

Analisis Pengaruh Manusia Terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Blitar Menggunakan Regresi Spline Knot Optimal

Alfin Rahayu⁽¹⁾, Rachmadania Akbarita⁽²⁾

Universitas Nahdlatul Ulama Blitar
Jl. Masjid No.22, Kauman, Kec. Kepanjenkidul, Kota Blitar, Indonesia

Email: ¹alfinrahayu23@gmail.com, ²dania.barita@gmail.com

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima pada 16 Maret 2022
Disetujui pada 7 Oktober 2022
Dipublikasikan pada 22 November 2022
Hal. 1024-1032

Kata Kunci:

Indeks Pembangunan Manusia; Regresi Nonparametrik; Spline

DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v7i4.982>

Abstrak: Penelitian ini dilatarbelakangi dengan adanya peningkatan jumlah penduduk yang signifikan dalam sepuluh tahun terakhir sehingga sangat berpengaruh terhadap proses pembangunan manusia di Kabupaten Blitar. Keadaan ini menyebabkan pembangunan manusia penting untuk dilakukan agar terciptanya kesejahteraan dan kemajuan dalam pembangunan manusia. Metode untuk menganalisis pengaruh Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Kabupaten Blitar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Analisis Regresi Nonparametrik Spline knot optimal dengan tiga variabel prediktor. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu Angka Harapan Hidup (AHH) tidak berpengaruh terhadap IPM di Kabupaten Blitar, sedangkan Rata-Rata Lama Sekolah (RLS) dan Pengeluaran Per Kapita (PPK) memiliki pengaruh terhadap IPM.

PENDAHULUAN

Kabupaten Blitar merupakan suatu daerah yang memiliki luas 1.589 km² dimana tingkat pertumbuhan penduduknya mencapai 0,80% dengan kepadatan penduduk rata-rata 729 km² (www.blitarkab.go.id). Jumlah penduduk yang banyak menyebabkan pemberdayaan penduduk di Kabupaten Blitar perlu dilakukan, salah satunya dengan adanya pembangunan manusia. Pembangunan manusia adalah sebuah proses pembangunan yang bertujuan agar mampu memiliki lebih banyak pilihan, khususnya dalam pendapatan, kesehatan dan pendidikan (blitarkab.bps.go.id). Pembangunan manusia dalam statistik biasa disajikan dalam bentuk persentase atau biasa disebut dengan Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Pembangunan manusia bisa digunakan sebagai ukuran kinerja pembangunan secara keseluruhan yang dibentuk melalui pendekatan tiga dimensi, yaitu dimensi umur panjang dan sehat, dimensi pengetahuan, serta dimensi penghidupan yang layak. ketiga dimensi tersebut mampu menggambarkan bahwa terdapat korelasi antara tiga dimensi dengan Indeks Pembangunan Manusia. Korelasi antara Indeks Pembangunan Manusia dengan ketiga dimensi tersebut bisa dimodelkan dengan analisis regresi.

Analisis regresi merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara dua variabel atau lebih (Harlan, 2018). Pada analisis regresi terdapat dua jenis variabel yaitu variabel prediktor dan variabel respon. Analisis regresi berfungsi untuk menganalisa peubah respon sebagai data kontinu dan mengikuti distribusi normal.

Analisis regresi dalam mengestimasi kurva regresi terdapat tiga pendekatan, yaitu pendekatan regresi parametrik, regresi semiparametrik dan regresi nonparametrik. Regresi nonparametrik digunakan ketika bentuk regresi kurva tidak diketahui. Model regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi. Keterbatasan informasi, bentuk fungsi, dan tidak jelasnya pola hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor merupakan pertimbangan sehingga digunakan pendekatan regresi nonparametrik (Khusniawati, 2017). Regresi nonparametrik memiliki banyak model, diantaranya yakni histogram, deret orthogonal, kernel, Spline, deret fourier, polinomial lokal dan wavelet. Seiring berkembangnya zaman, banyak bermunculan metode-metode terbaru dari regresi nonparametrik, salah satunya yaitu munculnya regresi campuran non-parametrik Spline linier truncated dan fungsi kernel. Spline memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menangani data yang perilakunya berubah-ubah pada sub-sub interval tertentu (Khusniawati, 2017). Penggunaan Spline fokus terhadap adanya perilaku atau pola data yang pada daerah tertentu mempunyai karakteristik yang berbeda. Perilaku data yang berubah-ubah bisa dilihat dari hasil *scatterplot* pada SPSS. Data Indeks Pembangunan Manusia beserta ketiga variabel prediktornya memiliki perilaku data yang berubah-ubah setelah dilihat melalui SPSS sehingga penelitian ini sangat cocok menggunakan metode Spline knot optimal. Regresi Spline yang optimal diperoleh dari letak lokasi knot yang optimal pula melalui nilai GCV terkecil.

