

# Pemodelan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Morbiditas Di Jawa Tengah Menggunakan Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*

<sup>1</sup>Irma Wahyu Rosanti, <sup>2</sup>I Nyoman Budiantara

Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Analitika Data,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: <sup>1</sup>irmawahyu13@gmail.com, <sup>2</sup>i\_nyoman\_b@statistika.its.ac.id

**Abstrak**— Morbiditas merupakan angka yang menggambarkan banyaknya penyakit atau keluhan kesehatan dalam suatu populasi pada kurun waktu tertentu. Morbiditas menjadi salah satu indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat kesehatan masyarakat. Semakin tinggi morbiditas maka semakin banyak penduduk yang mengalami keluhan kesehatan dan derajat kesehatan masyarakat semakin buruk. Pada tahun 2018 morbiditas di Jawa Tengah mencapai 15,15%. Angka morbiditas tersebut tertinggi di Pulau Jawa dan di atas rata-rata morbiditas nasional yang hanya mencapai 13,91%. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang diduga mempengaruhi morbiditas di Jawa Tengah menggunakan Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*. Metode ini digunakan karena pola hubungan antara morbiditas dan faktor-faktor yang diduga berpengaruh tidak mengikuti pola data tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model regresi nonparametrik *spline* terbaik adalah menggunakan kombinasi knot 2,3,2,3,3,3 dan seluruh variabel yang digunakan dalam penelitian berpengaruh signifikan terhadap morbiditas di Jawa Tengah. Variabel yang digunakan yaitu kepadatan penduduk, persentase penduduk miskin, rata-rata lama sekolah, Upah Minimum Kabupaten/Kota, persentase rumah tangga ber-PHBS, dan persentase penduduk dengan akses sanitasi layak. Koefisien determinasi dari model sebesar 98,45%.

**Kata Kunci**—Angka Kesakitan, GCV, Jawa Tengah, Morbiditas, Regresi Nonparametrik, *Spline Truncated*, Titik Knot

## I. PENDAHULUAN

*Sustainable Development Goals* (SDGs) merupakan Agenda pembangunan berkelanjutan guna mengakhiri kemiskinan, mengurangi kesenjangan dan melindungi lingkungan. SDGs berisikan 17 tujuan dan 169 target dan diantaranya terdapat salah satu tujuan SDGs yakni memastikan kehidupan yang sehat dan mendukung kesejahteraan bagi semua untuk semua usia [1]. Hal ini menunjukkan bahwa kesehatan menjadi salah satu tolak ukur utama dari pembangunan dan kesejahteraan nasional suatu bangsa. Salah satu indikator yang dapat menentukan keberhasilan pembangunan di bidang kesehatan yaitu tinggi rendahnya derajat kesehatan masyarakat. Semakin tinggi derajat kesehatan masyarakat berarti semakin sehat kondisi suatu masyarakat tersebut. Situasi derajat kesehatan masyarakat dapat tercermin melalui angka morbiditas, mortalitas dan status gizi [2].

Morbiditas dapat diartikan sebagai angka kesakitan, baik insiden maupun prevalen dari suatu penyakit yang menggambarkan kejadian penyakit dalam suatu populasi pada kurun waktu tertentu [2]. Semakin tinggi morbiditas

maka tingkat kesehatan masyarakat semakin buruk. Angka kesakitan dapat mencerminkan keadaan kesehatan yang sesungguhnya karena mempunyai hubungan yang erat dengan faktor lingkungan seperti kemiskinan, kurang gizi, penyakit infeksi, perumahan, air minum yang sehat, kebersihan lingkungan dan pelayanan kesehatan [3].

Pada tahun 2018, angka kesakitan di Provinsi Jawa Tengah mencapai 15,15 persen [4]. Angka tersebut tertinggi di Pulau Jawa dan di atas rata-rata morbiditas nasional yang hanya mencapai 13,91%. Hal itu menunjukkan bahwa masih banyak penduduk Jawa Tengah yang mengalami keluhan kesehatan dan derajat kesehatan masyarakatnya masih rendah.

