

**ANALISIS DATA LONGITUDINAL DENGAN  
BERBAGAI TINGKAT AUTOKORELASI DENGAN  
METODE NONPARAMETRIK SPLINE  
TRUNCATED DAN KERNEL REGRESSION**

**SKRIPSI**



**OLEH:  
PUTU RATIH YULINDA EKA PUTRI  
2213101015**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA (S1)  
JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA**



UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"  
• Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE  
• Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.





- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR E - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSR E
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

# SKRIPSI

## DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS DAN MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK MENCAPAI GELAR SARJANA SAINS

**Menyetujui**

Pembimbing I	Dr. I Wayan Puja Astawa, S.Pd., M.Stat.Sci. NIP.196901161994031001
Pembimbing II	Putu Kartika Dewi, S.Pd.,M.Sc. NIP.199004202019032021

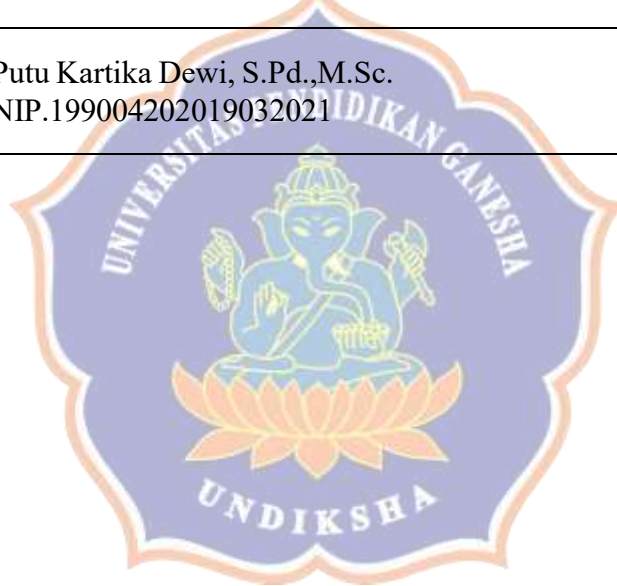


- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR E - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSR E
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Skripsi oleh Putu Ratih Yulinda Eka Putri ini  
telah dipertahankan di depan dewan penguji  
Pada tanggal 22 April 2026

### Dewan Penguji

Ketua	Prof. Dr. I Putu Wisna Ariawan, M.Si. NIP.196805191993031001
Anggota	Dr. I Gusti Nyoman Yudi Hartawan, S.Si., M.Sc. NIP.198405252008121008
Anggota	Dr. I Wayan Puja Astawa, S.Pd., M.Stat.Sci. NIP.196901161994031001
Anggota	Putu Kartika Dewi, S.Pd.,M.Sc. NIP.199004202019032021



- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR E - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSR E
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

Diterima oleh Panitia Ujian Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Pendidikan Ganesha  
guna memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains

**Menyetujui**

Ketua Ujian	Dr. I Wayan Puja Astawa, S.Pd., M.Stat.Sci. NIP.196901161994031001
Sekretaris Ujian	I Nyoman Budayana, S.Pd.,M.Sc NIP.199010242020121005

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. I Wayan Sukra Warpala, S.Pd., M.Sc.

NIP.196710131994031001



- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSrE - BSSN, validitas dokumen elektronik ini bisa dicek menggunakan aplikasi mobile VeryDS oleh BSrE
- Cetakan dokumen ini merupakan salinan dari file dokumen bertandatangan elektronik yang keabsahannya dapat diakses melalui scan QRCode yang terdapat pada sertifikat ini.

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Nama Putu Ratih Yulinda Eka Putri  
Tempat, Tanggal Lahir Negara, 20 Juli 2004  
NIM 2213101015  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis yang berjudul “Analisis Data Longitudinal dengan Berbagai Tingkat Autokorelasi dengan Metode Nonparametrik *Spline Truncated* dan *Kernel Regression*.” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan dan pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya saya ini atau ada klaim terhadap keaslian karya saya ini.

