

PENDUGAAN AREA KECIL UNTUK PENDUGAAN RATA-RATA PENGELUARAN PER KAPITA DENGAN PEMANFAATAN DATA CITRA SATELIT MALAM

DIAZTRI HAZAM



**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.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pendugaan Area Kecil untuk Pendugaan Rata-Rata Pengeluaran per Kapita dengan Pemanfaatan Data Citra Satelit Malam” 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, Agustus 2026

Diaztri Hazam
G15101221032



RINGKASAN

DIAZTRI HAZAM. Pendugaan Area Kecil untuk Pendugaan Rata-Rata Pengeluaran per Kapita dengan Pemanfaatan Data Citra Satelit Malam. Dibimbing oleh ANANG KURNIA dan ERFIANI.

Pendugaan area kecil merupakan suatu metode yang digunakan untuk memperoleh penduga dari sebuah area kecil. Area dianggap kecil apabila ukuran contoh yang tersedia tidak cukup untuk melakukan pendugaan langsung. Pendugaan area kecil melakukan pendugaan tidak langsung dengan meminjam kekuatan informasi dari area di sekitarnya dan dihubungkan melalui pendekatan model. Informasi yang digunakan juga dapat berupa peubah lain yang berkorelasi dengan peubah yang menjadi perhatian. Pendugaan area kecil terbagi menjadi dua model, yaitu model level area dan model level unit. Model level area digunakan apabila tidak tersedia data dalam tingkat unit. Pendugaan area kecil digunakan di beberapa bidang terutama di bidang ekonomi, salah satunya untuk menduga pengeluaran per kapita.

Peubah penyerta yang paling banyak digunakan dalam menduga rata-rata pengeluaran per kapita berasal dari data Potensi Desa (PODES). Data PODES tersedia hingga wilayah administrasi terkecil yaitu desa dan mencakup beberapa aspek ekonomi. Alternatif lainnya adalah dengan memanfaatkan citra penginderaan jauh yang mengidentifikasi karakteristik wilayah secara cepat dan murah. Salah satu citra penginderaan jauh yang dapat digunakan berasal dari data citra satelit malam hari. Intensitas cahaya malam hari menunjukkan keadaan ekonomi dari area tersebut. Intensitas cahaya yang semakin terang dapat menunjukkan tingginya pengeluaran di area tersebut.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengkaji kinerja kedua metode pendugaan area kecil, yaitu *empirical best linear unbiased prediction* (EBLUP) model level area dan *empirical best prediction* (EBP) model level unit. Pemodelan tersebut digunakan untuk menduga rata-rata pengeluaran per kapita tingkat kecamatan Kabupaten Bandung. Tiga skenario peubah penyerta digunakan pada masing-masing metode, yaitu menggunakan data PODES, gabungan data PODES dan data citra satelit malam hari, dan hanya menggunakan data citra satelit malam hari.

Pendugaan area kecil dengan metode EBLUP level area menggunakan peubah penyerta yang berada pada level kecamatan. Peubah yang digunakan memiliki beberapa titik pencilan dan beberapa memiliki korelasi kuat satu sama lain. Pendugaan dengan penggunaan peubah penyerta hanya dengan data citra satelit malam hari memberikan hasil yang cukup stabil. Model tersebut menghasilkan rata-rata dugaan pengeluaran per kapita sebesar Rp167.939,12 dengan kecamatan terendah adalah Kecamatan Pacet sebesar Rp119.452,10 dan kecamatan tertinggi adalah Kecamatan Nagreg sebesar Rp197.282,86. Hasil pendugaan dari model tersebut memiliki selang nilai yang lebih sempit dengan nilai RRMSE yang paling rendah dibandingkan dua model lainnya. Model tersebut memiliki nilai rata-rata RRMSE dugaan sebesar 9,998% dengan minimum sebesar 7,573% dan maksimum sebesar 12,265%. Model ini juga memberikan nilai *R-squared adjusted* tertinggi sebesar 0,670 dengan AIC terendah sebesar 733,482 dan BIC terendah 737,784.

