

Pendugaan Produktivitas Padi di Tingkat Kecamatan Menggunakan *Geoadditive Small Area Model*

Geoadditive Small Area Model for the Estimation of Rice Productivity in Sub-District Level

Muhlis Ardiansyah¹, Anik Djuraidah², dan Anang Kurnia²

¹Program Pascasarjana Departemen Statistika, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia, HP: 081328613725,
E-mail: muhli@bps.go.id

²Departemen Statistika, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia

Naskah diterima 10 Juli 2018, direvisi 26 Juli 2018, disetujui diterbitkan 27 Juli 2018

ABSTRACT

The 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 data on the productivity of rice plants in the sub-district level because the sample size in the Ubinan Survey wasn't representative for the sub-district level. The purpose of this research is to estimate productivity of rice plants and rice production data per sub-district in Seruyan Regency, Central Kalimantan, Indonesia in 2016. A method to estimate rice plants productivity is *Geoadditive Small Area Model*. Accuracy of the model was evaluated by the RMSE using the jackknife method with the resampling process. The results showed that the productivity of rice plants tended to be higher down the Seruyan River. The highest rice productivity was in Seruyan Hilir Timur Sub-district (3.46 t/ha) and the lowest in Seruyan Hulu Sub-district (1.99 t/ha). The results of estimation with the *Geoadditive Small Area Model* provided a good accuracy results because it had small RMSE values. Only four sub-districts had rice surplus i.e. Seruyan Hilir Timur, Danau Sembuluh, Seruyan Hulu, and Suling Tambun Sub-district, and six other sub-districts experienced deficit in rice. Overall, Seruyan Regency during 2016 suffered a deficit in rice (8,236.8 tons).

Keywords: Rice, estimation productivity, *Geoadditive Small Area Model*, surplus-deficit.

ABSTRAK

Pemerintah membutuhkan data produktivitas padi hingga tingkat kecamatan untuk mendukung program swasembada pangan. Permasalahannya, Badan Pusat Statistik (BPS) tidak dapat menyajikan data produktivitas padi hingga tingkat kecamatan karena ukuran contoh pada survei ubinan tidak representatif. Tujuan penelitian ini adalah menduga produktivitas padi dan produksi beras per kecamatan di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, pada tahun 2016. Metode untuk menduga produktivitas padi di tingkat kecamatan menggunakan *Geoadditive Small Area Model*. Keakuratan pendugaan dievaluasi dengan nilai RMSE menggunakan metode *jackknife* dengan proses *resampling*. Hasil penelitian menunjukkan produktivitas padi di Kabupaten Seruyan cenderung lebih tinggi

semakin ke hilir Sungai Seruyan. Produktivitas padi sawah lebih tinggi 0,90 t/ha dibanding padi gogo. Produktivitas tertinggi berada di Kecamatan Seruyan Hilir Timur (3,46 t/ha) dan terendah di Seruyan Hulu (1,99 t/ha). Penggunaan model *Geoadditive SAE* memberikan dugaan hasil yang akurat dengan nilai RMSE lebih kecil. Di Kabupaten Seruyan hanya empat kecamatan yang mengalami surplus beras, yaitu Seruyan Hilir Timur, Danau Sembuluh, Seruyan Hulu, dan Suling Tambun, sedangkan enam kecamatan lainnya defisit beras. Secara keseluruhan, Kabupaten Seruyan selama tahun 2016 mengalami defisit beras sebesar 8.236,8 ton.

Kata kunci: Padi, dugaan produktivitas, *Geoadditive Small Area Model*, surplus-defisit.

PENDAHULUAN

Survei penentuan produksi pangan nasional oleh Badan Pusat Statistik (BPS) umumnya dirancang hingga tingkat kabupaten karena tidak ada ukuran yang representatif untuk menduga produksi secara langsung di tingkat kecamatan. Permasalahan muncul ketika pemerintah kabupaten membutuhkan data produksi pada areal yang lebih kecil untuk perencanaan dan evaluasi pembangunan pertanian. Data produksi hingga tingkat kecamatan diperlukan untuk mendukung program swasembada pangan. Dari data tersebut dapat diketahui kecamatan yang mengalami defisit dan surplus beras, yang kemudian dapat digunakan sebagai dasar perencanaan, pengambilan keputusan, dan evaluasi pembangunan pertanian.

Hingga saat ini pendugaan produksi padi di tingkat kecamatan dihadapkan pada tidak tersedianya data produktivitas padi pada areal yang lebih kecil. Survei ubinan tidak representatif menghasilkan data produktivitas hingga tingkat kecamatan. Apabila produktivitas padi diduga dengan ukuran yang tidak

representatif maka data yang dihasilkan memiliki keragaman yang besar dan bisa jadi tidak di semua kecamatan terdapat contoh survei ubinan.

Ada dua solusi untuk memecahkan masalah tersebut. 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 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.

Pendugaan areal kecil data produktivitas padi di Indonesia pertama kali dilakukan oleh Tedra (2017) menggunakan SAE Rao-Yu Model. Meskipun demikian, hasil pendugaan dengan model tersebut belum memberikan hasil memuaskan karena MSE (*Mean Square Error*) masih besar (19,42). Hal ini disebabkan oleh pengaruh peubah penyerta terhadap produktivitas yang bersifat nonlinier sehingga perlu pendekatan nonparametrik pada model SAE. Oleh karena itu, pada penelitian ini, metode SAE yang digunakan adalah model aditif nonparametrik dengan *Geoadditive Small Area Model*.

Berbagai penelitian menggunakan pendugaan areal kecil dengan pendekatan aditif nonparametrik telah dilakukan oleh Bocci (2010) dan Petrucci (2014). Pendugaan produktivitas padi di tingkat kecamatan menggunakan model *geoadditive* berbasis *unit level* dapat menghasilkan data yang representatif. Hasil pendugaan dengan metode ini akan dievaluasi dengan RMSE (*Root Mean Square Error*) menggunakan metode *jackknife*. Penggunaan metode ini akan menghasilkan estimasi dengan tingkat presisi yang tinggi pada area kecil menggunakan proses *resampling*.