Singaraja, 09 April 2026

Yang membuat pernyataan,



Putu Ratih Yulinda Eka Putri

NIM 2213101015

## PRAKATA

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat Nya-lah, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul = **Analisis Data Longitudinal dengan Berbagai Tingkat Autokorelasi dengan Metode Nonparametrik *Spline Truncated* dan *Kernel Regression***= . Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan mencapai gelar sarjana sains pada Universitas Pendidikan Ganesha.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan baik berupa moral maupun material dari berbagai pihak. Untuk itu, dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. I Wayan Sukra Warpala, S.Pd., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah memberikan kesempatan, fasilitas, serta dukungan akademik kepada penulis selama menempuh pendidikan.
2. Prof. Dr. I Putu Wisna Ariawan, M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika yang telah memberikan arahan, dukungan, dan pelayanan akademik kepada penulis selama menempuh pendidikan serta dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Dr. I Wayan Puja Astawa, S.Pd., M.Stat.Sci., selaku pembimbing utama yang telah dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Putu Kartika Dewi, S.Pd., M.Sc., selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, saran, serta perhatian kepada penulis dalam menyempurnakan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi S1 Matematika, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan wawasan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Pendidikan Ganesha.
6. Kepada keluarga tercinta, khususnya orang tua dan kedua adik penulis, penulis mengucapkan terima kasih karena senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, pengorbanan, dan kekuatan yang tiada henti kepada penulis. Terima kasih karena selalu percaya, selalu menguatkan, dan selalu menjadi tempat pulang bagi penulis dalam setiap proses yang dilalui hingga sampai pada tahap ini.
7. Penulis menyampaikan terima kasih kepada teman yang selalu hadir mendengarkan keluh kesah penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas waktu, perhatian, pengertian, dan kesediaan untuk tetap menemani penulis dalam masa-masa yang tidak selalu mudah.
8. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada partner penulis yang merupakan mahasiswa Fakultas Teknik, yang senantiasa hadir dengan ketulusan, kesabaran, dan perhatian selama proses penyusunan skripsi

ini. Terima kasih karena selalu menjadi salah satu sumber kekuatan bagi penulis, yang tidak pernah lelah memberikan semangat, motivasi, dan dukungan dalam setiap keadaan. Terima kasih karena telah menemani penulis melewati berbagai proses, baik pada saat penulis merasa yakin maupun ketika penulis berada di titik lelah dan ragu. Kehadiranmu bukan hanya memberikan kenyamanan, tetapi juga menjadi bagian penting yang membantu penulis tetap bertahan dan terus melangkah hingga sampai pada tahap ini.

9. Dan yang terakhir, penulis ucapkan terimakasih banyak kepada diri penulis sendiri, yang telah mampu bertahan, berjuang, dan terus melangkah sampai di titik ini. Terima kasih karena tidak menyerah, meskipun ada banyak hari yang terasa berat, banyak keraguan yang harus dilawan, dan banyak proses yang menguras tenaga, pikiran, serta perasaan. Terima kasih untuk setiap usaha kecil yang dilakukan setiap hari, untuk setiap doa yang tidak pernah putus, dan untuk keberanian untuk tetap melanjutkan langkah, bahkan ketika jalan terasa tidak mudah. Sampai pada tahap ini bukanlah hal yang sederhana, sehingga pencapaian ini patut dihargai dengan penuh syukur. Walaupun perjalanan ke depan masih panjang dan masih banyak proses yang harus dilalui, semoga penulis selalu diberikan kekuatan, keteguhan, dan kemudahan dalam setiap langkah yang akan ditempuh selanjutnya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa apa yang tersaji dalam skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Untuk itu demi kesempurnaan skripsi ini, penulis mengharapkan segala kritik maupun saran yang sifatnya membangun dari berbagai pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua khususnya bagi pengembangan dunia pendidikan.