@Hak Cipta 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Model level area memberikan hasil bahwa penambahan data citra satelit malam hari memberikan kontribusi yang cukup baik dalam menjelaskan pengeluaran per kapita karena meningkatkan nilai *R-squared adjusted*. Model dengan peubah penyerta gabungan PODES dan data citra satelit malam hari tetap memberikan nilai rata-rata RRMSE, AIC, dan BIC yang lebih tinggi dibandingkan dengan model dengan peubah penyerta PODES. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan data citra satelit malam hari memberikan nilai pendugaan yang lebih stabil, meskipun tidak memberikan nilai galat yang lebih kecil dibandingkan model dengan peubah penyerta PODES atau data citra satelit malam hari saja.

Data pengeluaran per kapita pada level unit tidak menunjukkan sebaran normal sehingga dibutuhkan transformasi logaritma sebelum dilakukan pendugaan. Pendugaan area kecil dengan metode EBP level unit menggunakan peubah penyerta yang berada pada level desa. Peubah yang digunakan memiliki titik pencilan yang lebih banyak dengan beberapa peubah memiliki korelasi yang kuat. Hasil pendugaan pada tiga model dengan EBP level unit memberikan rentang nilai yang tidak jauh berbeda. Model dengan peubah penyerta hanya data citra satelit malam hari memiliki rentang nilai RRMSE yang lebih sempit dibandingkan dua model lainnya. Model ini memberikan hasil nilai rata-rata pendugaan sebesar Rp166.996,68 dengan nilai minimum Rp136.086,70 pada Kecamatan Pacet dan nilai maksimum Rp190.900,43 pada Kecamatan Cimaung. Model ini memiliki rata-rata nilai RRMSE yang paling rendah sebesar 7,548% dengan nilai minimum 5,918% dan nilai maksimum 11,324%. Model ini memberikan nilai *R-squared adjusted* tertinggi sebesar 0,523 dengan nilai AIC terendah 792,672 dan BIC terendah 796,887.

Pendugaan dengan metode EBP level unit memberikan hasil bahwa penambahan data citra satelit malam hari tidak memberikan hasil yang lebih presisi. Model dengan peubah penyerta gabungan memiliki nilai *R-squared adjusted* yang lebih rendah dengan rata-rata RRMSE, AIC, dan BIC yang lebih tinggi. Penambahan data citra satelit malam hari dalam model dengan peubah penyerta gabungan memberikan hasil pendugaan yang tidak lebih baik dibandingkan dengan model dengan peubah penyerta PODES atau data citra satelit malam hari saja. Model dengan peubah penyerta data citra satelit malam hari sebagai peubah tunggal mampu memberikan pendugaan dengan hasil *R-squared adjusted* yang lebih tinggi, dengan RRMSE, AIC, dan BIC yang terendah.

Kata kunci: citra satelit malam hari, model level area, model level unit, pendugaan area kecil, pengeluaran per kapita



SUMMARY

DIAZTRI HAZAM. Small Area Estimation for Estimating Average Per Capita Expenditure Using Nighttime Satellite Imagery Data. Supervised by ANANG KURNIA and ERFIANI.

Small area estimation (SAE) is a method used to obtain an estimate from a small area. An area is considered small when the available sample size is insufficient to perform a direct estimation. SAE performs an indirect estimation by drawing on information from surrounding areas and linking them through a model-based approach. The information used may also consist of other variables that are correlated with the variable of interest. SAE is divided into two models: the area-level model and the unit-level model. The area-level model is used when data at the unit level are not available. SAE is used in several fields, particularly in economics, including for estimating per capita expenditure.

The most commonly used auxiliary variables for estimating average per capita expenditure come from the Village Potential (PODES) data. PODES data are available down to the smallest administrative unit and cover several economic aspects. Another alternative is to utilize remote sensing imagery, which identifies regional characteristics quickly and inexpensively. One type of remote sensing imagery that can be used comes from nighttime satellite imagery. Nighttime light intensity reflects the economic condition of the area. Brighter light intensity may indicate higher expenditure in that area.

The aim of this study is to examine the performance of two SAE methods: the empirical best linear unbiased prediction (EBLUP) area-level model and the empirical best prediction (EBP) unit-level model. These models were used to estimate average per capita expenditure at the subdistrict level in Bandung Regency. There were three auxiliary variable scenarios for each method: using only PODES data, a combination of PODES data and nighttime satellite imagery, and using only nighttime satellite imagery.

