

PEMODELAN PRODUKTIVITAS PADI DENGAN MENGGUNAKAN GENERALIZED ADDITIVE MODELS DI PROVINSI BANTEN

Wahyudi¹, Muhammad Fajar², Noviar³

^{1,2,3}Badan Pusat Statistik Provinsi Banten
wahyudim@bps.go.id¹, mfajar@bps.go.id², noviar@bps.go.id³

Abstract

The purpose of this study is to model of paddy productivity. Sources of data used in this study are data on paddy productivity, fertilizer use, seed use, cropping systems, OPT attacks, climate change impacts, and water sufficiency sourced from the Tiled Survey conducted by the Statistics of Banten Province in 2019. The methods used in This research is an analysis of the Generalized Additive Models (GAM). The results of this study indicate that GAM can be applied in modeling of paddy productivity and valid. This is based on the fact that only the number of seeds variable is not significant. Meanwhile, the variables that the paddy planting system, pest attacks (pests and diseases), the impact of climate change, the water adequacy, and the number of fertilizers used significantly influence paddy productivity.

Keywords: *Model, Generalized Additive Models, GAM, Productivity, Paddy*

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pemodelan produktivitas padi. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data produktivitas padi, penggunaan pupuk, penggunaan benih, sistem tanam, serangan OPT, dampak perubahan iklim, dan kecukupan air yang bersumber dari Survei Ubinan yang dilaksanakan Badan Pusat Statistik Provinsi Banten tahun 2019. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis *Generalized Additive Models* (GAM). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa GAM dapat diterapkan dalam pemodelan produktivitas padi dan valid. Hal ini didasarkan bahwa hanya variabel jumlah benih yang tidak signifikan. Sedangkan, variabel sistem penanaman padi, serangan OPT (hama dan penyakit), dampak perubahan iklim, kecukupan air dan jumlah pupuk yang digunakan berpengaruh secara signifikan terhadap produktivitas padi.

Kata kunci: *Model, Generalized Additive Models, GAM, Produktivitas, Padi.*

Received: June 22, 2020 / Accepted: August 05, 2020 / Published Online: August 26, 2020

PENDAHULUAN

Komoditas padi merupakan komoditas yang penting di Indonesia. Hampir seluruh masyarakat Indonesia mengkonsumsi produk yang berasal dari padi yaitu beras sebagai makanan pokok. Berdasarkan data hasil Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS)¹ yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Tahun 2018, komoditas padi-padian menduduki peringkat ketiga setelah makanan minuman jadi dan tembakau untuk persentase pengeluaran rata-rata perkapita sebulan pada kategori kelompok makanan. Pentingnya komoditas padi membuat pemerintah terus berupaya dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan komoditas padi serta dalam peningkatan produksi padi. Peningkatan dan penurunan produksi merupakan sesuatu hal yang harus diketahui sehingga pengambilan kebijakan tepat sesuai dengan target yang ditetapkan baik kualitas maupun kuantitas (Supriyanti, 2020)

Provinsi Banten merupakan salah satu provinsi yang menjadi produsen padi di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2019², Banten merupakan provinsi yang memiliki produksi padi terbesar ke-10 di Indonesia. Produksi padi di Provinsi Banten sebesar 1.470.503 ton dalam bentuk gabah kering giling (gkg) dengan luas panen dan produktivitas sebesar 303.732 hektar dan 48,41 kuintal/hektar. Produksi, luas panen dan produktivitas padi ini mengalami penurunan dari tahun sebelumnya yaitu masing-masing sebesar 1.643.046 ton gkg, 334.839 hektar dan 49,07 kuintal/hektar.

