



***MODIFIED MIXED EFFECTS RANDOM FOREST* DALAM *SMALL AREA ESTIMATION*
MENGUNAKAN PCA DAN *ROTATION FOREST* UNTUK STATISTIK
PENGELUARAN PER KAPITA DI PROVINSI JAMBI**

RIZKI ANANDA



**PROGRAM STUDI STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



- 

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “*Modified Mixed Effects Random Forest* dalam *Small Area Estimation* Menggunakan PCA dan *Rotation Forest* untuk Statistik Pengeluaran Per Kapita di Provinsi Jambi” 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 tesis ini.

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

Bogor, Februari 2025

Rizki Ananda
G1501212078



RINGKASAN

RIZKI ANANDA. *Modified Mixed Effects Random Forest* dalam *Small Area Estimation* Menggunakan PCA dan *Rotation Forest* untuk Statistik Pengeluaran Per Kapita di Provinsi Jambi. Dibimbing oleh KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO dan MUHAMMAD NUR AIDI.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh masalah multikolinieritas yang sering muncul dalam data empiris, termasuk dalam analisis pengeluaran per kapita. Masalah ini dapat mengurangi keandalan interpretasi dan pendugaan parameter model regresi. Tantangan ini semakin kompleks karena data pengeluaran per kapita di wilayah kecil seperti desa dan kecamatan di Indonesia sering kali terbatas. Keterbatasan ini mencakup ukuran contoh yang kecil serta minimnya ketersediaan data. Pendekatan pendugaan area kecil (*small area estimation*, SAE) digunakan untuk meningkatkan presisi pendugaan parameter pada wilayah kecil dengan memanfaatkan informasi tambahan dari area lain dan sumber data eksternal. Model linier campuran yang umum digunakan dalam SAE memiliki tantangan dalam linieritas, normalitas, dan multikolinieritas yang sering kali ditemukan dalam data empiris. Sebagai alternatif, pendekatan nonparametrik berbasis pembelajaran mesin, seperti *mixed effects random forest* (MERF), mulai diperkenalkan untuk mengatasi tantangan ini. Dalam SAE, MERF memiliki keunggulan dalam mengintegrasikan kekuatan prediksi *random forest* (RF) dengan model campuran. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi pengaruh acak pada data hierarkis secara lebih akurat. MERF dinilai berpotensi dalam SAE, terutama untuk data nonlinier dan nonparametrik. Namun, penelitian sebelumnya belum secara eksplisit mengeksplorasi kinerja MERF dalam menghadapi multikolinieritas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji dan mengembangkan metode ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keandalan MERF dalam SAE, terutama dalam menghadapi tantangan linieritas, normalitas, multikolinieritas, dan keragaman antararea. Dua modifikasi terhadap MERF diusulkan, yaitu *principal component analysis-mixed effects random forest* (PCA-MERF) dan *mixed effects rotation forest* (MERoF). PCA-MERF menggunakan analisis komponen utama (*principal component analysis*, PCA) pada tahap prapemrosesan peubah yang akan digunakan dalam MERF untuk mengurangi multikolinieritas. Sementara itu, MERoF menggunakan *rotation forest* (RoF) yang mengintegrasikan PCA pada semua subset peubah penyerta sambil mempertahankan kelengkapan informasi data dalam membangun pohon keputusan. Kinerja ketiga metode dibandingkan melalui kajian simulasi dan empiris dengan fokus pada pendugaan pengeluaran per kapita tingkat kecamatan di Provinsi Jambi tahun 2021.

Kajian simulasi membangkitkan 16 skenario data dengan berbagai karakteristik data seperti sebaran (simetris–nonsimetris), pola hubungan antara peubah penyerta dan peubah respon (linier–nonlinier), tingkat multikolinieritas (kecil–besar), dan keragaman antararea (kecil–besar). Data populasi sebanyak 200.000 amatan yang terbagi ke dalam 50 area kecil secara seimbang, dengan setiap area memiliki 30 contoh yang diambil secara acak. Pengambilan contoh dilakukan 100 kali untuk menghasilkan 100 gugus data berbeda pada setiap skenario. Evaluasi kinerja metode menggunakan metrik bias dan *relative root mean square error*