Penelitian ini bertujuan untuk menduga produktivitas padi di tingkat kecamatan menggunakan *Geoadditive Small Area Model* dan menganalisis surplus atau defisit produksi beras di tingkat kabupaten. Beberapa analisis produksi padi telah dilakukan oleh Zuriani (2013), Amrullah *et al.* (2014), Asnawi (2014), Wirawan *et al.*

(2014), Garside dan Asjari (2015), Kurnia (2015), Widayat dan Purba (2015), Hidayat (2016), Ezward *et al.* (2017), Nurina *et al.* (2017), dan Satria *et al.* (2017). Penelitian tersebut menggambarkan bahwa kondisi geografis berpengaruh terhadap produksi padi dan perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan beras sehingga diketahui wilayah yang mengalami defisit atau surplus beras.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, berdasarkan hasil survei ubinan tahun 2016. Pengumpulan data produktivitas padi dilakukan secara rutin oleh BPS melalui survei ubinan. Metode pengambilan contoh yang diterapkan dalam survei ini adalah *two-stage stratified sampling*. Data produktivitas padi dikumpulkan dengan mengukur langsung pada plot ubinan terpilih dengan alat pengubin dan wawancara dengan petani terpilih. Data produktivitas digunakan untuk menentukan produksi padi di suatu wilayah.

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.

Geoadditive Small Area Model

Geoadditive Small Area Model adalah penggabungan antara model *geoadditive* dan model SAE (*Small Area Estimation*). Beberapa peneliti yang menggunakan model *geoadditive* antara lain Khatab dan Fahrmeir (2009), Nkurunziza *et al.* (2011), Alaba dan Olaomi (2015), Alfred dan Stanley (2015), Ayele *et al.* (2016), dan Nussbaum *et al.* (2017). Darsyah (2013), Satriya *et al.* (2015), dan Sriliana (2017) telah melakukan penelitian *SAE Penalized Spline*.

Model *geoadditive* merupakan penambahan informasi spasial (*latitude, longitude*) ke dalam model. Misal r_i dengan $1 \leq i \leq n$ adalah peubah prediktor pada lokasi spasial $s_i, s \in \mathbb{R}^2$. Model *geoadditive* dapat diformulasikan sebagai berikut (Bocci 2010):

$$y_i = f(r_i) + h(s_i) + e_i, \quad e_i \sim N(0, \sigma_e^2) \quad (1)$$

f adalah fungsi pemulus dari satu peubah dan h merupakan fungsi pemulus dua peubah spasial dengan spline-2 (*thin-plate spline*). Spline-2 adalah potongan-potongan fungsi polynomial untuk dua peubah spasial

(latitude dan longitude) dengan turunan yang memenuhi kekontinuan kendala tertentu. Spline-2 sering digunakan untuk memprediksi spasial dan dapat dinyatakan sebagai kombinasi linier dari fungsi basis radial sehingga pendugaan spline-2 dapat didekati dengan model linier campuran (Djuraidah 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 dalam Djuraidah 2006). Berdasarkan spline terpotong berdimensi rendah untuk f dan spline-2 untuk h , model (1) dapat ditulis ke dalam bentuk model campuran:

$$y = X\beta + Zv + e \quad (2)$$

$$E \begin{bmatrix} v \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \text{Cov} \begin{bmatrix} v \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_r^2 I_{K_r} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_s^2 I_{K_s} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_e^2 I_{K_e} \end{bmatrix}$$

$$X = [1, r_i, s_i^T]_{1 \leq i \leq n}, \beta = [\beta_0, \beta_r, \beta_s^T], v = [v_1^r, \dots, v_{K_r}^r, v_1^s, \dots, v_{K_s}^s],$$

dan Z dipilih untuk menggabungkan matrik yang berisi fungsi spline f dan h :

$$Z = [Z_r | Z_s] \quad (3)$$

$$Z_r = [(r_i - \kappa_1^r)_+, \dots, (r_i - \kappa_{K_r}^r)_+]_{1 \leq i \leq n},$$

$$Z_s = [C(s_i - \kappa_k^s)]_{1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq K_s} \cdot [C(\kappa_h^s - \kappa_k^s)]_{1 \leq h, k \leq K_s}^{-1/2}$$

$$C(r) = \|r\|^2 \log\|r\| \text{ dan } \kappa_1^r, \dots, \kappa_{K_r}^r \text{ dan } \kappa_1^s, \dots, \kappa_{K_s}^s$$

adalah *knots* (simpul) lokasi untuk dua fungsi. Simpul dapat diartikan sebagai titik fokus dalam fungsi spline sedemikian rupa sehingga kurva yang dibentuk tersegmen pada titik tersebut. Titik knot memiliki arti penting dalam pendekatan spline. Pemilihan dan penentuan lokasi knot dengan tepat sangat dibutuhkan agar diperoleh model spline yang optimal. Jika jumlah knot terlampaui banyak maka model yang dihasilkan akan *overfitting*. Salah satu metode pemilihan titik knot optimal adalah *Generalized Cross Validation* (GCV) sebagai berikut:

$$GCV(K) = \frac{MSE(K)}{[n^{-1} \text{traces}(I - A(K))]^2} \quad (4)$$

$MSE(K) = n^{-1} y^t (I - A(K))^t (I - A(K)) y$; $K = (\kappa_1^s \dots \kappa_{K_s}^s)$ yaitu titik knot dan matriks $A(K) = C^t (C^t C + \lambda D)^{-1} C^t$; $C = [X \ Z]$; $D = \text{diag}(0_{p+1}, 1_K)$; $\lambda = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_r^2}$. Solusi \hat{y} dapat dinyatakan dalam bentuk $\hat{y} = A(K)y$ (Djuraidah 2007).

Penentuan jumlah titik knot menggunakan *fixed selection method* (Yao and Lee 2008) yaitu $K = \min(0,25 \text{ banyaknya } x_i \text{ yang unik}, 35)$. Jumlah pemulus untuk dua komponen aditif dan komponen geostatistik dari model dapat dikuantifikasi melalui komponen rasio varian

σ_e^2/σ_r^2 dan σ_e^2/σ_s^2 . Komponen pemulus ditambahkan pada pengaruh acak Zv , sementara komponen linier dapat ditulis sebagai pengaruh tetap $X\beta$. Dengan demikian, model geoaditif dan model klasik *small area* dapat dikombinasikan.

