



KAJIAN KOMPARATIF SPESIFIKASI MODEL CAMPURAN LINIER PADA ANALISIS DATA PANEL

MELANIA DWI RAHAYU





@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.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Kajian Komparatif Spesifikasi Model Campuran Linier pada Analisis Data Panel” 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.

Dalam proses penyusunan tesis, saya menggunakan bantuan teknologi kecerdasan artifisial (*Artificial Intelligence*) sebagai alat bantu terbatas untuk mendukung proses penulisan, seperti eksplorasi ide, penyuntingan bahasa. Penggunaan AI tersebut tidak menggantikan analisis, interpretasi, penyusunan metodologi, maupun penarikan kesimpulan yang sepenuhnya merupakan hasil pemikiran, analisis, dan tanggung jawab saya sebagai penulis.

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

Bogor, Juli 2026

Melania Dwi Rahayu
G1501222067



@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.



RINGKASAN

MELANIA DWI RAHAYU. Kajian Komparatif Spesifikasi Model Campuran Linier pada Analisis Data Panel. Dibimbing oleh ANANG KURNIA dan ANIK DJURAI DAH.

Data panel merupakan jenis data yang menggabungkan dimensi *cross-sectional* dan deret waktu sehingga analisis dapat dilakukan dengan mempertimbangkan perbedaan karakteristik antar individu sekaligus perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu. Dalam analisis data panel, pemilihan spesifikasi model menjadi aspek penting karena setiap model memiliki asumsi, karakteristik, dan kemampuan yang berbeda dalam menangkap keragaman individu maupun waktu. Oleh karena itu, penelitian ini membandingkan tujuh spesifikasi model panel, yaitu efek tetap individu–efek tetap waktu (FEi–FEt), efek tetap individu–waktu kovariat (FEi–TimeCov), efek tetap individu–efek acak waktu (FEi–REt), efek acak individu–efek tetap waktu (REi–FEt), efek acak individu–waktu kovariat (REi–TimeCov), efek acak individu dengan struktur autoregresif AR(1) Rao–Yu, serta efek acak individu–efek acak waktu (REi–REt).

Penelitian dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu simulasi Monte Carlo dan kajian empiris. Kajian simulasi dirancang untuk mengevaluasi performa masing-masing spesifikasi model pada berbagai struktur dinamika waktu, yaitu autoregresif orde satu AR(1), autoregresif orde dua AR(2), dan *moving average* (MA). Pada setiap skenario simulasi, data panel dibangkitkan dengan mempertimbangkan efek individu, efek waktu, serta komponen galat sehingga menyerupai karakteristik data panel nyata. Setiap skenario diulang sebanyak 100 perulangan untuk memperoleh ukuran evaluasi model yang stabil. Kinerja model dievaluasi menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk menilai ketepatan dugaan dan kemampuan prediksi model.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa model yang secara eksplisit memasukkan struktur ketergantungan temporal cenderung menghasilkan performa prediksi yang lebih baik dibandingkan model panel konvensional. Model Rao–Yu dengan struktur AR(1) secara konsisten menghasilkan nilai RMSE paling rendah ketika matriks ragam galat (ψ_{it}) relatif kecil dan homogen. Namun demikian, performa model mengalami penurunan ketika ragam galat menjadi lebih besar dan heterogen. Sebaliknya, model yang memperlakukan waktu hanya sebagai kovariat linier (TimeCov) secara konsisten menunjukkan performa paling rendah pada seluruh skenario simulasi karena kurang mampu menangkap dinamika temporal yang bersifat stokastik. Sementara itu, model efek tetap dan efek acak tanpa struktur temporal eksplisit tetap menunjukkan performa yang relatif stabil, meskipun umumnya masih berada di bawah model Rao–Yu pada kondisi ragam galat rendah hingga moderat.

