui pemodelan korelasi intra-wilayah secara eksplisit, sementara GLMM dan MERT menawarkan fleksibilitas tambahan dalam menangkap karakteristik data yang lebih kompleks. Dengan demikian, setiap model memiliki kelebihan masing-masing, dan pemilihan model yang paling sesuai sebaiknya mempertimbangkan tujuan analisis, karakteristik data, serta jenis kesalahan prediksi yang paling ingin diminimumkan.

Kajian berikutnya adalah pendugaan area kecil model lognormal berbasis *copula*. Kajian ini dilatarbelakangi oleh keterbatasan metode pendugaan area kecil konvensional dalam menangani data dengan ukuran contoh kecil, sebaran galat tidak simetris, dan korelasi antarunit dalam satu area. Banyak penerapan di bidang sosial ekonomi, khususnya data pengeluaran, peubah respon cenderung bersebaran lognormal dan memiliki heterogenitas ragam antararea. Dalam kondisi tersebut,

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 University.

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

penduga langsung dan model pendugaan area kecil konvensional berbasis asumsi kenormalan dan tidak terjadi korelasi antaramatan menghasilkan pendugaan yang tidak efisien dan kurang stabil. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan mengembangkan metode SAE unit-level dengan pendekatan *copula* untuk peubah respon bersebaran lognormal, mengevaluasi kinerjanya melalui kajian simulasi dan evaluasi berbasis data empiris, serta membandingkannya dengan metode konvensional dari sisi akurasi dan efisiensi pendugaan nilai tengah dan galat area kecil.

Metode yang dikembangkan adalah SAE berbasis *multivariate exchangeable copula* dengan model lognormal (SAE MEC-LM). Pendekatan ini menggabungkan transformasi logaritma dengan korelasi intra-area melalui *copula* Gaussian berstruktur *exchangeable*, serta pendugaan nilai tengah area kecil menggunakan *empirical best predictor* (EBP). Koefisien regresi diduga menggunakan OLS dan GLS untuk mengevaluasi pengaruh heterogenitas ragam dan korelasi di dalam klaster, sedangkan ketepatan pendugaan diukur menggunakan MSE berbasis *bootstrap*.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kinerja penduga dipengaruhi oleh heterogenitas ragam area. Saat kondisi ragam area homogen, SAE MEC-LM EBP berbasis OLS dan GLS menghasilkan kinerja yang relatif serupa. Ketika heterogenitas ragam area meningkat, keragaman pendugaan pada kedua metode juga cenderung meningkat, terutama pada area dengan ukuran contoh yang kecil. Meskipun pada beberapa skenario GLS menghasilkan galat yang sedikit lebih rendah dibandingkan OLS, hasil uji t berpasangan menunjukkan bahwa perbedaan kinerja kedua metode secara umum tidak signifikan. Dengan demikian, baik OLS maupun GLS memberikan kinerja yang relatif sebanding dalam kerangka SAE MEC-LM pada sebagian besar kondisi yang dikaji. Dibandingkan dengan penduga langsung, SAE MEC-LM secara konsisten menghasilkan galat pendugaan yang lebih kecil pada seluruh skenario populasi, yang mencerminkan efektivitas mekanisme peminjaman informasi (*borrowing of strength*) dalam memanfaatkan informasi dari area lain untuk meningkatkan ketepatan pendugaan. Evaluasi berbasis data empiris yaitu data pengeluaran per kapita kecamatan di Kabupaten Bandung juga menunjukkan pola kerutan (*shrinkage*) yang jelas, yaitu kecenderungan penduga untuk menarik nilai-nilai ekstrem menuju pola umum data sehingga menghasilkan pendugaan yang lebih stabil dan andal. Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi model lognormal dan *copula* dalam SAE unit-level atau SAE MEC-LM mampu meningkatkan stabilitas dan efisiensi pendugaan dibandingkan pendugaan langsung. Selain itu, hasil simulasi mengindikasikan bahwa heterogenitas ragam area merupakan faktor yang lebih dominan dibandingkan kekuatan korelasi intra-area dalam memengaruhi kinerja pendugaan. Meskipun terdapat beberapa kondisi tertentu yang menunjukkan perbedaan antara OLS dan GLS, secara umum kedua metode memberikan hasil yang relatif setara pada populasi yang diteliti.

