

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/338101515>

PENDUGAAN AREA KECIL DATA PRODUKTIVITAS TANAMAN PADI DENGAN GEOADDITIVE SMALL AREA MODEL BERBASIS LEVEL UNIT MUHLIS ARDIANSYAH

Thesis · November 2018

CITATIONS
0

READS
97

1 author:



Muhlis Ardiansyah
Statistics Indonesia

4 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



PENDUGAAN AREA KECIL DATA PRODUKTIVITAS TANAMAN PADI DENGAN GEOADDITIVE SMALL AREA MODEL BERBASIS LEVEL UNIT

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

MUHLIS ARDIANSYAH



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2018**

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul Pendugaan Area Kecil Data Produktivitas Tanaman Padi dengan *Geoadditive Small Area Model* Berbasis Level Unit adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi 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.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Bogor, Oktober 2018

Muhlis Ardiansyah
NIM G152164424

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RINGKASAN

MUHLIS ARDIANSYAH. Pendugaan Area Kecil Data Produktivitas Tanaman Padi dengan *Geoadditive Small Area Model* Berbasis Level Unit. Dibimbing oleh ANIK DJURAIDAH dan ANANG KURNIA.

Tanaman padi memiliki peran ekonomi dan politik sebagai tolak ukur keberhasilan pemerintah di bidang pertanian. Pemerintah daerah membutuhkan data produktivitas tanaman padi hingga level kecamatan untuk mendukung program swasembada pangan. Permasalahannya, BPS tidak dapat menyajikan data produktivitas tanaman padi hingga level kecamatan karena ukuran contoh pada Survei Ubinan tidak representatif untuk penyajian data hingga level kecamatan. Ada dua solusi untuk memecahkan permasalahan tersebut. Pertama, pendugaan langsung dengan menambah ukuran contoh. Kedua, pendugaan tidak langsung melalui pemodelan dengan melibatkan peubah lain. Solusi pertama tidak disarankan karena akan memunculkan permasalahan baru, yaitu bertambahnya anggaran survei dan beban kerja pengumpul data. Solusi yang lebih tepat adalah menggunakan pendugaan tidak langsung karena lebih cepat dan murah dibanding pendugaan langsung. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pendugaan data produktivitas tanaman padi dan produksi beras per kecamatan di Kabupaten Seruyan Provinsi Kalimantan Tengah Tahun 2016. Kabupaten Seruyan dipilih karena memiliki potensi cukup besar dikembangkan untuk pertanian yang tercermin dari 479 ribu hektar lahan yang menganggur.

Metode pendugaan tidak langsung membutuhkan informasi tambahan yang memiliki sifat meminjam kekuatan informasi dari hubungan antara peubah yang menjadi perhatian dengan informasi dari peubah penyerta. Peubah yang menjadi perhatian dalam penelitian ini adalah **produktivitas tanaman padi yang bersumber dari Survei Ubinan yang dilakukan oleh BPS**. Sedangkan peubah penyerta ada tiga, yaitu proporsi luas panen padi sawah dan titik koordinat geografis (*latitude* dan *longitude*). **Data nilai tengah populasi proporsi padi sawah tingkat kecamatan diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Seruyan, Kotawaringin Barat, dan Kotawaringin Timur** sedangkan **data level unit diperoleh dari Survei Ubinan**. Dari sepuluh kecamatan di Kabupaten Seruyan, terdapat 3 kecamatan yang tidak terdapat contoh (nircontoh) pada Survei Ubinan, yaitu: Kecamatan Seruyan Raya, Hanau, dan Danau Seluluk. Ketiga kecamatan tersebut diduga dengan cara meminjam pengaruh acak v_i dan u_i pada area- i yang mempunyai kemiripan terdekat berdasarkan proporsi luas panen padi sawah.

Pendugaan area kecil data produktivitas padi pada penelitian sebelumnya belum memberikan hasil yang memuaskan karena nilai RMSE masih besar. Hal ini disebabkan oleh pengaruh peubah penyerta yang bersifat nonlinier sehingga perlu pendekatan nonparametrik. Oleh karena itu, metode yang diajukan adalah model nonparametrik Geo-SAE. Model Geo-SAE merupakan penggabungan antara model *Geo-additive* dan model SAE. **Langkah pertama dalam pemodelan Geo-SAE adalah menentukan simpul optimum berdasarkan nilai GCV minimum** dan diperoleh enam titik simpul optimum yang terletak pada titik koordinat: $\{(-1.3288, 111.7713), (-1.7764, 112.0640), (-1.9172, 112.1950), (-2.2098, 112.4756), (-2.7493, 112.5509), (-3.0578, 112.9647)\}$. **Langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan Geo-SAE** dan diperoleh nilai dugaan parameter pengaruh tetap dan pengaruh acak.

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)
EcoAgricultural



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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model Geo-SAE memberikan hasil dugaan yang hampir sama dengan metode pendugaan langsung kecuali untuk Kecamatan Batu Ampar. Perbedaan hasil dugaan rataan produktivitas padi di Batu Ampar cukup nyata. Hal ini disebabkan contoh plot ubinan di Batu Ampar tidak representatif karena tidak mewakili keadaan populasi lahan yang sebagian besar berjenis padi ladang sedangkan contoh terpilih pada Survei Ubinan di Batu Ampar seluruhnya berjenis padi sawah. Dari hasil pemodelan, diperoleh tiga kelebihan model Geo-SAE dibandingkan dengan pendugaan langsung. Pertama, model Geo-SAE dapat menyajikan data produktivitas tanaman padi hingga tingkat kecamatan. Kedua, model Geo-SAE dapat mengoreksi contoh yang tidak mencerminkan keadaan populasi sebagaimana dapat dilihat dari hasil dugaan produktivitas padi di Kecamatan Batu Ampar. Kelebihan ketiga adalah dapat menduga parameter pada area yang tidak terdapat contoh sama sekali.

Model Geo-SAE baik digunakan untuk menduga rataan produktivitas padi dan memberikan hasil dugaan yang akurat dengan rataan nilai RMSE hanya 1.60 ku/ha. Produktivitas tanaman padi di Kabupaten Seruyan memiliki kecenderungan bahwa semakin ke hilir Sungai Seruyan maka produktivitas tanaman padi menjadi semakin besar. Produktivitas padi tertinggi berada di Kecamatan Seruyan Hilir Timur (34.58 ku/ha) dan terendah di Seruyan Hulu (19.93 ku/ha). Dari seluruh kecamatan di Kabupaten Seruyan, hanya empat kecamatan mengalami surplus beras yaitu Kecamatan Seruyan Hilir Timur, Danau Sembuluh, Seruyan Hulu, dan Suling Tambun sedangkan enam kecamatan lainnya mengalami defisit beras. Secara keseluruhan, Kabupaten Seruyan selama tahun 2016 mengalami defisit beras sebesar 8 236.80 ton.

Kata kunci: *bootstrap parametrik, geoadditive small area model, padi, pendugaan produktivitas, surplus-defisit*



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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

SUMMARY

MUHLIS ARDIANSYAH. Geoadditive Small Area Model Based on Unit Level for the Estimation of Rice Productivity. Supervised by ANIK DJURAIDAH and ANANG KURNIA.

Rice plants have an economic and political role for measuring the government success in agriculture. Local government needed productivity of rice plants data in sub-district level to support food self-sufficiency programs. The problem is that BPS couldn't provide rice productivity data in the sub-district level because the sample size in the Ubinan Survey wasn't representative for the sub-district level. There are two solutions to solve this problem. The First is direct estimation by increasing sample size. The Second is indirect estimation by modeling using auxiliary variables. The first solution is not recommended because it will create new problems, i.e. increasing the survey budget and the enumerators workload. A more appropriate solution is using indirect estimation because it is faster and cheaper than the direct estimation. The purpose of this research is to estimate productivity of rice plants and rice production data per sub-district in Seruan Regency - Indonesia in 2016. Seruan Regency was chosen because it had considerable potential to be developed for agriculture which is reflected in 479 thousand hectares of idle land.

Indirect estimation method requires additional information that borrows strength of information from the correlation between variable of interest and auxiliary variables. The variables of interest in this study is the productivity of rice plants sourced from the Ubinan Survey conducted by BPS. Meanwhile, there are three auxiliary variables, i.e. the proportion of wetland area and geographical coordinates (latitude and longitude). The population means of auxiliary variables were obtained from the Agriculture Office of Seruan, West Kotawaringin, and East Kotawaringin Regency, while the unit level data was obtained from the Ubinan Survey. There are three sub-districts that did not have sample of the Ubinan Survey in Seruan Regency, i.e. Seruan Raya, Hanau, and Danau Seluluk Sub-districts. The three sub-districts were estimated by borrowing random effects of v_i and u_i in the area- i which has the closest resemblance based on the proportion of the rice harvested area.

Estimation of rice productivity in small area in previous studies had not provided satisfactory results because the RMSE value was large. This was due to the influence of the non-linear variables so that a nonparametric approach was needed. Therefore, the proposed method was a Geo-SAE nonparametric model. The Geo-SAE model is a combination between Geo-additive and SAE model. The first step in Geo-SAE modeling was to determine the optimum knot based on the minimum GCV value. There were six optimum knots located at the coordinates: $\{(-1.3288, 111.7713), (-1.7764, 112.0640), (-1.9172, 112.1950), (-2.2098, 112.4756), (-2.7493, 112.5509), (-3.0578, 112.9647)\}$. The next step was doing Geo-SAE modeling to obtain the estimated parameter values of fixed and random effects .

The results of the study showed that the Geo-SAE model gave results that were almost identical to the direct estimation method except for Batu Ampar Sub-district. The difference in the estimation results of the rice productivity in Batu Ampar was significant. The sample of the ubinan plot in Batu Ampar was not



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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

representative because it didn't represent the state of the land population. There are three advantages of the Geo-SAE model compared to direct estimation. The First is the Geo-SAE model can present rice productivity data to the sub-district level. The Second is the Geo-SAE model can correct samples that do not reflect the population conditions as can be seen from the results of rice productivity estimation in Batu Ampar Sub-district. The third advantage is that it can predict parameters in areas that have no samples at all.

The Geo-SAE model was proven to be used to estimate rice productivity and provided accurate estimates with RMSE equal to 1.60 quintal per hectare. The productivity of rice plants had a tendency that downstream of Seruyan River had the greater productivity of rice plants than upstream of Seruyan River. The highest rice productivity was in East Seruyan Hilir Sub-district (34.58 quintal per hectare) and the lowest was in Seruyan Hulu Sub-district (19.93 quintal per hectare). Only four sub-districts had rice surplus i.e. East Seruyan Hilir, Danau Sembuluh, Seruyan Hulu, and Suling Tambun Sub-district while the other six sub-districts experienced deficit in rice. Overall, Seruyan Regency during 2016 suffered a rice deficit (8,236.80 tons).

Key words: estimation of productivity, geoadditive small area model, parametric bootstrap, rice, surplus-deficit



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2018
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

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; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



**PENDUGAAN AREA KECIL DATA PRODUKTIVITAS TANAMAN
PADI DENGAN GEOADDITIVE SMALL AREA MODEL
BERBASIS LEVEL UNIT**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

MUHLIS ARDIANSYAH

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

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2018**

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Pengaji Luar Komisi pada Ujian Tesis: Dr Ir Budi Susetyo, MS

A handwritten signature in black ink, reading "Budi. Susetyo", is placed here.

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Tesis : Pendugaan Area Kecil Data Produktivitas Tanaman Padi dengan
Geoadditive Small Area Model Berbasis Level Unit
Nama : Muhlis Ardiansyah
NIM : G152164424

Disetujui oleh

Komisi Pembimbing

Dr Ir Anik Djuraidah, MS
Ketua

Dr Anang Kurnia, SSi, MSi
Anggota

Diketahui oleh

Ketua program Studi
Statistika Terapan

Dr Ir Kusman Sadik, MSI



Prof Dr Ir Anas Miftah Fauzi, MEng

Tanggal Ujian: 22 Oktober 2018

Tanggal Lulus: 07 NOV 2018

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Yang Maha Pemberi Rezeki atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah yang berjudul “Pendugaan Area Kecil Data Produktivitas Tanaman Padi dengan *Geoadditive Small Area Model* Berbasis Level Unit” ini dapat terselesaikan. Penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini dapat diselesaikan hanya karena pertolongan Allah. Keberhasilan penulisan karya ilmiah ini juga tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Ir. Anik Djuraidah, MS dan Bapak Dr. Anang Kurnia, SSi, MSi selaku pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, komentar, serta saran yang sangat berharga dan kepada Bapak Dr. Ir. Budi Susetyo, MS selaku Dosen Pengaji Luar Komisi atas saran dan masukan terhadap karya ilmiah ini. Ungkapan terima kasih terkhusus penulis sampaikan kepada kedua orangtua, mertua, istri dan kedua anakku, serta para sahabat atas segala doa, dukungan, dan kasih sayang yang diberikan kepada penulis. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh dosen dan staf Departemen Statistika teman-teman seperjuangan STT-BPS 2016, teman-teman Statistika dan Statistika Terapan (S2 dan S3), dan instansi Badan Pusat Statistik (BPS) yang telah memberikan beasiswa kepada penulis.

Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi berbagai pihak yang memerlukan.

Bogor, Oktober 2018

Muhlis Ardiansyah

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
1 PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	3
2 TINJAUAN PUSTAKA	3
Produktivitas Tanaman Padi	3
Pendugaan Area Kecil	5
3 METODE	8
Metode yang Diajukan	8
Model Geo-SAE	8
MSE <i>Bootstrap</i> Parametrik	11
Data	11
Tahap Analisis Data	13
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	15
Gambaran Umum Kabupaten Seruyan	15
Hubungan Peubah yang menjadi Perhatian dan Peubah Penyerta	18
Pemodelan Geo-SAE	19
Penentuan Titik Knot Optimum	19
Pendugaan Parameter Model	21
Evaluasi Kebaikan Model	23
Pendugaan Produksi Padi	24
Konversi Gabah ke Beras	26
Perbandingan Produksi dan Konsumsi Beras	26
5 SIMPULAN DAN SARAN	28
Simpulan	28
Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	30
RIWAYAT HIDUP	39



DAFTAR TABEL

1. Skema penarikan contoh Survei Ubinan (Kementerian dan BPS 2015)	4
2. Peubah yang digunakan untuk pemodelan Geo-SAE	12
3. Jumlah titik knot dan GCV	19
4. Nilai penduga parameter model Geo-SAE	21
5. Hasil pendugaan produktivitas padi dengan Geo-SAE	22
6. Nilai RMSE hasil pendugaan dengan metode <i>bootstrap</i> parametrik	24
7. Nilai dugaan produksi padi menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan tahun 2016	25
8. Nilai dugaan produksi beras menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan tahun 2016	26
9. Nilai dugaan konsumsi beras menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan tahun 2016	27

DAFTAR GAMBAR

1. Diagram <i>small area estimation</i> (NATSEM 2008)	5
2. Diagram alir analisis data	14
3. Peta Kabupaten Seruyan	15
4. Perbandingan produksi padi (ton) menurut kabupaten/kota di Kalimantan Tengah tahun 2016	16
5. Peta tematik luas panen tanaman padi menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan tahun 2016	17
6. Perbandingan produktivitas padi menurut jenis lahan di Kabupaten Kotawaringin Barat, Seruyan, dan Kotawaringin Timur tahun 2016	18
7. Plot kontur antara titik koordinat geografis dan produktivitas padi (ku/ha) di Kabupaten Seruyan tahun 2016	19
8. Plot parsial antara <i>latitude</i> dan <i>longitude</i> terhadap produktivitas padi (ku/ha) di Kabupaten Seruyan tahun 2016	20
9. Titik koordinat (<i>latitude</i> , <i>longitude</i>) simpul optimum	20
10. Produktivitas tanaman padi menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan tahun 2016	23
11. Peta tematik luas panen, produktivitas, dan produksi padi di Kabupaten Seruyan tahun 2016	25
12. Peta tematik produksi, konsumsi, dan surplus/defisit beras di Kabupaten Seruyan tahun 2016	28

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR LAMPIRAN

1. Pendugaan langsung data produktivitas padi per kecamatan contoh di Kabupaten Kotawaringin Barat, Seruyan, dan Kotawaringin Timur tahun 2016	30
2. Nilai dugaan parameter model Geo-SAE per kecamatan contoh di Kabupaten Kotawaringin Barat, Seruyan, dan Kotawaringin Timur tahun 2016	31
3. Perbandingan hasil pendugaan produktivitas padi antara model EBLUP dan Geo-SAE	32
4. Sintaks R penentuan simpul optimum, pembuatan fungsi eblupgeo, fungsi pbmsegeo <i>bootstrap</i> parametrik, dan perbandingan antara RMSE model Geo-SAE dan EBLUP	33

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Survei-survei yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada umumnya dirancang untuk menduga parameter hingga tingkat kabupaten. Data strategis yang dirilis BPS seperti data produksi beras, konsumsi per kapita, PDRB, IPM, angka pengangguran, persentase kemiskinan, IKK, dan pertumbuhan ekonomi hanya tersedia hingga tingkat kabupaten. BPS tidak menyajikan data tersebut sampai tingkat kecamatan disebabkan ukuran contoh pada area tersebut tidak representatif untuk menduganya secara langsung. Permasalahan muncul ketika pemerintah tingkat kabupaten membutuhkan data pada area yang lebih kecil untuk perencanaan dan evaluasi pembangunan.

Data produktivitas tanaman padi merupakan salah satu data yang sangat dibutuhkan oleh pemerintah daerah untuk mendukung program swasembada pangan. Pemerintah daerah membutuhkan dukungan data berupa data produksi padi hingga tingkat kecamatan untuk mengetahui kecamatan mana yang mengalami defisit beras dan kecamatan mana yang surplus. Data ini digunakan sebagai dasar perencanaan, pengambilan keputusan, dan evaluasi pembangunan di bidang pertanian. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu metode yang dapat digunakan untuk menduga parameter pada area kecil.