Estimation of per capita expenditure using the area-level EBLUP method with auxiliary variables at the subdistrict level. The covariates used include several outliers, and some are strongly correlated with one another. Estimations using nighttime satellite imagery data as auxiliary variable yield fairly stable results. The model produced an average estimated per capita expenditure of IDR167,939.12, with the lowest value in Pacet Subdistrict at IDR119,452.10 and the highest in Nagreg Subdistrict at IDR197,282.86. The estimation results from this model have a narrower confidence interval and the lowest RRMSE value compared to the other two models. This model has an average estimated RRMSE of 9.998%, with a minimum of 7.573% and a maximum of 12.265%. It also yields the highest adjusted R-squared value of 0.670, along with the lowest AIC of 733.482 and the lowest BIC of 737.784.

The area-level model shows that the inclusion of nighttime satellite imagery data contributes significantly to explaining per capita expenditure, as evidenced by an increase in the adjusted R-squared value. The model with combined PODES and nighttime satellite imagery as auxiliary variable still yields higher average values for RRMSE, AIC, and BIC compared to the model with PODES. This indicates that the inclusion of nighttime satellite imagery provides more stable estimates,



although it does not result in smaller error values compared to the model with PODES or the model using nighttime satellite imagery alone.

Per capita expenditure data at the unit level do not follow a normal distribution, so logarithmic transformation is required before estimation. Small-area estimation using the unit-level EBP method employs covariates at the village level. The covariates used contain a large number of outliers, and some exhibit strong correlations. The estimation results for the three models using the unit-level EBP method yield value ranges that are not significantly different. The model with the only auxiliary variable being nighttime satellite imagery data has a narrower range of RRMSE values compared to the other two models. This model yields an average estimated value of IDR166,996.68, with a minimum value of IDR136,086.70 in Pacet Subdistrict and a maximum value of IDR190,900.43 in Cimaung Subdistrict. This model has the lowest average RRMSE value of 7.548%, with a minimum of 5.918% and a maximum of 11.324%. It yields the highest adjusted R-squared value of 0.523, along with the lowest AIC of 792.672 and the lowest BIC of 796.887.

Estimation using the unit-level EBP method indicates that adding nighttime satellite imagery data does not yield more precise results. Models with combined auxiliary variable have lower adjusted R-squared values and higher average RRMSE, AIC, and BIC values. The inclusion of nighttime satellite imagery data in the model with combined auxiliary variable yields estimation results that are no better than those from the model with PODES as a covariate or the model using nighttime satellite imagery data alone. Models with nighttime satellite imagery as a single auxiliary variable are capable of providing estimates with higher adjusted R-squared values, along with the lowest RRMSE, AIC, and BIC values.

Keywords: area-level model, nighttime lights, per capita expenditure, small area estimation, unit-level model

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.



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.

PENDUGAAN AREA KECIL UNTUK PENDUGAAN RATA-RATA PENGELUARAN PER KAPITA DENGAN PEMANFAATAN DATA CITRA SATELIT MALAM

DIAZTRI HAZAM

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 : Pendugaan Area Kecil untuk Pendugaan Rata-Rata Pengeluaran per Kapita dengan Pemanfaatan Data Citra Satelit Malam

Nama : Diaztri Hazam

NIM : G1501221032

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

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

Pembimbing 2:

Dr. Ir. Erfiani, M.Si.

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 Bueno, M.Si., M.Kom.

NIP 196607021993021001

Tanggal Ujian: 22 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ialah mengkaji metode pendugaan area kecil dengan judul "Pendugaan Area Kecil untuk Pendugaan Rata-Rata Pengeluaran per Kapita dengan Pemanfaatan Data Citra Satelit Malam".