Kata kunci: area kecil, *copula*, heterogenitas ragam, lognormal, otokorelasi, sebaran menjulur



SUMMARY

DIMAS ANGGARA. Marginal Regression and Small Area Estimation Area Using Copula in Asymmetric Distributed Response. Supervised by ANANG KURNIA, KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO, and INDAH WATI.

Copula is a function that combines marginal distributions into a joint distribution of multivariate random variables. Through a copula, the dependence structure among random variables can be described without imposing restrictions on the forms of their marginal distributions. This capability allows for the modeling of more complex dependence patterns, including non-linear relationships, which refer to associations among variables that cannot be adequately characterized by linear correlation, and tail dependence, which refers to the tendency of variables to exhibit extreme values simultaneously in the tails of their distributions. These characteristics cannot be adequately captured by classical regression approaches that require the assumption of normally distributed errors. This dissertation focuses on two main areas of study: clustered data modeling and small area estimation under the lognormal model. In both studies, a copula-based approach is employed.

Modeling clustered data using a copula-based approach integrates marginal regression with a dependence structure through a Gaussian copula to capture relationships among observations within the same region. Based on simulation results for clustered data with left-skewed, symmetric, and right-skewed response variables, and modeled using LMM, GLMM, MERT, and copula-based marginal regression, it is evident that the form of the error distribution affects the performance of all models, although with varying levels of sensitivity. This simulation study confirms that there is no single model that is superior for all analytical purposes. LMM and GLMM remain relevant for parametric inference and effect interpretation, MERT is useful for capturing complex and nonlinear patterns, while Marginal Copula Regression provides advantages in terms of prediction accuracy and stability.

The application of clustered data modeling to the Human Development Index (HDI) at the regency/city level in Java shows that no single model consistently outperforms others across all evaluation criteria. The LMM demonstrates strength in producing more consistent median predictions through a simple and stable random-effects structure, while the GCMR model excels in handling extreme errors by explicitly modeling intra-regional correlations. Meanwhile, GLMM and MERT offer additional flexibility in capturing more complex data characteristics. Therefore, each model has its own strengths, and the selection of the most appropriate model should consider the analysis objectives, data characteristics, and the type of prediction error that is most important to minimize.

The next study focuses on copula-based small area estimation with a lognormal model. This study is motivated by the limitations of conventional small area estimation methods in handling data with small sample sizes, asymmetric error distributions, and correlations among units within the same area. In many socioeconomic applications, particularly expenditure data, the response variable tends to follow a lognormal distribution and exhibits heterogeneity of variance across areas. Under such conditions, direct estimators and conventional small area estimation models based on normality and independence assumptions often yield

@Hak cipta milik IPB 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 University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

inefficient and unstable estimates. Therefore, this study aims to develop a unit-level SAE method using a copula approach for lognormally distributed response variables, evaluate its performance through simulation studies and empirical data applications, and compare it with conventional methods in terms of accuracy and efficiency in estimating area means and errors.

The developed method is Small Area Estimation based on a multivariate exchangeable copula with a lognormal model (SAE MEC-LM). This approach combines logarithmic transformation with intra-area correlation modeled through an exchangeable Gaussian copula and estimates small area means using the empirical best predictor (EBP). Regression coefficients are estimated using both OLS and GLS to evaluate the impact of variance heterogeneity and within-cluster correlation, while estimation accuracy is assessed using bootstrap-based Mean Squared Error (MSE).

The simulation results indicate that the performance of the estimators is influenced by the degree of heterogeneity in area variances. Under homogeneous area variance conditions, the OLS-based and GLS-based SAE MEC-LM empirical best predictors (EBPs) exhibit comparable performance. As the heterogeneity of area variances increases, the variability of the estimates tends to increase for both methods, particularly for areas with small sample sizes. Although GLS yields slightly lower estimation errors than OLS in some scenarios, the paired-samples *t*-test results indicate that the performance differences between the two methods are generally not statistically significant. Therefore, both OLS and GLS provide broadly comparable performance within the SAE MEC-LM framework across most of the population settings considered in this study. Compared with the direct estimator, SAE MEC-LM consistently produces smaller estimation errors across all population scenarios, demonstrating the effectiveness of the *borrowing of strength* mechanism in utilizing information from related areas to improve estimation accuracy. The empirical application to subdistrict-level per capita expenditure data from Bandung Regency also reveals a clear shrinkage pattern, whereby extreme estimates are pulled toward the overall population trend, resulting in more stable and reliable estimates. Overall, the findings suggest that integrating a lognormal model and copula structure within the unit-level SAE MEC-LM framework improves the stability and efficiency of estimation relative to direct estimation. Furthermore, the simulation study indicates that area variance heterogeneity has a more substantial impact on estimator performance than the strength of intra-area correlation. Although differences between OLS and GLS are observed under certain specific conditions, the two approaches generally yield comparable results for the populations examined in this study.