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi morbiditas di Provinsi Jawa Tengah menggunakan variabel prediktor kepadatan penduduk, persentase penduduk miskin, rata-rata lama sekolah, Upah Minimum Kabupaten/Kota, persentase rumah tangga ber-PHBS, dan persentase penduduk dengan akses sanitasi layak. Metode yang digunakan yaitu regresi nonparametrik *spline truncated* karena kurva regresi antara variabel respon dan variabel prediktor tidak memiliki pola tertentu. Metode ini juga memiliki sifat tersegmen, sehingga mempunyai fleksibilitas tinggi dan dapat menyesuaikan diri terhadap karakteristik lokal suatu data [5]. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan dan sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah dalam mengupayakan program-program pembangunan kesehatan guna menurunkan angka kesakitan di Jawa Tengah serta meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu gugus data sehingga memberikan informasi yang berguna [6]. Statistika deskriptif dapat disajikan secara visual (berupa tabel, grafik/diagram) ataupun dalam bentuk ukuran-ukuran statistik yaitu ukuran pemusatan dan penyebaran. Ukuran pemusatan data meliputi rata-rata (*mean*), median dan modus, sedangkan ukuran penyebaran data berupa nilai minimum, maksimum, *range* dan varians.

### B. Regresi Nonparametrik

Regresi nonparametrik merupakan salah satu metode pendekatan regresi yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor yang

tidak diketahui bentuk kurva regresinya. Regresi nonparametrik sangat fleksibel dalam memodelkan pola data [5]. Model regresi nonparametrik secara umum dapat ditulis sebagai berikut.

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

dimana  $y_i$  adalah variabel respon ke- $i$ ,  $x_i$  merupakan variabel prediktor,  $f(x_i)$  adalah fungsi regresi, dan  $\varepsilon_i$  adalah galat (*error*) yang berdistribusi normal, independen dengan *mean* nol dan variansi  $\sigma^2$ .

C. Regresi Nonparametrik Spline Truncated

*Spline* merupakan potongan polinomial yang mempunyai sifat lebih fleksibel dari polinomial biasa sehingga mampu mengatasi perubahan pola data pada sub interval tertentu dengan bantuan titik-titik knot. Titik knot merupakan titik dimana terjadi terjal pola perubahan perilaku dari suatu fungsi pada selang yang berbeda [7]. Fungsi *spline truncated* derajat  $p$  dengan titik-titik knot  $K_1, K_2, \dots, K_r$  dapat dituliskan menjadi persamaan berikut [8].

$$f(x_i) = \sum_{j=0}^p \beta_j x_i^j + \sum_{k=1}^r \beta_{p+k} (x_i - K_k)_+^p \quad (2)$$

sehingga diperoleh persamaan model regresi nonparametrik *spline truncated* sebagai berikut.

$$y_i = \sum_{j=0}^p \beta_j x_i^j + \sum_{k=1}^r \beta_{p+k} (x_i - K_k)_+^p + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

fungsi *truncated*  $(x_i - K_k)_+^p$  akan menghasilkan persamaan berikut.

$$(x_i - K_k)_+^p = \begin{cases} (x_i - K_k)^p, & x_i \geq K_k \\ 0, & x_i < K_k \end{cases} \quad (4)$$

dimana,

- $\beta_j$  : parameter model polinomial,  $j = 1, 2, \dots, p$
- $X_i$  : variabel prediktor  $i = 1, 2, \dots, n$
- $\beta_{p+k}$  : parameter pada komponen *truncated*  $k = 1, 2, \dots, r$
- $r$  : banyaknya knot
- $K_k$  : titik knot yang menunjukkan perubahan pola data

D. Pemilihan Titik Knot Optimum

Model regresi *spline* terbaik merupakan model yang memiliki titik knot optimal. Salah satu metode yang biasa digunakan untuk memilih titik knot optimal adalah metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Titik knot optimal diperoleh dari nilai GCV paling minimum. Metode GCV dapat dituliskan dalam persamaan berikut [5].

$$GCV(K_1, K_2, \dots, K_r) = \frac{MSE(K_1, K_2, \dots, K_r)}{(n^{-1} \text{tr}[\mathbf{I} - A(K_1, K_2, \dots, K_r)])^2} \quad (5)$$

dengan  $\mathbf{I}$  adalah matriks identitas,  $n$  merupakan banyak pengamatan, dimana  $A(K_1, K_2, \dots, K_r) = \mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'$ , dan  $MSE(K_1, K_2, \dots, K_r) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$

