

KINERJA MODEL RANDOM FOREST DENGAN DAN TANPA LAGGED RESPONSE PADA DATA LONGITUDINAL UNTUK PREDIKSI KEMAMPUAN NUMERASI SISWA SMA

SITI NUR AZIZAH



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

**BOGOR
2026**





PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Kinerja Model *Random Forest* dengan dan tanpa *Lagged Response* pada Data Longitudinal untuk Prediksi Kemampuan Numerasi Siswa SMA” 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, Juli 2026

Siti Nur Azizah
M0501241046



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 2026
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.

RINGKASAN

SITI NUR AZIZAH. Kinerja Model Random Forest dengan dan tanpa *Lagged Response* pada Data Longitudinal untuk Prediksi Kemampuan Numerasi Siswa SMA. Dibimbing oleh BUDI SUSETYO dan ANWAR FITRIANTO.

Data longitudinal memiliki karakteristik berupa heterogenitas antarunit dan ketergantungan temporal antarpengukuran, sehingga memerlukan metode yang mampu mengakomodasi kedua aspek tersebut secara simultan. *Linear Mixed Model* (LMM) merupakan salah satu pendekatan yang banyak digunakan karena mampu memodelkan variasi antarunit melalui efek acak. Namun, pendekatan ini tetap berada dalam kerangka parametrik sehingga kurang fleksibel dalam menangkap hubungan nonlinier dan interaksi kompleks antar peubah. *Mixed Effects Random Forest* (MERF) dikembangkan dengan menggabungkan fleksibilitas *Random Forest* dalam memodelkan hubungan nonlinier dan struktur efek acak pada data hierarki. MERF pada awalnya dikembangkan untuk data berklaster dan belum secara eksplisit memodelkan korelasi antarpengukuran berulang. Selanjutnya dikembangkan *Stochastic MERF* (sMERF) yang mengintegrasikan proses stokastik untuk mengakomodasi korelasi antarwaktu pada data longitudinal. Selain struktur korelasi antarwaktu melalui proses stokastik, keterkaitan temporal antarpengukuran juga dapat direpresentasikan melalui *lagged response*. *Lagged response* merupakan nilai peubah respons pada waktu sebelumnya yang digunakan sebagai prediktor untuk merepresentasikan informasi historis. Kajian yang mengevaluasi dan membandingkan kinerja LMM, MERF, dan sMERF dengan mempertimbangkan penggunaan *lagged response* masih relatif terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa prediksi LMM, MERF, dan sMERF dengan dan tanpa *lagged response* pada data longitudinal melalui studi simulasi dan studi empiris dan mengidentifikasi peubah kontekstual sekolah yang berperan penting dalam memprediksi capaian numerasi siswa SMA. Studi simulasi dilakukan menggunakan 80 skenario yang dibentuk melalui kombinasi tingkat ketergantungan waktu, heterogenitas individu, galat, dan proses stokastik. Setiap skenario direplikasi sebanyak 100 kali sehingga menghasilkan 8000 dataset simulasi. Evaluasi model dilakukan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan koefisien determinasi (R^2). Pada studi empiris, model diterapkan pada data numerasi siswa SMA di Provinsi Jawa Barat. Numerasi dipilih karena merupakan salah satu indikator penting dalam evaluasi mutu pendidikan dan masih menunjukkan capaian yang relatif rendah baik pada tingkat nasional maupun internasional. Kinerja model pada data empiris dievaluasi menggunakan RMSE, *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan R^2 .