Keywords: autocorrelated, copula, lognormal skewed distribution, small area, variance heterogeneity



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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

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

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
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 IPB.

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



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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

Perpustakaan IPB University

REGRESI MARGINAL DAN PENDUGAAN AREA KECIL BERBASIS *COPULA* UNTUK PEUBAH RESPON BERSEBARAN TIDAK SIMETRIS

DIMAS ANGGARA

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI DOKTOR STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



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

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Kusman Sadik, S.Si., M.Si.
- 2 Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Septian Rahardiantoro, M.Si.
- 2 Dr. Arie Wahyu Wijayanto, S.S.T., M.T.



Judul Disertasi : Regresi Marginal dan Pendugaan Area Kecil Berbasis
Copula untuk Peubah Respon Bersebaran Tidak Simetris
Nama : Dimas Anggara
NIM : G1601202005

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

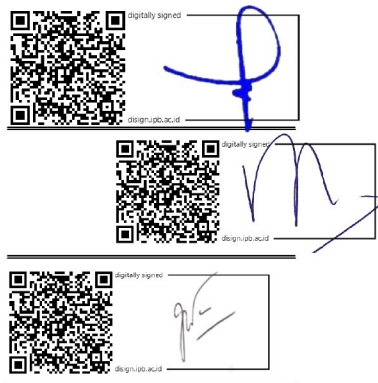
Prof. Dr. Anang Kurnia, S.Si. M.Si.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S.

Pembimbing 3:

Dr. Ir. Indahwati, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Kusman Sadik S.Si. M.Si.

NIP 196909121997021000

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika:

Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.

NIP 196607021993021001



Tanggal Ujian: 20 Juli 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2020 sampai bulan Agustus 2026 ini ialah Pendugaan Area Kecil, dengan judul “Regresi Marginal dan Penduga Area Kecil Berbasis *Copula* untuk Peubah Respon Bersebaran Tidak Simetris”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Anang Kurnia S.Si. M.Si., Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro M.S., dan Dr. Ir. Indahwati M.Si., yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada istri, Debrina Vita Ferezagia, anak-anak terkasih Elin dan Elkha, Ayah, Ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang. Serta terima kasih sebesar-besarnya disampaikan kepada Bapak, Ibu dosen, tenaga kependidikan, rekan-rekan mahasiswa di Statistika dan Sains Data, Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika, Institut Pertanian Bogor.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Dimas Anggara



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Kebaruan	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Regresi Linear Berganda	7
2.3 <i>Linear Mixed Models</i> (LMM)	14
2.4 <i>Generalized Linear Mixed Models</i> (GLMM)	15
2.5 <i>Mixed Effect Regression Tree</i> (MERT)	16
2.6 <i>Gaussian Copula Marginal Regression</i> (GCMR)	19
2.7 Pendugaan Area Kecil Tingkat Unit Battese-Harter-Fuller (BHF)	21
2.8 Pendugaan Area Kecil Tingkat Unit untuk Model Lognormal	23
2.9 Penggunaan <i>Copula</i> untuk Pendugaan Area Kecil	24
III REGRESI MARGINAL BERBASIS <i>COPULA</i> UNTUK DATA TERKLAUSTER DENGAN RESPON TIDAK SIMETRIS	27
3.1 Pendahuluan	27
3.2 Metode	28
3.3 Kajian Simulasi	33
3.4 Evaluasi Berbasis Data Indeks Pembangunan Manusia	39
3.5 Kesimpulan	52
IV PENDUGAAN AREA KECIL BERBASIS <i>COPULA</i> UNTUK PEUBAH RESPON BERSEBARAN LOGNORMAL	54
4.1 Pendahuluan	54
4.2 Model Dasar	55
4.3 SAE Tingkat Unit Berbasis Model Lognormal	58
4.4 Pendugaan Area Kecil Berbasis <i>Copula</i> dengan Respon bersebaran Lognormal	60
4.5 Kajian Simulasi	64
4.6 Evaluasi berbasis Data Pengeluaran per Kapita	87
4.7 Kesimpulan	95
PEMBAHASAN UMUM	97
SIMPULAN DAN SARAN	99
6.1 Simpulan	99
6.2 Saran	100