Kajian empiris dilakukan menggunakan data tingkat kemiskinan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur periode 2012–2022 dengan peubah penjelas berupa tingkat pengangguran terbuka, rata-rata lama sekolah, angka harapan hidup, pertumbuhan ekonomi, dan distribusi penduduk. Hasil kajian empiris menunjukkan bahwa model efek acak individu dan efek tetap waktu (REi–FEt) menghasilkan nilai RMSE terkecil dibandingkan model lainnya sehingga dipilih sebagai model terbaik dalam penelitian ini. Hasil tersebut menunjukkan bahwa heterogenitas antar wilayah yang bersifat persisten serta efek waktu spesifik tiap tahun memiliki peran penting dalam menjelaskan dinamika kemiskinan di Jawa Timur. Meskipun model Rao–Yu menunjukkan performa yang baik pada simulasi, performa model pada data empiris dipengaruhi oleh karakteristik matriks

@HanaChenikPwUniversity



ragam galat yang relatif besar dan heterogen sehingga proses penyusutan pada EBLUP menjadi lebih dominan dan menghasilkan prediksi yang lebih halus.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pemodelan dinamika temporal dan karakteristik ragam galat yang tepat merupakan aspek penting dalam meningkatkan akurasi prediksi pada analisis data panel. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan metodologi data panel serta menjadi referensi dalam analisis kemiskinan berbasis data panel di Indonesia.

Kata kunci: data panel, dependensi temporal, kemiskinan, model *Rao–Yu*, simulasi *Monte Carlo*.

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.



SUMMARY

MELANIA DWI RAHAYU. Comparative Study of Linear Mixed Model Specifications for Panel Data Analysis. Supervised by ANANG KURNIA and ANIK DJURAI DAH.

Panel data combine cross-sectional and time-series dimensions, allowing researchers to simultaneously account for heterogeneity across individuals and temporal changes over time. In panel data analysis, selecting an appropriate model specification is important because each model has different assumptions, characteristics, and capabilities in capturing individual and temporal variation. Therefore, this study compares seven panel data model specifications, namely fixed effect individual–fixed effect time (FEi–FEt), fixed effect individual–time covariate (FEi–TimeCov), fixed effect individual–random effect time (FEi–REt), random effect individual–fixed effect time (REi–FEt), random effect individual–time covariate (REi–TimeCov), random effect individual with Rao–Yu autoregressive AR(1) temporal structure, and random effect individual–random effect time (REi–REt).

This study was conducted using two approaches, namely Monte Carlo simulation and empirical analysis. The simulation study was designed to evaluate the performance of each model specification under several temporal dynamic structures, namely autoregressive order one AR(1), autoregressive order two AR(2), and moving average (MA). In each simulation scenario, panel data were generated by incorporating individual effects, time effects, and error components to resemble real panel data characteristics. Each scenario was repeated 100 times to obtain stable model evaluation measures. Model performance was evaluated using Root Mean Square Error (RMSE) to assess estimation accuracy and predictive capability.

The simulation results indicate that models explicitly incorporating temporal dependence structures tend to produce better predictive performance than conventional panel data models. The Rao–Yu model with an AR(1) structure consistently achieves the lowest RMSE values when the error variance matrix (ψ_{it}) is relatively small and homogeneous. However, its performance declines when the error variance becomes larger and more heterogeneous. In contrast, models treating time merely as a linear covariate (TimeCov) consistently show the poorest performance across all simulation scenarios because they are less capable of capturing stochastic temporal dynamics. Meanwhile, fixed effect and random effect models without explicit temporal structures still demonstrate relatively stable performance, although they generally remain less optimal than the Rao–Yu model under low to moderate error variance conditions.

The empirical study used poverty rate data from regencies and cities in East Java Province during 2012–2022 with explanatory variables consisting of the open unemployment rate, average years of schooling, life expectancy, economic growth, and population distribution. The empirical results show that the random effect individual and fixed effect time model (REi–FEt) produces the smallest RMSE value compared with the other model specifications and is therefore selected as the best model in this study. These findings indicate that persistent regional heterogeneity and year-specific temporal effects play an important role in explaining poverty dynamics in East Java. Although the Rao–Yu model performs well in the simulation study, its empirical performance is influenced by the relatively large and heterogeneous error variance structure, causing the EBLUP shrinkage process to become more dominant and resulting in smoother predictions.

@Hak cipta milik IPB University

Overall, this study demonstrates that appropriate modelling of temporal dynamics and error variance characteristics is essential for improving predictive accuracy in panel data analysis. The findings are expected to contribute to the development of panel data methodology and provide references for poverty analysis using panel data in Indonesia.

Keywords: Monte Carlo simulation, panel data, poverty, Rao–Yu model, temporal dependence.

© 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.



@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.

© 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

KAJIAN KOMPARATIF SPESIFIKASI MODEL CAMPURAN LINIER PADA ANALISIS DATA PANEL

MELANIA DWI RAHAYU

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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tesis:
Dr. Yenni Angraini, S.Si., M.Si.