Pengumpulan data produktivitas padi dilakukan rutin oleh BPS melalui Survei Ubinan. Metode pengambilan contoh yang diterapkan dalam survei ini adalah strata dua tahap (*two-stage stratified sampling design*). Pengumpulan data produktivitas tanaman padi dilakukan dengan cara melakukan pengukuran langsung pada plot ubinan terpilih dengan alat ubinan dan juga wawancara dengan petani terpilih. Data produktivitas ini diperlukan untuk menghitung produksi padi yang dihasilkan oleh suatu wilayah.

Pendugaan data produksi padi pada tingkat kecamatan hingga saat ini terkendala karena tidak tersedianya data produktivitas padi pada tingkat kecamatan. Ukuran contoh pada Survei Ubinan tidak representatif untuk menyajikan data produktivitas hingga tingkat kecamatan. Apabila pendugaan langsung dengan ukuran contoh yang tidak representatif tetap dilakukan maka pendugaan yang dihasilkan akan memiliki keragaman yang besar. Selain itu, tidak semua area kecamatan terdapat contoh Survei Ubinan. Permasalahan tersebut menyebabkan pendugaan rataan produktivitas padi menjadi tidak terpercaya apabila dilakukan pendugaan secara langsung hingga tingkat kecamatan.

Solusi untuk memecahkan permasalahan di atas ada dua. Pertama, pendugaan langsung (*direct estimation*) dengan menambah ukuran contoh hingga representatif menyajikan data produktivitas padi di tingkat kecamatan. Kedua, pendugaan tidak langsung (*indirect estimation*) melalui pemodelan dengan melibatkan peubah lain yang dapat membantu memberikan informasi tentang lahan yang tidak terpilih sebagai ukuran contoh pendugaan. Metode pendugaan langsung dengan penambahan jumlah ukuran contoh tidak disarankan karena akan memunculkan permasalahan baru, yaitu bertambahnya anggaran survei dan beban kerja pengumpul data. Solusi yang lebih tepat adalah menggunakan pendugaan tidak langsung karena lebih cepat dan murah dibanding pendugaan langsung. Menurut Rao dan Molina (2015), metode

- 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



- pendugaan tidak langsung pada dasarnya memanfaatkan informasi tambahan secara statistik yang memiliki sifat meminjam kekuatan (*borrowing strength*) informasi dari hubungan antara peubah yang menjadi perhatian dengan informasi dari peubah lain.
- Chand (Chand 1995 diacu dalam Kurnia 2009) menyebutkan bahwa prosedur pendugaan area kecil pada dasarnya memanfaatkan kekuatan informasi area sekitarnya (*neighbouring areas*) dan sumber data di luar area yang statistiknya ingin diperoleh melalui pembentukan model yang tepat untuk meningkatkan efektifitas ukuran contoh. Tujuan dari pendugaan tidak langsung adalah untuk mengatasi permasalahan ukuran contoh yang tidak representatif dengan meningkatkan keefektifan ukuran contoh dan menurunkan keragaman sehingga lebih akurat (Kurnia 2009). Menurut Rao dan Molina (2015), pendugaan area kecil adalah suatu teknik statistika untuk menduga parameter subpopulasi (area kecil) pada peubah yang menjadi perhatian yang ukuran contohnya kecil dan tidak memiliki presisi yang memadai. Dengan demikian, metode yang tepat sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan jumlah contoh dalam melakukan pendugaan produktivitas padi pada tingkat kecamatan adalah dengan menggunakan metode pendugaan area kecil (*small area estimation, SAE*).
- Pendugaan area kecil data produktivitas tanaman padi di Indonesia pertama kali dilakukan oleh Tedra (2017) menggunakan *SAE Rao-Yu Model*. Akan tetapi, hasil pendugaan dengan model tersebut belum memberikan hasil yang memuaskan karena *mean square error* (MSE) yang dihasilkan masih besar. Hal ini disebabkan karena pengaruh peubah penyerta terhadap produktivitas memiliki sifat nonlinier sehingga perlu pendekatan nonparametrik pada model SAE. Dalam penelitiannya, Tedra (2017) juga menyarankan untuk memasukkan pengaruh spasial ke dalam model karena terdapat indikasi bahwa produktivitas padi sangat dipengaruhi oleh daerah aliran air. Oleh karena itu, pada penelitian ini, metode SAE yang digunakan adalah *model aditif nonparametrik dengan mempertimbangkan pengaruh non-linear dan pengaruh spasial menggunakan model Geo-SAE (Geoadditive Small Area Model)*.
- Model nonparametrik memiliki kelebihan yaitu bersifat bebas dari asumsi kelinieran sehingga mampu mereduksi masalah jika terjadi ketidaktepatan pemodelan linier. Selain itu, model aditif nonparametrik mampu mengatasi pola-pola yang tersembunyi dari peubah penyerta (Kurnia 2009). Berbagai penelitian telah dilakukan menggunakan pendugaan area kecil dengan pendekatan aditif nonparametrik, antara lain: Bocci (2010) dan Petrucci (2014) tentang *Geoadditive SAE Model*, Apriani (2017) dan Sriliana (2017) tentang *SAE Penalized Spline*.
- Pada penelitian ini, dilakukan pendugaan data produktivitas tanaman padi tingkat kecamatan menggunakan model *Geoadditive* berbasis *unit level*. Hasil dari pendugaan dengan metode ini akan dievaluasi dengan menduga nilai *RMSE (root mean square error)* menggunakan metode *bootstrap*. Metode ini memperlakukan contoh sebagai populasi kemudian dilakukan proses *resampling* secara acak dengan pengembalian. Penelitian dilakukan di Kabupaten Seruyan dengan menggunakan hasil Survei Ubinan tahun 2016. Kabupaten Seruyan dipilih sebagai lokasi penelitian karena memiliki potensi cukup besar dikembangkan untuk pertanian yang tercermin dari 479 ribu hektar lahan yang menganggur. Ketersediaan data produktivitas padi di tingkat kecamatan dapat dijadikan salah satu pertimbangan dalam program pembukaan lahan pertanian.

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) menduga parameter model pendugaan area kecil tingkat kecamatan di Kabupaten Seruyan berdasarkan model Geo-SAE, (2) mengaplikasikan model yang diperoleh untuk menduga produktivitas tanaman padi tingkat kecamatan di Kabupaten Seruyan, (3) menghitung surplus-defisit beras per kecamatan di Kabupaten Seruyan.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Produktivitas Tanaman Padi

Data produktivitas tanaman padi diperoleh dari Survei Ubinan yang dilakukan secara rutin setiap tahun oleh BPS dalam tiga periode, yaitu subround I (periode Januari – April), subround II (periode Mei – Agustus), dan subround III (September–Desember). Survei ini dirancang untuk penyajian data hingga tingkat kabupaten sehingga pendugaan langsung pada tingkat kecamatan tidak dapat dilakukan. Untuk menghitung produksi padi tingkat kecamatan, diperlukan data luas panen dan produktivitas. Produksi padi (ton) merupakan perkalian antara luas panen (ha) dan produktivitas (ton/ha). Data luas panen telah tersedia hingga tingkat kecamatan tetapi data produktivitas tanaman padi belum tersedia hingga tingkat kecamatan. Data luas panen diperoleh dari laporan yang dikumpulkan oleh KCD/Mantri Tani dari Dinas Pertanian (Distan) sedangkan data produktivitas diperoleh dari hasil Survei Ubinan yang dikumpulkan bersama oleh aparat BPS daerah (Koordinator Statistik Kecamatan) dan aparat Distan (KCD/Mantri Tani). Pengumpulan data luas panen tanaman padi dilakukan secara lengkap (sensus) melalui pendekatan area di seluruh kecamatan di Indonesia yang dilaporkan setiap bulan oleh Dinas Pertanian.

Kerangka contoh dalam Survei Ubinan dibentuk dengan menggunakan data hasil Sensus Pertanian tahun 2013 (ST2013). Kerangka contoh dalam survei ini terbagi menjadi dua, yaitu kerangka contoh untuk pemilihan blok sensus dan kerangka contoh untuk pemilihan rumah tangga. Definisi dari blok sensus adalah satuan daerah kerja pengumpul data yang merupakan bagian dari suatu desa yang mencakup sekitar 80 sampai dengan 120 rumah tangga dan dibatasi oleh batas-batas alam atau batas-batas lainnya yang jelas, seperti sungai, jalan, tanggul, dan sebagainya (Kementerian dan BPS 2015).

Berdasarkan Buku Pedoman Survei Ubinan (2015), pengambilan contoh Survei Ubinan dilakukan dalam empat tahap. Tahap pertama, dipilih sejumlah blok sensus secara *probability proportional to size* (PPS) sistematis dari kerangka contoh blok sensus. *Size* yang digunakan untuk pengambilan contoh blok sensus adalah luas tanam dari komoditas tanaman pangan yang diperoleh dari hasil ST2013. Pada setiap blok sensus terpilih dilakukan pemutakhiran rumah tangga. Tahap kedua, dari kerangka contoh rumah tangga di setiap blok sensus terpilih, dipilih sejumlah rumah tangga yang menguasai jenis tanaman pangan dan akan panen pada subround tertentu secara sistematis. Pengambilan contoh rumah tangga di setiap blok sensus dilakukan per jenis tanaman. Tahap ketiga, dari setiap rumah tangga terpilih, dipilih satu petak secara acak. Tahap keempat, dipilih satu plot ubinan berukuran $2.5 \times 2.5 \text{ m}^2$ kemudian



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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 1 Skema penarikan contoh Survei Ubinan (Kementerian dan BPS 2015)

Hdk Cipta Diilmbungi Undang-Undang	Tahap	Unit	Jumlah Populasi	Jumlah Contoh	Metode	Peluang	Fraksi
1	1	Blok sensus (pada lokasi non program)	N_h	n_h	PPS sistematik, size (L_{hi}) luas tanam per BS sesuai strata	$\frac{L_{hi}}{L_{h0}}$	$\frac{n_h L_{hi}}{L_{h0}}$
		Blok sensus (pada lokasi bantuan pemerintah)	N'	n'	PPS sistematik, size (L_{hi}) luas tanam per BS	$\frac{L'_i}{L'_0}$	$\frac{n' L'_i}{L'_0}$
2	Rumah Tangga		M'_{hi}	m_{hi}	Sistematik	$\frac{1}{M'_{hi}}$	$\frac{m_{hi}}{M'_{hi}}$
3	Petak		P_{hij}	1	Acak	$\frac{1}{P_{hij}}$	$\frac{1}{P_{hij}}$
4	Plot		Q_{hijk}	1	Acak	$\frac{1}{Q_{hijk}}$	$\frac{1}{Q_{hijk}}$

Seluruh informasi yang diperlukan diperoleh dari rekapitulasi populasi dengan penjelasan sebagai berikut:

- N_h : Populasi blok sensus pada lokasi nonprogram di strata h ($h = 1, 2, \dots, H$);
 n_h : Jumlah contoh blok sensus pada lokasi nonprogram di strata h ;
 N' : Populasi blok sensus pada lokasi bantuan pemerintah;
 n' : Jumlah contoh blok sensus pada lokasi bantuan pemerintah;
 L_{hi} : Jumlah luas tanam tanaman pangan (sesuai stratanya) hasil ST2013 pada strata h blok sensus i ;
 L_{h0} : Jumlah luas tanam tanaman pangan (sesuai stratanya) hasil ST2013 dari seluruh blok sensus pada strata h ;
 L'_i : Jumlah luas tanam tanaman pangan hasil ST2013 pada lokasi program di blok sensus i ;
 L'_0 : Jumlah luas tanam tanaman pangan hasil ST2013 pada lokasi program dari seluruh blok sensus;
 M'_{hi} : Jumlah rumah tangga hasil pemutakhiran yang akan panen pada subround tertentu pada strata h , blok sensus i ;
 m_{hi} : Jumlah contoh rumah tangga tanaman pangan pada strata h , blok sensus i ;
 P_{hij} : Jumlah petak pada strata h , blok sensus i , rumah tangga j .
 Q_{hijk} : Jumlah plot pada strata h , blok sensus i , rumah tangga j , petak k .

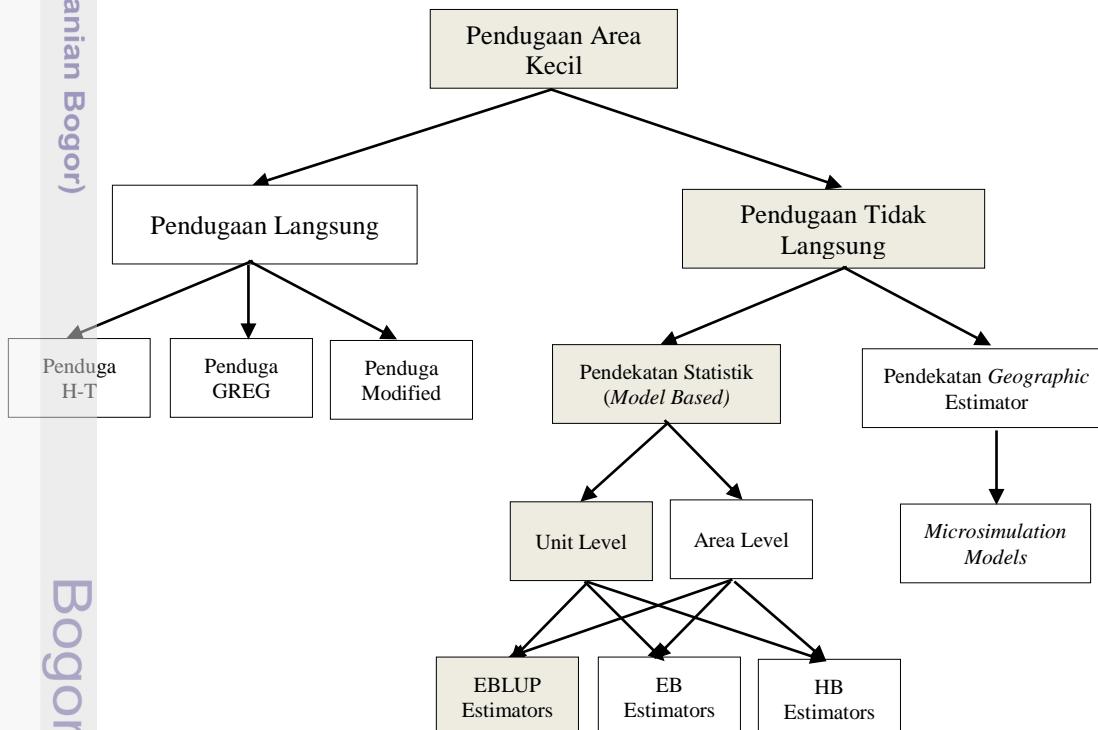
Berdasarkan desain penarikan contoh, dapat dihitung keseluruhan fraksi penarikan contoh untuk setiap rumah tangga pada strata h blok sensus i (pada wilayah program) dengan rumus: $f_{hij} = \frac{n_h L_{hi}}{L_{h0}} \times \frac{m_{hi}}{M'_{hi}} \times \frac{1}{P_{hij}}$, sementara pada wilayah nonprogram, keseluruhan fraksi penarikan contoh dihitung dengan rumus: $f_{hij} = \frac{n'_i L'_i}{L'_0} \times \frac{m_{hi}}{M'_{hi}} \times \frac{1}{P_{hij}}$. Selanjutnya *design weight* yang dibangun berdasarkan skema *sampling*

di atas adalah: $w_{hij} = \frac{L_{h0}}{n_h L_{hi}} \times \frac{M'_{hi}}{m'_{hi}} \times P_{hij}$ untuk contoh pada wilayah nonbantuan dan $w_{hij} = \frac{L'_0}{n' L_i} \times \frac{M'_{hi}}{m'_{hi}} \times P_{hij}$ untuk contoh pada wilayah bantuan pemerintah.

Pada penelitian ini, pendugaan langsung data produktivitas tingkat kecamatan dilakukan dengan mengasumsikan pengambilan contoh acak dengan menggunakan penarikan contoh acak sederhana (*simple random sampling*) karena informasi tentang data penimbang untuk melakukan pendugaan langsung tidak diperoleh. Data produktivitas tanaman padi yang digunakan pada penelitian ini adalah dalam bentuk Gabah Kering Giling (GKG). Adapun konversi dari Gabah Kering Panen (GKP) ke Gabah Kering Giling (GKG) untuk Kalimantan Tengah adalah 87.65%. Sedangkan konversi dari GKG ke beras adalah 62.74% berdasarkan Survei Konversi Gabah ke Beras (SKGB) tahun 2012.

Pendugaan Area Kecil

Pendugaan area kecil adalah suatu metode untuk menduga parameter pada suatu area yang relatif kecil dalam percontohan survei dengan memanfaatkan informasi dari luar area, dari dalam area itu sendiri, dan dari luar survei (Kurnia 2009). Area kecil tersebut didefinisikan sebagai himpunan bagian dari populasi dimana suatu peubah menjadi perhatian. Pendugaan area kecil merupakan cara pandang untuk menyelesaikan permasalahan ukuran contoh yang kecil. Secara garis besar, SAE dibagi menjadi dua yaitu pendugaan langsung (*direct estimation*) dan pendugaan tidak langsung (*indirect or model based estimation*). Diagram SAE dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram *small area estimation* (NATSEM 2008)

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



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 pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

Ketepatan dari pendugaan area kecil tidak hanya ditentukan dari tekniknya tetapi juga ditentukan oleh kemampuan dalam mendapatkan peubah penyerta yang mampu secara maksimal menerangkan informasi yang hilang dari lahan yang tidak hercontoh. Pemilihan peubah penyerta (faktor tetap) pada pendugaan area kecil memiliki peran yang penting dalam peningkatan presisi sebuah pendugaan (Aprizkiyandari 2018). Peubah penyerta bisa diperoleh dari hasil sensus atau catatan administrasi atau hasil pendataan yang tidak mengandung kesalahan.