Misalnya terdapat m areal kecil yang akan diduga, y_{ij} menunjukkan peubah respon dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n_i$. Jika x_{ij} adalah vektor peubah penyerta yang bersesuaian dengan unit respon maka model klasik SAE (Rao dan Molina 2015) adalah: $y_{ij} = x_{ij}\beta + u_i + e_{ij}$ dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n_i$, m adalah banyaknya areal kecil dalam suatu wilayah dan n_i adalah banyaknya ukuran contoh pada masing-masing areal 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 berdistribusi normal $e_{ij} \sim_{iid} N(0, \sigma_e^2)$, dan e_{ij} saling bebas.

Formula (2) model linier campuran analog dengan model *geoadditive* pada formula (1) sehingga dapat digunakan untuk menduga areal kecil yang disebut *Geoadditive Small Area Model*. Model spline-2 maupun model SAE dapat dipandang sebagai model dengan pengaruh acak, sehingga sangat dimungkinkan menggabungkan kedua konsep tersebut dalam pendugaan areal kecil nonparametrik berdasarkan pada model linier campuran (Kurnia 2009). Berikut adalah model *Geoadditive Small Area* dengan dua komponen pengaruh acak.

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

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

Matriks peubah penyerta menjadi $X = [x_{ij}^T, s_{ij}^T]_{1 \leq i \leq n}$, β adalah vektor koefisien yang tidak diketahui berukuran $p \times 1$, u adalah pengaruh acak areal kecil, v adalah koefisien Spline-2 (pengaruh acak kedua), e adalah galat acak tingkat individu/unit, dan Z adalah matriks dari Spline-2 berdasarkan fungsi:

$$Z_s = [C(s_i - \kappa_k)]_{1 \leq i \leq n, 1 \leq k \leq K}, K = \text{simpul } \kappa_k \text{ dan } C(r) = \|r\|^2 \log\|r\|.$$

Komponen varian yang tidak diketahui dapat diduga dengan metode kemungkinan maksimum terkendala (*Restricted maximum likelihood*, REML) sehingga diperoleh $\hat{\sigma}_v^2, \hat{\sigma}_u^2$, dan $\hat{\sigma}_e^2$. Dugaan matriks kovarian dari y adalah $\hat{\Omega} = \hat{\sigma}_v^2 Z Z^T + \hat{\sigma}_u^2 D D^T + \hat{\sigma}_e^2 I_n$ dan penduga EBLUP (*Best Linier Unbiased Predictor*) bagi β, v , dan u adalah:

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

Untuk menduga produktivitas padi per kecamatan dapat menggunakan formula:

$$\bar{y}_i = \bar{X}_i \hat{\beta} + \bar{z}_i \hat{\nu} + d_i \hat{u} \quad (6)$$

\bar{X}_i dan \bar{z}_i adalah nilai parameter level areal i dan diasumsikan diketahui. Untuk areal kecil yang tidak terpilih sebagai contoh, v_i dan u_i disubstitusi dengan v_i dan u_i pada areal i yang mempunyai kemiripan terdekat berdasarkan peubah penyerta. Kemiripan terdekat diukur berdasarkan jarak *euclid* terdekat.

Tingkat presisi pendugaan areal kecil dapat dilihat dari nilai MSE dengan metode *resampling jackknife*, dengan melakukan *pengambilan* secara berulang dari contoh awal seluruh peubah berukuran n dengan cara menghilangkan pengamatan ke- $i, i = 1, 2, \dots, n$. Penerapan *jackknife* pada SAE bertujuan untuk mengoreksi hasil pendugaan MSE. Metode *jackknife* pertama kali diperkenalkan oleh Tukey pada tahun 1958. Kemudian berkembang untuk mengoreksi bias pada suatu penduga dengan melakukan penghapusan terhadap observasi ke- i untuk $i = 1, 2, \dots, n$ dan kemudian dilakukan pendugaan parameter areal kecil. Prosedur metode *jackknife* dalam pendugaan areal kecil dapat dilihat pada Kurnia dan Notodiputro (2006).

Peubah Penelitian

Peubah yang digunakan mencakup peubah respon dan peubah penyerta (*auxiliary variable*). Peubah respon adalah peubah yang perubahan nilainya dipengaruhi oleh perubahan peubah penyerta. Peubah respon dalam penelitian ini adalah produktivitas padi yang diukur melalui survei ubinan. Produktivitas adalah rata-rata hasil panen dalam setiap hektar luas panen bersih dalam bentuk gabah kering giling (GKG). Peubah penyerta yang digunakan yaitu proporsi luas panen padi sawah dan titik koordinat geografis (*latitude* dan *longitude*). Tabel 1 menerangkan sumber data dari keempat peubah.

Model *Geoadditive Small Area* dibangun dengan memanfaatkan informasi dari dalam dan luar areal yang

Tabel 1. Peubah pada penelitian.

Peubah	Nama Peubah	Sumber
Y	Produktivitas tanaman padi (ku/ha)	BPS (Survei Ubinan 2016)
X_1	Proporsi luas panen padi sawah	BPS (untuk data level unit) dan Dinas Pertanian Kabupaten Seruyan, Kotawaringin Barat, dan Kotawaringin Timur (untuk data total area tingkat kecamatan)
X_2	Garis lintang (<i>latitude</i>)	BPS (Podes 2014)
X_3	Garis bujur (<i>longitude</i>)	BPS (Podes 2014)

berbatasan langsung dengan Kabupaten Seruyan, yaitu Kabupaten Kotawaringin Barat dan Kotawaringin Timur. Ketiga kabupaten diasumsikan memiliki pola umum yang sama. Data level unit yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari survei ubinan tahun 2016 di Kabupaten Seruyan, Kotawaringin Barat, dan Kotawaringin Timur yang bersumber dari BPS. Data peubah penyerta tingkat kecamatan diperoleh dari Podes 2014 dan Dinas Pertanian Kabupaten Seruyan, Kotawaringin Barat, dan Kotawaringin Timur. Data peubah penyerta tingkat kecamatan diasumsikan tidak mengandung kesalahan karena diperoleh berdasarkan pendataan lengkap.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kabupaten Seruyan terletak pada posisi 0°77' Lintang Selatan dan 3°56' Lintang Selatan dan antara 111°49' Bujur Timur dan 112°84' Bujur Timur dengan luas wilayah 16.404 km² (BPS 2016). Daerah ini memiliki keunikan dengan bentuk yang memanjang dari hulu ke hilir mengikuti aliran Sungai Seruyan sepanjang 350 km (BPS 2016).