(RRMSE), serta *analysis of variance* (ANOVA) dan uji beda nyata jujur (BNJ) untuk mengukur signifikansi perbedaan kinerja antarmetode pada tingkat kepercayaan 95%. Apabila asumsi ANOVA tidak terpenuhi, pohon regresi digunakan untuk mempermudah analisis faktor yang memengaruhi kinerja. Kajian empiris menggunakan data Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) Maret 2021 sebagai sumber data untuk peubah respon dan Potensi Desa (PODES) 2021 sebagai sumber data peubah penyerta. Pendugaan dilakukan pada tingkat desa dan kemudian diagregasi ke tingkat kecamatan dengan pendekatan *bootstrap*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa MERF memberikan kinerja yang baik dalam SAE. Namun, modifikasi melalui PCA-MERF dan MERoF mampu menunjukkan peningkatan akurasi dan presisi pada berbagai kondisi data. Kajian simulasi menunjukkan bahwa MERoF unggul pada data dengan sebaran nonsimetris, baik dengan pola hubungan linier maupun nonlinier, dengan nilai bias terkecil dan RRMSE yang konsisten. Pada data dengan sebaran simetris dan pola hubungan linier, MERF menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi. PCA-MERF juga andal, meskipun belum sepenuhnya melampaui kinerja MERF pada sebagian besar skenario. Namun, ketiga metode masih menunjukkan performa kurang efektif pada data dengan sebaran simetris dan pola hubungan nonlinier.

Hasil simulasi dan empiris menunjukkan bahwa MERF, PCA-MERF, dan MERoF efektif dalam mengatasi multikolinieritas, terutama pada data dengan peubah yang memiliki korelasi tinggi. Kajian empiris menunjukkan bahwa PCA-MERF memberikan pendugaan pengeluaran per kapita kecamatan dengan presisi terbaik, sementara MERoF lebih unggul dalam pendugaan rata-rata pengeluaran per kapita desa. Dugaan nilai tengah pengeluaran per kapita kecamatan menggunakan metode terbaik (PCA-MERF) menunjukkan hasil yang reliabel dengan *coefficients of variation* (CV) antara 1,80–20,02 persen. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa modifikasi metode dengan pendekatan yang mempertimbangkan pengurangan multikolinieritas dapat meningkatkan kualitas pendugaan dalam SAE, serta memberikan pendugaan yang lebih presisi untuk nilai tengah pengeluaran per kapita pada area kecil tingkat kecamatan.

Kata kunci: *generalized linear mixed model*, metode berbasis pohon, pengeluaran per kapita, Provinsi Jambi, statistik Indonesia



SUMMARY

RIZKI ANANDA. Modified Mixed Effects Random Forest in Small Area Estimation Using PCA and Rotation Forest for Per Capita Expenditure Statistics in Jambi Province. Supervised by KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO and MUHAMMAD NUR AIDI.

This study is motivated by the issue of multicollinearity, which frequently arises in empirical data, including in per capita expenditure analysis. This issue can reduce the reliability of interpretation and parameter estimation in regression models. The challenge becomes even more complex because per capita expenditure data in small areas, such as villages and subdistricts in Indonesia, are often limited. These limitations include small sample sizes and minimal data availability. The small area estimation (SAE) approach is used to improve the precision of parameter estimation in small areas by leveraging additional information from other areas and external data sources. The linear mixed model, which is commonly used in SAE, faces challenges related to linearity, normality, and multicollinearity, which are often present in empirical data. As an alternative, nonparametric machine learning-based approaches, such as mixed effects random forest (MERF), have been introduced to address these challenges. In SAE, MERF has the advantage of integrating the predictive power of random forest (RF) with mixed-effects modeling. This approach enables a more accurate identification of random effects in hierarchical data. MERF is considered promising for SAE, particularly for nonlinear and nonparametric data. However, previous studies have not explicitly explored MERF's performance in dealing with multicollinearity. Therefore, further research is needed to test and develop this method.

This study aimed to assess the reliability of MERF in SAE, particularly in addressing the challenges of linearity, normality, multicollinearity, and area variability. Two modifications of MERF were proposed: principal component analysis-mixed effects random forest (PCA-MERF) and mixed effects rotation forest (MERoF). PCA-MERF applied principal component analysis (PCA) in the preprocessing stage of variables used in MERF to reduce multicollinearity. Meanwhile, MERoF employed rotation forest (RoF), which integrates PCA into all subsets of auxiliary variables while preserving data completeness in decision tree construction. The performance of these three methods was compared through simulation and empirical studies, focusing on estimating subdistrict-level per capita expenditure in Jambi Province in 2021.