E. Pengujian Parameter Model

Pengujian parameter model regresi dilakukan untuk mengetahui variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Terdapat dua tahap pengujian parameter yaitu pengujian secara serentak dan secara parsial.

a. Uji Serentak

Hipotesis :

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{p+r} = 0$$

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } \beta_j \neq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p + r$$

Statistik uji :

$$F_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 / (p+r)}{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (n-(p+r)-1)} \quad (6)$$

Dimana  $p$  adalah jumlah variabel prediktor kecuali  $\beta_0$  dan  $r$  adalah jumlah titik knot. Daerah penolakan untuk uji serentak adalah jika  $F_{hitung} > F_{\alpha, (p+r, n-(p+r)-1)}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ .

b. Uji Parsial

Hipotesis :

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p + r$$

Statistik uji :

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \quad (7)$$

Daerah penolakan  $H_0$  adalah apabila  $|t_{hitung}| > t_{(\alpha/2, n-(p+r)-1)}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ .

F. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi merupakan salah satu ukuran yang sering digunakan untuk mengetahui kebaikan suatu model. Semakin tinggi nilai  $R^2$  maka semakin baik variabel-variabel prediktor dalam model dalam menjelaskan variabilitas variabel respon [9]. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$R^2 = \frac{SS_{Regresi}}{SS_{Total}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (8)$$

G. Pengujian Asumsi Residual

Residual yang dihasilkan model terbaik harus memenuhi tiga asumsi yaitu identik, independen, dan berdistribusi normal.

a. Asumsi Identik

Asumsi identik merupakan asumsi yang mengharuskan varians residual sama atau identik. Apabila varians tidak sama maka akan terjadi heteroskedastisitas yang dapat mengakibatkan kerugian bagi efisiensi estimator. Salah satu cara untuk mendeteksi adanya heteroskedastisitas adalah menggunakan uji *glejser*.

Hipotesis :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Statistik uji :

$$F_{hitung} = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n (|\hat{e}_i| - |\bar{e}|)^2 \right] / (v)}{\left[ \sum_{i=1}^n (|e_i| - |\bar{e}|)^2 \right] / (n-v-1)} \quad (9)$$

dimana nilai  $v$  menunjukkan banyaknya parameter model Glejser. Daerah penolakan yaitu tolak  $H_0$  apabila  $F_{hitung} > F_{\alpha; (v, n-v-1)}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$  yang artinya terdapat kasus heteroskedastisitas, sehingga asumsi residual identik tidak terpenuhi.

b. Asumsi Independen

Asumsi independen merupakan asumsi yang mengharuskan antar residual tidak saling berkorelasi. Apabila terdapat korelasi antar residual maka akan terjadi autokorelasi. Salah satu uji yang digunakan untuk mendeteksi

kasus autokorelasi adalah menggunakan uji keacakan atau *Run Test*.

Hipotesis :

$H_0 : \rho = 0$  (residual independen)

$H_1 : \rho \neq 0$  (residual dependen)

Statistik uji :

$$Z = \frac{r - \left(1 + \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2}\right)}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}} \quad (10)$$

Dimana  $r$  adalah banyaknya run yang terjadi,  $n_1$  adalah jumlah residual positif dan  $n_2$  adalah jumlah residual negatif. Daerah penolakan yaitu tolak  $H_0$  apabila nilai  $Z > Z_{(1-\alpha/2)}$  dan  $-Z < Z_{(\alpha/2)}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$  yang artinya terjadi kasus autokorelasi pada model dan asumsi residual independen tidak terpenuhi [10].

c. Asumsi Normalitas *Kolmogorov Smirnov*

Asumsi normalitas merupakan asumsi yang mengharuskan residual berdistribusi normal. Salah satu cara pengujian normalitas yaitu menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov [11].

Hipotesis :

$H_0 : F_n(x) = F_0(x)$  (residual berdistribusi normal)

$H_1 : F_n(x) \neq F_0(x)$  (residual tidak berdistribusi normal)

Statistik uji :

$$D = \text{maksimal}|F_n(x) - F_0(x)| \quad (11)$$

Daerah penolakan yaitu tolak  $H_0$  apabila  $D > D_{(1-\alpha)}$  dengan nilai  $D_{(1-\alpha)}$  adalah nilai kritis untuk uji *Kolmogorov Smirnov* satu sampel.