Penentuan Titik Knot Optimum

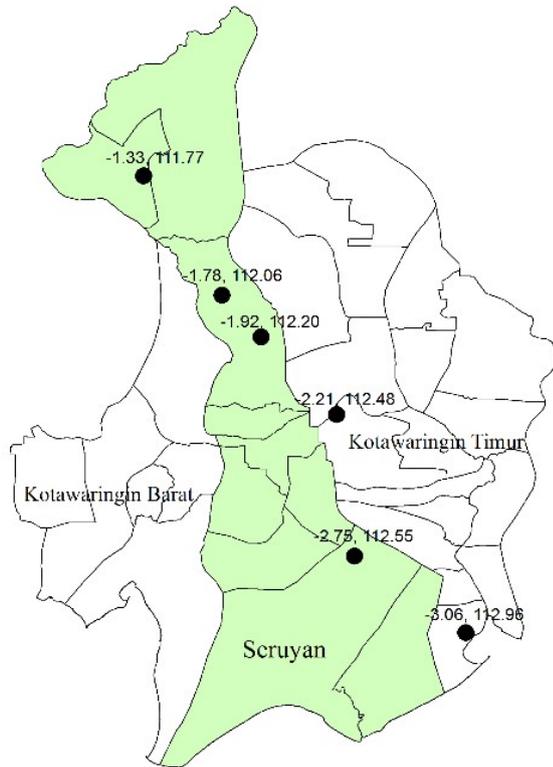
Untuk melakukan pemodelan pendugaan areal kecil dengan model *geoadditive* dimulai dengan penentuan jumlah knot (simpul) optimum berdasarkan nilai GCV minimum. GCV adalah metode yang digunakan untuk menentukan parameter pemulus pada regresi *smoothing spline* yang telah didefinisikan pada persamaan (4). Kemulusan kurva permukaan pendugaan spasial dipengaruhi oleh jumlah simpul yang digunakan pada fungsi basis radialnya. Nilai GCV disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, hasil kajian menunjukkan model aditif spasial dengan jumlah simpul enam pada pendugaan produktivitas padi memberikan GCV terendah. Dengan kata lain, rata-rata simpangan antara dugaan dan nilai sebenarnya dengan jumlah simpul enam adalah yang terendah. Nilai GCV minimum adalah 57,66 untuk *latitude* dan 57,09 untuk *longitude*. Hubungan antara titik *latitude* dan produktivitas padi tidak membentuk pola linier sehingga perlu ditambah model aditif nonparametrik. Hubungan kedua peubah

Tabel 2. Jumlah titik knot dan GCV.

Jumlah titik <i>knot</i> (simpul)	GCV untuk <i>Latitude</i>	GCV untuk <i>Longitude</i>
K=4	75,82	57,41
K=5	71,37	57,16
K=6	57,66	57,09

tersebut dapat didekati menggunakan *thin plate spline* dengan model polynomial tersegmen yang dibangun sedemikian rupa sehingga kurva yang dibentuk mulus pada titik-titik yang disebut simpul. Berdasarkan kriteria GCV minimum diperoleh knot optimum enam simpul. Keenam simpul tersebut terletak pada titik $\{latitude; longitude\}$: $\{(-1.3288, 111.7713), (-1.7764, 112.0640), (-1.9172, 112.1950), (-2.2098, 112.4756), (-2.7493, 112.5509), (-3.0578; 112.9647)\}$. Titik koordinat simpul dapat dilihat pada peta tematik (Gambar 1). Setelah



Gambar 1. Titik koordinat (*latitude, longitude*) simpul optimum Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah.

diketahui lokasi titik knot dengan GCV optimum, langkah selanjutnya adalah melakukan pendugaan 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 SAE. Hasil pendugaan parameter disajikan pada Tabel 3.

Data pada Tabel 3 menunjukkan model *Geoadditive Small Area* memiliki pola umum 0,90. Artinya, produktivitas padi sawah lebih tinggi 0,90 t/ha dibanding padi gogo. Produktivitas padi pada kecamatan nircontoh diduga dengan kekuatan pengaruh acak dari kecamatan yang memiliki kemiripan terdekat, yang dihitung berdasarkan jarak *euclid* minimum dengan nilai peubah penyerta pada ketiga kecamatan. Terdapat tiga kecamatan nircontoh pada survei ubinan tahun 2016 di Kabupaten Seruyan, yaitu Kecamatan Seruyan Raya, Hanau, dan Danau Seluluk. Hasil penghitungan menunjukkan Kecamatan Seruyan Raya memiliki kemiripan terdekat dengan Mentaya Hulu (Kabupaten Kotawaringin Timur), Kecamatan Hanau memiliki kemiripan terdekat dengan Seruyan Hilir, dan Kecamatan Danau Seluluk memiliki kemiripan terdekat dengan Seruya Hilir Timur.

Setelah diperoleh penduga parameter, selanjutnya dilakukan pendugaan produktivitas padi dengan *Geoadditive Small Area Model* dan dibandingkan dengan pendugaan langsung. Pendugaan langsung produktivitas padi di kecamatan nircontoh tidak dapat dilakukan. Hasil pendugaan dapat dilihat pada Tabel 4.

Terdapat tiga kecamatan yang tidak terdapat contoh pada survei ubinan, yaitu Kecamatan Seruyan Raya, Hanau, dan Danau Seluluk, sehingga pendugaan langsung untuk ketiga kecamatan tidak dapat dilakukan. Produktivitas padi di ketiga kecamatan nircontoh

Tabel 3. Nilai penduga parameter model *Geoadditive Small Area* di tingkat kecamatan di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Selatan, tahun 2016.