Metode yang dikembangkan dalam pendugaan area kecil adalah metode pendugaan tidak langsung yaitu dengan memanfaatkan peubah penyerta. Berdasarkan Gambar 1, model pendugaan area kecil menggunakan pendekatan tidak langsung berbasis model dibagi menjadi dua, yaitu model level area (*basic area level models*) dan model level unit (*unit level area models*) (Rao dan Molina 2015). Model level area digunakan jika peubah penyerta yang bersesuaian dengan data peubah yang diamati tidak tersedia hingga level unit, sedangkan model level unit digunakan jika data peubah penyerta yang bersesuaian dengan data peubah yang diamati tersedia hingga level unit.

Model level unit merupakan suatu model dengan data pendukung yang tersedia bersesuaian secara individu dengan data peubah yang menjadi perhatian. Misalkan terdapat sebanyak $(p - 1)$ peubah penyerta yang menjadi data pendukung dan x_{ij} adalah vektor pengaruh tetap yang menjadi peubah penyerta maka $x_{ij} = (1, x_{ij1}, x_{ij2}, \dots, x_{ij(p-1)})$. Indeks i menyatakan area kecil ke- i dan indeks j menyatakan unit ke- j . Kemudian peubah yang menjadi perhatian disimbolkan dengan y_{ij} yaitu nilai peubah pada area ke- i dan unit ke- j . Peubah y_{ij} berhubungan dengan peubah penyerta x_{ij} melalui model regresi galat tersarang (*nested error regression*) sebagai berikut:

$$y_{ij} = x_{ij}\beta + u_i + e_{ij}; i = 1, 2, \dots, m \text{ dan } j = 1, 2, \dots, n_i \quad (1)$$

dengan m adalah banyaknya area kecil dalam suatu wilayah, n_i adalah banyaknya ukuran contoh pada masing-masing area kecil, u_i adalah peubah acak yang menyebar normal $u_i \sim_{iid} N(0, \sigma_u^2)$, e_{ij} yaitu galat contoh pada area kecil ke- i dan unit ke- j yang menyebar normal $e_{ij} \sim_{iid} N(0, \sigma_e^2)$, serta u_i dan e_{ij} saling bebas.

Pendugaan nilai tengah parameter pada area kecil dengan model level unit dibutuhkan informasi yaitu terdapat data populasi peubah penyerta \bar{X}_i (Rao dan Molina 2015). Misalkan \bar{Y}_i adalah parameter yang ingin diduga. Persamaan yang digunakan untuk menghitung parameter yaitu:

$$\bar{Y}_i = \frac{n_i}{N_i} \bar{y}_i + \left(1 - \frac{n_i}{N_i}\right) \bar{y}_i^* \quad (2)$$

dengan \bar{y}_i adalah rataan peubah yang menjadi perhatian dari contoh dan \bar{y}_i^* adalah rataan dari bukan contoh. Berdasarkan data yang ada, diperoleh nilai N_i sangat besar sehingga $\frac{n_i}{N_i}$ sangat kecil. Nilai $\frac{n_i}{N_i}$ mendekati nol sehingga persamaan (2) menjadi $\bar{Y}_i = \bar{y}_i^*$. Nilai \bar{Y}_i dapat diterangkan oleh \bar{y}_i^* sedangkan \bar{y}_i^* dapat diterangkan oleh peubah penyerta data populasi \bar{X}_i melalui model linier campuran. Semakin besar kemampuan peubah penyerta dapat menerangkan keragaman \bar{y}_i^* maka pendugaan area kecil yang diperoleh akan semakin bagus. \bar{X}_i adalah matriks yang berisi beberapa peubah penyerta yang merupakan rataan populasi yang diasumsikan tidak mengandung kesalahan penarikan contoh. Data peubah penyerta harus tersedia baik

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

di level unit maupun di tingkat kecamatan berupa data rataan populasi. Model dari pendugaan rataan pada area kecil adalah $\bar{Y}_i = \bar{X}_i\beta + u_i + \bar{E}_i$. Nilai tengah \bar{X}_i diasumsikan tidak mengandung kesalahan (*error*) maka $\bar{E}_i = 0$ sehingga model dari pendugaan rataan pada area kecil adalah sebagai berikut:

$$\bar{Y}_i = \bar{X}_i\beta + u_i \quad (3)$$

Pola hubungan antar-area kecil diasumsikan mempunyai pola umum yang sama yaitu β . Pola umum β dapat dihitung dari data contoh karena ukuran contoh telah dirancang representatif pada level kabupaten sehingga kita dapat menggunakan data contoh level unit $y_{ij} = x_{ij}\beta + u_i + e_{ij}; i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n_i$ yang dapat ditulis dalam notasi matriks sebagai berikut:

$$y_i = X_i\beta + u_i \mathbf{1}_{n_i} + e_i; i=1,2,\dots,m \quad (4)$$

dengan y_i adalah vektor berukuran $n_i \times 1$ yang berisi data contoh y_{ij} dari area ke i .

Fay dan Herriot (Fay dan Herriot 1979 diacu dalam Rao dan Molina 2015) merupakan peneliti pertama yang mengembangkan pendugaan area kecil dengan pendekatan pendugaan tidak langsung/ berbasis model dengan menggunakan model linier campuran (*linier mixed model*). Model yang dikembangkannya kemudian menjadi rujukan dalam pengembangan penelitian pendugaan area kecil hingga saat ini. Metode ini mengasumsikan bahwa keragaman peubah yang menjadi perhatian di dalam subpopulasi dapat diterangkan oleh pengaruh tetap (*fixed effect*) dan pengaruh acak (*random effect*). Pengaruh tetap tersebut diterangkan oleh keragaman dari peubah-peubah penyerta sedangkan pengaruh acak diterangkan oleh keragaman khusus yang tidak dapat diterangkan oleh peubah-peubah penyerta.

Terdapat dua ide utama yang digunakan dalam mengembangkan metode SAE, yaitu: (1) model pengaruh tetap dengan asumsi bahwa keragaman di dalam area kecil peubah yang menjadi perhatian dapat diterangkan seluruhnya dengan hubungan keragaman yang bersesuaian pada informasi tambahan; (2) model pengaruh acak area kecil dengan asumsi keragaman spesifik area kecil tidak dapat diterangkan oleh informasi tambahan. Pengembangan metode untuk model pengaruh acak dapat dimanfaatkan untuk mencapai akurasi dalam area kecil. Gabungan dari dua asumsi tersebut membentuk model linier campuran. Salah satu sifat menarik dari model linier campuran adalah kemampuannya dalam menduga kombinasi linier dari pengaruh tetap dan pengaruh acak. Persamaan model liner campuran adalah:

$$y = X\beta + Du + e \quad (5)$$

dengan $E[\mathbf{u}] = \mathbf{0}$, $\text{Cov}[\mathbf{u}] = \mathbf{G}$ dan y adalah vektor peubah yang menjadi perhatian berukuran $n \times 1$, X adalah matriks peubah penyerta yang terdiri berukuran $n \times (p+1)$, β adalah vektor parameter pengaruh tetap yang tidak diketahui berukuran $(p+1) \times 1$ dengan p adalah banyaknya peubah penyerta, D adalah matrik dengan pengaruh acak yang terdiri berukuran $n \times m$ dengan m adalah banyaknya area kecil. Sedangkan \mathbf{u} adalah vektor pengaruh acak yang tidak diketahui berukuran $m \times 1$, $\mathbf{u} \sim_{iid} N(\mathbf{0}, \mathbf{G})$ dengan $\mathbf{G} = \mathbf{I}_m \sigma_u^2$, e adalah vektor galat percontohan berukuran $n \times 1$ dengan $e \sim_{iid} N(\mathbf{0}, \mathbf{R})$ dan $\mathbf{R} = \mathbf{I}_m \sigma_e^2$, \mathbf{I}_m adalah matriks identitas berukuran $m \times m$, \mathbf{u} dan e saling bebas sehingga matriks ragam peragam \mathbf{y} adalah $\Omega = \mathbf{D}\mathbf{G}\mathbf{D}^T + \mathbf{R}$ (Rao dan Molina 2015). Pada persamaan (5) melibatkan pengaruh acak akibat disain penarikan contoh (e_i) dan pengaruh acak pemodelan subpopulasi (u_i) (Kurnia 2009).

Dalam praktik, komponen ragam σ_u^2 dan σ_e^2 tidak diketahui sehingga harus diduga berdasarkan data. Metode yang paling banyak digunakan dalam pendugaan matriks ragam-peragam pada model linier campuran adalah metode ML dan REML. Dua metode tersebut lebih sering digunakan dibanding metode MINQUE dan MIVQUE (*minimum variance quadratic unbiased*) (Djuraidah 2007). Metode REML menghasilkan metode takbias bagi parameter matriks ragam-peragam, sedangkan ML menghasilkan penduga yang bias. Penurunan kriteria REML sangat rumit yaitu meliputi maksimisasi fungsi kemungkinan dari kombinasi linier elemen \mathbf{y} yang tidak tergantung pada $\boldsymbol{\beta}$. Uraian lengkap tentang metode REML dapat dilihat pada Searle *et al* (1992). Fungsi kriteria dari REML adalah:

$$l_{REML}(\Omega) = l_p(\Omega) - \frac{1}{2} \log |\mathbf{X}^T \Omega^{-1} \mathbf{X}| + \frac{p}{2} \log(2\pi) \quad (7)$$

dengan $l_p(\Omega) = -\frac{1}{2} \{ \log |\Omega| + \mathbf{y}^T \Omega^{-1} (\mathbf{I} - \mathbf{X}[\mathbf{X}^T \Omega^{-1} \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T \Omega^{-1}) \mathbf{y} \} - \frac{n}{2} \log(2\pi)$. Pendugaan komponen ragam akan dilakukan dengan metode kemungkinan maksimum terkendala (REML). Penduga parameter pada persamaan (7) tidak dapat diselesaikan secara partial karena masing-masing persamaan masih memuat parameter lain sehingga persamaan tersebut hanya bisa diselesaikan secara simultan dengan menggunakan iterasi. Pendugaan σ_u^2 dan σ_e^2 dengan metode REML dilakukan dengan iterasi *Fisher scoring*. Dalam REML, penyelesaian sampai iterasi $(k+1)$ adalah:

$$\Omega^{(k+1)} = \Omega^{(k)} + (F_{REML}(\Omega^{(k)}))^{-1} \left(\frac{\partial \ln L(\Omega^{(k)})}{\partial \Omega_p} \right) \quad (8)$$

Pendugaan komponen ragam diperoleh ketika iterasi pada (8) konvergen. Dengan mengganti σ_u^2 dengan $\widehat{\sigma}_u^2$ dan σ_e^2 dengan $\widehat{\sigma}_e^2$ maka diperoleh suatu penduga baru yang disebut *Empirical Best Linear Unbiased Predictor* (EBLUP).

Misalkan \bar{Y}_i adalah parameter yang menjadi perhatian dan diasumsikan memiliki hubungan dengan peubah penyerta \bar{X}_i . Sedangkan \bar{y}_i merupakan fungsi linier dari \bar{Y}_i dan galat contoh e_i . Maka dugaan parameter \bar{Y}_i dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\hat{Y}_i^{\text{EBLUP}} = \bar{X}_i \hat{\beta} + \hat{u}_i \quad (9)$$

dengan penduga bagi $\boldsymbol{\beta}$ adalah $\hat{\beta} = (\mathbf{X}^T \hat{\Omega}^{-1} \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \hat{\Omega}^{-1} \mathbf{y} = \hat{\mathbf{u}} = \hat{\mathbf{G}} \mathbf{D}^T \hat{\Omega}^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{X} \hat{\beta})$, dan $\hat{\Omega} = \mathbf{D} \hat{\mathbf{G}} \mathbf{D}^T + \hat{\mathbf{R}}$ dengan $\hat{\mathbf{G}} = \mathbf{I}_m \widehat{\sigma}_u^2$ dan $\hat{\mathbf{R}} = \mathbf{I}_m \widehat{\sigma}_e^2$ sedangkan $\widehat{\sigma}_u^2$ dan $\widehat{\sigma}_e^2$ diperoleh dengan menggunakan metode REML.

3 METODE

Metode yang Diajukan

Model Geo-SAE

Model Geo-SAE merupakan penggabungan antara model *Geoadditive* dan model SAE, yaitu dengan menambahkan informasi geo-spasial ke dalam model SAE. Beberapa penelitian menggunakan *Geoadditive* antara lain: Alaba dan Olaomi (2015), Alfred dan Stanley (2015), dan Nussbaum *et al.* (2017). Misal r_i

dengan $1 \leq i \leq n$ adalah peubah penyerta pada lokasi spasial s_i , $s \in \mathbb{R}^2$. Model *Geoadditive* dapat diformulasikan sebagai berikut (Bocci 2010):

$$y_i = f(r_i) + h(s_i) + e_i, \quad e_i \sim N(0, \sigma_e^2) \quad (10)$$

dengan f adalah fungsi pemulus dari suatu peubah dan h adalah fungsi pemulus dua peubah spasial dengan spline-2 (*thin-plate spline*). Spline-2 sering digunakan untuk prediksi spasial dan dapat dinyatakan sebagai kombinasi linier dari fungsi basis radial sehingga pendugaan spline-2 dapat didekati dengan model linier campuran (Djuraidah dan Aunuddin 2006). Pada spline-2, potongan-potongan basis radial merupakan komponen yang akan dimuluskan sehingga potongan-potongan basis ini merupakan komponen acak pada model linier campuran (Wand 2003 diacu dalam Djuraidah dan Aunuddin 2006). Berdasarkan spline terpotong berdimensi rendah untuk f dan spline-2 untuk h , model (10) dapat ditulis ke dalam bentuk model campuran:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\boldsymbol{\nu} + \mathbf{e} \quad (11)$$

dengan $E\begin{bmatrix} v \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$, $\text{Cov} \begin{bmatrix} v \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_v^2 \mathbf{I}_{K_s} & 0 \\ 0 & \sigma_e^2 \mathbf{I}_{K_e} \end{bmatrix}$, $\mathbf{X} = [1, r_i, s_i^T]_{1 \leq i \leq n}$, $\boldsymbol{\beta} = [\beta_0, \beta_r, \boldsymbol{\beta}_s^T]$, $\boldsymbol{\nu} = [v_1^s, \dots, v_{K_s}^s]$, dan $\mathbf{Z} = [C(s_i - \kappa_k^s)]_{1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq K_s}$, dengan $C(s) = ||\mathbf{s}||^2 \log||\mathbf{s}||$ dan $\kappa_1^s, \dots, \kappa_{K_s}^s$ adalah simpul (*knots*) lokasi spasial.

Salah satu metode pemilihan titik knot optimal adalah dengan menggunakan GCV (*Generalized Cross Validation*). Definisi GCV dapat ditulis sebagai berikut:

$$GCV(\mathbf{K}) = \frac{MSE(\mathbf{K})}{[n^{-1} \text{trace}(\mathbf{I} - \mathbf{A})]^2}$$

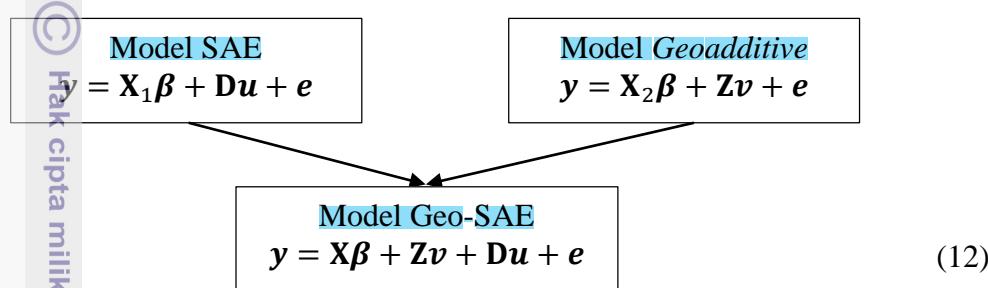
dimana $MSE(\mathbf{K}) = n^{-1} \mathbf{y}^T (\mathbf{I} - \mathbf{A})^T (\mathbf{I} - \mathbf{A}) \mathbf{y}$ dengan $\mathbf{K} = (\kappa_1^s, \dots, \kappa_{K_s}^s)$ adalah titik knot dan $\mathbf{A} = \mathbf{C}^T (\mathbf{C}^T \mathbf{C} + \lambda \mathbf{D})^{-1} \mathbf{C}^T$ dengan $\mathbf{C} = [\mathbf{X} \quad \mathbf{Z}]$, $\mathbf{D} = \text{diag}(\mathbf{0}_{p+1}, \mathbf{1}_K)$, $\lambda = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_u^2}$ sehingga solusi $\hat{\mathbf{y}}$ dapat dinyatakan dalam bentuk $\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{C}^T (\mathbf{C}^T \mathbf{C} + \lambda \mathbf{D})^{-1} \mathbf{C}^T \mathbf{y}$ (Djuraidah 2007).

Penetuan jumlah titik knot dilakukan dengan menggunakan *fixed selection method* (Yao 2008) yaitu $\kappa_k = \min(0.25 \times \text{banyaknya } x_i \text{ yang unik}, 35)$. Tujuan utama metode pemilihan knot κ_k adalah untuk memastikan bahwa κ_k fleksibel ketika mengontrol kemulusan kurva yang diduga dengan parameter pemulus (Apriani 2017). Jumlah pemulus untuk dua komponen aditif dan komponen geostatistik dari model dapat dikuantifikasi melalui komponen rasio varian σ_e^2 / σ_s^2 . Komponen pemulus ditambahkan pada pengaruh acak $\mathbf{Z}\boldsymbol{\nu}$, sementara komponen linier dapat ditulis sebagai pengaruh tetap $\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$. Dengan demikian, model geoaditif dan model klasik area kecil dapat dikombinasikan.