H. Morbiditas

Morbiditas dapat diartikan sebagai angka kesakitan, baik insiden maupun prevalen dari suatu penyakit yang menggambarkan kejadian penyakit dalam suatu populasi pada kurun waktu tertentu [2]. Rumus untuk menghitung angka morbiditas adalah sebagai berikut [12].

$$AM = \frac{JPKK}{JP} \times 100 \quad (12)$$

dimana,

AM : angka morbiditas

JPKK : jumlah penduduk yang mengalami keluhan kesehatan dan terganggunya aktivitas

JP : jumlah penduduk

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Laporan Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) Jawa Tengah, Badan Pusat Statistika Provinsi Jawa Tengah, dan Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah tahun 2018. Data tersebut mengenai angka morbiditas dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya. Unit penelitian yang digunakan yaitu 35 kabupaten/kota di Jawa Tengah pada tahun 2018.

B. Variabel Penelitian

Variabel respon dan prediktor yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1.  
Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
Y	Angka morbiditas
$x_1$	Kepadatan penduduk
$x_2$	Persentase penduduk miskin
$x_3$	Rata-Rata Lama Sekolah (RLS)
$x_4$	Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK)
$x_5$	Persentase rumah tangga ber-PHBS
$x_6$	Persentase penduduk dengan akses sanitasi layak

C. Langkah Analisis

Berikut adalah langkah analisis yang digunakan dalam penelitian ini .

1. Mendeskripsikan karakteristik data angka morbiditas di Provinsi Jawa Tengah beserta faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya.
2. Mengidentifikasi pola hubungan antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor dengan menggunakan *scatterplot*.
3. Memodelkan angka morbiditas menggunakan metode Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* dengan satu, dua, tiga, dan kombinasi knot.
4. Memilih titik knot optimal berdasarkan nilai GCV yang paling minimum.
5. Mendapatkan model regresi nonparametrik *spline truncated* terbaik dengan titik knot optimal.
6. Menguji signifikansi parameter model yang telah didapatkan secara serentak dan parsial.
7. Melakukan uji asumsi residual identik, independen, dan berdistribusi normal (IIDN) dari model regresi nonparametrik *spline truncated*.
8. Menghitung nilai koefisien determinasi  $R^2$
9. Menginterpretasikan model dan menarik kesimpulan.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Morbiditas di Jawa Tengah dan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhinya

Berikut merupakan karakteristik morbiditas di Jawa Tengah dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya ditampilkan pada Tabel 2.

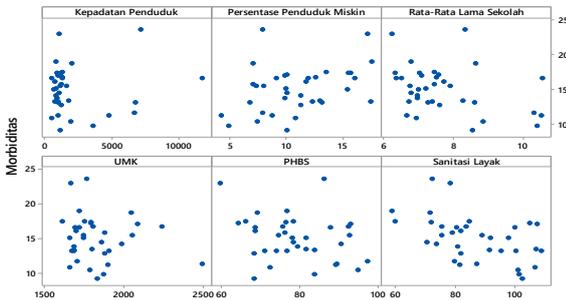
Tabel 2.  
Statistika Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Mean	Varians	Minimum	Maksimum
Y	14,984	10,919	9,07	23,56
$x_1$	2057	6084230	480	11762
$x_2$	10,901	12,827	4,14	17,58
$x_3$	7,659	1,506	6,19	10,53
$x_4$	1824,5	33894	1610	2498,6
$x_5$	78,93	93,09	59,69	97,25
$x_6$	86,33	193,09	58,20	108,70

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa variabel respon (y) yaitu morbiditas di Provinsi Jawa Tengah memiliki nilai rata-rata sebesar 14,984 dengan varians data sebesar 10,919. Morbiditas tertinggi yaitu 23,56 terdapat di Kota Tegal dan morbiditas terendah sebesar 9,07 pada Kabupaten Karanganyar.

**B. Analisis Pola Hubungan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi Morbiditas di Jawa Tengah**

Sebelum melakukan pemodelan, dilakukan identifikasi pola hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor menggunakan *scatterplot*.



Gambar 1. *Scatterplot* Morbiditas di Jawa Tengah Tahun 2018 dengan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhinya

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa hubungan antara morbiditas dengan enam faktor yang diduga mempengaruhinya tidak membentuk pola tertentu, sehingga metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi nonparametrik *spline truncated*.