Kecamatan	Pengaruh tetap				Pengaruh acak	
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\bar{z}_i \hat{v}$	$d_i \hat{u}$
010 Seruyan Hilir	-666,30	9,01	-0,01	6,15	-2,03	-0,45
011 Seruyan Hilir Timur	-666,30	9,01	-0,01	6,15	-0,24	0,36
020 Danau Sembuluh	-666,30	9,01	-0,01	6,15	-0,05	-0,58
021 Seruyan Raya	-666,30	9,01	-0,01	6,15	-0,08	-4,31
030 Hanau	-666,30	9,01	-0,01	6,15	-2,03	-0,45
031 Danau Seluluk	-666,30	9,01	-0,01	6,15	-0,24	0,36
040 Seruyan Tengah	-666,30	9,01	-0,01	6,15	0,79	2,55
041 Batu Ampar	-666,30	9,01	-0,01	6,15	-0,08	-0,92
050 Seruyan Hulu	-666,30	9,01	-0,01	6,15	-0,85	-0,52
051 Suling Tambun	-666,30	9,01	-0,01	6,15	-0,21	-0,13

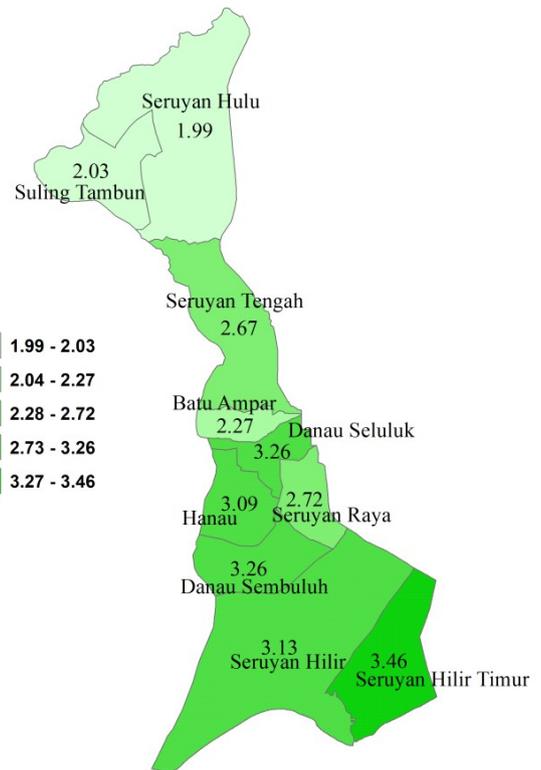
Tabel 4. Hasil pendugaan produktivitas padi di tingkat kecamatan dengan *Geoadditive Small Area Model* di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, 2016.

Kode	Kecamatan	Jumlah contoh plot ubinan	Produktivitas padi dengan pendugaan langsung (SRS) (t/ha)	Produktivitas padi dengan <i>Geoadditive Small Area Model</i> (t/ha)	RMSE
010	Seruyan Hilir	14	3,00	3,13	0,14
011	Seruyan Hilir Timur	16	3,44	3,46	0,04
020	Danau Sembuluh	3	3,28	3,26	0,10
021	Seruyan Raya	-	-	2,72	0,20
030	Hanau	-	-	3,09	0,14
031	Danau Seluluk	-	-	3,26	0,04
040	Seruyan Tengah	20	2,66	2,67	0,02
041	Batu Ampar	11	3,14	2,27	0,90
050	Seruyan Hulu	10	1,99	1,99	0,03
051	Suling Tambun	15	2,06	2,03	0,04
Total		89	2,67	2,70	0,29

tersebut dapat diduga menggunakan model *Geoadditive SAE (Geoadditive Small Area Model)*. Hasil pendugaan dengan metode pendugaan langsung dan *Geoadditive SAE* memberikan kinerja yang hampir sama, kecuali di Kecamatan Batu Ampar. Terdapat selisih yang signifikan antara pendugaan langsung (3,14 t/ha) dengan pendugaan menggunakan model *Geoadditive SAE* (2,27 t/ha) di Kecamatan Batu Ampar. Hal ini disebabkan contoh plot ubinan di Batu Ampar tidak representatif karena tidak mewakili keadaan populasi lahan yang sebagian besar ditanami padi gogo, sedangkan contoh terpilih pada survei ubinan di Batu Ampar seluruhnya adalah usahatani padi sawah. Hal ini menjadi kelebihan dari model *Geoadditive SAE*, yaitu mampu mengoreksi contoh yang tidak representatif dan mampu menduga wilayah nircontoh.

Penghitungan produktivitas padi menggunakan model *Geoadditive SAE* memberikan informasi bahwa hasil pendugaan dengan model ini mendekati pendugaan langsung yang dirilis BPS. Produktivitas padi berdasarkan pendugaan langsung oleh BPS adalah 2,67 t/ha, sedangkan pendugaan dengan *Geoadditive SAE* menghasilkan 2,70 t/ha. Hal ini menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara pendugaan langsung BPS dengan hasil pendugaan *Geoadditive SAE*. Kelebihan dari pendugaan areal kecil dengan *Geoadditive SAE* adalah dapat menyajikan data produktivitas padi hingga tingkat kecamatan, sedangkan pendugaan langsung BPS tidak dapat. Hasil pendugaan produktivitas padi menggunakan *Geoadditive SAE* dapat lebih jelas jika ditampilkan dalam bentuk peta tematik (Gambar 2).

Terdapat kecenderungan semakin ke hilir suatu wilayah semakin besar produktivitas padi. Sebaran produktivitas padi yang tinggi umumnya berada di bagian hilir Kabupaten Seruyan yang sebagian besar



Gambar 2. Produktivitas padi (t/ha) menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, tahun 2016.

didominasi oleh usahatani padi sawah. Daerah dengan produktivitas padi rendah berada di bagian hulu Kabupaten Seruyan yang merupakan daerah perbukitan yang sebagian besar ditanami padi gogo.

Lahan pertanian yang terletak di bagian hilir Sungai Seruyan umumnya lebih subur karena memperoleh atau menampung endapan lumpur yang kaya hara.

Kecamatan dengan produktivitas tanaman padi tertinggi yaitu Seruyan Hilir Timur (3,46 t/ha) dan Danau Seluluk (3,26 t/ha). Kecamatan dengan produktivitas padi terendah adalah Seruyan Hulu (1,99 t/ha).