Judul Tesis : Kajian Komparatif Spesifikasi Model Campuran Linier pada Analisis Data Panel

Nama : Melania Dwi Rahayu

NIM : G1501222067

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

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



Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Anik Djuraidah, M.S.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T.

NIP 197503151999031004



Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika:

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

NIP 196607021993011001



Tanggal Sidang:
21 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulisan tesis ini berjalan dengan lancar. Penelitian ini berjudul “Kajian Komparatif Spesifikasi Model Campuran Linier pada Analisis Data Panel”. Tesis ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Statistika dan Sains Data Institut Pertanian Bogor.

Selama proses penyusunan tesis ini, berbagai dukungan telah penulis dapatkan sehingga proses penyusunan tesis ini telah penulis selesaikan. Penulis sangat mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak sebagai berikut:

1. para pembimbing, Bapak Prof. Dr. Anang Kurnia, S.Si., M.Si. dan Ibu Prof. Dr. Ir. Anik Djuraidah, M.S. yang telah membimbing, memberikan masukan, dorongan dan waktu.
2. Seluruh pengajar sekolah pascasarjana Departemen Statistika dan Sains Data IPB University yang telah banyak memberikan ilmu selama perkuliahan sampai dengan penyusunan tesis ini.
3. Keluarga penulis, Mama Yusni, Papa Agung Harmono, Kakak Putri Wara Kristianti, dan Adik Muhammad Yusuf yang senantiasa memberikan dukungan dan doa pada setiap proses yang telah dilewati penulis dalam menyelesaikan tesis.
4. Seluruh Staf Tata Usaha Departemen Statistika dan Sains Data IPB University yang telah membantu segala proses administrasi.
5. Teman-teman penulis Nadia Putri Arnindhita, Feki Wahyu, Syahnita Ulfah, Syamsul F. Alfath, teman-teman sinergi, teman-teman Data Scientist United Tractors serta atasan penulis Bapak Dedi Prananda atas dukungan dan semangat yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Semoga penelitian ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua, aamiin.

Bogor, Juli 2026

Melania Dwi Rahayu



@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 TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Model Regresi Data Panel	5
2.2 Model Efek Tetap	5
2.3. Model Efek Acak	7
2.4. <i>Rao-Yu Model</i>	8
2.5. Model Autoregresif	9
2.6. Model <i>Moving Average</i>	11
2.7. Metode Monte Carlo	12
III KAJIAN SIMULASI	14
3.1 Desain Simulasi	14
3.2 Hasil Kajian Simulasi	21
IV KAJIAN EMPIRIS : Pemodelan Kemiskinan Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Tahun 2012-2022	27
4.1 Deskripsi dan Eksplorasi Data	29
4.2 Pengecekan Multikolinearitas	32
4.3 Perbandingan Model Data Panel pada Data Empiris	33
4.4 Interpretasi Model	36
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
RIWAYAT HIDUP	52



DAFTAR TABEL

1	Skenario matriks ragam galat pada model REi, efek waktu AR(1)	18
2	Persamaan model data panel	21
3	Skenario waktu pada kajian simulasi	22
4	ANOVA hasil evaluasi akurasi model prediksi berdasarkan RMSE	22
5	Hasil uji lanjut evaluasi kinerja model berdasarkan RMSE	23
6	Peubah respon dan peubah penjelas	27
7	Nilai VIF masing-masing peubah sebagai indikator multikolinearitas	33
8	Perbandingan nilai RMSE tujuh model panel pada data kemiskinan kota/kabupaten di Provinsi Jawa Timur	34
9	Dugaan parameter model dengan efek acak individu dan efek tetap waktu	37

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir prosedur analisis data simulasi	20
2	Boxplot perbandingan kinerja model berdasarkan nilai RMSE	25
3	Diagram alir prosedur analisis data empiris	28
4	Grafik nilai rata-rata persentase kemiskinan di Provinsi Jawa Timur tahun 2012-2022	29
5	Boxplot kemiskinan per tahun kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur	30
6	Boxplot kemiskinan per kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur	31
7	Peta tidak berskala sebaran persentase kemiskinan di Provinsi Jawa Timur	32

DAFTAR LAMPIRAN

1.	Hasil uji lanjut evaluasi skenario waktu berdasarkan RMSE	45
2.	Hasil uji lanjut interaksi model dengan skenario waktu berdasarkan RMSE	46