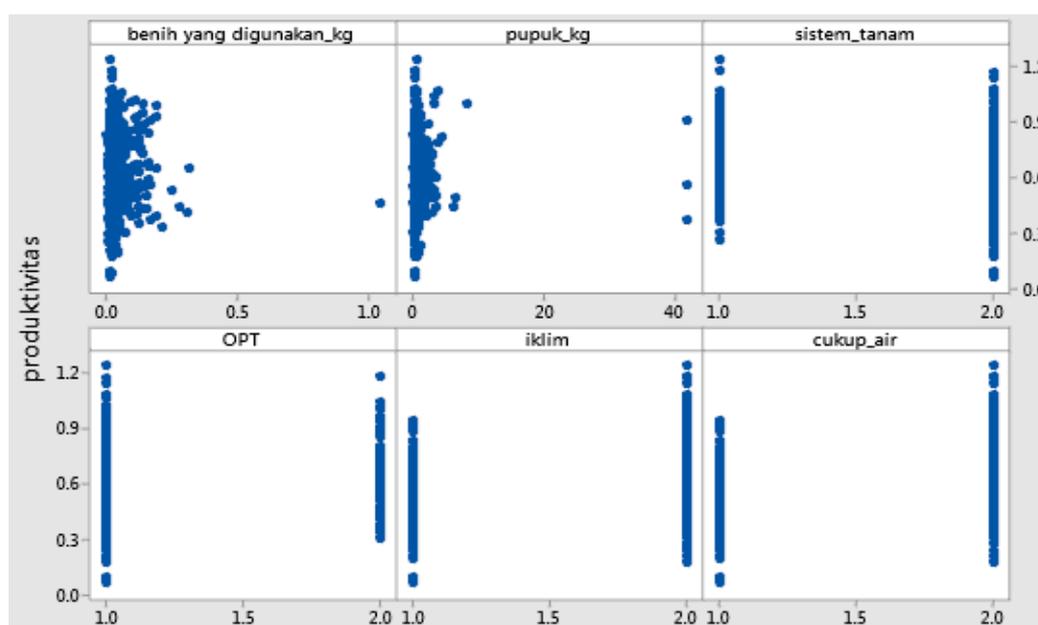
Pada umumnya terdapat dua cara yang dapat dilakukan dalam meningkatkan produksi padi, yaitu dengan meningkatkan luas areal tanam dan meningkatkan produktivitas. Melihat dari lahan baku sawah, peningkatan produksi padi dengan meningkatkan luas areal tanam nampaknya sulit untuk dilakukan. Hal itu dikarenakan masifnya konversi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian, seperti lahan untuk perumahan, infrastruktur maupun industri. Hal ini yang membuat cara meningkatkan produksi padi melalui peningkatan produktivitas lebih menjanjikan dibandingkan dengan meningkatkan luas areal tanam. Sejalan dengan itu, Sembiring (2007) menyatakan bahwa keberhasilan peningkatan produksi padi lebih banyak berasal dari peningkatan produktivitas dibandingkan dengan peningkatan luas panen. Peningkatan produktivitas dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan menggunakan varietas unggul, penerapan sistem tanam, pengendalian serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), penggunaan pupuk dan sebagainya. Merujuk pada penelitian terkait, Misran (2014) menyatakan bahwa penggunaan pupuk yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi sawah. Prasetyo & Kadir (2018) dalam penelitiannya menunjukkan hasil bahwa sistem tanam jajar legowo berdampak signifikan terhadap peningkatan produktivitas dibandingkan dengan teknik penanaman lainnya.

Berdasarkan data Survei Ubinan BPS Tahun 2019, penulis menemukan adanya pola nonlinier antara produktivitas dengan benih, pupuk, sistem tanam, dampak iklim, serangan OPT, dampak iklim,

¹ <https://www.bps.go.id/statictable/2009/06/15/937/persentase-pengeluaran-rata-rata-per-kapita-sebulan-menurut-kelompok-barang-indonesia-1999-2002-2018.html>

² <https://www.bps.go.id/dynamictable/2019/04/15/1608/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-padi-menurut-provinsi-2018-2019.html>

dan kecukupan air (gambar 1). Oleh karena itu, dalam penelitian ini, penulis melakukan pemodelan produktivitas padi berdasarkan variabel-variabel tersebut menggunakan *Generalized Additive Models* (GAM). Pemodelannya menggunakan *Generalized Additive Models* (GAM) dilakukan dengan pertimbangan: (1) bahwa GAM dapat mengakomodir bentuk hubungan nonlinier ataupun tidak diketahui bentuk parametrik hubungan antar variabel respon dan variabel prediktor, (2) GAM merupakan metode regresi fleksibel yang mendasarkan pada pola data (Wood, 2017; Hastie dan Tibshirani, 1990). Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah variabel benih, pupuk, sistem tanam, dampak iklim, serangan OPT, dampak iklim, dan kecukupan air berpengaruh secara signifikan terhadap produktivitas padi.