Hasil studi simulasi menunjukkan bahwa penggunaan *lagged response* secara konsisten meningkatkan performa prediksi pada seluruh metode dan kondisi yang dievaluasi. Pada hampir seluruh skenario simulasi, model dengan *lagged response* menghasilkan RMSE yang lebih rendah dan R^2 yang lebih tinggi dibandingkan dengan model tanpa *lagged response*. Temuan ini didukung oleh analisis ragam dan *bootstrap comparison sampling* yang menunjukkan bahwa model dengan *lagged response* secara signifikan memberikan performa prediksi yang lebih baik dibandingkan dengan model tanpa *lagged response*. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa informasi historis merupakan komponen penting dalam



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.

memprediksi respons longitudinal karena mampu menangkap ketergantungan temporal antarpengukuran. Di antara metode yang dibandingkan, MERF dengan *lagged response* menunjukkan performa paling baik pada sebagian besar skenario simulasi, ditunjukkan oleh frekuensi keunggulan tertinggi dan rata-rata peringkat terbaik. Sementara itu, keunggulan sMERF tidak muncul secara universal pada seluruh kondisi simulasi. Perbaikan performa sMERF mulai terlihat pada kondisi dengan ketergantungan temporal dan sinyal stokastik yang lebih kuat, namun belum mampu mengungguli MERF secara konsisten. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kompleksitas model melalui penambahan proses stokastik tidak selalu menghasilkan peningkatan akurasi prediksi, melainkan bergantung pada karakteristik data yang dianalisis.

Pada studi empiris, model berbasis *machine learning* secara umum menghasilkan performa prediksi yang lebih baik dibandingkan dengan LMM, baik pada kondisi dengan maupun tanpa *lagged response*. Penambahan *lagged response* juga meningkatkan akurasi prediksi pada seluruh metode yang dievaluasi. MERF dengan *lagged response* menghasilkan performa terbaik dengan nilai MAPE sebesar 5,11% dan R^2 sebesar 75,86%. Meskipun demikian, hasil *bootstrap* menunjukkan bahwa rentang performa MERF dan sMERF cenderung berhimpit, yang mengindikasikan bahwa kedua metode memberikan tingkat akurasi yang relatif serupa. Konsistensi hasil antara studi simulasi dan studi empiris memperkuat temuan bahwa pemanfaatan informasi historis memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap peningkatan akurasi prediksi.

Analisis kepentingan peubah menunjukkan bahwa capaian numerasi pada periode sebelumnya merupakan prediktor yang paling dominan dalam menjelaskan capaian numerasi pada periode berikutnya. Selain faktor historis tersebut, sejumlah indikator lingkungan sekolah yang berkaitan dengan kesetaraan budaya, toleransi, dan inklusivitas juga teridentifikasi sebagai peubah penting dalam prediksi numerasi. Temuan ini menunjukkan bahwa capaian numerasi tidak hanya dipengaruhi oleh performa akademik sebelumnya, tetapi juga oleh kondisi sosial dan iklim sekolah yang mendukung proses pembelajaran.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *lagged response* merupakan komponen penting dalam prediksi data longitudinal. MERF cenderung memberikan performa yang paling konsisten pada berbagai kondisi yang dievaluasi, sedangkan pada simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini, keunggulan sMERF mulai muncul pada kondisi dengan ketergantungan temporal dan sinyal stokastik yang lebih kuat.

Kata kunci: capaian numerasi, data longitudinal, *lagged response*, MERF, sMERF

SUMMARY

SITI NUR AZIZAH. Performance of Random Forest Models with and without Lagged Response on Longitudinal Data for Predicting High School Students' Numeracy Skills. Supervised by BUDI SUSETYO and ANWAR FITRIANTO.

Longitudinal data are characterized by heterogeneity across units and temporal dependence among measurements, thus requiring a method that can accommodate both aspects simultaneously. The Linear Mixed Model (LMM) is a widely used approach because it can model variation across units through random effects. However, this approach remains within a parametric framework, making it less flexible in capturing nonlinear relationships and complex interactions among variables. Mixed Effects Random Forest (MERF) was developed by combining the flexibility of Random Forest in modeling nonlinear relationships with the random effects structure in hierarchical data. MERF was initially developed for clustered data and did not explicitly model temporal correlations among repeated measurements. Subsequently, Stochastic MERF (sMERF) was developed, which integrates stochastic processes to accommodate temporal correlations in longitudinal data. In addition to temporal correlation structures via stochastic processes, temporal relationships between measurements can also be represented through lagged responses. A lagged response is the value of the response variable from a previous time step used as a predictor to represent historical information. Studies evaluating and comparing the performance of LMM, MERF, and sMERF while considering the use of lagged responses remain relatively limited.