Penelitian menggunakan Analisis Regresi Spline telah banyak digunakan, diantaranya yaitu yang pertama Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline untuk Pemodelan Laju Pertumbuhan Ekonomi (LPE) di Jawa Timur oleh (Litiawati & Budiantara, 2013) yang menghasilkan bahwa keempat variabel prediktor memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon. Penelitian kedua yaitu Spline Polynomial Truncated dalam Regresi Nonparametrik oleh (Islamiyati, 2017) yang menghasilkan Spline orde 3 (Spline kubik) dengan empat knots optimal. Penelitian ketiga yaitu Analisis Regresi Nonparametrik Model Spline Dan penerapannya oleh (Christianto, 2019) yang menghasilkan nilai GCV minimal untuk data kurs beli rupiah ke dollar AS sebesar $GCV = 7431,198$, dan lain sebagainya. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu terletak pada variabel yang digunakan beserta jumlah titik knotnya. Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk meneliti model Regresi Spline Knot Optimal untuk Mengetahui Faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Blitar.

METODE

Metode kegiatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menghimpun data sekunder dengan menggunakan analisis regresi nonparametrik Spline. Subjek yang digunakan yaitu Indeks Pembangunan Manusia (y), Angka Harapan Hidup

(x_1) , Rata-Rata Lama Sekolah (x_2) dan Pengeluaran Per Kapita (x_3). Sampel yang diambil yaitu data pada tahun 2010-2019. Data yang diambil bersumber dari data yang diinput oleh BPS Kabupaten Blitar. Prosedur penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Membuat statistika deskriptif variabel dependent dalam hal ini Indeks Pembangunan Manusia dan variabel independent yaitu persentase Angka Harapan Hidup (x_1), persentase Rata-Rata Lama Sekolah (x_2) dan presentase Pengeluaran Per Kapita (x_3).
2. Mengidentifikasi pola dengan scatterplot yang dijadikan sebagai deteksi awal pola hubungan antara variabel respon terhadap variabel prediktor.
3. Memodelkan Indeks Pembangunan Manusia dengan menggunakan spline linear dengan satu titik knot.
4. Memilih titik knot optimal berdasarkan nilai GCV minimal.
5. Memodelkan Indeks Pembangunan Manusia dengan variabel-variabel prediktornya dengan regresi spline linear knot optimal.
6. Melakukan pengujian signifikansi parameter, yaitu Uji Multikolinearitas, Uji F dan Uji T. Jika uji signifikansi parameter diterima, maka lanjut ke tahap uji residual. Jika ditolak, maka akan dilakukan identifikasi ulang variabel dengan menggunakan scatterplot.
7. Jika lolos uji signifikansi parameter, maka dilanjutkan dengan pengujian asumsi residual pada regresi spline linear knot optimal. Jika uji asumsi residual ditolak, maka akan dilakukan identifikasi ulang variabel dengan menggunakan scatterplot. Jika lolos uji signifikansi parameter, maka lanjut ke tahap selanjutnya.
8. Menginterpretasikan hasil analisis dan mengambil kesimpulan.