Misalkan terdapat m area kecil yang akan kita duga, dan misalkan y_{ij} menunjukkan peubah yang menjadi perhatian dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n_i$. Misalkan \mathbf{x}_{ij} adalah vektor peubah penyerta yang bersesuaian dengan unit respon maka model klasik SAE (Rao dan Molina 2015) adalah: $y_{ij} = \mathbf{x}_{ij}\boldsymbol{\beta} + u_i + e_{ij}$ dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n_i$ dengan m adalah banyaknya area kecil dalam suatu wilayah dan n_i adalah banyaknya ukuran contoh pada masing-masing area kecil, u_i adalah peubah acak yang menyebar normal $u_i \sim_{iid} N(0, \sigma_u^2)$, e_{ij} yaitu galat

- contoh pada kecamatan ke- i dan petani ke- j yang menyebar normal $e_{ij} \sim_{iid} N(0, \sigma_e^2)$, serta u_i dan e_{ij} saling bebas.

Formula (5) model linier campuran analog dengan model *Geoadditive* pada formula (11) sehingga dapat digunakan untuk melakukan pendugaan area kecil yang disebut *Geoadditive Small Area Model*. Karena model spline maupun model SAE dapat dipandang sebagai model dengan pengaruh acak, maka sangat memungkinkan untuk menggabungkan kedua konsep tersebut dalam pendugaan area kecil nonparametrik yang berdasarkan pada model linier campuran (Kurnia 2009). Persamaan (12) menggabungkan antara model *Geoadditive* dan SAE (model Geo-SAE) dengan dua komponen pengaruh acak.



dengan $X_1 = [1, x_{ij}^T]_{1 \leq i \leq n}$, $X_2 = [1, s_{ij}^T]_{1 \leq i \leq n}$, $X = [X_1 | X_2]$, $E[\begin{matrix} v \\ u \\ e \end{matrix}] = \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix}$, dan

$$\text{Cov} \begin{bmatrix} v \\ u \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_v^2 I_{K_s} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_u^2 I_i & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_e^2 I_n \end{bmatrix}$$

Matriks peubah penyerta menjadi $X = [x_{ij}^T, s_{ij}^T]_{1 \leq i \leq n}$, β adalah vektor koefisien pengaruh tetap berukuran $(p+1) \times 1$, Z adalah matriks berukuran $n \times K$ dari spline-2 berdasarkan fungsi: $Z = [C(s_i - \kappa_k)]_{1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq K}$ dan $C(s) = ||s||^2 \log ||s||$. Pengaruh acak v adalah vektor koefisien spline-2 (pengaruh acak kedua) berukuran $K \times 1$. Pengaruh acak u adalah vektor pengaruh acak area kecil berukuran $m \times 1$, e adalah galat acak level unit, dan matriks $D = [d_{im}]$ dengan $d_{im} = 1$ jika pengamatan i berada dalam area kecil ke m dan $d_{im} = 0$ untuk selainnya.

Selanjutnya, komponen ragam yang tidak diketahui dapat diduga dengan menggunakan REML sehingga diperoleh $\widehat{\sigma}_v^2$, $\widehat{\sigma}_u^2$, dan $\widehat{\sigma}_e^2$. Dugaan matriks ragam peragam dari y adalah $\widehat{\Omega} = \widehat{\sigma}_v^2 Z^T Z + \widehat{\sigma}_u^2 D^T D + \widehat{\sigma}_e^2 I_n$ dan penduga EBLUP bagi β , v , dan u adalah:

$$\begin{aligned}\widehat{\beta} &= (X^T \widehat{\Omega}^{-1} X)^{-1} X^T \widehat{\Omega}^{-1} y \\ \widehat{v} &= \widehat{\sigma}_v^2 Z^T \widehat{\Omega}^{-1} (y - X\widehat{\beta}) \\ \widehat{u} &= \widehat{\sigma}_u^2 D^T \widehat{\Omega}^{-1} (y - X\widehat{\beta})\end{aligned}$$

Untuk menduga rataan produktivitas per kecamatan, kita dapat menggunakan formula (Petrucci dan Pratesi 2014):

$$\bar{y}_i = \bar{X}_i \widehat{\beta} + \bar{z}_i \widehat{v} + d_i \widehat{u} \quad (13)$$

dengan \bar{X}_i dan \bar{z}_i adalah nilai parameter level area i dan diasumsikan diketahui. Untuk area kecil yang tidak terpilih contoh, v_i dan u_i disubstitusi dengan v_i dan u_i

- Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)**
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

pada area- i yang mempunyai kemiripan terdekat berdasarkan peubah penyerta. Kemiripan terdekat diukur berdasarkan jarak *euclid* terkecil.

MSE Bootstrap Parametrik ?

Tingkat presisi pendugaan data produktivitas tanaman padi di tingkat kecamatan akan dilihat berdasarkan nilai RMSE dengan metode *parametric bootstrap*. Metode *bootstrap* parametrik mengasumsikan bahwa ketiga pengaruh acak menyebar normal dengan rataan dan ragamnya adalah $v_i \sim_{iid} N(0, \sigma_v^2)$, $u_i \sim_{iid} N(0, \sigma_u^2)$, dan $e_{ij} \sim_{iid} N(0, \sigma_e^2)$ dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n_i$. Prosedur *bootstrap* parametrik dilakukan dengan membangkitkan data contoh *bootstrap* $\{(y_{ij}^*, x_{ij}); i = 1, 2, \dots, m \text{ dan } j = 1, 2, \dots, n_i\}$ sebagai $y_{ij}^* = \bar{x}_{ij}^T \hat{\beta} + \bar{z}_i v_i^* + u_i^* + e_{ij}^*$. Pengaruh acak v_i^* dibangkitkan dari $N(0, \hat{\sigma}_v^2)$, u_i^* dibangkitkan dari $N(0, \hat{\sigma}_u^2)$, dan e_{ij}^* dibangkitkan dari $N(0, \hat{\sigma}_e^2)$. Misalkan $\mu_i^* = \bar{X}_i^T \hat{\beta} + \bar{z}_i v_i^* + u_i^*$ menjadi versi *bootstrap* dari target parameter $\mu_i = \bar{X}_i^T \beta + \bar{z}_i v_i + u_i$ kemudian versi *bootstrap* $\hat{\mu}_{i*}^G = \bar{X}_i^T \hat{\beta}^* + \bar{z}_i \hat{v}_i^* + \hat{u}_i^*$ dengan $\hat{\beta}^*$, \hat{v}_i^* , dan \hat{u}_i^* dihitung dengan cara yang sama dengan $\hat{\beta}$, v_i , dan u_i tetapi dengan menggunakan data contoh *bootstrap*.

$MSE_{\text{bootstrap}}$ diperkirakan dengan simulasi Monte Carlo seperti langkah yang telah disebutkan sebelumnya sebanyak B kali sehingga diperoleh $\mu_i^*(1), \mu_i^*(2), \dots, \mu_i^*(B)$ yang merupakan nilai *bootstrap* sebenarnya dengan $\mu_i^*(b) = \bar{X}_i^T \hat{\beta} + \bar{z}_i v_i^*(b) + u_i^*(b)$ dan juga diperoleh $\mu_{i*}^G(1), \mu_{i*}^G(2), \dots, \mu_{i*}^G(B)$ dari dugaan Geo-SAE EB-SUP $\hat{\mu}_{i*}^G$ dengan $\hat{\mu}_{i*}^G(b) = \bar{X}_i^T \hat{\beta}^*(b) + \bar{z}_i \hat{v}_i^*(b) + \hat{u}_i^*(b)$ dan $\hat{\beta}^*(b)$, $\hat{v}_i^*(b)$, dan $\hat{u}_i^*(b)$ adalah ulangan ke b dari $\hat{\beta}^*$, \hat{v}_i^* , dan \hat{u}_i^* . Secara teori, $MSE_B(\hat{\mu}_i^G) = E_{*}(\hat{\mu}_{i*}^G - \mu_i^*)^2$. RMSE *bootstrap* untuk setiap area ke- i diperoleh berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$RMSE(\hat{\mu}_i^G) = \sqrt{\frac{\sum_{b=1}^B [\hat{\mu}_{i*}^G(b) - \mu_i^*(b)]^2}{B}} \quad (14)$$

dengan $\hat{\mu}_i^G \approx g_{1i}(\hat{\sigma}_v^2, \hat{\sigma}_u^2) + g_{2i}(\hat{\sigma}_v^2, \hat{\sigma}_u^2) + g_{3i}(\hat{\sigma}_v^2, \hat{\sigma}_u^2)$. Pendugaan RMSE menggunakan metode *bootstrap* parametrik dalam pendugaan area kecil dapat dilihat pada Rao dan Molina (2015).

Data

Model Geo-SAE dibangun dengan memanfaatkan informasi dari dalam area dan luar area yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Seruan, yaitu: Kabupaten Kotawaringin Barat dan Kotawaringin Timur. Ketiga kabupaten tersebut diasumsikan memiliki pola umum yang sama. Data produktivitas level unit yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Survei Ubinan Tahun 2016 di Kabupaten Seruan, Kotawaringin Barat, dan Kotawaringin Timur yang bersumber dari BPS. Sedangkan data peubah penyerta tingkat kecamatan diperoleh dari PODES2014 dan Dinas Pertanian Kabupaten Seruan, Kotawaringin Barat, dan Kotawaringin Timur. Data peubah penyerta tingkat kecamatan diasumsikan tidak mengandung kesalahan karena diperoleh berdasarkan pendataan lengkap.

Berdasarkan rincian kuesioner Survei Ubinan, terdapat 13 peubah yang secara literatur mempengaruhi produktivitas tanaman padi. Peubah-peubah tersebut adalah

jenis lahan, kelompok varietas benih yang digunakan, cara penanaman, sistem penanaman jajar legowo, banyaknya pupuk urea yang digunakan (kg/Luas tanam), banyaknya pupuk SP-36 yang digunakan (kg/luas tanam), banyaknya pupuk KCl yang digunakan (kg/luas tanam), banyaknya pupuk NPK yang digunakan (kg/luas tanam), banyaknya pupuk organik yang digunakan (kg/luas tanam), jarak tanam (trumpun/plot), anggota kelompok tani/bukan, terkena serangan OPT/tidak, dan terkena dampak perubahan iklim seperti banjir dan kekeringan. Dalam pendugaan area kecil dengan pendekatan level unit, diperlukan data populasi setiap kecamatan sehingga tidak semua peubah dapat digunakan dalam model. Kendala yang dihadapi dalam menentukan peubah penyerta adalah tidak tersedianya data unit yang memiliki informasi populasi level area. Peubah yang tersedia data populasi tingkat area kecil yang akan digunakan dalam model.

Peubah yang digunakan untuk membangun model Geo-SAE mencakup peubah yang menjadi perhatian dan peubah penyerta. Peubah yang menjadi perhatian adalah produktivitas tanaman padi yang diukur melalui Survei Ubinan. Produktivitas padi adalah rataan hasil panen padi dalam setiap hektar luas panen bersih dalam bentuk gabah kering giling. Sedangkan peubah penyerta ada tiga, yaitu proporsi luas panen padi sawah terhadap total luas panen padi, titik koordinat geografis *latitude*, dan titik koordinat geografis *longitude*.

Produktivitas tanaman padi dipengaruhi oleh kondisi tanah. Secara garis besar, tanaman padi dapat diusahakan di tanah kering dan tanah sawah. Jenis lahan pada tanaman padi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: lahan sawah dan bukan lahan sawah. Lahan sawah adalah lahan pertanian yang berpetak-petak dan dibatasi oleh pematang (galengan). Sedangkan lahan bukan sawah adalah semua lahan selain lahan sawah seperti lahan pekarangan, ladang/huma, tegal/kebun, lahan perkebunan, kolam, tambak, danau, rawa, dan lainnya (Kementerian dan BPS 2015). Selain jenis tanah, posisi lahan juga berpengaruh. Produktivitas tanaman padi pada posisi lahan pertanian satu akan berbeda dengan posisi lahan pertanian lainnya. Definisi dari proporsi luas panen padi sawah adalah luas panen jenis padi sawah dibagi total luas panen padi (sawah+ladang) pada suatu area. Terdapat satu peubah yang menjadi perhatian dan tiga peubah penyerta berupa data unit dan populasi tingkat kecamatan yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Peubah yang digunakan untuk pemodelan Geo-SAE

Peubah	Nama Peubah	Sumber
Y	Produktivitas tanaman padi (ku/ha)	BPS (Survei Ubinan 2016)
X ₁	Proporsi luas panen padi sawah terhadap total luas panen	BPS (untuk data level unit) dan Dinas Pertanian Kabupaten Seruyan, Kotawaringin Barat, dan Kotawaringin Timur (untuk data populasi tingkat kecamatan)
X ₂	Garis lintang (<i>latitude</i>)	BPS (Podes 2014)
X ₃	Garis bujur (<i>longitude</i>)	BPS (Podes 2014)

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

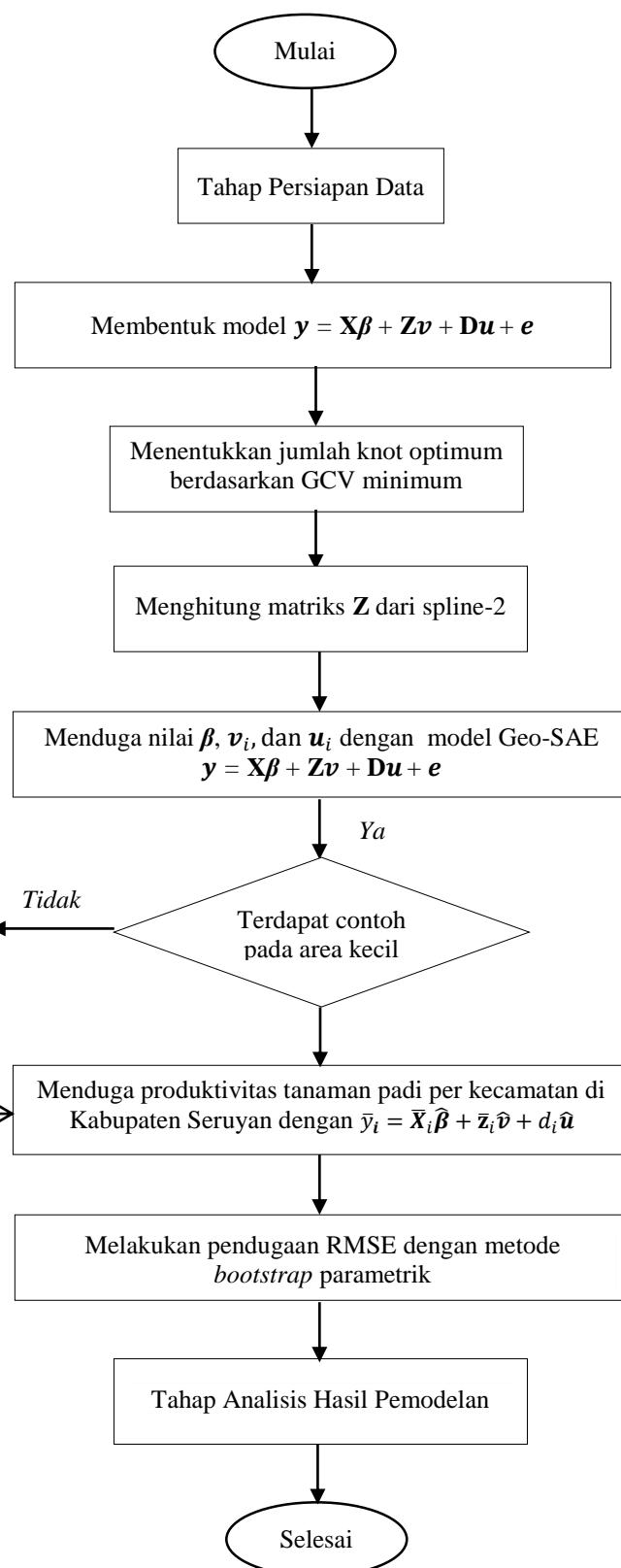
Tahap Analisis Data

Secara garis besar, metode analisis pada penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: tahap persiapan data, tahap pemodelan, dan tahap analisis dari hasil pemodelan. Ketiga tahapan analisis data tersebut dilakukan dengan menggunakan *software R* dengan tiga *library* yaitu *lmeSplines*, *nlme*, dan *MASS*.