The simulation study generated 16 data scenarios with various data characteristics, including distribution (symmetric–nonsymmetric), the relationship pattern between auxiliary variables and the response variable (linear–nonlinear), the level of multicollinearity (low–high), and area variability (low–high). The population dataset consisted of 200,000 observations evenly divided into 50 small areas, with each area having 30 randomly selected samples. Sampling was conducted 100 times to produce 100 different datasets for each scenario. Method performance was evaluated using bias and relative root mean square error (RRMSE) metrics, as well as analysis of variance (ANOVA) and the honestly significant difference (HSD) test to measure the significance of performance

differences among methods at a 95% confidence level. If ANOVA assumptions were not met, regression trees were used to facilitate the analysis of factors affecting performance. The empirical study utilized data from the March 2021 National Socioeconomic Survey (SUSENAS) as the response variable source and the 2021 Village Potential Statistics (PODES) as the auxiliary variable source. Estimation was conducted at the village level and then aggregated to the subdistrict level using the bootstrap approach.

The results showed that MERF performed well in SAE. However, modifications through PCA-MERF and MERoF demonstrated improved accuracy and precision across various data conditions. The simulation study indicated that MERoF outperformed in nonsymmetric data distributions, regardless of whether the relationship pattern was linear or nonlinear, exhibiting the smallest bias and consistently low RRMSE values. For symmetric distributions with linear relationships, MERF showed higher efficiency. PCA-MERF also proved to be reliable, although it did not consistently outperform MERF in most scenarios. However, all three methods were less effective for symmetric distributions with nonlinear relationships.

The simulation and empirical results indicated that MERF, PCA-MERF, and MERoF effectively addressed multicollinearity, particularly in data with highly correlated variables. The empirical study revealed that PCA-MERF provided the most precise subdistrict-level per capita expenditure estimates, whereas MERoF excelled in village-level per capita expenditure estimation. The estimated median per capita expenditure at the subdistrict level using the best-performing method (PCA-MERF) yielded reliable results, with coefficients of variation (CV) ranging from 1.80% to 20.02%. Therefore, this study confirms that methodological modifications incorporating multicollinearity reduction can enhance estimation quality in SAE, providing more precise mean per capita expenditure estimates for small areas at the subdistrict level.

Keywords: generalized linear mixed model, Jambi Province, per capita expenditure, statistics Indonesia, tree-based methods



- 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 2025
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.

***MODIFIED MIXED EFFECTS RANDOM FOREST* DALAM *SMALL AREA ESTIMATION*
MENGUNAKAN PCA DAN *ROTATION FOREST* UNTUK STATISTIK
PENGELUARAN PER KAPITA DI PROVINSI JAMBI**

RIZKI ANANDA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tesis:
Prof. Dr. Anang Kurnia, S.Si., M.Si.



Judul Tesis : *Modified Mixed Effects Random Forest dalam Small Area Estimation Menggunakan PCA dan Rotation Forest untuk Statistik Pengeluaran Per Kapita di Provinsi Jambi*

Nama : Rizki Ananda

NIM : G1501212078

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S.

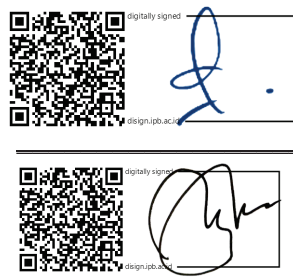
Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Agus Mohammad Soleh, S.Si., MT
NIP 19750315 199903 1 004

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika:
Prof. Dr. Ir. Agus Bueno, M.Si., M.Kom.
NIP 19660702 199302 1 001



Tanggal Ujian:
11 Februari 2025

Tanggal Lulus:



- 

PRAKATA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan utamanya kepada Allah Rabbul ‘Alamiin atas segala pertolongan dan rahmat-Nya sehingga penelitian dan penulisan karya ilmiah yang berjudul “*Modified Mixed Effects Random Forest* dalam *Small Area Estimation* Menggunakan PCA dan *Rotation Forest* untuk Statistik Pengeluaran Per Kapita di Provinsi Jambi” ini berhasil diselesaikan. Penulisan karya ilmiah ini dapat diselesaikan oleh penulis tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari banyak pihak tentunya atas izin dan pertolongan dari Allah subhanaahu wa ta’ala. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S. selaku ketua komisi pembimbing dan Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S. selaku anggota komisi pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan saran dan masukan dalam penyelesaian tesis ini serta selalu memberikan dorongan semangat dan perhatian yang sangat luar biasa kepada penulis.
2. Dr. Agus Mohammad Soleh, S.Si., MT selaku perwakilan program studi dan Prof. Dr. Anang Kurnia, S.Si., M.Si. selaku penguji luar komisi atas masukan dan saran yang sangat bermanfaat untuk penyempurnaan tesis ini.
3. Ketua Departemen Statistika dan Ketua Program Studi Magister Statistika dan Sains Data atas dukungan dan bantuan kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
4. Kepala Pusdiklat BPS RI, Kepala BPS Provinsi Jambi, Koordinator Fungsi Integrasi Pengolahan dan Diseminasi Statistik, dan seluruh rekan kerja di lingkungan Badan Pusat Statistik Provinsi Jambi atas kesempatan, dukungan, dan bantuan kepada penulis selama menjalankan masa perkuliahan.
5. Yang tersayang Mama, Papa, Kak Sherly, Bang Rico, Kak Firly, Deka, keponakan Ante yaitu Abang Zabran, dan Adek Zhaquille serta seluruh keluarga lainnya yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang yang sangat besar kepada penulis. Terima kasih telah banyak melapangkan dada dan menabung rindu untuk terus menunggu penulis bisa menyelesaikan perkuliahan dan kembali berkumpul bersama di Jambi.
6. Seluruh dosen pengajar dan staf di Statistika dan Sains Data atas pengajaran, bimbingan, serta bantuan teknis dan nonteknis selama ini.
7. Rekan-rekan seperjuangan dari BPS dan teman-teman kelas reguler atas semangat, kekompakan, dan kebersamaan dalam berjuang serta bantuan kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.
8. Semua pihak yang turut membantu kelancaran proses pendidikan dan penyelesaian tesis ini baik langsung maupun tidak langsung.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam karya ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Februari 2025

Rizki Ananda



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Small Area Estimation</i>	5
2.2 <i>Random Forest</i>	5
2.3 <i>Rotation Forest</i>	6
2.4 <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	8
2.5 <i>Mixed Effects Random Forest</i>	8
2.6 <i>Algorithm Expectation-Maximization</i>	8
2.7 <i>Prediksi Out-of-Bag (OOB)</i>	9
2.8 Ukuran Evaluasi Model	10
2.9 Pengeluaran Per Kapita	10
III METODE	11
3.1 Data	11
3.1.1 Data Simulasi	11
3.1.2 Data Empiris	13
3.2 Pemodelan	16
3.2.1 <i>Mixed Effects Random Forest (MERF)</i>	16
3.2.2 <i>Principal Component Analysis-MERF (PCA-MERF)</i>	21
3.2.3 <i>Mixed Effects Rotation Forest (MERoF)</i>	22
3.2.4 Perbandingan metode MERF, PCA-MERF, dan MERoF	22
3.3 Prosedur Analisis Data	24
3.3.1 Prosedur Analisis Data Simulasi	24
3.3.2 Prosedur Analisis Data Empiris	24
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Karakteristik Data Simulasi	27
4.2 Kinerja Model dalam Kajian Simulasi	32
4.2.1 Gambaran Umum Kinerja Model	32
4.2.2 Pengaruh Karakteristik Data terhadap RRMSE	35
4.2.3 Pengaruh Karakteristik Data terhadap Bias	39
4.3 Temuan Penelitian	42
4.4 Kontribusi Penelitian terhadap Literatur	43
4.5 Tantangan Penelitian	43
4.6 Kajian Empiris	44
4.6.1 Data SUSENAS Maret 2021	44
4.6.2 Eksplorasi Data Empiris	45
4.6.3 Perbandingan Kinerja dalam Kajian Empiris	51
4.7 Perbandingan Hasil Simulasi dan Empiris	57



4.7.1 Persamaan Hasil Simulasi dan Empiris	57
4.7.2 Perbedaan Hasil Simulasi dan Empiris	57
4.8 Faktor yang Berpengaruh terhadap Pengeluaran Per Kapita Kecamatan	58
SIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Simpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