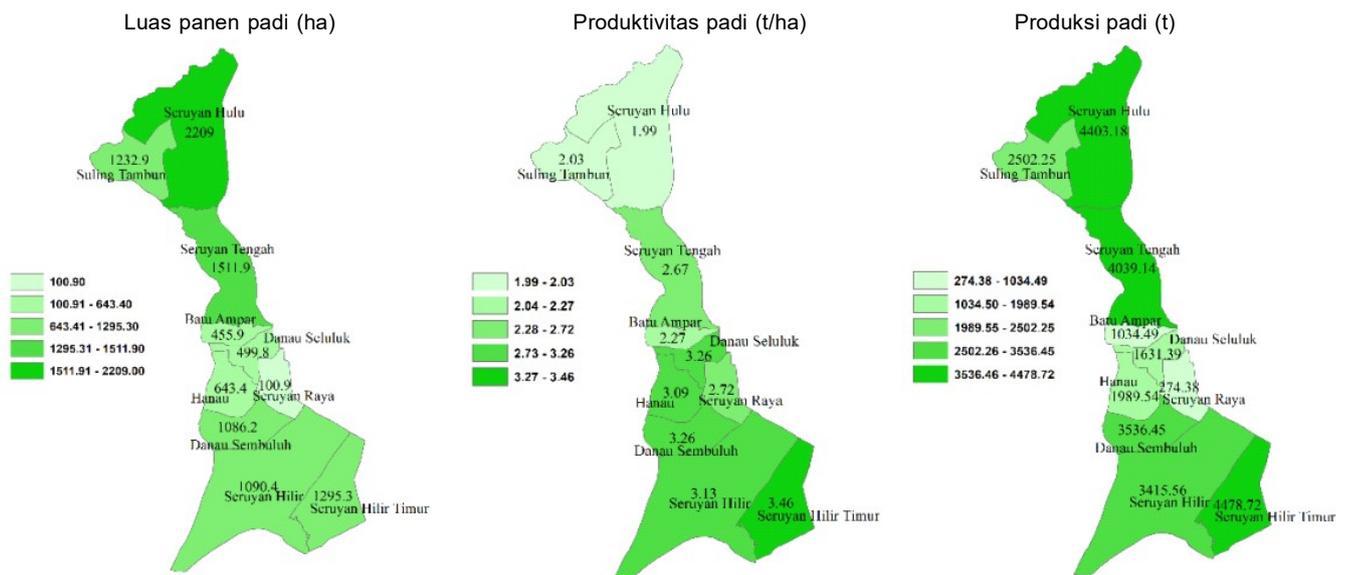
Data produktivitas padi tingkat kecamatan yang telah diperoleh dapat dijadikan dasar dalam penghitungan produksi pada masing-masing kecamatan. Produksi padi merupakan perkalian antara hasil dugaan produktivitas dengan luas panen. Data populasi luas panen per kecamatan telah diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Seruyan, sementara data produktivitas padi per kecamatan diduga menggunakan *Geoadditive Small Area Model*. Selanjutnya dilakukan perkalian antara produktivitas dan luas panen padi per kecamatan sehingga diperoleh data produksi padi

(GKG) per kecamatan. Hasil pendugaan data produksi padi dalam GKG per kecamatan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan BPS tidak menyajikan data produksi padi hingga tingkat kecamatan tetapi model *Geoadditive SAE* bisa digunakan untuk itu. Penjumlahan produksi padi pada tingkat kecamatan akan menghasilkan produksi padi di tingkat kabupaten. Total produksi padi hasil pendugaan dengan *Geoadditive SAE* adalah 27.305,11 ton sedangkan data yang dirilis BPS adalah 27.012,89 ton. Artinya, hasil pendugaan tersebut memberikan selisih pendugaan langsung oleh BPS relatif kecil, hanya 292,22 ton. Hal ini mengindikasikan hasil pendugaan menggunakan model *Geoadditive Small Area* memberikan kinerja yang akurat. Sebaran produksi padi per kecamatan disajikan dalam bentuk peta tematik (Gambar 3).

Tabel 5. Nilai duga produksi padi menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, tahun 2016.

Kode	Kecamatan	Produktivitas padi dengan <i>Geoadditive SAE</i> (t/ha)	Luas panen padi (ha)	Dugaan produksi padi BPS (ton GKG)	Dugaan produksi padi <i>Geoadditive SAE</i> (ton GKG)
010	Seruyan Hilir	3,13	1.090,40	-	3.415,56
011	Seruyan Hilir Timur	3,46	1.295,30	-	4.478,72
020	Danau Sembuluh	3,26	1.086,20	-	3.536,45
021	Seruyan Raya	2,72	100,90	-	274,38
030	Hanau	3,09	643,40	-	1.989,54
031	Danau Seluluk	3,26	499,80	-	1.631,39
040	Seruyan Tengah	2,67	1.511,90	-	4.039,14
041	Batu Ampar	2,27	455,90	-	1.034,49
050	Seruyan Hulu	1,99	2.209,00	-	4.403,18
051	Suling Tambun	2,03	1.232,90	-	2.502,25
Total		2,70	10.125,70	27.012,89	27.305,11



Gambar 3. Luas panen, produktivitas, dan produksi padi di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, tahun 2016.

Dari peta tematik tersebut diperoleh informasi bahwa untuk meningkatkan produksi padi dapat dilakukan dengan dua cara. Pertama, menambah areal tanam. Kedua, meningkatkan produktivitas. Produktivitas padi rendah apabila areal tanam yang luas menghasilkan produksi padi yang tinggi. Luas panen rendah dan produktivitas tinggi juga akan meningkatkan produksi padi. Kecamatan Seruyan Hulu memiliki produktivitas padi 1,99 t/ha dengan luas panen 2.209 ha, sehingga merupakan kecamatan dengan produksi padi tertinggi di Kabupaten Seruyan.

Konversi Gabah ke Beras

Konversi gabah kering giling (GKG) ke beras dimaksudkan untuk melihat perbandingan produksi padi dengan konsumsi beras. Gabah yang digiling akan menghasilkan beras dengan rendemen 62,74%

Tabel 6. Dugaan produksi beras menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, tahun 2016.

Kode Kecamatan	Dugaan produksi padi <i>Geoadditive</i> SAE (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

berdasarkan hasil Survei Konversi Gabah ke Beras yang dilakukan BPS pada tahun 2012. Hasil konversi padi dalam bentuk gabah kering giling ke beras disajikan pada Tabel 6.