This study aims to evaluate the predictive performance of LMM, MERF, and sMERF with and without lagged response variables on longitudinal data through simulation and empirical studies and to identify school-level contextual variables that play a significant role in predicting high school students' numeracy achievement. The simulation study was conducted using 80 scenarios generated by combining levels of temporal dependency, individual heterogeneity, error, and stochastic processes. Each scenario was replicated 100 times, resulting in 8000 simulated datasets. Model evaluation was performed using Root Mean Square Error (RMSE) and the coefficient of determination (R^2). In the empirical study, the model was applied to high school students' numeracy data in West Java Province. Numeracy was chosen because it is a key indicator in educational quality assessment and continues to show relatively low achievement at both the national and international levels. The model's performance on the empirical data was evaluated using RMSE, Mean Absolute Error (MAE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and R^2 .

The results of the simulation study show that the use of a lagged response consistently improves predictive performance across all evaluated methods and conditions. In nearly all simulation scenarios, models with a lagged response produced lower RMSE and higher R^2 values compared to models without a lagged response. These findings are supported by analysis of variance and bootstrap comparison sampling, which show that models with lagged response significantly provide better predictive performance than models without lagged response. These results indicate that historical information is a crucial component in predicting longitudinal responses because it captures the temporal dependence among

measurements. Among the compared methods, MERF with a lagged response demonstrated the best performance in most simulation scenarios, as evidenced by the highest win rate and the best average ranking. Meanwhile, the advantages of sMERF were not universally evident across all simulation conditions. Improvements in sMERF's performance began to emerge under conditions with stronger temporal dependencies and stochastic signals; however, it was not yet able to consistently outperform MERF. These results indicate that increasing model complexity by adding stochastic processes does not always lead to improved prediction accuracy; rather, it depends on the characteristics of the data being analyzed.

In the empirical study, machine learning-based models generally produced better prediction performance than LMMs, both under conditions with and without a lagged response. The inclusion of a lagged response also improved predictive accuracy across all evaluated methods. MERF with a lagged response delivered the best performance, with an MAPE of 5.11% and an R^2 of 75.86%. Nevertheless, bootstrap results show that the performance ranges of MERF and sMERF tend to overlap, indicating that both methods provide relatively similar levels of accuracy. The consistency of results between the simulation and empirical studies reinforces the finding that the use of historical information contributes more significantly to improving prediction accuracy.

An analysis of the variables' significance indicates that numeracy achievement in the previous period is the most dominant predictor of numeracy achievement in the subsequent period. In addition to this historical factor, several school environment indicators related to cultural equity, tolerance, and inclusivity were also identified as important variables in predicting numeracy. These findings suggest that numeracy achievement is influenced not only by prior academic performance but also by social conditions and a school climate that supports the learning process.

Overall, the results of this study indicate that the use of lagged responses is a key component in predicting longitudinal data. MERF tends to deliver the most consistent performance across the various conditions evaluated, whereas in the simulations conducted in this study, the advantages of sMERF begin to emerge under conditions with stronger temporal dependencies and stochastic signals.

Keywords: lagged response, longitudinal data, MERF, numeracy achievement, sMERF



KINERJA MODEL RANDOM FOREST DENGAN DAN TANPA LAGGED RESPONSE PADA DATA LONGITUDINAL UNTUK PREDIKSI KEMAMPUAN NUMERASI SISWA SMA

SITI NUR AZIZAH

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

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



@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.

Judul Tesis : Kinerja Model *Random Forest* dengan dan tanpa *Lagged Response* pada Data Longitudinal untuk Prediksi Kemampuan Numerasi Siswa SMA

Nama : Siti Nur Azizah

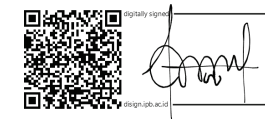
NIM : M0501241046

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Budi Susetyo, M.S.