Analisis Regresi Nonparametrik Spline

Analisis regresi nonparametrik Spline memiliki rumus sebagai berikut

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 (x_1 - k_1) + \beta_3 x_2 + \beta_4 (x_2 - k_2) + \beta_5 x_3 + \beta_6 (x_3 - k_3) \quad (1) \text{ (Elsha \& Susanto, 2016)}$$

β adalah nilai parameter sedangkan k adalah titik knot. Spline yang optimal diperoleh dari titik knot yang optimal. Salah satu metode untuk mendapatkan titik knot optimal adalah dengan metode *Generalized Cross Validation* atau GCV dimana kriteria GCV dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$GCV(k_1, k_2, \dots, k_m) = \frac{MSE(k_1, k_2, \dots, k_m)}{\{n^{-1} \text{tr}(I - G(k_1, k_2, \dots, k_m))\}^2} \quad (2) \text{ (Puspitasari \& Susanto, 2016)}$$

Dengan $MSE(k_1, k_2, \dots, k_m) = n^{-1} \sum_{j=1}^m (y_j - \hat{f}_{k_1, k_2, \dots, k_m}(t_j))^2$, k_1, k_2, \dots, k_m adalah titik knot dan matriks Nilai titik knot yang optimal diperoleh dari nilai GCV minimum.

Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas berfungsi untuk memastikan apakah di dalam sebuah model regresi ada hubungan yang kuat antara sesama variabel bebas (interkorelasi) atau tidak ada hubungan yang kuat antara sesama variabel bebas (kolinearitas). Jika nilai *tolerance* > 0,10 maka tidak terjadi multikolinearitas, jika nilai VIF < 10,00 maka tidak terjadi multikolinearitas

Uji Serentak

Uji serentak berfungsi untuk melihat bagaimanakah pengaruh semua variabel bebasnya secara bersama-sama terhadap variabel terikatnya atau untuk menguji apakah model regresi yang kita buat signifikan atau non signifikan. Uji parameter dengan model regresi secara serentak dilakukan secara bersamaan terhadap model dengan hipotesis dari pengujian, yaitu:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1: \text{Paling sedikit ada satu } \beta_j \neq 0 ; j = 1, 2, \dots, p$$

Jika angka signifikansi $< 0,05$ maka H_0 ditolak. (Puspitasari & Susanto, 2016)

Uji Individu

Uji parameter model regresi secara individu bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh variabel x (variabel prediktor) secara individual dalam menerangkan variasi variabel respon. Hipotesis dari pengujian secara individu adalah

$$H_0: \beta_j = 0; \text{ variabel prediktor tidak berpengaruh terhadap variabel respon.}$$

$$H_0: \beta_j \neq 0; j=1,2,\dots,p; \text{ artinya variabel prediktor berpengaruh terhadap variabel respon.}$$

H_0 ditolak apabila nilai signifikansi $< 5\%$, yaitu ada pengaruh antara variabel prediktor terhadap variabel respon (Puspitasari & Susanto, 2016)

Uji Asumsi Residual

Uji asumsi residual biasa disebut dengan uji normalitas residual. Uji tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah residual berdistribusi normal. Statistik uji yang digunakan adalah *Kolmogorov Smirnov*. Jika signifikansi di bawah 0,05 berarti terdapat perbedaan yang signifikan, dan jika signifikansi di atas 0,05 maka tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$H_0: \text{Residual berdistribusi normal}$$

$$H_1: \text{Residual tidak berdistribusi normal.}$$

H_0 diterima jika nilai D lebih kecil dari D tabel yang berarti residual berdistribusi normal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

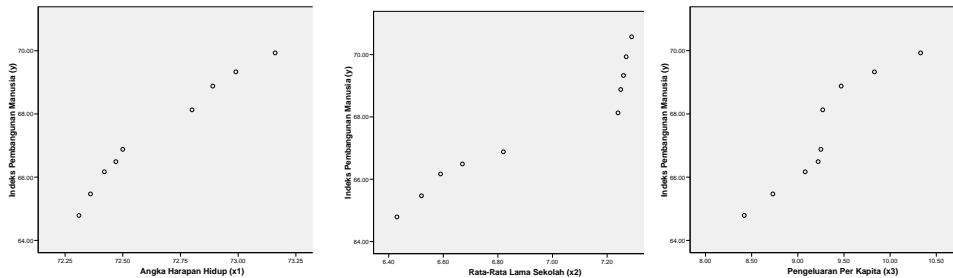
Menurut (Khusniawati, 2017), penggunaan Spline fokus terhadap adanya perilaku atau pola data yang pada daerah tertentu mempunyai karakteristik yang berbeda. Perilaku data yang berubah-ubah bisa dilihat dari hasil *scatterplot* pada SPSS. Oleh karena itu perlu dilakukan Analisa deskriptif data dari BPS Kabupaten Blitar terkait IPM beserta variabel yang mempengaruhinya. Analisa deskriptif tersebut berfungsi untuk menemukan pola data yang akan di teliti.