DAFTAR PUSTAKA	101
LAMPIRAN	108
RIWAYAT HIDUP	182

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





DAFTAR TABEL

1	Rata-Rata Bias Relatif Mutlak (ARB) Hasil Kajian Simulasi untuk Model LMM, GLMM, MERT, dan GCMR dari 500 Ulangan.	37
	Rata-rata MSE hasil kajian simulasi untuk pemodelan LMM, GLMM, MERT, dan GCMR dari 500 Ulangan.	38
	Peubah respon dan peubah bebas yang digunakan dalam penelitian	40
	Penanda signifikansi peubah bebas pemodelan LMM, GLMM, MERT dan GCMR	49
	Ukuran populasi dan contoh setiap area ke- i dari gugus data bangkitan	65
	Skenario pembangkitan populasi	68
	Nilai tengah, Y_i per area dari masing-masing skenario (A, B, C, D, E, F)	75
	ANOVA dua faktor untuk keragaman dan korelasi pada pembangkitan nilai peubah respon pada kajian simulasi	76
9	Rata-rata penduga nilai tengah, Y_i metode SAE BHF dari 200 contoh	77
10	Rata-rata penduga nilai tengah SAE MEC-LM tiap area dari 200 contoh pendekatan OLS	78
11	Rata-rata penduga nilai tengah, Y_i MEC-LM area ke- i dari 200 contoh pendekatan GLS	79
12	Rata-rata penduga langsung, Y_i dari 200 contoh	86
13	Populasi dan Contoh dari Desa/Kelurahan masing-masing kecamatan di Kabupaten Bandung, N_i dan Contoh, n_i	87
14	Penduga nilai tengah Pengeluaran (ribu Rp) Per Kecamatan dan RMSPE	90

DAFTAR GAMBAR

1	Alur Kebaruan Penelitian	4
2	Diagram Alur Kajian Simulasi	34
3	Perbandingan Rata-Rata Bias Relatif Mutlak (<i>Absolute Relatife Bias</i> , ARB).	38
4	Perbandingan Rata-Rata MSE Model Marginal Regresi berbasis Copula dengan Model LMM, GLMM, dan MERT.	39
5	Histogram IPM Kabupaten/Kota di Pulau Jawa	43
6	Korelasi Kendall dan Pearson dari IPM dengan peubah bebasnya	44
7	Pengaruh Acak MERT	47
8	Evaluasi Model LMM, GLMM, MERT dan GCMR menggunakan MAE dan RMSE	50
9	Hasil Prediksi IPM Kabupaten/Kota di Pulau Jawa dengan Model LMM, GLMM, MERT dan GCMR	51
10	Histogram Peubah Respon untuk setiap Populasi dari Skenario A, B, C, D, E, and F	74
	Perbandingan Rata-rata Nilai Penduga Langsung (<i>Direct</i>), BHF, MEC-LM OLS Karlberg, dan SAE MEC-LM GLS Karlberg.	80



12	<i>Persentase Absolute Relative Bias (ARB)</i> metode BHF, MEC-LM OLS, dan MEC-LM GLS	82
13	Nilai RMSPE metode BHF, MEC-LM OLS, dan SAE MEC-LM GLS	84
14	Korelasi Pearson Peubah-peubah Penelitian Y , X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4	88
15	Histogram dari rata-rata pengeluaran per desa/kelurahan di Kabupaten Bandung	88
16	Perbandingan nilai <i>Coefficient of Variation</i> antara metode MEC-LM dan BHF	94

DAFTAR LAMPIRAN

1	Output ANOVA Dua Faktor 3x2 Keragaman, Korelasi dan Interaksi Keduanya menggunakan R	109
2	Sintaks R Pemodelan Data Terklaster LMM, GLMM, MERT, Regresi Marginal dengan Copula Gaussian	111
3	Sintaks Pemodelan SAE MEC-LM-Karlberg	125
4	Output fungsi lmer tree pada package R yaitu glmertree	181