**C. Pemodelan Morbiditas di Jawa Tengah**

Pemodelan morbiditas di Jawa Tengah menggunakan metode regresi nonparametrik *spline truncated* dengan satu, dua, tiga dan kombinasi knot. Pemilihan model terbaik didasari oleh nilai GCV yang paling minimum. Berikut merupakan nilai GCV minimum pada setiap pemodelan menggunakan satu, dua, tiga dan kombinasi titik knot.

Tabel 7.

Perbandingan Nilai GCV		
No	Knot	GCV Minimum
1	Satu titik knot	8,71
2	Dua titik knot	7,10
3	Tiga titik knot	1,85
4	<b>Kombinasi knot (2,3,2,3,3,3)</b>	<b>1,19</b>

Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai GCV yang paling minimum terdapat pada model *spline* dengan kombinasi titik knot 2,3,2,3,3,3. Oleh karena itu, model *spline* dengan kombinasi knot merupakan model regresi nonparametrik *spline truncated* terbaik untuk pemodelan morbiditas di Jawa Tengah. Berikut merupakan hasil estimasi parameter model regresi nonparametrik *spline truncated* terbaik menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS).

$$\hat{y} = -0,0404 - 0,0036x_1 + 0,0044(x_1 - 1861,469)_+ + 0,0012(x_1 - 4163,918)_+ + 0,0268x_2 - 2,8030(x_2 - 6,334)_+ + 4,2109(x_2 - 9,351)_+ - 1,0739(x_2 - 10,997)_+ - 3,5865x_3 + 4,3523(x_3 - 6,721)_+ - 3,5479(x_3 - 7,607)_+ + 0,0439x_4 - 0,0770(x_4 - 1755,076)_+ + 0,1216(x_4 - 1954,554)_+ - 0,0981(x_4 - 2063,361)_+ - 0,2691x_5 - 0,6070(x_5 - 65,822)_+ + 2,2625(x_5 - 74,254)_+ - 1,6201(x_5 - 78,853)_+ - 0,0709x_6 + 0,0735(x_6 - 66,445)_+ - 0,6725(x_6 - 77,782)_+ + 0,7656(x_6 - 83,965)_+$$

**D. Pengujian Signifikansi Parameter**

Pengujian signifikansi parameter model dilakukan untuk mengetahui variabel prediktor apa saja yang signifikan berpengaruh terhadap morbiditas di Jawa Tengah. Pengujian ini terdiri dari pengujian secara serentak dan parsial.

**1. Pengujian Serentak**

Hipotesis pada pengujian serentak adalah sebagai berikut.  
 $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{22} = 0$

$H_1 : \text{Minimal terdapat satu } \beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, 22$

Berikut hasil pengujian parameter secara serentak ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8.  
*Analysis of Variance*

Sumber Variasi	df	SS	MS	F <sub>hitung</sub>	P-Value
Regresi	22	366,026	16,638	34,743	9,559x10 <sup>-8</sup>
Error	12	5,746	0,479		
Total	34	371,773			

Pada Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai statistik uji F<sub>hitung</sub> sebesar 34,743 dengan p-value sebesar 9,559x10<sup>-8</sup>. Nilai F<sub>hitung</sub> (34,743) lebih besar dari F<sub>(0,05;22;12)</sub> (2,52) dan p-value < α(0,05) sehingga keputusan yang diperoleh adalah Tolak H<sub>0</sub> yang artinya terdapat minimal satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap morbiditas di Jawa Tengah. Oleh karena itu dilanjutkan pengujian parameter secara parsial.

**2. Pengujian Parsial**

Hipotesis pada pengujian parsial adalah sebagai berikut.

$H_0 : \beta_j = 0$

$H_1 : \beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, 22$

Hasil pengujian parameter secara parsial ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9.  
 Hasil Pengujian Signifikansi Parameter Secara Parsial