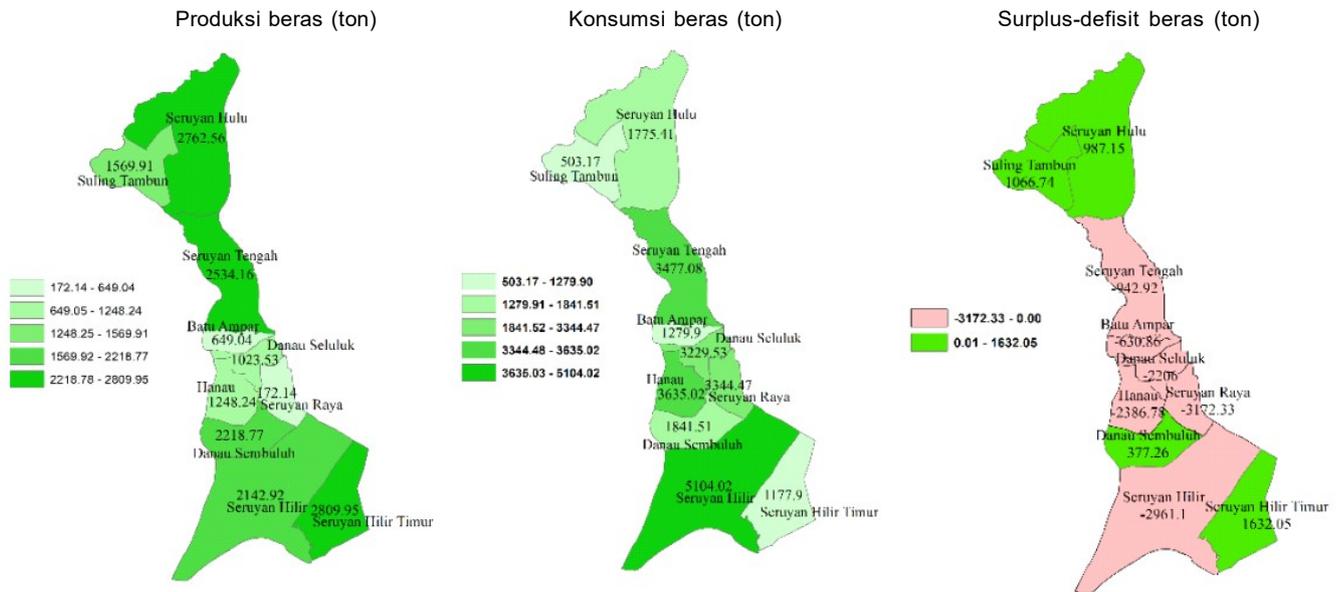
Perbandingan Produksi dan Konsumsi Beras

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

Kecamatan surplus beras berarti produksi beras di kecamatan tersebut melebihi konsumsi dan sebaliknya untuk defisit beras. Data produksi dan kebutuhan beras menjadi penting untuk merumuskan kebijakan dan evaluasi terhadap target yang telah dicanangkan pemerintah. Jumlah penduduk yang terus meningkat berdampak terhadap peningkatan kebutuhan beras. Sesuai target *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang kedua, yaitu *zero hunger* yang dituangkan pada program swasembada pangan, maka pemerintah bertanggung jawab terhadap pemenuhan kebutuhan beras penduduk. Selain pemerintah pusat, pencapaian target swasembada pangan juga menjadi tanggung jawab pemerintah daerah. Untuk mengetahui tercapai tidaknya target swasembada pangan diperlukan statistik yang akurat. Nilai dugaan konsumsi beras per kecamatan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai dugaan kebutuhan beras menurut kecamatan di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, tahun 2016.

Kode	Kecamatan	Dugaan produksi beras (ton)	Jumlah penduduk	Total konsumsi beras (ton)	Surplus/ Defisit	Keterangan
010	Seruyan Hilir	2.142,92	36.680	5.104,02	- 2.961,10	Defisit
011	Seruyan Hilir Timur	2.809,95	8.465	1.177,90	1.632,05	Surplus
020	Danau Sembuluh	2.218,77	13.234	1.841,51	377,26	Surplus
021	Seruyan Raya	172,14	24.035	3.344,47	- 3.172,33	Defisit
030	Hanau	1.248,24	26.123	3.635,02	- 2.386,78	Defisit
031	Danau Seluluk	1.023,53	23.209	3.229,53	- 2.206,00	Defisit
040	Seruyan Tengah	2.534,16	24.988	3.477,08	- 942,92	Defisit
041	Batu Ampar	649,04	9.198	1.279,90	- 630,86	Defisit
050	Seruyan Hulu	2.762,56	12.759	1.775,41	987,15	Surplus
051	Suling Tambun	1.569,91	3.616	503,17	1.066,74	Surplus
Total		17.131,22	182.307	25.368,02	- 8.236,80	Defisit



Gambar 4. Peta tematik produksi, konsumsi, dan surplus-defisit beras di Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah, tahun 2016.

Kajian BPS menunjukkan konsumsi beras di Provinsi Kalimantan Tengah 139,15 kg/kapita yang terdiri atas konsumsi beras rumah tangga dan nonrumah tangga. Berdasarkan proyeksi jumlah penduduk di Kabupaten Seruyan pada tahun 2016 yang mencapai 182.307 jiwa maka konsumsi beras pada tahun tersebut diperkirakan 25.368 ton. Jika konsumsi beras dibandingkan dengan produksi beras di Kabupaten Seruyan pada tahun yang sama sebesar 17.131 ton, maka Kabupaten Seruyan pada tahun 2016 mengalami defisit beras 8.237 ton. Hingga kini kebutuhan beras dipasok dari luar Kabupaten Seruyan untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduk. Peta tematik pada Gambar 4 memberi gambaran lebih jelas mengenai kecamatan surplus dan defisit beras.

Sebagian besar kecamatan di Kabupaten Seruyan mengalami defisit beras, hanya empat kecamatan yang mengalami surplus beras, yaitu Kecamatan Seruyan Hilir Timur, Danau Sembuluh, Seruyan Hulu, dan Suling Tambun. Data ini merupakan *early warning* kerawanan pangan di Kabupaten Seruyan, atau dapat digunakan sebagai acuan dalam pencapaian swasembada pangan melalui peningkatan produksi padi di masing-masing kecamatan.