Kabupaten Blitar terbagi menjadi 22 kecamatan, 28 kelurahan, dan 220 desa. Setiap desa memiliki kondisi sosial dan ekonomi yang berbeda. Berikut analisa deskriptif dari masing-masing variabel penelitian

Tabel 1. Data dari BPS Kabupaten Blitar tentang IPM beserta variabel yang mempengaruhinya di Kabupaten Blitar

Tahun	IPM (%)	AHH (%)	RLS (%)	PPK (%)
2010	64,79	72,31	6,43	8.42
2011	65,47	72,36	6,52	8.73
2012	66,17	72,42	6,59	9.08
2013	66,49	72,47	6,67	9.22
2014	66,88	72,50	6,82	9.25
2015	68,13	72,80	7,24	9.27
2016	68,88	72,89	7,25	9.47
2017	69,33	72,99	7,26	9.83
2018	69,93	73,16	7,27	10.33
2019	70,57	73,39	7,29	10.86

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan hasil *scatterplot* SPSS sebagai berikut:



Gambar 1. y dan x_1

Gambar 2. y dan x_2

Gambar 3. y dan x_3

Gambar di atas menunjukkan bahwa pola hubungan antara variabel x dengan variabel y memiliki pola yang menyebar, sehingga tidak memiliki kecenderungan membentuk suatu pola tertentu atau tidak mengikuti pola tertentu. Oleh karena itu pola data tersebut akan didekati dengan menggunakan regresi nonparametrik Spline.

Regresi Nonparametrik Spline Linear

Langkah pertama yaitu mencari titik knot yang optimal berdasarkan GCV (*Generalized Cross Validation*) minimum melalui *software Rstudio* sehingga didapatkan titik knot optimal yang berada pada nilai GCV terkecil yaitu pada titik knot $x_1 = 12,00$; $x_2 = 2,99$ dan $x_3 = 7,57$. Selanjutnya masukkan nilai parameter model regresi yang sudah diketahui melalui perhitungan nilai GCV. Nilai parameter bisa dicari secara manual atau menggunakan *software Rstudio* sehingga didapatkan nilai parameter:

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 222771663,3 \\ \beta_1 &= -16109886751 \\ \beta_2 &= 13436626792 \\ \beta_3 &= 1451604067 \\ \beta_4 &= 785516793,5 \\ \beta_5 &= 1978151960 \\ \beta_6 &= 291770468,5 \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya masukkan nilai parameter ke persamaan (1) sehingga menjadi

$$y = 222771663,3 - 16109886751x_1 + 13436626792(x_1 - 12,00) + 1451604067x_2 + 785516793,5(x_2 - 2,99) + 1978151960x_3 + 291770468,5(x_3 - 7,57)$$

Setelah persamaan model didapatkan, selanjutnya yaitu menghitung R^2 untuk mengetahui seberapa besar variabel prediktor mampu menjelaskan variabel respon.

Tabel 2. Nilai R^2 dengan SPSS
Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,998(a)	,996	,994	,15899

a Predictors: (Constant), x3, x2, x1

Dari model tersebut didapatkan nilai R^2 sebesar 99,6% yang berarti ketiga variabel prediktor mampu menjelaskan sebesar 99,6% terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Blitar. Sedangkan 0,4% dijelaskan oleh variabel lain.