Variabel	Parameter	Estimator	P-value	Keputusan
Konstan	$\beta_0$	-0,0404	0,7213	Tidak Signifikan
	$\beta_1$	-0,0036	0,0006	Signifikan
x <sub>1</sub>	$\beta_2$	0,0044	0,0003	Signifikan
	$\beta_3$	0,0012	0,0759	Tidak Signifikan
	$\beta_4$	0,0268	0,9758	Tidak Signifikan
x <sub>2</sub>	$\beta_5$	-2,8030	0,0204	Signifikan
	$\beta_6$	4,2109	8,2x10 <sup>-5</sup>	Signifikan
	$\beta_7$	-1,0739	0,0464	Signifikan
	$\beta_8$	-3,5865	0,0445	Signifikan
x <sub>3</sub>	$\beta_9$	4,3523	0,0532	Tidak Signifikan
	$\beta_{10}$	-3,5479	0,0016	Signifikan
	$\beta_{11}$	0,0439	10x10 <sup>-6</sup>	Signifikan
x <sub>4</sub>	$\beta_{12}$	-0,0770	1,1x10 <sup>-6</sup>	Signifikan
	$\beta_{13}$	0,1216	3,4x10 <sup>-8</sup>	Signifikan
	$\beta_{14}$	-0,0981	2,6x10 <sup>-7</sup>	Signifikan
	$\beta_{15}$	-0,2691	0,1420	Tidak Signifikan
x <sub>5</sub>	$\beta_{16}$	-0,6070	0,0202	Signifikan
	$\beta_{17}$	2,2625	1,6x10 <sup>-6</sup>	Signifikan
	$\beta_{18}$	-1,6201	3,1x10 <sup>-6</sup>	Signifikan
	$\beta_{19}$	-0,0709	0,6100	Tidak Signifikan
x <sub>6</sub>	$\beta_{20}$	0,0735	0,7541	Tidak Signifikan
	$\beta_{21}$	-0,6725	0,0085	Signifikan
	$\beta_{22}$	0,7656	0,0002	Signifikan

Berdasarkan Tabel 9 menunjukkan bahwa terdapat tujuh parameter yang tidak signifikan terhadap model karena nilai p-value > α(0,05) yaitu parameter  $\beta_0, \beta_3, \beta_4, \beta_9, \beta_{15}, \beta_{19},$  dan  $\beta_{20}$ . Namun, keenam variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap morbiditas karena terdapat minimal satu parameter yang signifikan pada masing-masing variabel prediktor.

E. Pengujian Asumsi Residual

Residual hasil pemodelan menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* harus memenuhi asumsi residual identik, independen, dan berdistribusi normal. Berikut merupakan hasil pengujian asumsi residual.

1. Asumsi Identik

Asumsi identik (homoskedastisitas) merupakan asumsi yang mengharuskan varians residual sama/identik dan tidak terjadi kasus heteroskedastisitas. Berikut merupakan hasil pengujian asumsi identik dengan menggunakan uji *Glejser*.

Tabel 10.  
Hasil Pengujian Statistik Uji *Glejser*

Sumber	df	SS	MS	F <sub>hit</sub>	P-value
Regresi	22	0,899	0,041	0,425	0,960
Error	12	1,153	0,096		
Total	34	2,052			

Berdasarkan Tabel diperoleh nilai statistik uji  $F_{hitung}$  sebesar 0,425 dengan *p-value* sebesar 0,960. Nilai  $F_{hitung}$   $(0,425) < F_{(0,05;22;12)} (2,52)$  dan *p-value*  $> \alpha(0,05)$  sehingga keputusan yang diperoleh adalah Gagal Tolak  $H_0$ . Hal ini dapat diartikan bahwa residual telah memiliki varians yang sama/identik dan tidak terjadi kasus heteroskedastisitas sehingga residual telah memenuhi asumi identik.

2. Asumsi Independen

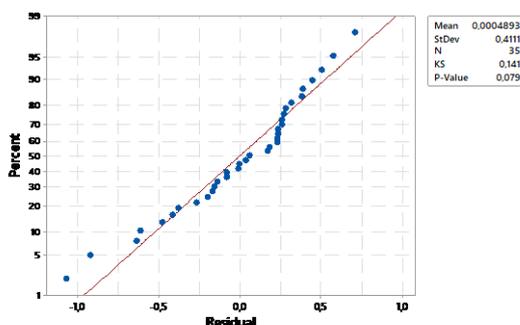
Asumsi independen merupakan asumsi yang mengharuskan antar residual tidak saling berkorelasi. Apabila terdapat korelasi antar residual maka akan terjadi autokorelasi. Berikut merupakan hasil pengujian asumsi independen menggunakan *run test*.

$$Z = \frac{r - \left(1 + \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2}\right)}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}} = \frac{23 - 18,37}{\sqrt{8,36}} = 1,60$$

Dengan menggunakan taraf signifikansi sebesar 5% diperoleh  $Z_{(0,025)} = -1,96$  dan  $Z_{(1-0,025)} = 1,96$ . Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai  $Z$  sebesar 1,60 dengan *p-value* = 0,1096. maka keputusan yang diperoleh adalah gagal tolak  $H_0$  karena  $Z < Z_{(1-0,025)}$  dan *p-value*  $> \alpha(0,05)$ . Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi autokorelasi pada model, sehingga asumsi residual independen telah terpenuhi.