Singaraja, 31 Januari 2026

Penulis

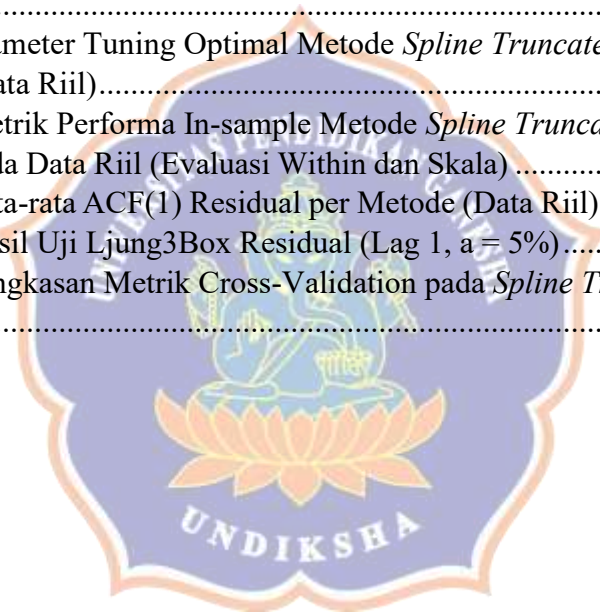
## DAFTAR ISI

<b>PRAKATA</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian .....	8
1.4 Manfaat Penelitian .....	8
1.5 Pembatasan Masalah.....	9
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>11</b>
2.1 Data Longitudinal .....	11
2.2 Autokorelasi .....	13
2.2.1 Tingkat Autokorelasi .....	14
2.2.2 Deteksi dan Visualisasi Autokorelasi .....	15
2.3 Regresi Nonparametrik .....	17
2.4 Metode <i>Spline Truncated</i> .....	18
2.5 Metode <i>Kernel Regression</i> .....	22
2.6 <i>Generalized Cross Validation</i> (GCV).....	27
2.7 Kajian Hasil Penelitian yang Relevan .....	29
2.8 Kerangka Konsep .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>35</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	35
3.2 Sumber dan Pengumpulan Data.....	35
3.3 Rancangan Penelitian.....	35
3.4 Teknik Analisis Data .....	40

3.4.1 Metode <i>Spline Truncated</i> .....	40
3.4.2 Metode <i>Kernel Regression</i> .....	42
3.4.3 Evaluasi model dan penarikan kesimpulan .....	45
3.4.4 Penerapan pada Data Riil .....	48
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>50</b>
4.1 Hasil Simulasi Data Longitudinal .....	50
4.1.1 Desain Simulasi .....	50
4.1.1.1 Visualisasi Data Simulasi .....	55
4.1.2 Hasil Estimasi Model .....	57
4.1.3 Evaluasi Kinerja Prediksi Model .....	61
4.1.4 Diagnostik Residual dan Kecukupan Model .....	67
4.2 Penerapan Pada Data Riil .....	74
4.2.1 Deskripsi Data Riil .....	74
4.2.1.1 Kedekatan Karakteristik Simulasi dan Data Riil .....	81
4.2.2 Penerapan Metode dan Hasil Estimasi .....	84
4.2.3 Analisis Diagnostik Residual dan Evaluasi Model pada Data Riil .....	87
4.3 Perbandingan Hasil Simulasi dan Data Riil .....	92
4.3.1 Perbandingan Pola Estimasi Kurva .....	92
4.3.2 Perbandingan Kinerja Prediksi Model .....	92
4.3.3 Perbandingan Diagnostik Residual dan Pengendalian Autokorelasi .....	94
4.3.4 Implikasi Metodologis Perbandingan Simulasi dan Data Riil .....	94
4.4 Pembahasan .....	95
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>99</b>
5.1 Kesimpulan .....	99
5.2 Saran .....	101
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>102</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>113</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Struktur Umum Data Longitudinal.....	12
Tabel 2. 2 Data Persentase Penduduk Miskin .....	13
Tabel 2. 3 Kategori Tingkat Autokorelasi.....	14
Tabel 4. 1 Ringkasan parameter tuning optimal metode <i>Spline Truncated</i> dan <i>Kernel Regression</i> berdasarkan GCV .....	57
Tabel 4. 2 Ringkasan Rata Rata MSE dan $R^2$ Hasil Simulasi .....	62
Tabel 4. 3 Ringkasan Rata Rata RMSE dan MAE Hasil Simulasi.....	62
Tabel 4. 4 Ringkasan Uji Ljung3Box Residual .....	68
Tabel 4. 5 Statistik Deskriptif $P_0$ per Tahun (201632024) .....	75
Tabel 4. 6 Statistik Deskriptif $P_0$ per Provinsi (Lintas Tahun 201632024).....	77
Tabel 4. 7 Ringkasan Deskriptif Autokorelasi (Mean ACF(1) antar provinsi .....	81
Tabel 4. 8 Bridging Simulasi Riil: Autokorelasi Baseline dan Heterogenitas Skala-bebas .....	81
Tabel 4. 9 Parameter Tuning Optimal Metode <i>Spline Truncated</i> dan <i>Kernel Regression</i> (Data Riil).....	85
Tabel 4. 10 Metrik Performa In-sample Metode <i>Spline Truncated</i> dan <i>Kernel Regression</i> pada Data Riil (Evaluasi Within dan Skala) .....	86
Tabel 4. 11 Rata-rata ACF(1) Residual per Metode (Data Riil) .....	90
Tabel 4. 12 Hasil Uji Ljung3Box Residual (Lag 1, $\alpha = 5\%$ ).....	90
Tabel 4. 13 Ringkasan Metrik Cross-Validation pada <i>Spline Truncated</i> dan <i>Kernel Regression</i> .....	91