Gambar 1. Scatter plot antara produktivitas dengan pupuk, benih, sistem penanaman, serangan OPT, dampak iklim, dan kecukupan air

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder hasil dari Survei Ubinan yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Tahun 2019. Survei Ubinan merupakan survei yang dilakukan secara rutin setiap *subround* yang bertujuan untuk mendapatkan nilai produktivitas tanaman pangan. Survei komoditas padi dilaksanakan dengan desain *sampling* yang menggunakan data hasil Pendataan Statistik Pertanian Tanaman Pangan terintegrasi dengan metode Kerangka Sampel Area (KSA). Jumlah sampel yang dianalisis dalam penelitian ini sebanyak 1.153 rumah tangga. Penelitian ini menggunakan Aplikasi R dalam mengolah datanya. Adapun definisi operasional setiap variabel pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Variabel-variabel dan Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional
Produktivitas	Gabah kering giling (gkg) dalam kuintal per hektar
Sistem Penanaman	Jenis sistem penanaman yang dibedakan menjadi sistem penanaman jajar legowo dan lainnya
Serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)	Keterangan apakah tanaman padi pernah terkena serangan organisme pengganggu tanaman (OPT)
Dampak Iklim	Keterangan apakah tanaman padi pernah terkena dampak perubahan iklim
Kecukupan Air	Keterangan apakah tanaman padi mendapat cukup air
Benih	Jumlah benih yang digunakan
Pupuk	Jumlah pupuk yang digunakan

Variabel prediktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel sistem penanaman padi, jumlah benih yang digunakan, jumlah pupuk yang digunakan, serangan OPT (hama dan penyakit), dampak perubahan iklim (iklim) dan kecukupan air. Sedangkan, produktivitas padi adalah variabel respon.

Generalized Additive Models (GAM) adalah suatu model statistik dimana hubungan antara variabel respon dan variable prediktor dideskripsikan sebagai penjumlahan dari fungsi-fungsi variabel prediktor (dimana fungsi tersebut suatu fungsi nonlinier). GAM dirumuskan sebagai berikut:

$$y = \delta_0 + \sum_{k=1}^p f_k(x_k) \quad (1)$$

dengan y adalah variabel respon, δ_0 adalah intersep, x_k adalah variabel prediktor ke- k , p adalah banyak variabel predictor, $f_k(\cdot)$ adalah fungsi smoothing dari variabel prediktor ke- k . Dalam penelitian ini, penulis menggunakan smoothing B-Spline terpenalti (P-Splines) sebagai fungsi smoothing dari variabel prediktor.

B-splines adalah fungsi polinomial yang memiliki sifat tersegmentasi pada selang x yang terbentuk oleh *knot* (*piecewise polynomial*) yang kemudian ditaksir secara lokal pada selang-selang tersebut untuk derajat polinomial tertentu (de Boor, 2001). B-splines ke- j dengan derajat v berdasarkan deretan sebanyak u *knot* t_0, \dots, t_u untuk $j = 1, \dots, v + u$ (u menyatakan banyaknya *knot*) dinotasikan dengan formulasi rekursif sebagai berikut:

$$B_j(x; v) = \frac{x - t_j}{t_{j+v-1} - t_j} B_j(x; v - 1) - \frac{x - t_{j+v}}{t_{j+v} - t_{j+1}} B_{j+1}(x; v - 1) \quad \dots (2)$$

dengan:



$$B_j(x; 0) = \begin{cases} 1 & \text{jika } t_j \leq x \leq t_{j+1} \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \quad \dots (3)$$

berdasarkan persamaan (2) dan (3) diperoleh bahwa pada interval $[t_v, t_{u+v+1}]$, maka:

$$\forall x: \sum_{j=1}^{u+v} B_j(x; v) = 1$$

berdasarkan persamaan (1) bahwa $f(\cdot)$ tidak diketahui bentuk fungsional, maka fungsi tersebut diaproksimasi dengan fungsi B-splines, dengan formulasi:

$$f(x) \approx \sum_{j=1}^{u+v=m} \alpha_j B_j(x; v) \quad \dots (4)$$

Jadi fungsi $f(\cdot)$ Diasumsikan fungsi smooth yang diaproksimasi dengan kombinasi linier dari B-splines (fungsi B-splines). Berdasarkan persamaan (4), maka persamaan (1) menjadi:

$$y_i = \sum_{j=1}^m \alpha_j B_j(x; v) + \varepsilon_i \quad \dots (5)$$

Persamaan (5) dinotasikan menjadi persamaan matriks:

$$Y = B\alpha + \varepsilon \quad \dots (6)$$

dengan:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} B_1(x_1; v) & B_2(x_1; v) & \cdots & B_m(x_1; v) \\ B_1(x_2; v) & B_2(x_2; v) & \cdots & B_m(x_2; v) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_1(x_n; v) & B_2(x_n; v) & \cdots & B_m(x_n; v) \end{bmatrix}; \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_n \end{bmatrix}; \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

dari persamaan (6) secara *least square* diperoleh:

$$\hat{\alpha} = (B^t B)^{-1} B^t Y \quad \dots (7)$$

Berdasarkan persamaan (7), maka estimator untuk model regresi pada persamaan (5) adalah:

$$\hat{Y} = B(B^t B)^{-1} B^t Y = AY \quad \dots (8)$$

Penggunaan jumlah knot yang terlalu banyak membuat kurva fungsi B-splines cenderung overfit sehingga diperlukan pinalti pada koefisien yang berdekatan dari B-splines (Eilers dan Marx, 1996). Secara umum, fungsi obyektif regresi B-splines yang diberikan pinalti atau P-Splines, sebagai berikut:

$$\hat{\alpha} = \operatorname{argmin}_{\alpha} \sum_{i=1}^n \left(y_i - \sum_{j=1}^m \alpha_j B_j(x; v) \right)^2 + \lambda \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} \left(\sum_{j=1}^m \alpha_j B_j''(x; v) \right)^2 dx$$

dengan $\lambda > 0$ adalah *smoothing parameter* dan $B_j''(x; v)$ adalah turunan kedua dari $B_j(x; v)$. Berikut beberapa turunan B-splines dan fungsi B-splines yang berguna dalam proses estimasi:

- Turunan Pertama B-splines

$$\frac{\partial B_j(x; v)}{\partial x} = \frac{v - t_j}{t_{j+v-1} - t_j} B_j(x; v - 1) - \frac{v - 1}{t_{j+v} - t_{j+1}} B_{j+1}(x; v - 1), \text{ untuk } v > 1$$

$$\frac{\partial B_j(x; v)}{\partial x} = 0, \text{ untuk } v = 1$$

- Turunan Pertama fungsi B-splines

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} = (v - 1) \sum_{j=2}^m \frac{\alpha_j - \alpha_{j-1}}{t_{j+v-1} - t_j} B_j(x; v - 1)$$

- Turunan Kedua fungsi B-splines

$$\frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2} = (v - 1)(v - 2) \left(\sum_{j=3}^m \frac{\frac{\alpha_j - \alpha_{j-1}}{t_{j+v-1} - t_j} - \frac{\alpha_{j-1} - \alpha_{j-2}}{t_{j+v-2} - t_{j-1}}}{t_{j+v-2} - t_j} B_j(x; v - 2) \right)$$

Penentuan banyak titik *knot* (t) dan *smoothing parameter* optimal (λ_{opt}) berdasarkan kriteria GCV (*Generalized Cross Validation*) yang dilakukan secara otomatis dengan bantuan package *mgcv*:

$$GCV(t, \lambda) = \frac{MSE(t = 119, \lambda)}{n^{-1} \text{trace}[\mathbf{I} - \mathbf{A}(t = 119, \lambda)]}$$

dengan: $MSE(t, \lambda) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i(t, \lambda))^2$, \mathbf{I} adalah matriks identitas, $\mathbf{A}(t)$: \mathbf{A} dengan sejumlah *knot* (t_1, \dots, t_n).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi GAM dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini. Model GAM yang terbentuk memiliki nilai GCV sebesar 0,213 dengan titik *knot* sebanyak 119 pada fungsi *P-Splines* untuk variabel benih dan pupuk karena variabel numerik. Sedangkan variabel sistem tanam, kena serangan OPT, dampak perubahan iklim, dan kecukupan air merupakan variabel kategorik sehingga tidak dibentuk fungsi *P-Splines*.

Berdasarkan Tabel 2, hasil estimasi GAM menunjukkan bahwa sistem penanaman padi, serangan OPT (hama dan penyakit), dampak iklim, kecukupan air dan pupuk yang digunakan berpengaruh secara signifikan terhadap produktivitas padi. Hal ini ditunjukkan dari *p-value* masing-masing variabel yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai alpha sebesar 5 persen (0,05) kecuali untuk variabel benih. Variabel jumlah pupuk yang digunakan memiliki hubungan positif dan berpengaruh signifikan terhadap produktivitas. Hal ini dapat diartikan bahwa ketika jumlah pupuk yang digunakan

meningkat, maka produktivitas padi juga akan meningkat. Sedangkan, pada variabel sistem penanaman padi, serangan OPT, dampak iklim dan kecukupan air memiliki koefisien estimasi yang positif maupun negatif. Hal ini dapat berarti bahwa sistem penanaman padi (baik jajar legowo maupun lainnya), serangan OPT (baik terkena serangan OPT atau tidak), dan dampak iklim (baik terkena dampak perubahan iklim atau tidak, seperti kekeringan dan atau banjir) memengaruhi signifikan terhadap besar atau rendahnya produktivitas padi. Adapun variabel jumlah benih tidak signifikan memengaruhi produktivitas padi.