Pengujian Signifikansi Parameter Model Terbaik Uji Multikolinearitas

Tabel 3. uji multikolinearitas

		Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-13,881	51,981		-,267	,798		
	x1	,712	,778	,134	,914	,396	,133	9,931
	x2	2,801	,419	,509	6,691	,001	,124	8,082
	x3	1,097	,275	,402	3,991	,007	,170	4,203

a Dependent Variable: y

karena nilai *tolerance* x_1, x_2 dan x_3 berturut-turut lebih dari 0,10 yaitu $0,133 > 0,10$; $0,124 > 0,10$; $0,170 > 0,10$ dan juga nilai VIF x_1, x_2 dan x_3 berturut-turut kurang dari 10,00 yaitu $9,931 < 10,00$; $8,082 < 10,00$; $4,203 < 10,00$ maka bisa disimpulkan tidak terjadi multikolinearitas.

Uji Serentak

Tabel 4. Uji F dengan SPSS
ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	35,198	3	11,733	464,123	,000(a)
	Residual	,152	6	,025		
	Total	35,349	9			

a Predictors: (Constant), x3, x2, x1
 b Dependent Variable: y

Berdasarkan tabel ANOVA di atas, didapatkan nilai F hitung sebesar 464,123 dengan angka signifikansi sebesar 0,000. Karena angka signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak atau berarti koefisien regresi dari ketiga variabel independen secara simultan berpengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Blitar.

Uji Individu

Tabel 5. Uji Individu dengan SPSS

Coefficients(a)	
t	Sig.
B	Std. Error
-,267	,798
2,914	,500
6,691	,004
3,991	,002

a Dependent Variable: y

Berdasarkan tabel tersebut, maka hasil uji t pada penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Angka Harapan Hidup (AHH) (x_1)

Hipotesis x_1 adalah:

- $H_0: b_1 = 0$, x_1 tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap y .
- $H_1: b_1 \neq 0$, x_1 mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap y .

Hasil pengujian dengan SPSS diperoleh untuk variabel x_1 diperoleh nilai t_{hitung} 2,914 dengan taraf signifikansi 0,500. Dengan menggunakan batas signifikansi 0,05, nilai signifikansi tersebut lebih besar dari taraf 5% yang berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak. Artinya, Angka Harapan Hidup tidak mempunyai pengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Blitar.

2. Rata-Rata Lama Sekolah (RLS) (x_2)

Hipotesis x_2 adalah:

- $H_0: b_1 = 0$, x_2 tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap y .
- $H_1: b_1 \neq 0$, x_2 mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap y .

Hasil pengujian dengan SPSS diperoleh untuk variabel x_2 diperoleh nilai t_{hitung} 6,691 dengan taraf signifikansi 0,001. Dengan menggunakan batas signifikansi 0,05, nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari taraf 5% yang berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya, Rata-Rata Lama Sekolah mempunyai pengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Blitar.

3. Pengeluaran Per Kapita (PPK) (x_3)

Hipotesis x_3 adalah:

- $H_0: b_1 = 0$, x_3 tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap y .
- $H_1: b_1 \neq 0$, x_3 mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap y .

Hasil pengujian dengan SPSS diperoleh untuk variabel x_3 diperoleh nilai t_{hitung} 3,991 dengan taraf signifikansi 0,007. Dengan menggunakan batas signifikansi 0,05, nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari taraf 5% yang berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya, Pengeluaran Per Kapita mempunyai pengaruh terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Blitar.

Pengujian Asumsi Residual

Tabel 6. Uji asumsi residual dengan SPSS
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		10
Normal Parameters(a,b)	Mean	,0000000
	Std. Deviation	,12981791
Most Extreme Differences	Absolute	,093
	Positive	,072
	Negative	-,093
Kolmogorov-Smirnov Z		,295
Asymp. Sig. (2-tailed)		1,000