1. Tahap persiapan data (*preprocessing*)
 - a. Melakukan eksplorasi *raw data* hasil Survei Ubinan 2016;
 - b. Menentukan peubah penyerta.
2. Tahap pemodelan
 - a. Membentuk model menggunakan metode model aditif;
 - b. Menentukan jumlah knot yang digunakan dengan menggunakan *fixed selection method* (Yao 2008): $K = \min(0.25 \times \text{bayaknya } x_i \text{ unik}, 35)$;
 - Menghitung nilai GCV untuk masing-masing jumlah knot;
 - Memilih jumlah knot optimum berdasarkan nilai GCV minimum;
 - Menghitung matriks \mathbf{Z} dari spline-2 berdasarkan fungsi basis radial: $\mathbf{Z}_s = [C(s_i - \kappa_k)]_{1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq K}$, dengan $C(\mathbf{r}) = \|\mathbf{r}\|^2 \log\|\mathbf{r}\|$;
 - Menyatakan bentuk area kecil dengan mengikuti suatu fungsi model Geo-SAE ($\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\boldsymbol{v} + \mathbf{D}\boldsymbol{u} + \boldsymbol{e}$) kemudian menduga nilai $\boldsymbol{\beta}$, \boldsymbol{v}_i , dan \boldsymbol{u}_i ;
 - Untuk kecamatan nircontoh, \boldsymbol{v}_i dan \boldsymbol{u}_i disubstitusi dengan \boldsymbol{v}_i dan \boldsymbol{u}_i pada area- i yang punya kemiripan terdekat berdasarkan peubah penyerta;
 - Melakukan pendugaan data produktivitas tanaman padi tingkat kecamatan di Kabupaten Seruyan dengan model Geo-SAE ($\bar{y}_i = \bar{\mathbf{X}}_i \hat{\boldsymbol{\beta}} + \bar{\mathbf{z}}_i \hat{\boldsymbol{v}} + d_i \hat{\boldsymbol{u}}$);
 - Melakukan pendugaan RMSE untuk setiap area ke- i dengan metode *bootstrap* parametrik yaitu dengan membangkitkan data contoh *bootstrap*. Pengaruh acak v_i^* dibangkitkan dari $N(0, \hat{\sigma}_v^2)$, u_i^* dibangkitkan dari $N(0, \hat{\sigma}_u^2)$, dan e_{ij}^* dibangkitkan dari $N(0, \hat{\sigma}_e^2)$. Kemudian membandingkan antara target parameter *bootstrap* (μ_i^*) dan contoh *bootstrap* yang dihitung berdasarkan model Geo-SAE ($\hat{\mu}_{i*}^G$). RMSE *bootstrap* diperoleh berdasarkan rumus:
$$RMSE(\hat{\mu}_i^G) = \sqrt{\frac{\sum_{b=1}^B [\hat{\mu}_{i*}^G(b) - \mu_i^*(b)]^2}{B}}$$
 dengan $B=500$ kali.
3. Tahap analisis hasil pemodelan
 - a. Menghitung produksi padi per kecamatan di Kabupaten Seruyan;
 - b. Melakukan konversi dari gabah kering giling (GKG) menjadi beras;
 - c. Melakukan analisis surplus dan defisit beras di Kabupaten Seruyan.

Ketiga tahapan analisis dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 2.

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

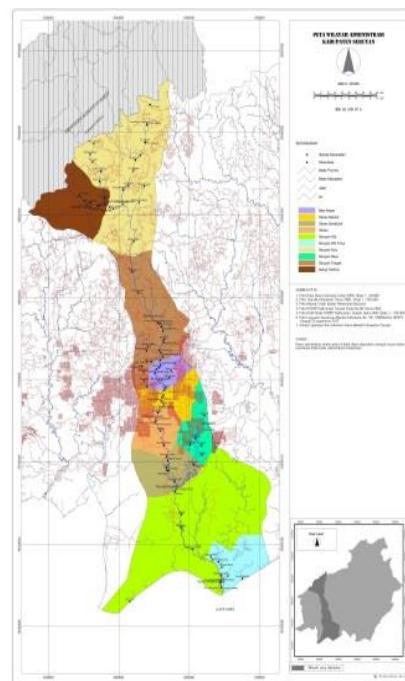


Gambar 2 Diagram alir analisis data

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Kabupaten Seruyan

Kabupaten Seruyan merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Kalimantan Tengah. Secara geografis, kabupaten ini terletak pada posisi antara $0^{\circ} 77'$ Lintang Selatan dan $3^{\circ} 56'$ Lintang Selatan dan antara $111^{\circ} 49'$ Bujur Timur dan $112^{\circ} 84'$ Bujur Timur dengan luas wilayah sebesar 16.404 km^2 (BPS 2016). Kabupaten ini terletak di bagian barat Provinsi Kalimantan Tengah yang berbatasan dengan Kabupaten Kotawaringin Barat, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Kotawaringin Timur, sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Melawi Provinsi Kalimantan Barat, dan sebelah selatan berbatasan dengan Laut Jawa. Secara administratif, kabupaten ini terbagi ke dalam 10 kecamatan, yaitu: Kecamatan Seruan Hilir, Seruan Hilir Timur, Danau Sembuluh, Seruan Raya, Hanau, Danau Seluk, Seruan Tengah, Batu Ampar, Seruan Hulu, dan Suling Tambun. Posisi kecamatan di Kabupaten Seruyan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Peta Kabupaten Seruyan

Berdasarkan peta di atas, Kabupaten Seruyan memiliki keunikan berupa bentuk yang memanjang dari hulu ke hilir mengikuti aliran Sungai Seruan. Sungai ini merupakan sungai terpanjang ke enam di Kalimantan Tengah dengan panjang 350 km (BPS 2016). Wilayah Seruan bagian utara (wilayah hulu) memiliki topografi berbukit-bukit sedangkan bagian selatan (hilir) merupakan wilayah dataran rendah yang berbatasan dengan Laut Jawa.

Gambaran Tanaman Padi di Kabupaten Seruyan

Tanaman padi memegang posisi strategis dalam pembangunan bidang pertanian. Padi tidak hanya berperan sebagai penghasil nilai tambah dan penyedia lapangan pekerjaan, tetapi juga merupakan komoditas politik yang berpengaruh

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Pihak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Eggar Agricultural U

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

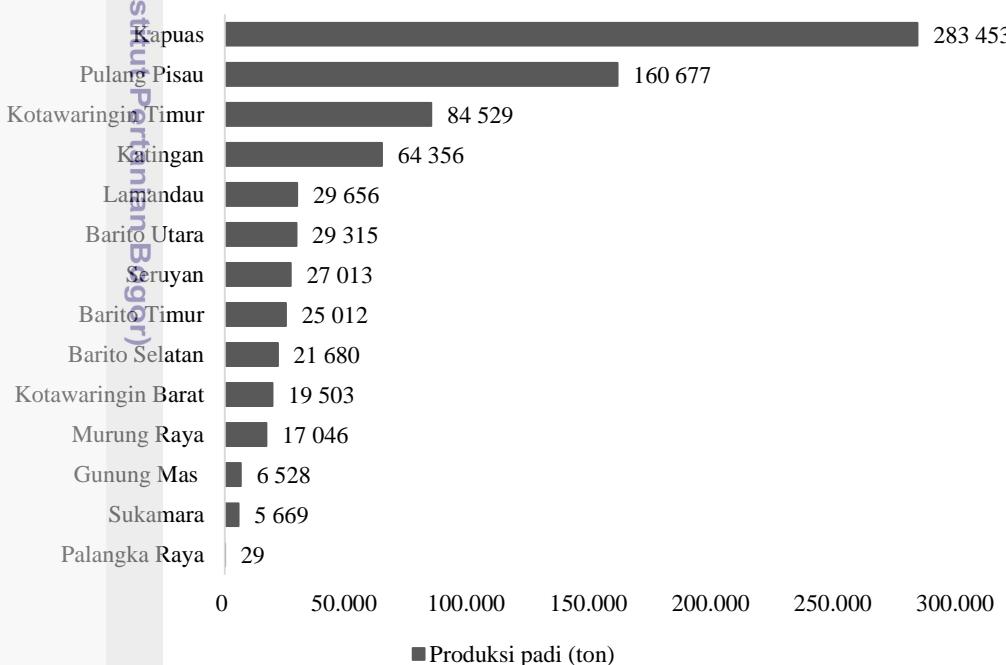
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

terhadap kestabilan perekonomian nasional. Hingga kini, tanaman padi masih memiliki nilai politis sebagai tolak ukur keberhasilan pemerintah di bidang pangan. Masyarakat Indonesia termasuk masyarakat Seruyan menjadikan beras sebagai hakakan pokok sehari-hari. Data produksi beras pada area kecil dibutuhkan untuk mendukung program ketahanan pangan dan swasembada beras.

Produksi padi di Seruyan mempunyai potensi besar untuk dikembangkan. Hal ini didukung dengan banyaknya lahan pertanian yang masih menganggur. Terdapat lahan pertanian di Seruyan yang sementara tidak diolah mencapai 479ribu hektar. Pemanfaatan lahan pertanian menganggur tersebut terdapat kecenderungan untuk ditanami tanaman kelapa sawit. Berdasarkan hasil Sensus Pertanian tahun 2013, jumlah rumah tangga usaha tanaman padi justru mengalami penurunan jika dibandingkan dengan sepuluh tahun sebelumnya (tahun 2003). Jumlah petani tanaman padi menurun sebanyak 39.79 persen. Kondisi berbeda untuk tanaman kelapa sawit. Jumlah rumah tangga usaha pertanian tanaman perkebunan di Seruyan tahun 2013 sebesar 10257 rumah tangga mengalami peningkatan dibanding tahun 2003 yakni 6752 rumah tangga. Hal ini mengindikasikan bahwa petani Seruyan lebih memilih bertani tanaman perkebunan dari pada tanaman padi. Untuk meningkatkan minat petani untuk bercocok tanam tanaman padi perlu dukungan berupa data produksi padi hingga tingkat kecamatan. Perbandingan produksi padi antarkabupaten/ kota tahun 2016 di Provinsi Kalimantan Tengah dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Perbandingan produksi padi (ton) menurut kabupaten/ kota di Kalimantan Tengah tahun 2016

Berdasarkan Gambar 4, produksi padi terbesar di Kalimantan Tengah berada di Kabupaten Kapuas (283 453 ton). Kabupaten dengan produksi terendah berada di Kota Palangka Raya hanya 29 ton. Produksi padi di Kabupaten Seruyan menempati urutan ke tujuh dibanding kabupaten/kota se Kalimantan Tengah. Produksi padi di kabupaten ini pada tahun 2016 sebesar 27013 ton dalam bentuk gabah kering giling.

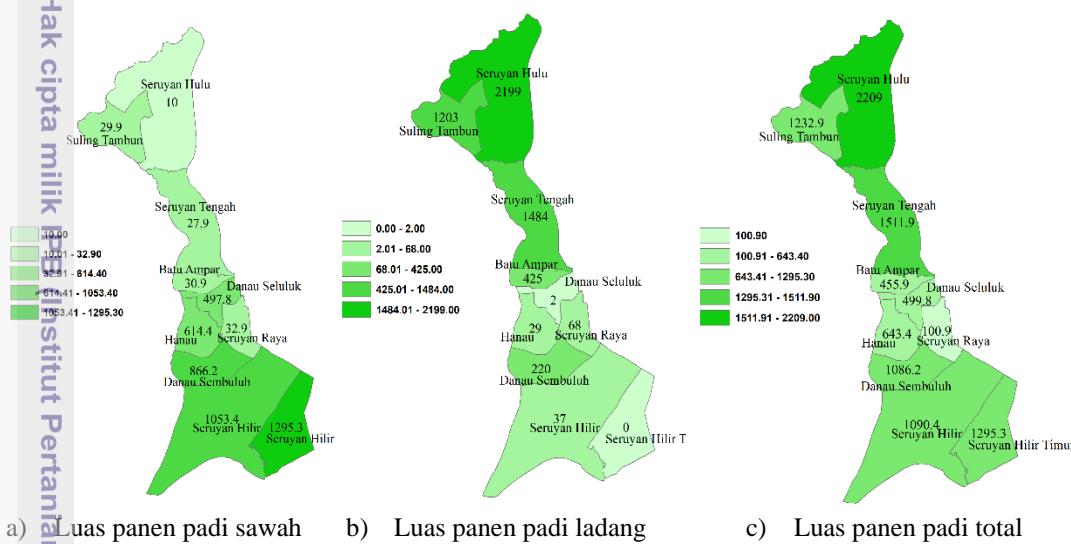
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



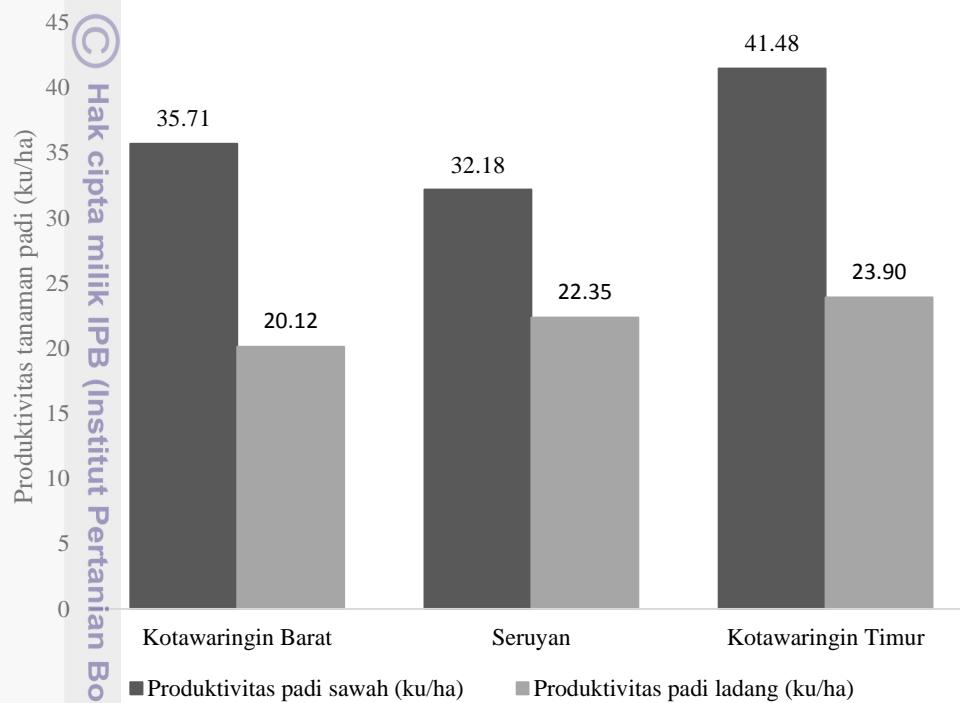
Gambar 5 Peta tematik luas panen tanaman padi menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan tahun 2016

Berdasarkan Gambar 5, peta paling kiri memperlihatkan kecenderungan bahwa semakin ke hilir (Seruyan bagian selatan) maka semakin besar pula luas panen padi sawah. Peta yang terletak di tengah menunjukkan kecenderungan bahwa semakin ke hulu (Seruyan bagian utara) maka semakin besar pula luas panen padi ladang. Peta paling kanan menunjukkan luas panen padi total penjumlahan dari luas panen padi sawah dan ladang.

Luas panen tanaman padi di atas diperoleh dari luas tanam dikurangi luas puso (gagal panen). Puso bisa disebabkan karena kekeringan, banjir, dan serangan OPT yaitu adanya serangan hama (seperti penggerek batang padi), penyakit (seperti hawar daun bakteri), dan gulma. Puso menjadi salah satu hambatan dalam usaha peningkatan produksi padi. Pada tahun 2016, terdapat puso tanaman padi di Seruyan seluas 115 ha. Kecamatan yang mengalami gagal panen terbesar berada di Kecamatan Seruyan Hilir yaitu sebanyak 61 ha. Secara keseluruhan, dari 10240.7 hektar yang ditanami padi berkurang menjadi 10125.7 hektar akibat terjadinya puso. Luas panen terluas berada di Kecamatan Seruyan Hulu sebesar 2209 ha. Luas panen terkecil berada di Kecamatan Seruyan Raya yaitu 100.9 ha.

Hubungan Peubah yang menjadi Perhatian dan Peubah Penyerta

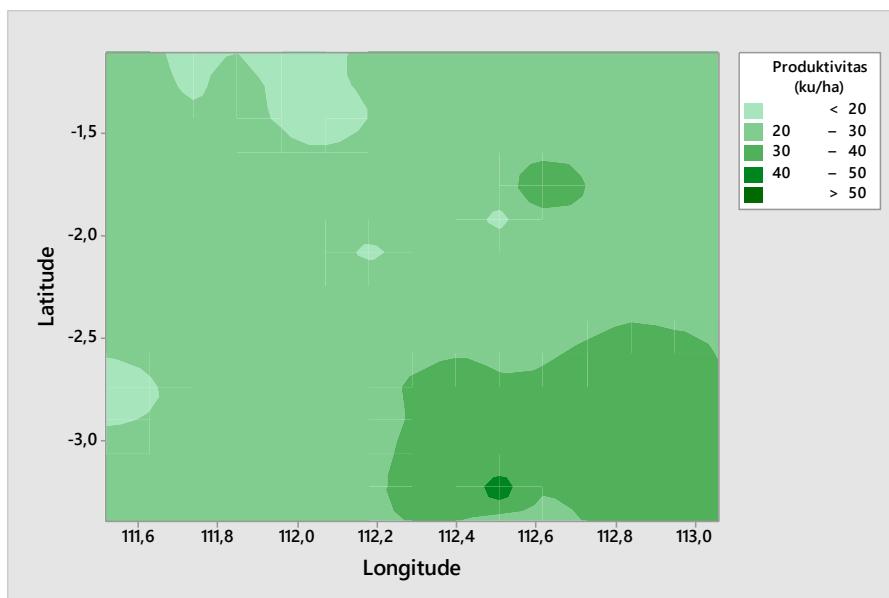
Produksi padi sawah pada umumnya sangat bergantung pada jenis lahan. Berdasarkan data yang dirilis BPS, rataan produktivitas padi sawah selalu lebih besar dibanding produktivitas padi ladang. Kabupaten Seruan memiliki keunikan berupa bentuk yang memanjang mengikuti aliran Sungai Seruan. Karena keunikan tersebut, produktivitas tanaman pangan di wilayah Seruan bagian tengah diduga dipengaruhi oleh kabupaten yang berbatasan langsung dengan Seruan, yaitu: Kotawaringin Barat dan Kotawaringin Timur. Perbandingan produktivitas padi sawah dan padi ladang di ketiga kabupaten tersebut disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 Perbandingan produktivitas padi menurut jenis lahan di Kabupaten Kotawaringin Barat, Seruan, dan Kotawaringin Timur tahun 2016

Berdasarkan Gambar 6, produktivitas padi sawah (ku/ha) lebih tinggi dibanding padi ladang. Pada tahun 2016, produktivitas padi sawah di Kabupaten Seruan sebesar 32.18 ku/ha sedangkan produktivitas padi ladang sebesar 22.35 ku/ha. Secara total, produktivitas tanaman padi di Kabupaten Seruan tahun 2016 sebesar 26.68 ku/ha. Terlihat bahwa produktivitas tanaman padi sawah di Kotawaringin Barat mencapai 35.71 ku/ha, Seruan 32.18 ku/ha, dan Kotawaringin Timur sebesar 41.48 ku/ha. Sementara itu, rataan produktivitas padi ladang selalu di bawah padi sawah. Produktivitas padi ladang di Kotawaringin Barat hanya 20.12 ku/ha, Seruan 22.35 ku/ha, dan Kotawaringin Timur hanya 23.90 ku/ha. Selanjutnya, produktivitas tanaman padi di ketiga kabupaten tersebut akan dilihat berdasarkan titik koordinat (*latitude*, *longitude*) yang disajikan pada Gambar 7.