Tabel 2. Hasil Estimasi Model Produktivitas dengan GAM

	Estimasi	Standard Error	p-value	keterangan
δ_0	0,488	0.030	0,000	Siginifikan pada level alpha 5 %
Sistem Tanam	-0,079	0.012	0,000	Siginifikan pada level alpha 5 %
Kena OPT	0,049	0.014	0,000	Siginifikan pada level alpha 5 %
Dampak Iklim	0,076	0.014	0,000	Siginifikan pada level alpha 5 %
Cukup Air	0.044	0.014	0,001	Siginifikan pada level alpha 5 %
	Estimated degree of freedom	F-stat	p-value	keterangan
f (benih)	3,982	1,462	0,238	$\lambda = 18004,83$ Tidak Siginifikan pada level alpha 5 %
f (pupuk)	15,550	3,346	0,000	$\lambda = 0,127$ Siginifikan pada level alpha 5 %
GCV= 0,213	0,213	Knots = 119		

KESIMPULAN

GAM dapat diterapkan dalam pemodelan produktivitas padi dan valid. Hal ini didasarkan bahwa hanya variabel jumlah benih yang digunakan yang tidak signifikan. Sementara itu, variabel sistem penanaman padi, serangan OPT (hama dan penyakit), dampak perubahan iklim, kecukupan air dan jumlah pupuk yang digunakan berpengaruh secara signifikan terhadap produktivitas padi. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas lewat berbagai cara dan inovasi dapat menjadi upaya yang dapat diimplementasikan dalam meningkatkan produksi tanaman padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2019. Berita Resmi Statistik : Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia di Indonesia 2019 (Hasil Survei Kerangka Sampel Area). Jakarta : BPS.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Persentase Pengeluaran Rata-rata perkapita Sebulan Menurut Kelompok Barang. <https://www.bps.go.id/statistictable/2009/06/15/937/persentase-pengeluaran-rata-rata-perkapita-sebulan-menurut-kelompok-barang-indonesia.html>, diakses pada 1 Juni 2020.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Banten. 2019. Berita Resmi Statistik : Luas Panen Padi dan Produksi Gabah Kering Giling (GKG) di Provinsi Banten 2019 (Hasil Survei Kerangka Sampel Area). Banten : BPS Provinsi Banten.
- de Boor, C. 2001. *A Practical Guide to Splines*, Revised ed. Berlin: Springer.
- Eilers, P. dan Marx, B.1996. Flexible Smoothing with B-Splines and Penalties: *Statistical Science*: Vol. 11, No. 2, hlm 89-102.
- Hastie, T.J. dan Tibshirani, R.J. 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman & Hall.
- Misran. 2014. Pengaruh Penggunaan Pupuk Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah. *Jurnal Dinamika Pertanian*: Vol. XXIX, No. 2, hlm 113-118.
- Prasetyo, O., & Kadir. 2019. Teknik Penanaman Jajar Legowo untuk Peningkatan Produktivitas Padi di Jawa Tengah. *Jurnal Litbang Sukowati*: Vol. 3, No. 1, hlm 28-40.
- Sembiring, H. 2007. Kebijakan Penelitian dan Rangkuman Hasil Penelitian BB Padi dalam Mendukung Peningkatan Produksi Beras Nasional. Prosiding Seminar Apresiasi Hasil Penelitian Padi.
- Supriyanti, A. (2020). PREDIKSI JUMLAH CALON PESERTA DIDIK BARU MENGGUNAKAN METODE DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING DARI BROWN (Study Kasus : SD Islam Al-Musyarrofah Jakarta). *Jurnal Lebesgue : Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika*, 1(1), 56–62. <https://doi.org/10.46306/lb.v1i1>
- Wood, S.N. 2017. *Generalized Additive Models: An Introduction with R 2nd edition*. Chapman & Hall/CRC.