Pembimbing 2:
Dr. Anwar Fitrianto, S.Si., M.Sc.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si, MT.
NIP 197503151999031004



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



Tanggal Ujian:
8 Juli 2026

Tanggal Lulus:



- 

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Karya ilmiah ini disusun sebagai bagian dari pemenuhan tugas akhir dengan judul “Kinerja Model *Random Forest* dengan dan tanpa *Lagged Response* pada Data Longitudinal untuk Prediksi Kemampuan Numerasi Siswa SMA”.

Dalam proses penyusunan karya ilmiah ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

- Bapak Dr. Ir. Budi Susetyo, M.S. dan Dr. Anwar Fitrianto, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta saran yang sangat berharga selama proses penyusunan makalah penelitian ini.
- Bapak Septian Rahardiantoro, S.Si., M.Si. selaku penguji yang telah memberikan masukan serta saran guna penyempurnaan makalah penelitian ini.
- Seluruh Tenaga Pendidik dan Kependidikan Departemen Statistika IPB University atas ilmu, dukungan, dan fasilitas yang telah diberikan kepada penulis.
- Suami, orang tua, adik, dan seluruh keluarga atas dukungan dan doa yang senantiasa menyertai penulis selama proses akademik dan penyusunan makalah penelitian ini.
- Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah yang telah memberikan kemudahan akses data penelitian serta dukungan finansial melalui beasiswa selama masa studi.
- Teman-teman Program Studi Statistika dan Sains Data Angkatan 2024 yang telah memberikan dukungan, semangat, serta kebersamaan selama proses pembelajaran dan penyelesaian makalah penelitian.

Akhir kata, semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan dan berkontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan perumusan kebijakan berbasis data di Indonesia.

Bogor, Juli 2026

Siti Nur Azizah



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Struktur Data Longitudinal	4
2.2 <i>Linear Mixed Models</i> (LMM) untuk Data Longitudinal	5
2.3 <i>Random Forest</i>	6
2.4 <i>Mixed Effects Random Forest</i> (MERF)	7
2.5 <i>Stochastic Mixed Effects Random Forest</i> (sMERF)	8
2.6 <i>Lagged Response</i> pada Data Longitudinal	11
2.7 Evaluasi Model	13
2.8 Identifikasi Kepentingan Peubah dalam <i>Machine Learning</i>	13
2.9 Asesmen Nasional dalam Pendidikan	14
III METODE	16
3.1 Pendekatan Penelitian	16
3.2 Data	16
3.3 Prosedur Analisis Data Simulasi	17
3.4 Prosedur Analisis Data Empiris	22
IV HASIL ANALISIS DATA SIMULASI	24
4.1 Karakteristik Data Simulasi	24
4.2 Pengaruh <i>Lagged Response</i> terhadap Kinerja Prediksi	28
4.3 Perbandingan Kinerja Model dengan <i>Lagged Response</i> pada Setiap Metode LMM, MERF, dan sMERF	31
4.4 Perbandingan Kinerja Model pada Berbagai Karakteristik Data	34
4.5 Implikasi Hasil Pemodelan pada Data Simulasi	36
V HASIL ANALISIS DATA EMPIRIS	38
5.1 Statistika Deskriptif Peubah Respons	38
5.2 Statistika Deskriptif Peubah Prediktor	39
5.3 Evaluasi Kinerja Model	40
5.4 Analisis Kepentingan Peubah	43
5.5 Implikasi Hasil Pemodelan pada Data Empiris	46
VI KESIMPULAN DAN SARAN	48
6.1 Kesimpulan	48
6.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR TABEL