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

Berdasarkan hasil uji normalitas diketahui nilai signifikansi diperoleh sebesar $1,000 > 0,05$, Maka dapat disimpulkan bahwa nilai residual berdistribusi normal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan model regresi nonparametrik Spline dengan titik knot optimal, yaitu $y = 222771663,3 - 16109886751x_1 + 13436626792(x_1 - 12,00) + 1451604067x_2 + 785516793,5(x_2 - 2,99) + 1978151960x_3 + 291770468,5(x_3 - 7,57)$. x_1 (Angka Harapan Hidup) tidak memiliki pengaruh terhadap y (IPM) sehingga salah satu nilai parameternya negatif, yaitu -16109886751 dan 13436626792 . x_2 (Rata-Rata Lama Sekolah) memiliki pengaruh terhadap y (IPM) sehingga memiliki nilai parameter positif, yaitu 1451604067 dan $785516793,5$. x_3 (Pengeluaran Per Kapita) memiliki pengaruh terhadap y (IPM) sehingga memiliki nilai parameter positif, yaitu 1978151960 dan $291770468,5$. Titik knot optimal yang menggambarkan letak belokan-belokan pada pola data yaitu $x_1 = 12,00$, $x_2 = 2,99$ dan $x_3 = 7,57$. Nilai determinan atau R Square (R^2) diperoleh nilai sebesar 99,6% yang berarti ketiga variabel prediktor mampu menjelaskan 99,6% terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Blitar dan 0,4% dijelaskan oleh variabel lain.

SARAN

Penelitian ini dapat dilakukan dengan menggunakan variabel yang lebih banyak dan titik knot lebih dari satu sehingga kesimpulan pada model regresi nonparametric Spline dengan titik knot optimal bisa memperoleh hasil yang maksimal.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Blitar. 2020. *Indeks Pembangunan Manusia*. (Online), (<https://blitarkab.bps.go.id/subject/26/indeks-pembangunan-manusia.html#subjekViewTab1>), diakses 31 Oktober 2020.
- Dinas Kesehatan Kabupaten Blitar. 2020. *Profil Kesehatan Kabupaten Blitar 2017*. (Online), (https://www.kemkes.go.id/resources/download/profil/PROFIL_KAB_KOTA_2017/3505_Jatim_Kab_Blitar_2017.pdf), Diakses 2 Desember 2020.
- Christianto, V. H. (2019). *Analisis Regresi Nonparametrik Model Spline Dan Penerapannya*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- DP, P. T. (2018). Pemodelan Regresi Nonparametrik Spline Multivariabel. Semarang. *Matematika, Universitas Negeri Semarang*, 1-94.
- Harlan, J. (2018). Analisis Regresi Linear. *math and science*, 1.
- Islamiyati, A. (2017). Spline Polynomial Truncated dalam Regresi Nonparametrik. *jurnal matematika, statistika dan kompulasi*, 54-60.
- Khusniawati, F. (2017). Pengujian Hipotesis Parameter Komponen Spline Dalam Model Regresi Nonparametrik Campuran Spline Dan Kernel. *Matematika*, 1-117.
- Latuconsina, Z. M. (2017). Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia Kabupaten Malang Berbasis Pendekatan Perwilayahan dan Regresi Panel. *Journal of Regional and Rural Development Planning*, 202-216.
- Litiawati, E. K., & Budiantara, N. I. (2013). Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline Untuk Pemodelan Laju Pertumbuhan Ekonomi (LPE) Di Jawa Timur. *sains*, 123-128.
- Maharani, B., Mukid, A. M., & Suparti. (2015). Analisis Procrustes pada Indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah (Studi Kasus IIPM Tahun 2008 dan 2013). *Gaussian*, 755-764.
- Nisa, K., Herawati, N., & Setiawan, E. (2018). Analisis Regresi Nonparametrik dengan Teknik Smoothing. *Prodi Matematika, Universitas Lampung*, 1-20.
- Puspitasari, E., & Susanto, H. T. (2016). Model Regresi Spline Knot Optimal Untuk Mengetahui Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Jumlah Kematian Bayi Di Jawa Timur. *Matematika*, 1-7.
- Ramlan, M. A. (2017). Estimator Spline linear dalam Regresi Semiparametrik. *Statistika, Universitas Hasanuddin Makassar*, 1-33.
- Rory. (2016). Regresi Campuran Nonparametrik Spline Linier Truncated Dan Fungsi Kernel Untuk Pemodelan Data Kemiskinan Di Provinsi Papua. *statistika*, 1-81.
- Utami, T. W., & Prahutama, A. (2015). Regresi Semiparametrik Spline Tuncated Dengan Software R. *Matematika*, 17-23.