KESIMPULAN

Model *Geoadditive SAE* terbukti dapat digunakan untuk menduga produktivitas padi di tingkat kecamatan mendekati nilai pendugaan langsung BPS. Semakin ke

hilir Sungai Seruyan, produktivitas padi di Kabupaten Seruyan cenderung lebih tinggi. Produktivitas padi sawah lebih tinggi 0,90 t/ha dibandingkan dengan padi gogo. Produktivitas padi tertinggi berada di Kecamatan Seruyan Hilir Timur (3,46 t/ha) dan terendah di Seruyan Hulu (1,99 t/ha).

Pendugaan produksi padi dengan *Geoadditive Small Area Model* memberikan hasil akurat dengan nilai RMSE lebih kecil, kecuali di Kecamatan Batu Ampar karena contoh plot ubinan tidak mewakili areal pertanian yang sebagian besar padi gogo, sementara contoh terpilih pada survei ubinan adalah padi sawah. Di Kabupaten Seruyan hanya empat kecamatan yang mengalami surplus beras, yaitu Kecamatan Seruyan Hilir Timur, Danau Sembuluh, Seruyan Hulu, dan Suling Tambun. Secara keseluruhan, Kabupaten Seruyan selama tahun 2016 mengalami defisit beras 8.236,8 ton. Dalam penelitian selanjutnya dapat menggunakan perbandingan model EBLUP dan model *Geoadditive Small Area* untuk membuktikan penambahan pengaruh acak spline-2 dapat menurunkan RMSE.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim redaksi dan mitra bestari atas komentar, saran, dan masukan yang sangat berharga. Penelitian ini didanai oleh BPS melalui program beasiswa S2 APBN BPS bekerja sama dengan IPB.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaba O and Olaomi JO. 2015. Geo-additive modelling of family size in Nigeria. *Journal Biom Biostat.* 6(3):1-6.
- Alfred N and Stanley CC. 2015. Determinants of Low Birth Weight in Malawi: Bayesian Geo-Additive Modelling. *Plos One Journal* 10(6): 1-14.
- Amrullah, Sopandie D, Sugianta, dan Junaedi A. 2014. Peningkatan produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa* L.) melalui pemberian nano silika. *Jurnal Pangan* 23(1): 17-32.
- Asnawi R. 2014. Peningkatan produktivitas dan pendapatan petani melalui penerapan model pengelolaan tanaman terpadu padi sawah di Kabupaten Pesawaran, Lampung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 14(1): 44-52.
- Ayele DG, Zewotir T, dan Mwambi H. 2016. Spatial analysis of malaria on The Geo-Additive Bayesian Model. *Cancer Prog. Diagn. Journal* 106 1(1): 26-32.
- Bocci 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. Seruyan dalam angka. BPS Kabupaten Seruyan: Kuala Pembuang.
- Darsyah MY. 2013. Small area estimation terhadap pengeluaran per kapita di Kabupaten Sumenep dengan pendekatan nonparametrik. *Jurnal Statistika* 1(2): 28-36
- Djuraidah A dan 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 pm_{10} dan ozon di Kota Surabaya dengan pendekatan model linier campuran [disertasi]. IPB: Bogor.
- Ezward C, Indrawanis E, Seprido, dan Mashadi. 2017. Peningkatan produktivitas tanaman padi melalui teknik budidaya dan pupuk kompos jerami. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, 2(1): 51-67.
- Garside AK dan Asjari HY. 2015. Simulasi ketersediaan beras di Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* 14 (1): 47-58.
- Hidayat YR. 2016. Analisis stakeholders rantai pasok beras di Kabupaten Indramayu. *Jurnal logika* 18(3):54-60.
- Khatab K and Fahrmeir L. 2009. Analysis of childhood morbidity with geoadditive probit and latent variable model: a case study for Egypt. *Journal Trop. Med. Hyg.* 81(1):116-128.
- Kurnia A dan Notodiputro KA. 2006. Penerapan metode jackknife dalam pendugaan area kecil. *Jurnal Forum Statistika dan Komputasi* 11(1): 12-16.
- Kurnia A. 2009. Prediksi terbaik empirik untuk model transformasi logaritma di dalam pendugaan area kecil dengan penerapan pada data susenas [disertasi]. IPB: Bogor.
- Kurnia H. 2015. Prediksi Ketersediaan beras di masyarakat menggunakan logika *fuzzy* dalam upaya meningkatkan ketahanan pangan (studi kasus di Kecamatan Harau). *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Informasi* 2(1): 64-75.
- Nkurunziza H, Gebhardt A, Pilz J. 2011. Geo-additive modelling of malaria in Burundi. *Malaria Journal* 10(234).
- Nurina BS, Permana H, Trihandoko K, Jamaludin A, dan Umidah Y. 2017. Prediksi produktivitas tanaman padi di Kabupaten Karawang menggunakan bayesian networks. *Jurnal Infotel* 9(4): 454-460.
- Nussbaum M, Lorenz W, Fraefel M, Greiner L, dan Papritz A. 2017. Mapping of soil properties at high resolution in Switzerland using boosted geoadditive models. *SOIL-Journal* 3: 191-210.
- Petrucci A and 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 and Molina I. 2015. Small Area Estimation Second Edition. New Jersey (USA): John Wiley and Sons.
- Satriya AMA, Iriawan N, Sutijo B. 2015. Small area estimation pengeluaran per kapita di Kabupaten Bangkalan dengan metode hierarchical bayes. *Jurnal Statistika* 3(2): 1-10
- Satria B, Erwin MH, dan Jamilah. 2017. Peningkatan produktivitas padi sawah (*oryza sativa* L.) melalui penerapan beberapa jarak tanam dan sistem tanam. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU.* 5(3): 629-637.
- Siliana I, Sunandi E, dan 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.
- Widayat D, dan Purba CO. 2015. Produktivitas tanaman dan kehilangan hasil tanaman padi kultivar Ciherang pada kombinasi jarak tanam dengan frekuensi penyiangan berbeda. *Jurnal Kultivasi* 14(1): 17-24.
- Wirawan KA, Susrusa B, dan Ambarawati. 2014. Analisis produktivitas tanaman padi di Kabupaten Badung Provinsi Bali. *Jurnal Manajemen Agribisnis* 2(1): 76-90.
- Yao F and Lee TCM. 2008. On knot placement for penalized spline regression. *Journal of the Korean Statistical Society* (37): 259-267.
- Zuriani. 2013. Analisis produksi dan produktivitas padi sawah di Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 4(1): 59-64.