1	Struktur umum data longitudinal dengan satu peubah respons	4
2	Ilustrasi pembentukan <i>lagged response</i> dalam setiap unit amatan	12
3	Dimensi peubah prediktor	17
4	Kombinasi nilai parameter yang digunakan pada data simulasi	18
5	Spesifikasi pembangkitan setiap prediktor untuk simulasi	19
6	Kombinasi model yang akan di evaluasi	20
7	Frekuensi keunggulan setiap model dengan <i>lagged response</i>	31
8	Rataan peringkat setiap model dengan <i>lagged response</i> secara umum	32
9	Rataan peringkat setiap model dengan <i>lagged response</i> berdasarkan kekuatan ketergantungan temporal	33
10	Karakteristik setiap skenario dari hasil lima RMSE terkecil setiap model	34
11	Ringkasan sebaran indikator sekolah berdasarkan dimensi	39
12	Hasil evaluasi model tanpa <i>lagged response</i> setiap metode	40
13	Hasil evaluasi model dengan <i>lagged response</i> setiap metode	41

DAFTAR GAMBAR

1	Sebaran nilai respons minimum dan nilai respons maksimum pada setiap dataset hasil replikasi	24
2	Pola rata-rata respons hasil simulasi berdasarkan 80 skenario simulasi	25
3	Sebaran nilai peubah respons pada setiap waktu pengukuran berdasarkan data simulasi	26
4	Pola korelasi respons antarwaktu berdasarkan koefisien autoregresif (ρ) pada data simulasi	27
5	Pola korelasi respons antarwaktu menurut proses stokastik pada data simulasi dengan koefisien autoregresif $\rho = 0,2$ (a) dan $\rho = 0,7$ (b)	28
6	Perbandingan RMSE model dengan dan tanpa <i>lagged response</i> pada data simulasi	29
7	Perbandingan koefisien determinasi (R^2) model dengan dan tanpa <i>lagged response</i> pada data simulasi	30
8	Lima nilai RMSE terkecil pada setiap model dan waktu pengukuran	34
9	Plot interaksi faktor <i>lagged response</i> , metode, dan waktu pengukuran	35
10	Sebaran numerasi sekolah tahun 2022–2024 (a) dan contoh pola perkembangan skor numerasi pada 30 sekolah tahun 2022–2024 (b)	38
11	Hubungan capaian numerasi tahun 2021 dan 2022 (a); tahun 2022 dan 2023 (b); tahun 2023 dan 2024 (c)	38
12	Perbandingan interval kepercayaan <i>bootstrap</i> 95% nilai MAPE antarmetode berdasarkan 1000 replikasi <i>bootstrap</i>	42

13	Pengujian asumsi residual MERF secara grafis: Normal Q–Q plot residual (a);) Residual terhadap nilai fitted (b); Residual terhadap waktu pengukuran (c)	42
14	Top 10 prediktor terpenting model MERF tanpa <i>lagged response</i>	44
15	Top 10 prediktor terpenting model MERF dengan <i>lagged response</i>	45

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Peubah respons (Y) dan peubah prediktor (X) data empiris asesmen nasional	56
2	Lampiran 2 Kombinasi parameter pada skenario simulasi	59
3	Lampiran 3 Hasil rata-rata RMSE dan R^2 setiap skenario simulasi	61
4	Lampiran 4 Hasil <i>paired bootstrap comparison</i> antara selisih RMSE model tanpa <i>lagged response</i> dan dengan <i>lagged response</i> pada $t=4$	88
5	Lampiran 5 Hasil <i>paired bootstrap comparison</i> antara model tanpa <i>lagged response</i> dan dengan <i>lagged response</i> pada $t=5$	95
6	Lampiran 6 Hasil <i>paired bootstrap comparison</i> antara model tanpa <i>lagged response</i> dan dengan <i>lagged response</i> pada $t=6$	102
7	Lampiran 7 Hasil <i>paired bootstrap comparison</i> antara model LMM <i>lagged response</i> dengan model MERF <i>lagged response</i> pada $t = 4$	109
8	Lampiran 8 Hasil <i>paired bootstrap comparison</i> model MERF <i>lagged response</i> dengan model sMERF-BM <i>lagged response</i> pada $t=5$ dan $t=6$	110



@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.