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 7 Plot kontur antara titik koordinat geografis dan produktivitas padi (ku/ha) di Kabupaten Seruyan tahun 2016

Berdasarkan plot kontur pada Gambar 7, terlihat bahwa tanaman padi yang ditanam pada titik koordinat yang lebih besar (tanpa memerhatikan tanda negatif) memiliki produktivitas yang lebih besar dibanding tanaman padi yang ditanam pada titik koordinat yang rendah. Di Kabupaten Seruyan, titik koordinat yang besar menunjukkan wilayah bagian hilir sedangkan titik koordinat yang kecil menunjukkan wilayah bagian hulu. Terlihat indikasi bahwa produktivitas tanaman padi pada suatu area diduga dipengaruhi oleh area sekitarnya. Terlihat dari plot kontur bahwa area yang lebih dekat akan memiliki kemiripan data produktivitas padi dibanding area yang lebih jauh.

Pemodelan Geo-SAE

Penentuan Titik Knot Optimum

Untuk melakukan pemodelan pendugaan area kecil dengan model Geo-SAE, akan dimulai dengan penentuan jumlah knot (simpul) optimum berdasarkan nilai GCV minimum. Kemulusan kurva permukaan pendugaan spasial dipengaruhi oleh jumlah simpul yang digunakan pada fungsi basis radialnya. Nilai GCV disajikan pada Tabel 3.

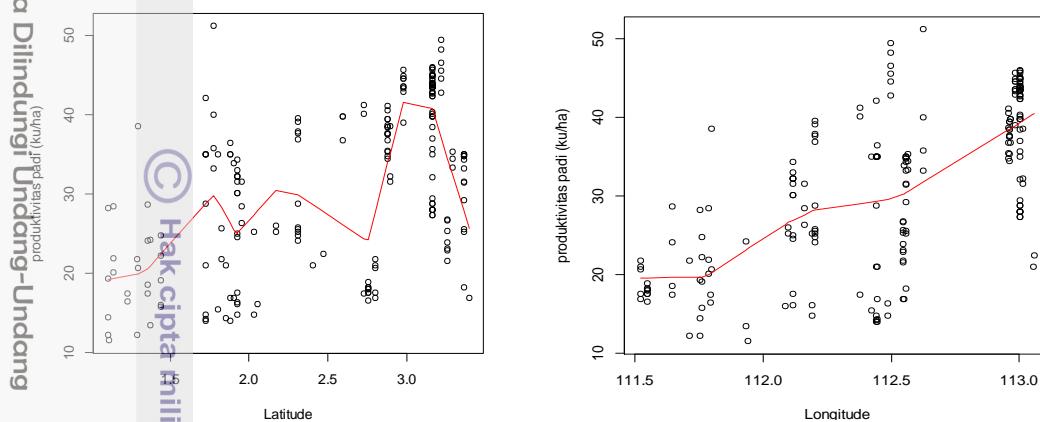
Tabel 3 Jumlah titik knot dan GCV

Jumlah titik knot (simpul)	GCV untuk Latitude	GCV untuk Longitude
K=4	75.82	57.41
K=5	71.37	57.16
K=6	57.66	57.09

Berdasarkan Tabel 3, hasil kajian menunjukkan bahwa model aditif spasial dengan jumlah simpul enam pada pendugaan produktivitas padi memberikan GCV terendah. Nilai GCV minimum yang diperoleh adalah 57.66 untuk *latitude* dan 57.09 untuk *longitude*. Berdasarkan diagram plot pada Gambar 8, terlihat bahwa hubungan

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

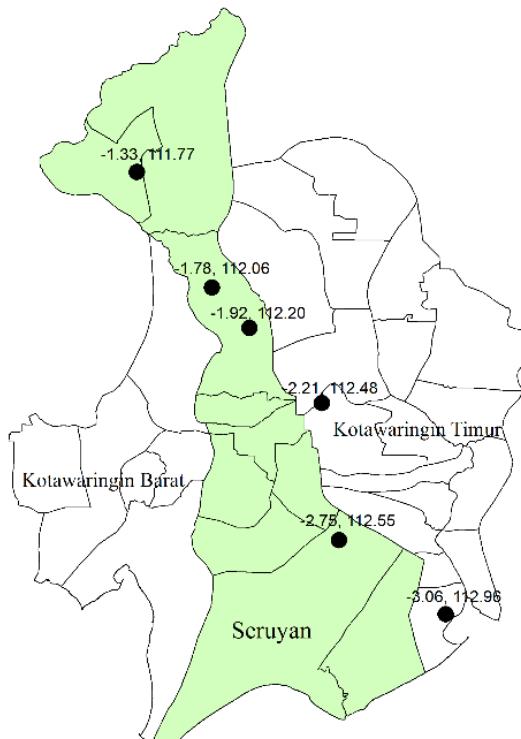
antara titik *latitude* dan produktivitas padi tidak membentuk pola linier sehingga perlu ditambah model aditif nonparametrik. Hubungan kedua peubah tersebut dapat didekati dengan menggunakan Spline-2 dengan model polynomial tersegmen yang dibangun sedemikian rupa sehingga kurva yang dibentuk mulus pada titik-titik yang disebut knot (simpul). Plot antara titik koordinat dan produktivitas padi disajikan pada Gambar 8.



a) Plot antara *latitude* dan produktivitas padi b) Plot antara *longitude* dan produktivitas padi

Gambar 8 Plot parsial antara *latitude* dan *longitude* terhadap produktivitas padi (kg/ha) di Kabupaten Seruyan tahun 2016

Berdasarkan kriteria GCV minimum diperoleh knot optimum sebanyak enam buah simpul. Keenam simpul tersebut terletak pada titik koordinat {Garis Lintang, Garis Bujur: $\{(-1.3288, 111.7713), (-1.7764, 112.0640), (-1.9172, 112.1950), (-2.2098, 112.4756), (-2.7493, 112.5509), (-3.0578, 112.9647)\}$. Titik koordinat simpul tersebut dapat dilihat dalam peta tematik pada Gambar 9.



Gambar 9 Titik koordinat (*latitude*, *longitude*) simpul optimum

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Setelah diketahui lokasi titik knot dengan GCV optimum, langkah selanjutnya adalah melakukan pendugaan parameter pengaruh tetap dan pengaruh acak.

Pendugaan Parameter Model

Model dibangun berdasarkan data level unit hingga diperoleh dugaan parameter pada persamaan model linier campuran sebagai model Geo-SAE. Dari sepuluh kecamatan di Kabupaten Seruyan, terdapat 3 kecamatan yang tidak terdapat contoh (nircontoh) pada Survei Ubinan, yaitu: Kecamatan Seruyan Raya, Hanau, dan Danau Seluluk. Ketiga kecamatan tersebut diduga dengan cara meminjam pengaruh acak v_i dan u_i pada area- i yang mempunyai kemiripan terdekat berdasarkan proporsi luas panen padi sawah. Berdasarkan penghitungan, diperoleh Kecamatan Seruyan Raya memiliki kemiripan terdekat dengan Mentaya Hulu (Kabupaten Kotawaringin Timur), Kecamatan Hanau memiliki kemiripan terdekat dengan Seruya Hilir, dan Kecamatan Danau Seluluk memiliki kemiripan terdekat dengan Seruan Hilir Timur. Hasil pendugaan parameter model disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai penduga parameter model Geo-SAE

Kecamatan	Pengaruh tetap	Pengaruh acak	
		$\bar{z}_i \hat{v}$	$d_i \hat{u}$
010 Seruyan Hilir		-2.03	-0.45
011 Seruyan Hilir Timur		-0.24	0.36
020 Danau Sembuluh		-0.05	-0.58
021 Seruyan Raya	$\hat{\beta}_0 = -666.30$	-0.08	-4.31
030 Hanau	$\hat{\beta}_1 = 9.01$	-2.03	-0.45
031 Danau Seluluk	$\hat{\beta}_2 = -0.01$	-0.24	0.36
040 Seruyan Tengah	$\hat{\beta}_3 = 6.15$	0.79	2.55
041 Batu Ampar		-0.08	-0.92
050 Seruyan Hulu		-0.85	-0.52
051 Suling Tambun		-0.21	-0.13

Berdasarkan Tabel 4, model Geo-SAE memiliki pola umum bahwa rataan produktivitas padi sawah lebih tinggi 9.01 ku/ha dibanding jenis padi ladang. Pendugaan rataan produktivitas tanaman padi pada ketiga kecamatan nircontoh dilakukan dengan meminjam kekuatan pengaruh acak dari kecamatan yang memiliki kemiripan terdekat berdasarkan jarak *euclid* minimum dengan nilai peubah penyerta. Setelah diperoleh penduga parameter, selanjutnya melakukan perkalian antara dugaan parameter model dengan peubah penyerta sehingga diperoleh nilai dugaan rataan produktivitas tanaman padi per kecamatan. Setelah itu, dilakukan perbandingan dengan hasil pendugaan langsung.

Pendugaan langsung rataan produktivitas tanaman padi di ketiga kecamatan nircontoh tidak dapat dilakukan tetapi dapat diduga menggunakan model Geo-SAE. Hasil pendugaan dengan model Geo-SAE memberikan hasil yang hampir sama dengan metode pendugaan langsung di semua kecamatan kecuali di Batu Ampar. Hasil pendugaan rataan produktivitas tanaman padi dapat dilihat pada Tabel 5.

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 5 Hasil pendugaan produktivitas padi dengan model Geo-SAE

Hak Cipta Diilmbungi Undang-Undang	Kode	Kecamatan	Jumlah contoh plot ubinian	Produktivitas padi dengan pendugaan langsung (SRS) (ku/ha)	Produktivitas padi dengan model Geo-SAE (ku/ha)
	010	Seruyan Hilir	14	30.02	31.32
	011	Seruyan Hilir Timur	16	34.42	34.58
	020	Danau Sembuluh	3	32.82	32.56
	021	Seruyan Raya	-	-	27.19
	030	Hanau	-	-	30.92
	031	Danau Seluluk	-	-	32.64
	040	Seruyan Tengah	20	26.64	26.72
	041	Batu Ampar	11	31.40	22.69
	050	Seruyan Hulu	10	19.86	19.93
	051	Suling Tambun	15	20.57	20.30
	Total		89	26.68	26.97

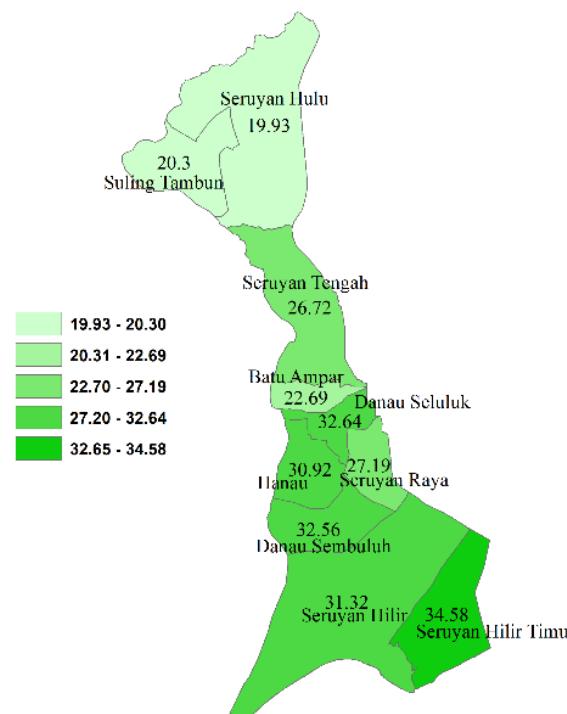
Tabel 5 memberikan informasi bahwa model Geo-SAE memberikan hasil dugaan yang hampir sama dengan metode pendugaan langsung kecuali untuk Kecamatan Batu Ampar. Perbedaan hasil dugaan rataan produktivitas padi di Batu Ampar cukup nyata, yaitu pendugaan langsung (31.40 ku/ha) dan pendugaan menggunakan model Geo-SAE (22.69 ku/ha). Hal ini disebabkan contoh plot ubinian di Batu Ampar tidak representatif karena tidak mewakili keadaan populasi lahan yang sebagian besar berjenis padi ladang sedangkan contoh terpilih pada Survei ubinan di Batu Ampar seluruhnya berjenis padi sawah.

Penghitungan produktivitas padi menggunakan model Geo-SAE memberikan informasi bahwa secara total hasil pendugaan dengan model ini mendekati pendugaan langsung yang dirilis oleh BPS. Data produktivitas tanaman padi hasil pendugaan langsung oleh BPS sebesar 26.68 ku/ha sedangkan hasil pendugaan dengan Model Geo-SAE menghasilkan 26.97 ku/ha. Kelebihan dari pendugaan area kecil dengan Model Geo-SAE dibandingkan dengan pendugaan langsung ada tiga. Pertama, model Geo-SAE dapat menyajikan data produktivitas tanaman padi hingga level kecamatan sedangkan pendugaan langsung hanya bisa menyajikan data pada level kabupaten. Kelebihan kedua adalah dapat mengoreksi contoh yang tidak mencerminkan keadaan populasi sebagaimana dapat dilihat dari hasil dugaan di Kecamatan Batu Ampar. Kelebihan ketiga adalah dapat menduga rataan produktivitas padi pada area yang tidak terdapat contoh pada Survei Ubinan.

Sebaran produktivitas padi secara umum terlihat bahwa daerah-daerah dengan produktivitas yang tinggi berada di bagian hilir dan produktivitas rendah berada di bagian hulu Kabupaten Seruyan yang merupakan daerah perbukitan yang sebagian besar berjenis padi ladang. Kecamatan dengan produktivitas tanaman padi tertinggi berada di Kecamatan Seruyan Hilir Timur (34.58 ku/ha) dan terendah di Seruyan Hulu (19.93 ku/ha). Hasil pendugaan rataan produktivitas tanaman padi dengan menggunakan model Geo-SAE dapat lebih jelas jika ditampilkan dalam bentuk peta tematik yang disajikan pada Gambar 10.

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 10 Produktivitas tanaman padi menurut kecamatan di Kabupaten Seruan tahun 2016

Berdasarkan Gambar 10, terlihat kecenderungan bahwa semakin ke hilir Sungai Seruan maka produktivitas padi akan semakin besar. Sebaran produktivitas padi secara umum dapat terlihat bahwa kecamatan dengan produktivitas yang tinggi berada di bagian hilir Kabupaten Seruan yang sebagian besar didominasi jenis padi sawah. Kecamatan dengan produktivitas rendah berada di bagian hulu Kabupaten Seruan yang merupakan daerah perbukitan yang sebagian besar berjenis padi ladang.

Lahan pertanian yang terletak di bagian hilir Sungai Seruan umumnya lebih subur diduga disebabkan memperoleh atau menampung endapan lumpur yang kaya akan unsur hara. Kecamatan dengan produktivitas tanaman padi tertinggi yaitu Kecamatan Seruan Hilir Timur (34.58 ku/ha) diikuti oleh Danau Seluluk (32.64 ku/ha). Sedangkan Kecamatan dengan produktivitas tanaman padi terendah yaitu Seruan Hulu (19.93 ku/ha).

Evaluasi Kebaikan Model

Evaluasi terhadap kebaikan model dilakukan dengan melihat nilai dugaan *Root Means Square Error* (RMSE) pada setiap kecamatan. Nilai dugaan RMSE atau akar dari nilai MSE digunakan untuk mengevaluasi model pendugaan Geo-SAE sehingga dapat terlihat tingkat presisi dugaannya. RMSE pada penelitian ini dihitung dengan teknik *bootstrap* parametrik dengan memperlakukan contoh sebagai populasi kemudian melakukan penarikan contoh pada observasi secara berulang sebanyak $B=500$ dengan pengembalian. Pada setiap ulangan dilakukan pendugaan parameter dan dibandingkan dengan dugaan Geo-SAE pada data contoh *bootstrap*. Kemudian dijumlahkan dan dikuadratkan kemudian dibagi dengan banyaknya ulangan. Tabel 6 menyajikan nilai RMSE pendugaan rataan produktivitas tanaman padi dengan *bootstrap* parametrik.