Penelitian ini penulis susun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Magister Sains pada Program Studi Statistika dan Sains Data. Penelitian tesis ini dapat terselesaikan tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan berbagai pihak sehingga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Anang Kurnia, S.Si., M.Si. dan Ibu Dr. Ir. Erfiani, M.Si. selaku komisi pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran, serta masukan kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Wijayanto, M.Si. selaku penguji luar komisi yang telah memberikan kritik dan saran, sehingga penulis dapat memperbaiki dan meningkatkan kualitas tesis ini.
3. Bapak Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T. selaku perwakilan prodi yang telah memimpin sidang dan memberikan arahan yang bermanfaat untuk penyempurnaan tesis ini.
4. Seluruh staf Tim Kajian Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) IPB tahun 2023 yang telah membantu penelitian tesis dalam penyediaan data.
5. Pimpinan, segenap dosen pengajar, dan staf Departemen Statistika yang telah memberikan arahan, bimbingan, fasilitas, serta ilmu kepada penulis.
6. Orang tua dan kakak penulis yang senantiasa mendoakan, mendukung dan memotivasi penulis.
7. Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Program Studi Statistika dan Sains Data Angkatan 2022 atas dukungan dan kerjasama yang baik.

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

Bogor, Agustus 2026

Diaztri Hazam



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Model Pendugaan Area Kecil	4
2.2 EBLUP Model Level Area	4
2.3 EBP Model Level Unit	5
2.4 Citra Satelit Malam Hari	7
III METODE	
3.1 Sumber Data	9
3.2 Tahapan Analisis	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 EBLUP Model Level Area	13
4.2 EBP Model Level Unit	20
V SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	32
RIWAYAT HDUP	45



DAFTAR TABEL

3.1	Peubah yang digunakan	9
4.1	Perbandingan penduga rata-rata pengeluaran per kapita dan RRMSE dengan EBLUP level area	17
4.2	Perbandingan <i>R-sq. Adj.</i> , AIC, dan BIC EBLUP level area	19
4.3	Perbandingan penduga rata-rata pengeluaran per kapita dan RRMSE dengan EBP level unit	24
4.4	Perbandingan <i>R-sq. Adj.</i> , AIC, dan BIC metode EBP level unit	26

DAFTAR GAMBAR

2.1	Ilustrasi perhitungan metode <i>zonal statistics</i>	8
3.1	Citra satelit malam hari Kabupaten Bandung	10
4.1	Histogram rata-rata pengeluaran per kapita level kecamatan di Kabupaten Bandung	13
4.2	<i>Boxplot</i> data peubah penyerta level kecamatan X_1 sampai A	14
4.3	Nilai korelasi antar masing-masing peubah level kecamatan	15
4.4	<i>Boxplot</i> hasil pendugaan langsung dan EBLUP level area	16
4.5	<i>Boxplot</i> RRMSE penduga langsung dan EBLUP level area	17
4.6	Perbandingan penduga langsung dan EBLUP level area	18
4.7	Perbandingan RRMSE hasil pendugaan EBLUP level area	18
4.8	Histogram sisaan hasil pendugaan dengan metode EBLUP level area (a) Model 1 (b) Model 2 (c) Model 3	19
4.9	Histogram rata-rata pengeluaran per kapita level unit rumah tangga di Kabupaten Bandung	20
4.10	<i>Boxplot</i> data peubah penyerta level desa X_3 sampai A	21
4.11	Nilai korelasi antar masing-masing peubah level desa	22
4.12	<i>Boxplot</i> hasil pendugaan langsung dan EBP level unit	23
4.13	<i>Boxplot</i> RRMSE hasil pendugaan langsung dan EBP level unit	24
4.14	Perbandingan penduga langsung dan EBP level unit	25
4.15	Perbandingan RRMSE hasil pendugaan EBP level unit	25
4.16	Histogram sisaan hasil pendugaan dengan metode EBP level unit (a) Model 4 (b) Model 5 (c) Model 6	26



DAFTAR LAMPIRAN

1	Ringkasan peubah yang digunakan pada level kecamatan	33
2	Parameter penduga metode EBLUP level area	34
3	Hasil pendugaan metode EBLUP level area	35
4	RRMSE hasil pendugaan metode EBLUP level area	36
5	Peta hasil pendugaan rata-rata pengeluaran per kapita dengan metode EBLUP level area di Kabupaten Bandung	37
6	Ringkasan peubah yang digunakan pada level desa	39
7	Parameter penduga metode EBP level unit	40
8	Hasil pendugaan metode EBP level unit	41
9	RRMSE hasil pendugaan metode EBP level unit	42
10	Peta hasil pendugaan rata-rata pengeluaran per kapita dengan metode EBP level unit di Kabupaten Bandung	43



@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.