1	Skenario karakteristik data	11
2	Gugus data skenario	13
3	Peubah respon dan peubah penyerta penelitian	14
4	Perbandingan metode MERF, PCA-MERF, dan MERoF	23
5	Nilai VIF peubah penyerta X untuk setiap skenario simulasi	29
6	Nilai <i>p-value</i> dari uji Kolmogorov-Smirnov dan uji RESET	31
7	Ringkasan parameter peubah respon (Y) data populasi	32
8	Kinerja model pada skenario karakteristik data simulasi	34
9	<i>Variable importance</i> dari pohon regresi nilai RRMSE	39
10	<i>Variable importance</i> dari pohon regresi nilai bias	41
11	Ringkasan contoh SUSENAS Maret 2021 di Provinsi Jambi	44
12	Statistik deksriptif dari peubah data empiris	45
13	<i>P-value</i> dari uji normalitas dan linieritas data empiris	49
14	Nilai VIF peubah penyerta	50
15	Perbandingan kinerja MERF, PCA-MERF, dan MERoF	51
16	Hasil ANOVA pengaruh model terhadap lnRMSE	53
17	Hasil uji BNJ perbandingan metode terhadap lnRMSE	53
18	Hasil dugaan nilai tengah dan RMSE pengeluaran per kapita per kecamatan di beberapa kecamatan berdasarkan metode MERF, PCA-MERF, dan MERoF (ribu rupiah)	55
19	Hasil analisis regresi transformasi nilai tengah pengeluaran per kapita terhadap komponen utama	59
20	Nilai <i>loading</i> peubah asli terhadap komponen utama (PC)	60

DAFTAR GAMBAR

1	Algoritma <i>random forest</i>	6
2	Algoritma <i>rotation forest</i>	7
3	Algoritma MERF	18
4	Algoritma pendugaan ragam residual terkoreksi	19
5	Algoritma <i>random effect block</i> (REB) bootstrap	21
6	Prosedur analisis data simulasi	25
7	Prosedur analisis data empiris	26
8	Sebaran peubah penyerta X dan peubah acak galat pada data simulasi	28
9	Sebaran peubah pengaruh acak area pada data simulasi	28
10	Plot korelasi peubah penyerta pada data simulasi	29
11	Sebaran galat pada data skenario simulasi	30
12	Pohon regresi untuk prediksi nilai RRMSE	37
13	Pohon regresi untuk prediksi nilai bias	40
14	Sebaran jumlah contoh desa pada kecamatan	45
15	Sebaran rata-rata pengeluaran per kapita desa	46
16	<i>Boxplot</i> rata-rata pengeluaran per kapita desa	47
17	Sebaran peubah penyerta data empiris	47

18	<i>Boxplot</i> peubah penyerta data empiris	48
19	Plot Q-Q sebaran sisaan data empiris	48
20	Plot korelasi antarpeubah data empiris	49
21	Selang kepercayaan 95 persen dari uji BNJ	54
22	Nilai tengah pengeluaran per kapita kecamatan dari metode MERF, PCA-MERF dan MERoF, diurutkan berdasarkan ukuran contoh terbesar ke terkecil	55
23	RMSE pengeluaran per kapita kecamatan dari metode MERF, PCA-MERF dan MERoF, diurutkan berdasarkan ukuran contoh terbesar ke terkecil	56
24	Sebaran nilai tengah pengeluaran per kapita kecamatan	58

DAFTAR LAMPIRAN

1	Pemeriksaan asumsi ANOVA pada data RRMSE kajian simulasi	69
2	Pemeriksaan asumsi ANOVA pada data Bias kajian simulasi	72
3	Perbandingan banyaknya iterasi mencapai konvergen pada metode berdasarkan skenario simulasi	74
4	Ketidaksimetrisan sebaran RMSE di masing-masing area kecamatan	76
5	Pemeriksaan asumsi ANOVA pada nilai lnRMSE area kecamatan pada kajian empiris	77
6	Dugaan nilai tengah pengeluaran per kapita, RMSE, dan pengaruh acak dari tiap kecamatan pada ketiga metode (ribu rupiah)	79
7	Pemeriksaan asumsi regresi linier pada nilai tengah pengeluaran per kapita kecamatan	82
8	Pemeriksaan asumsi regresi linier terhadap transformasi logaritma natural nilai tengah pengeluaran per kapita kecamatan	83
9	Sintaks <i>rotation forest regression</i> dalam R yang dikembangkan oleh penulis	84
10	Sintaks MERoF dalam R yang dikembangkan oleh penulis	87
11	Sintaks koreksi ragam residual pada MERoF dalam R yang dikembangkan oleh penulis	89
12	Contoh sintaks pemodelan MERF pada data empiris	90
13	Contoh sintaks pemodelan PCA-MERF pada data empiris	92
14	Contoh sintaks pemodelan MERoF pada data empiris	94