Tabel 6 Nilai RMSE hasil pendugaan dengan metode *bootstrap* parametrik

Kode	Kecamatan	Dugaan produktivitas padi dengan model Geo-SAE (ku/ha)	RMSE <i>bootstrap</i> parametrik
010	Seruyan Hilir	31.32	1.62
011	Seruyan Hilir Timur	34.58	1.52
020	Danau Sembuluh	32.56	2.60
021	Seruyan Raya	27.19	1.37
030	Hanau	30.92	1.62
031	Danau Seluluk	32.64	1.52
040	Seruyan Tengah	26.72	0.66
041	Batu Ampar	22.69	2.17
050	Seruyan Hulu	19.93	1.55
051	Suling Tambun	20.30	1.37
Rataan		26.97	1.60

Berdasarkan Tabel 6, terlihat bahwa rataan nilai dugaan RMSE menggunakan model Geo-SAE dari seluruh kecamatan adalah 1.60. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil dugaan rataan produktivitas padi setiap kecamatan menggunakan model Geo-SAE memberikan nilai kesalahan yang relatif kecil. Nilai dugaan RMSE terbesar terdapat di Kecamatan Danau Sembuluh yaitu 2.60 ku/ha yang merupakan kecamatan dengan ukuran contoh terkecil hanya 3 plot ubinan. RMSE terkecil berada di Kecamatan Seruyan Tengah yaitu 0.66 ku/ha yang merupakan kecamatan dengan ukuran contoh terbesar yaitu 20 plot ubinan. Hal ini menunjukkan bahwa penduga parameter dengan Geo-SAE memenuhi syarat penduga yang konsisten yakni jika ukuran contoh besar maka ragam dugaannya akan semakin kecil.

Pendugaan Produksi Padi

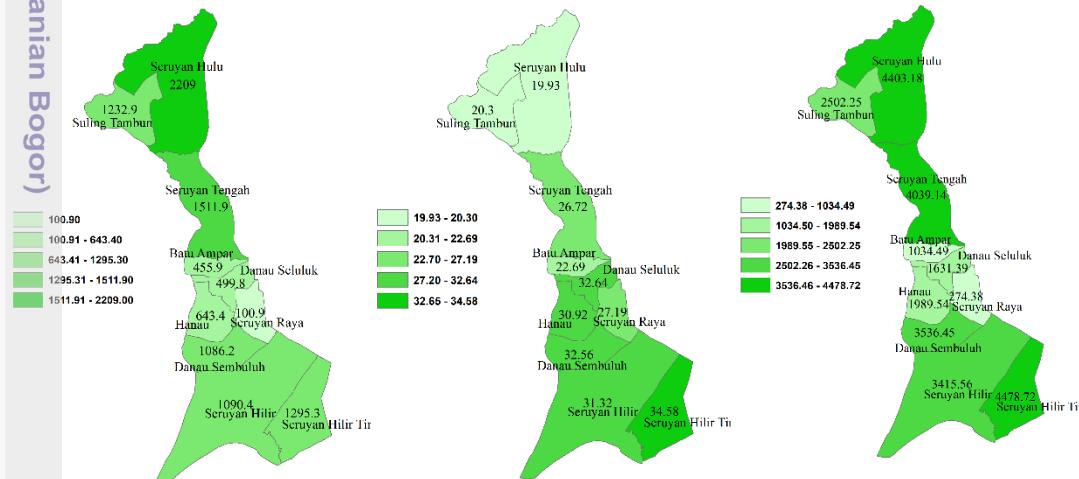
Data produktivitas padi tingkat kecamatan yang telah diperoleh dapat dijadikan dasar dalam penghitungan produksi padi pada masing-masing kecamatan. Produksi padi merupakan perkalian antara hasil dugaan produktivitas masing-masing kecamatan dengan luas panen padi. Data populasi luas panen per kecamatan telah diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Seruyan sedangkan produktivitas padi per kecamatan telah dilakukan pendugaan menggunakan model Geo-SAE. Selanjutnya dilakukan perkalian antara produktivitas dan luas panen padi per kecamatan sehingga diperoleh data produksi padi gabah kering giling (GKG) per kecamatan. Hasil penjumlahan seluruh produksi padi pada tingkat kecamatan akan menghasilkan produksi padi pada tingkat kabupaten. Hasil pendugaan data produksi padi dalam bentuk GKG per kecamatan disajikan pada Tabel 7.

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 7 Nilai dugaan produksi padi menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan tahun 2016

Kode	Kecamatan	Dugaan Produktivitas padi dengan Geo-SAE (ku/ha)	Luas Panen Padi (ha)	Dugaan Produksi Padi BPS (ton GKG)	Dugaan Produksi Padi Geo-SAE (ton GKG)
010	Seruyan Hilir	31.32	1 090.40	-	3 415.56
011	Seruyan Hilir Timur	34.58	1 295.30	-	4 478.72
020	Danau Sembuluh	32.56	1 086.20	-	3 536.45
021	Seruyan Raya	27.19	100.90	-	274.38
030	Hanau	30.92	643.40	-	1 989.54
031	Danau Seluluk	32.64	499.80	-	1 631.39
040	Seruyan Tengah	26.72	1 511.90	-	4 039.14
040	Batu Ampar	22.69	455.90	-	1 034.49
050	Seruyan Hulu	19.93	2 209.00	-	4 403.18
051	Suling Tambun	20.30	1 232.90	-	2 502.25
Total		26.97	10 125.70	27 012.89	27 305.11

Tabel 7 memberikan informasi bahwa BPS hanya menyajikan data produksi padi tingkat kabupaten dan tidak menyajikannya pada tingkat kecamatan. Total produksi padi hasil pendugaan dengan model Geo-SAE adalah 27 305.11 ton sementara data yang dirilis BPS 27 012.89 ton. Artinya, hasil pendugaan tersebut memberikan selisih dengan pendugaan langsung oleh BPS hanya 292.22 ton. Persebaran produksi padi per kecamatan disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11 Peta tematik luas panen, produktivitas, dan produksi padi di Kabupaten Seruyan tahun 2016

Peta tematik pada Gambar 11 memberikan informasi bahwa untuk meningkatkan produksi padi dapat dilakukan dengan dua cara. Pertama, dengan menambah luas tanam padi. Kedua, dengan meningkatkan produktivitas tanaman padi. Terlihat bahwa produktivitas yang rendah apabila luas tanaman yang besar akan menghasilkan produksi padi yang besar. Luas panen yang rendah apabila produktivitasnya tinggi juga akan meningkatkan produksi padi. Kecamatan Seruyan

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.

Hulu memiliki produktivitas padi hanya 19.93 ku/ha tetapi memiliki luas panen mencapai 2209 ha sehingga produksi padi yang dihasilkan tertinggi di Kabupaten Seruyan.

Konversi Gabah ke Beras

Setelah diperoleh hasil pendugaan produksi padi per kecamatan, kemudian dilakukan konversi dari padi dalam bentuk GKG ke beras. Konversi dari gabah kering giling ke beras dibutuhkan agar dapat dilakukan perbandingan dengan konsumsi beras. Gabah yang digiling akan mengalami penyusutan berat dengan rendemen sebesar 62.74% berdasarkan hasil Survei Konversi Gabah ke Beras yang dilakukan GPS tahun 2012. Hasil konversi dari padi dalam bentuk gabah kering giling ke beras disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Nilai dugaan produksi beras menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan tahun 2016

Kode	Kecamatan	Dugaan Produksi Padi <i>Geoadditive SAE</i> (ton GKG)	Dugaan Produksi Beras (ton)
010	Seruyan Hilir	3 415.56	2 142.92
011	Seruyan Hilir Timur	4 478.72	2 809.95
020	Danau Sembuluh	3 536.45	2 218.77
021	Seruyan Raya	274.38	172.14
030	Hanau	1 989.54	1 248.24
031	Danau Seluluk	1 631.39	1 023.53
040	Seruyan Tengah	4 039.14	2 534.16
041	Batu Ampar	1 034.49	649.04
050	Seruyan Hulu	4 403.18	2 762.56
051	Suling Tambun	2 502.25	1 569.91
Total		27 305.11	17 131.22

Perbandingan Produksi dan Konsumsi Beras

Permintaan beras terus meningkat sejalan dengan pertambahan populasi penduduk. Jika kenaikan permintaan beras tidak diimbangi dengan kenaikan produksi padi maka ketersediaan pangan tidak akan tercukupi. Informasi produksi beras akan lebih bermanfaat apabila dibandingkan dengan jumlah konsumsi beras per kecamatan. Perbandingan antara produksi dan konsumsi beras akan menggambarkan tingkat swasembada pangan di masing-masing kecamatan. Informasi tersebut dapat digunakan untuk melihat kecamatan mana yang surplus dan defisit beras sehingga pemerintah dapat mengambil kebijakan dalam pengaturan distribusi beras.

Daerah dikatakan surplus beras apabila jumlah produksi beras di wilayah tersebut mampu mencukupi jumlah konsumsi beras. Sementara itu, kecamatan dikatakan defisit beras apabila konsumsi beras di kecamatan tersebut lebih banyak dibanding produksi berasnya. Bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan konsumsi beras meningkat.

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Data produksi dan konsumsi beras menjadi penting untuk merumuskan kebijakan dan evaluasi terhadap target yang telah dicanangkan oleh pemerintah. Sesuai target *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang kedua yaitu *zero hunger* yang dituangkan pada program swasembada pangan maka pemerintah bertanggung jawab terhadap kecukupan produksi beras. Tanggung jawab akan target tersebut selain menjadi tanggung jawab pemerintah pusat juga menjadi tanggung jawab pemerintah daerah. Untuk mengetahui tercapai tidaknya target swasembada pangan tersebut, maka diperlukan data hasil pendugaan. Nilai dugaan produksi dan konsumsi beras per kecamatan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Nilai dugaan konsumsi beras menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan tahun 2016

Kode	Kecamatan	Dugaan Produksi Beras (ton)	Jumlah Penduduk	Konsumsi beras (ton)	Keterangan
010	Seruyan Hilir	2 142.92	36 680	5 104.02	Defisit
010	Seruyan Hilir Timur	2 809.95	8 465	1 177.90	Surplus
020	Danau Sembuluh	2 218.77	13 234	1 841.51	Surplus
021	Seruyan Raya	172.14	24 035	3 344.47	Defisit
030	Hanau	1 248.24	26 123	3 635.02	Defisit
030	Danau Seluluk	1 023.53	23 209	3 229.53	Defisit
040	Seruyan Tengah	2 534.16	24 988	3 477.08	Defisit
041	Batu Ampar	649.04	9 198	1 279.90	Defisit
050	Seruyan Hulu	2 762.56	12 759	1 775.41	Surplus
051	Suling Tambun	1 569.91	3 616	503.17	Surplus
Total		17 131.22	182 307	25 368.02	Defisit

Kajian Konsumsi Beras yang dilakukan BPS menunjukkan bahwa konsumsi beras Provinsi Kalimantan Tengah sebesar 139.15 kg perkapita yang terdiri dari konsumsi beras rumah tangga dan non rumah tangga. Berdasarkan proyeksi penduduk, jumlah penduduk di Kabupaten Seruyan pada 2016 sebesar 182 307 jiwa sehingga konsumsi beras dalam setahun diperkirakan sebesar 25 368.02 ton. Apabila dibandingkan dengan produksi beras di Kabupaten Seruyan sebesar 17131.22 ton, Kabupaten Seruyan selama tahun 2016 mengalami defisit beras sebesar 8236.80 ton.

Upaya untuk mewujudkan swasembada beras di Kabupaten Seruyan adalah dengan menumbuhkan minat generasi muda untuk bertanam tanaman padi, meningkatkan produktivitas padi, dan menambah luas panen tanaman padi yaitu program cetak sawah. Hingga kini, Kabupaten Seruyan masih mengimpor beras untuk memenuhi kebutuhan penduduknya. Peta tematik di bawah ini membantu memberikan gambaran lebih jelas mengenai kecamatan mana yang surplus dan kecamatan mana yang defisit beras. Peta tematik perbandingan produksi dan konsumsi beras dapat dilihat pada Gambar 12.

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Model Geo-SAE baik digunakan untuk menduga data produktivitas tanaman padi tingkat kecamatan di Kabupaten Seruyan. Hasil dugaan *Geoadditive SAE* memberikan hasil yang akurat dengan nilai RMSE yang kecil. Produktivitas padi menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan terlihat kecenderungan bahwa semakin ke hilir Sungai Seruyan maka produktivitas tanaman padi akan semakin besar. Produktivitas padi tertinggi berada di Kecamatan Seruyan Hilir Timur (34.58 ku/ha) dan terendah di Seruyan Hulu (19.93 ku/ha). Dari seluruh kecamatan di Kabupaten Seruyan, hanya empat kecamatan mengalami surplus beras yaitu Kecamatan Seruyan Hilir Timur, Danau Sembuluh, Seruyan Hulu, dan Suling Tambun, sedangkan enam kecamatan lainnya defisit beras.

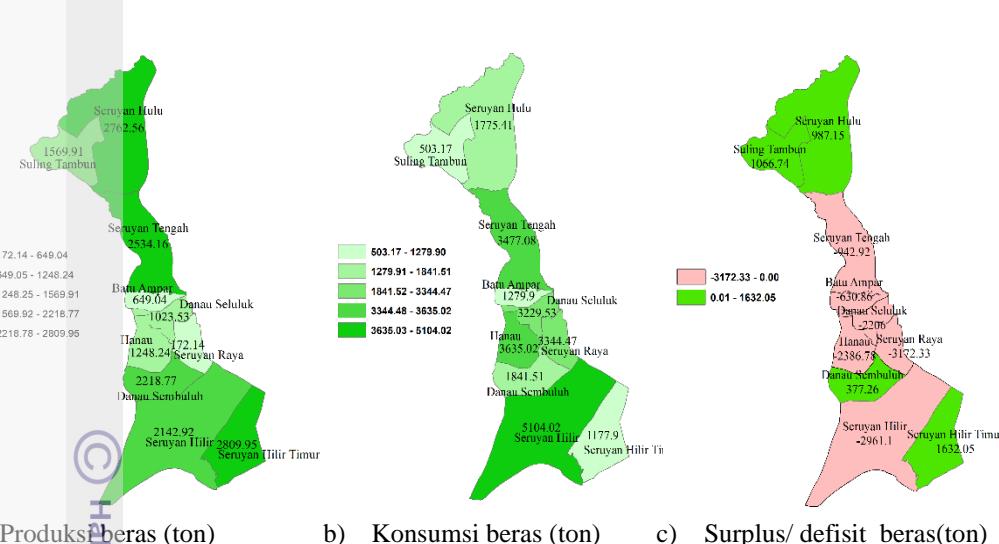
5 SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Model Geo-SAE baik digunakan untuk menduga data produktivitas tanaman padi tingkat kecamatan di Kabupaten Seruyan. Hasil dugaan *Geoadditive SAE* memberikan hasil yang akurat dengan nilai RMSE yang kecil. Produktivitas padi menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan terlihat kecenderungan bahwa semakin ke hilir Sungai Seruyan maka produktivitas tanaman padi akan semakin besar. Produktivitas padi tertinggi berada di Kecamatan Seruyan Hilir Timur (34.58 ku/ha) dan terendah di Seruyan Hulu (19.93 ku/ha). Dari seluruh kecamatan di Kabupaten Seruyan, hanya empat kecamatan mengalami surplus beras yaitu Kecamatan Seruyan Hilir Timur, Danau Sembuluh, Seruyan Hulu, dan Suling Tambun, sedangkan enam kecamatan lainnya defisit beras.

Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, dapat melakukan penambahan pengaruh acak waktu pada model Geo-SAE menjadi model Geo-Temporal SAE pada peubah hasil survei panel.



Gambar 12 Peta tematik produksi, konsumsi, dan surplus/defisit beras di Kabupaten Seruyan tahun 2016

DAFTAR PUSTAKA

- Alaba dan Olaomi. 2015. Geoadditive modelling of family size in Nigeria. *Journal Biom Biostat.* 6(3): 237.
- Alfred N dan Stanley CC. 2015. Determinants of low birth weight in Malawi: bayesian geoadditive modelling. *Plos One Journal.* 10(6):1-14.
- Apriani F. 2017. Pemodelan pengeluaran per kapita menggunakan small area estimation dengan pendekatan semiparametrik penalized spline [tesis]. Surabaya: ITS.
- Aprizkiyandari A. 2018. Pendugaan area kecil dalam menduga tingkat pengangguran di Kabupaten Bogor [tesis]. Bogor: IPB.
- Bocei C. 2010. Geoadditive small area model for the estimation of consumption expenditure in albania. *Giuseppe Parenti Working Paper 2010/14.*
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. *Seruan Dalam Angka.* BPS Kabupaten Seruan: Kuala Pembuang.
- Djuraidah A, Aunuddin. 2006. Kriging pada thin-plate spline dengan pendekatan model campuran. *Jurnal Matematika Integratif.* 5(2):1-12.
- Djuraidah A. 2007. Model aditif spatio-temporal untuk pencemaran udara pm₁₀ dan ozon di Kota Surabaya dengan pendekatan model linier campuran [disertasi]. IPB: Bogor.
- [Kementerian Kementerian Pertanian dan [BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. *Pedoman Pengumpulan Data Survei Ubinan Tanaman Pangan 2015.* Jakarta: BPS.
- Kurnia A. 2009. Prediksi terbaik empirik untuk model transformasi logaritma di dalam pendugaan area kecil dengan penerapan pada data susenas [disertasi]. IPB: Bogor.
- [NATSEM] National Centre for Social and Economic Modelling. 2008. *A review of small area estimation problems and methodological developments.* University of Canberra.
- Nussbaum M, Lorenz W, Fraefel M, Greiner L, Papritz A. 2017. Mapping of soil properties at high resolution in Switzerland using boosted geoadditive models. *SOIL-Journal.* 3:191–210.
- Petrucci A, Pratesi M. 2014. Spatial models in small area estimation in the context of official statistics. *Statistica Applicata - Italian Journal of Applied Statistics.* 24(1): 9-27.
- Rao JNK, Molina I. 2015. *Small area estimation second edition.* New Jersey (USA): John Wiley and Sons.
- Searle SR, Casella G, McCulloch CE. 1992. *Variance component.* New York: John Wiley & Sons.
- Sriliana I, Sunandi E, Rafflesia U. 2017. Pemodelan kemiskinan di provinsi bengkulu menggunakan small area estimation dengan pendekatan semiparametrik penalized spline. *Jurnal MIPA.* 40(2): 134-140.
- Tedra WT. 2017. Estimasi produktivitas padi sawah per kecamatan menggunakan sae Rao-Yu model (estimasi produksi beras per kecamatan di kabupaten wonogiri tahun 2016) [tesis]. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- Yao F, Lee TCM. 2008. On knot placement for penalized spline regression. *Journal of the Korean Statistical Society.* (37): 259-267.