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Konsep .....	33
Gambar 4. 1 Alur Simulasi .....	54
Gambar 4. 2 Spaghetti Plot Data Mentah Simulasi .....	55
Gambar 4. 3 Scatter Lag-1 Galat AR(1) Murni pada Tiap Skenario $\tilde{A}$ .....	56
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Fitting Replikasi Representatif pada $\rho = 0,2$ .....	59
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Fitting Replikasi Representatif pada $\rho = 0,5$ .....	60
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Fitting Replikasi Representatif pada $\rho = 0,8$ .....	61
Gambar 4. 7 Rata-rata MSE terhadap nilai $\tilde{A}$ .....	64
Gambar 4. 8 Rata-rata RMSE terhadap nilai $\tilde{A}$ .....	65
Gambar 4. 9 Rata-rata MAE terhadap nilai $\tilde{A}$ .....	65
Gambar 4. 10 Rata-rata $R^2$ terhadap nilai $\tilde{A}$ .....	66
Gambar 4. 11 Rata-rata ACF(1) Residual terhadap nilai $\rho$ .....	68
Gambar 4. 12 Proporsi Penolakan Uji Ljung3Box terhadap nilai $\rho$ .....	69
Gambar 4. 13 Plot ACF dan PACF Residual Metode <i>Spline Truncated</i> pada Replikasi Representative $\rho = 0,2$ .....	70
Gambar 4. 14 Plot ACF dan PACF Residual Metode <i>Spline Truncated</i> pada Replikasi Representatif $\rho = 0,5$ .....	70
Gambar 4. 15 Plot ACF dan PACF Residual Metode <i>Spline Truncated</i> pada Replikasi Representatif $\rho = 0,8$ .....	71
Gambar 4. 16 Plot ACF dan PACF Residual Metode <i>Kernel Regression</i> pada Replikasi Representatif $\rho = 0,2$ .....	72
Gambar 4. 17 Plot ACF dan PACF Residual Metode <i>Kernel Regression</i> pada Replikasi Representatif $\rho = 0,5$ .....	72
Gambar 4. 18 Plot ACF dan PACF Residual Metode <i>Kernel Regression</i> pada Replikasi Representatif $\rho = 0,8$ .....	73
Gambar 4. 19 Pola Persentase Penduduk Miskin terhadap Waktu (201632024) ..	76
Gambar 4. 20 Boxplot $P_0$ per tahun .....	77
Gambar 4. 21 Distribusi ACF Lag-1 Data Riil per Provinsi .....	78
Gambar 4. 22 Kategori Tingkat Autokorelasi per Provinsi Berdasarkan ACF(1)	80
Gambar 4. 23 Bridging Autokorelasi Simulasi vs Data Riil .....	83
Gambar 4. 24 Bridging Heterogenitas Simulasi vs Data Riil .....	84
Gambar 4. 25 Kurva Hasil Pemodelan Data Riil .....	86
Gambar 4. 26 ACF dan PACF Residual Model <i>Spline Truncated</i> pada Data Riil	88
Gambar 4. 27 ACF dan PACF Residual Model <i>Kernel Regression</i> pada Data Riil .....	89
Gambar 4. 28 Perbandingan Mean ACF(1) Residual Antar Metode .....	90
Gambar 4. 29 Proporsi Penolakan Uji Ljung3Box Residual per Metode .....	91

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Tuning Parameter per Replikasi ( $\rho = 0,2$ ).....	113
Lampiran 2. Hasil Tuning Parameter per Replikasi ( $\rho = 0,5$ ).....	117
Lampiran 3. Hasil Tuning Parameter per Replikasi ( $\rho = 0,8$ ).....	121
Lampiran 4. Data Persentase Penduduk Miskin dan Variabel yang Diduga Berpengaruh per Provinsi di Indonesia Tahun 2016 3 2024.....	125
Lampiran 5. Statistik Deskriptif P0 per Provinsi (Lintas Tahun 201632024) .....	133
Lampiran 6. Hasil Cross-Validation Berbasis Tahun (201632024) pada Data Riil. ....	135
Lampiran 7. Kode Simulasi Data Longitudinal (Pembangkitan Data dan Estimasi Model) .....	136
Lampiran 8. Kode Analisis Hasil Simulasi (Ringkasan Metrik, Visualisasi, dan Diagnostik Residual).....	151
Lampiran 9. Kode Penerapan pada Data Longitudinal Riil Periode 201632024 (Estimasi, Evaluasi, dan Diagnostik) .....	166