Lampiran 1 Pendugaan langsung data produktivitas padi per kecamatan contoh di Kabupaten Kotawaringin Barat, Seruyan, dan Kotawaringin Timur tahun 2016

Kabupaten		Kecamatan	Ukuran Contoh (ni)	Produktivitas padi dengan pendugaan langsung (SRS) (ku/ha)
6201	Kotawaringin Barat	050 Arut Selatan	13	18.51
6208	Seruyan	010 Seruyan Hilir	14	30.02
6208	Seruyan	011 Seruyan Hilir Timur	16	34.42
6208	Seruyan	020 Danau Sembuluh	3	32.82
6208	Seruyan	040 Seruyan Tengah	20	26.64
6208	Seruyan	041 Batu Ampar	11	31.40
6208	Seruyan	050 Seruyan Hulu	10	19.86
6208	Seruyan	051 Suling Tambun	15	20.57
6202	Kotawaringin Timur	020 Mentaya Hilir Selatan	18	37.90
6202	Kotawaringin Timur	021 Teluk Sampit	48	42.64
6202	Kotawaringin Timur	050 Pulau Hanaut	12	29.69
6202	Kotawaringin Timur	061 Seranau	2	21.74
6202	Kotawaringin Timur	210 Mentaya Hulu	2	25.39
6202	Kotawaringin Timur	211 Bukit Santuai	20	24.71
6202	Kotawaringin Timur	231 Telaga Antang	6	34.59

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Halaman 1

IPB Institute Pertanian Bogor

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 2 Nilai dugaan parameter model Geo-SAE per kecamatan contoh di Kabupaten Kotawaringin Barat, Seruyan, dan Kotawaringin Timur tahun 2016

Kecamatan	Pengaruh tetap	Pengaruh acak	
		$\bar{z}_i \hat{v}$	$d_i \hat{u}$
6201050 Arut Selatan		-0.19	-0.51
6208010 Seruyan Hilir		-2.03	-0.45
6208011 Seruyan Hilir Timur		-0.24	0.36
6208020 Danau Sembuluh		-0.05	-0.58
6208040 Seruyan Tengah		0.79	2.55
6208041 Batu Ampar		-0.08	-0.92
6208050 Seruyan Hulu	$\hat{\beta}_0 = -666.30$	-0.85	-0.52
6208051 Suling Tambun	$\hat{\beta}_1 = 9.01$	-0.22	-0.13
6201020 Mentaya Hilir Selatan	$\hat{\beta}_2 = -0.01$	0.32	0.20
	$\hat{\beta}_3 = 6.15$		
6201021 Teluk Sampit		2.40	0.27
6201050 Pulau Hanaut		0.36	0.48
6201061 Seranau		-0.63	-5.55
6201210 Mentaya Hulu		-0.08	-4.31
6201211 Bukit Santuai		-0.81	-3.26
6201231 Telaga Antang		0.50	6.30

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Lampiran 3 Perbandingan hasil pendugaan produktivitas padi antara model EBLUP dan Geo-SAE

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang	Kecamatan	EBLUP		Geo-SAE	
		Dugaan produktivitas padi (ku/ha)	RMSE	Dugaan produktivitas padi (ku/ha)	RMSE
050 Arut Selatan		29.56	2.24	27.65	2.00
010 Seruan Hilir		29.59	1.53	31.32	1.62
011 Seruan Hilir Timur		34.37	1.40	34.58	1.52
020 Danau Sembuluh		32.91	2.62	32.56	2.60
040 Seruan Tengah		26.63	1.23	26.72	0.66
041 Batu Ampar		20.79	2.24	22.69	2.17
050 Seruan Hulu		19.35	1.68	19.93	1.55
051 Suling Tambun		20.05	1.48	20.30	1.37
020 Mentaya Hilir Selatan	(Sampit)	33.65	1.43	34.26	1.37
021 Teluk Sampit		42.31	0.84	39.95	1.13
050 Pulau Hanaut		36.11	1.84	34.79	1.69
061 Seranau		26.10	3.32	23.35	3.14
210 Mentaya Hulu		30.09	3.09	27.02	3.38
211 Bukit Santuai		19.92	1.19	20.86	1.07
231 Telaga Antang		36.18	2.31	37.03	1.68
Rataan		29.17	1.90	28.87	1.80

© Hak Cipta milik PER(I) Institut Pertanian Bogor)

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 Sintaks R penentuan simpul optimum, pembuatan fungsi eblupgeo, fungsi pbmsegeo *bootstrap* parametrik, dan perbandingan antara RMSE model Geo-SAE dan EBLUP

```

library(lmeSplines)
library(nlme)
library (MASS)

#a. Menyiapkan data unit level dan peubah penyerta
#Data unit level
data<- read.csv("E:/1. SEMESTER 3 TAHUN 2018/1. TESIS/RAWDATA
Tesis/Datatesis.csv", header=TRUE, sep=";",dec=",")
domain<-data[,1]
#x1=Proporsi Padi Sawah
x1<data[,7]
#x2=Garis Lintang(Latitude)
x2<data[,2]
#x3=Garis Bujur(Longitude)
x3<data[,3]
#y=Produktivitas tanaman padi (ku/ha)
y<-data[,6]

DataUnitLevel<-data.frame(domain,y,x1,x2,x3)
tai<(DataUnitLevel)

#a. Mencari simpul optimum
#a. mencari simpul optimum untuk x2
K<-min(0.25*length(unique(x2)),35)
d<-1
k <- K+d
knot<- quantile(unique(x2),probs=(1:(k-d))/(k-d+1),names = FALSE)
Z<-1
for(p in 1:d) Z <-cbind(Z,x2^p)
for(j in 1:K) Z <-cbind(Z,(pmax(0,x2-knot[j]))^d)
D<-diag(2+K)
D[1,1]<- 0
D[2,2]<- 0
In<- diag(n)
#A=matriks smoothing
GCV2<-function(lamda)
{ A <- Z%*%ginv(t(Z)%*%Z+lamda*D)%*%t(Z)
IA <- In-A
GCV2 <-(1/n)*t(IA%*%y)%*%(IA%*%y)/((sum(diag(IA))/n)^2)
return(GCV2)
}
#iterasi untuk mencari parameter optimum
opt2 <- nlmnb(c(0),GCV2,lower=c(0),upper=c(Inf))
l.opt <- opt2$par
GCV_opt<- opt2$objective
write.csv(Z,"z1.csv")
b<- ginv(t(Z)%*%Z)%*%t(Z)%*%y
yhat<- Z%*%b
plot(x2,y, ylab="produktivitas padi (ku/ha)",xlab="Latitude")
lines(x2[order(x2)],yhat[order(x2)],col="red")

#b2 mencari simpul optimum untuk x3
K<-min(0.25*length(unique(x3)),35)

```

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

```

d<- 1
k <- K+d
knot2<- quantile(unique(x3),probs=(1:(k-d))/(k-d+1),names = FALSE)
n<- 1
for (p in 1:d) Z <- cbind(Z,x3^p)
for (j in 1:K) Z <- cbind(Z,(pmax(0,x3-knot2[j]))^d)
D<- diag(2+K)
D[1,1]<- 0
D[2,2]<- 0
In<- diag(n)
GCV2<-function(lamda)
A <- Z%*%ginv(t(Z)%*%Z+lamda*D)%*%t(Z)
IA <- In-A
GCV2 <-(1/n)*t(IA%*%y)%*%(IA%*%y)/((sum(diag(IA))/n)^2)
return(GCV2)

#iterasi untuk mencari parameter optimum
opt2 <- nlm(c(0),GCV2,lower=c(0),upper=c(Inf))
opt2.opt <- opt2$par
GCV.opt<- opt2$objective
plot(x3,y,ylab="produktivitas padi (ku/ha)",xlab="Longitude")
lines(x3[order(x3)],yhat2[order(x3)],col="red")

#Menghitung matriks Z=z.spline
#telah diperoleh knot optimum sebagai berikut:
knot1=c(1.328843,1.776429,1.917214,2.209786,2.749306,3.057814)
knot2=c(111.7713,112.0640,112.1950,112.4756,112.5509,112.9647)
plot(x3,x2,ylab="Latitude", xlab="Longitude")
points(knot2,knot1,col=2,cex=1)
#menghitung jarak v
z.spline1<-outer(x2,knot1,"-")#artinya elemen x2 dikurangi knot
z.spline2<-outer(x3,knot2,"-")#artinya elemen x3 dikurangi knot
head(z.spline1)
tail(z.spline2)
v<-sqrt(z.spline1*z.spline1+z.spline2*z.spline2)
head(v)
zspline<-v^2*log(v)

==untuk duga kecamatan==
#nilai mean x dan Z
datamean<- read.csv("E:/1. SEMESTER 3 TAHUN 2018/1. TESIS/RAWDATA
Tesis/datamean6.csv",header=TRUE,sep=";",dec=",")
xmean<-cbind(1,datamean[,3:5])
zmean<-datamean[,7:12]

#####Fungsi dugaan parameter Geo-SAE#####
eblupgeo<- function (formula, zspline, dom, xmean, zmean, data)
{
  result <- list(eblup = NA, fit = NA)
  namedom<-deparse(substitute(dom))
  if (!missing(data)) {
    formuladata <- model.frame(formula, na.action = na.omit,data)
    X <- model.matrix(formula, data)
    dom <- data[,namedom]
  }
  else {
    formuladata <- model.frame(formula, na.action = na.omit)
  }
}

```

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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

```

X <- model.matrix(formula)
}
if (is.factor(dom))
  dom <- as.vector(dom)
  if (sum(c(nrow(formuladata) != length(dom)), (nrow(formuladata) != nrow(zspline)))!=0)
    stop(" Arguments formula [rows=", nrow(formuladata),
         "] , dom [rows=", length(dom), "] and zmatrix [rows=", nrow(zspline), "] must be the same length.\n")

y <- formuladata[, 1]
z <- zspline

ZBlock=pdBlocked(list(pdIdent(~z-1),pdIdent(~dom-1)))
dataMu=groupedData(y~X|dom,data=data.frame(y,X,z,dom))
fit<-lme(fixed=y~X-1, data=dataMu, random=ZBlock)
result$fit<-fit

#####dugaan kecamatan#####
beta<-fixed.effects(fit) #beta
udom<-unique(dom)
m<-length(udom)
n<-length(y)
D<-matrix(0,nrow=n,ncol=m)
for(i in 1:n){
  domain<- dom[i]
  D[i,]<-rep(c(0,1,0),c(domain-1,1,m-domain))
}
Dt<-t(D)
zt<-t(z)
In<-diag(1,n)

sigma2.gamma<-as.numeric(VarCorr(fit)[1, 1])
#igma v: pasangan z
sigma2.u<-as.numeric(VarCorr(fit)[ncol(z)+1, 1])
#pasangan D
sigma2.e<-as.numeric(VarCorr(fit)[nrow(VarCorr(fit)),1])
#error var
result$sigma2<-c(sigma2.gamma=sigma2.gamma,sigma2.u=sigma2.u,
sigma2.e=sigma2.e )

#ragam y
v<-sigma2.gamma*z%*%zt + sigma2.u*D%*%Dt + sigma2.e*In
vi<-solve(v)

#menghitung pengaruh acak manual
gamma<-sigma2.gamma*z%*%vi%*%(y-X%*%beta) #pasangan Z
u<-sigma2.u*D%*%vi%*%(y-X%*%beta) #pasangan D

if (sum(c((nrow(xmean) != nrow(zmean)), (nrow(xmean)!= m)))!=0)
  stop(" Arguments xmean [rows=", nrow(xmean),
       "] , zmean [rows=", nrow(zmean), "] and area [rows=", m, "] must be the same length.\n")

#dugaan area
yihat<-as.matrix(xmean)%*% beta + as.matrix(zmean) %*% gamma + unique(u)

```



36

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

```
result$eblup<-yihat
return(result)

##=====Parametric BOOTSTRAP=====##
#bmsegeo<-function(formula, zspline, dom, xmean, zmean, data, B=500)

result <- list(est = NA, mse=NA)
namedom<-deparse(substitute(dom))
if (!missing(data)) {
  formuladata <- model.frame(formula, na.action = na.omit,data)
  X <- model.matrix(formula, data)
  dom <- data[,namedom]
}
else {
  formuladata <- model.frame(formula, na.action = na.omit)
  X <- model.matrix(formula)
}

if (is.factor(dom))
  dom <- as.vector(dom)

if (sum((nrow(formuladata) != length(dom)), (nrow(formuladata) != nrow(zspline)))!=0)
  stop("Arguments formula [rows=", nrow(formuladata),
       , dom [rows=", length(dom), "] and zmatrix [rows=",
       nrow(zspline), "] must be the same length.\n")

y <- formuladata[, 1]
z <- zspline
result$est<-eblupgeo(y~X-1, z, dom, xmean, zmean)
m<-length(udom)
k<-ncol(y)
n<-length(y)
D<-matrix(0,nrow=n,ncol=m)
for(i in 1:n){
  domain<- dom[i]
  D[i,]<-rep(c(0,1,0),c(domain-1,1,m-domain))
}
beta<-result$est$fit$coefficients$fixed
sigma2.gamma<-result$est$est$sigma2[1]
sigma2.u<-result$est$est$sigma2[2]
sigma2.e<-result$est$est$sigma2[3]
cat("\nBootstrap procedure with B =", B, "iterations starts.\n")
summse.pb<-NULL
error<-NULL
b<-1

seed<-152164424 #NIM peneliti

while(b<=B){
  set.seed(seed)
  u.boot <- rnorm(m,0,sqrt(sigma2.u)) #pasangan D
  gamma.boot <- rnorm(k, 0, sqrt(sigma2.gamma)) #pasangan z
  e.boot <- rnorm(n, 0, sqrt(sigma2.e))
  ebar.boot<-aggregate(e.boot,list(dom),mean)[,2]
```

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

```
theta.boot <- as.matrix(xmean) %*% as.vector(beta) +
  as.matrix(zmean) %*% as.vector(gamma.boot) + u.boot+ebar.boot
y_ij.boot <- as.matrix(X) %*% as.vector(beta) + as.matrix(z) %*%
  as.vector(gamma.boot) + D %*% u.boot + e.boot
ebar.boot<-aggregate(e.boot,list(dom),mean)[,2]
model.boot <- eblupgeo(y_ij.boot ~ X-1 , z, dom, xmean, zmean)
selisih<-(model.boot$eblup - theta.boot)^2
error<-rbind(error,t(selisih))
b=b+1
seed<-seed+10*b
}
result$mse<-colMeans(error, na.rm=T)
return(result)
}

#####
#Perbandingan dengan model Eblup BHF
library(sae)
#Data rata-rata area kecil (kecamatan)
datamean<- read.csv("E:/1. SEMESTER 3 TAHUN 2018/1. TESIS/RAWDATA
Tesis/datamean6.csv",header=TRUE,sep=";",dec=",")
Xmean<-data.frame(datamean[,c("Indeks","PropSawah","Rata2GL",
"Rata2GB")])
Pop<-data.frame(datamean[,c("Indeks","Populasi")])

#BHF=Battese,Harter, dan Fuller (1988)
eBH<-eblupBHF(y~x1+x2+x3,dom=domain,meanxpop=Xmean,
  popnsize=Popn,method="REML",data=DataUnitLevel)
eBH$eblup$domain
eBH$eblup$eblup
BHF<-pbmseBHF(y~x1+x2+x3,dom=domain,meanxpop=Xmean, popnsize=Popn,
B=500,data=DataUnitLevel)
BHF$mse
hasil.eblup<-data.frame(domain=eBHF$eblup$domain,
EBLUP=eBHF$eblup$eblup,RMSE.ELBLUP=sqrt(BHF$mse$mse)) #hasil estimasi

#####
Hasil model Geo-SAE
X<-as.matrix(cbind(1,x1,x2,x3))
z<-z.spline
udom<-unique(DataUnitLevel$domain)
#estimasi model Geo-SAE
fit<-pbmsegeo(y~x1+x2+x3,z.spline, domain,xmean, zmean,data=DataUnitLevel,
  B=500)
fit$est$fit$coefficients$fixed #dugaan beta
hasil.geo<-data.frame(Geo.SAE=fit$est$eblup, RMSE.Geo=sqrt(fit$mse))
#membandingkan rmse antara model Eblup BHF dan Geo-SAE
perbandingan.rmse<-data.frame(hasil.eblup,hasil.geo)
perbandingan.rmse
```



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Gunungkidul pada tanggal 9 November 1986 sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Muhtadi dan Ibu Sulistyawati. Pendidikan sarjana itempuh di Sekolah Tinggi Ilmu Statistik (STIS) Jakarta, lulus pada tahun 2009. Kemudian melanjutkan program magister (S2) pada Program Studi Statistika Terapan Sekolah Pascasarjana IPB melalui program beasiswa S2 APBN BPS.

Penulis menikah dengan Retna Nurwulan dan telah dikaruniai dua orang anak, yaitu Naqiyya Zahra Humaira dan Nadzif Abdul Afuww. Sejak 2010, penulis bekerja di BPS Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah.

Selama mengikuti program S2, penulis menghasilkan karya ilmiah yang dipublikasikan di Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan dengan status S2 SINTA (*Science and Technology Index*) Ristekdikti dan dapat diunduh di <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jpptp/article/view/9134/8009>.

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.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.