3. Asumsi Distribusi Normal

Asumsi normalitas merupakan asumsi yang mengharuskan residual dari model berdistribusi normal. Berikut merupakan hasil pengujian asumsi distribusi normal dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*.



Gambar 2. Plot Normalitas Residual

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa penyebaran titik-titik residual berada di sekitar garis normalitas, sehingga secara visual dapat dikatakan residual berdistribusi normal. Selain

itu dapat diketahui *p-value* yang dihasilkan dari pengujian ini sebesar 0,079 Nilai *p-value* tersebut lebih besar dari  $\alpha (0.05)$ , sehingga keputusan yang diperoleh adalah Gagal Tolak  $H_0$  yang berarti residual berdistribusi normal dan asumsi normalitas residual telah terpenuhi.

F. Interpretasi Model Terbaik

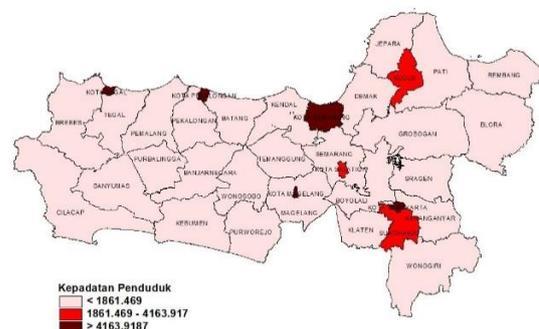
Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya, model regresi nonparametrik *spline* dengan kombinasi titik knot 2,3,2,3,3,3 telah memenuhi asumsi residual sehingga model tersebut merupakan model terbaik dalam memodelkan morbiditas di Jawa Tengah. Nilai koefisien determinasi model sebesar 98,45 persen yang artinya keenam variabel prediktor mampu menjelaskan variabilitas morbiditas di Jawa Tengah sebesar 98,45 persen sedangkan sisanya 1,55 persen dijelaskan oleh variabel lain diluar model. Berikut adalah intepretasi model pada setiap variabel yang signifikan terhadap morbiditas di Provinsi Jawa Tengah.

1. Model Spline pada Variabel Kepadatan Penduduk ( $x_1$ )

Pengaruh variabel  $x_1$  terhadap morbiditas di Jawa Tengah apabila variabel lain selain variabel  $x_1$  diasumsikan konstan adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = -0,0036x_1 + 0,0044(x_1 - 1861,469)_+ + 0,0012(x_1 - 4163,918)_+ \\ = \begin{cases} -0,0036x_1 & ; & x_1 < 1861,469 \\ 0,0008x_1 - 8,1905 & ; & 1861,469 \leq x_1 < 4163,918 \\ 0,002x_1 - 13,1872 & ; & x_1 \geq 4163,918 \end{cases}$$

Berdasarkan persamaan model diatas, maka diketahui apabila kepadatan penduduk suatu kabupaten/kota di Jawa Tengah kurang dari 1861,469 jiwa per km<sup>2</sup> dan mengalami penambahan satu satuan maka morbiditas akan turun sebesar 0,0036 persen. Terdapat 27 kabupaten/kota pada interval tersebut. Sedangkan apabila kabupaten/kota memiliki kepadatan penduduk pada interval 1861,469 hingga 4163,918 jiwa per km<sup>2</sup> dan bertambah satu satuan maka morbiditas akan mengalami kenaikan sebesar 0,0008 persen. Terdapat 3 kabupaten yang berada pada interval tersebut yaitu Sukoharjo, Kudus, dan Kota Salatiga. Secara visual pengelompokkan wilayah berdasarkan titik knot dapat dilihat melalui Gambar 3.



Gambar 3. Peta Persebaran Kepadatan Penduduk Berdasarkan Interval Titik Knot

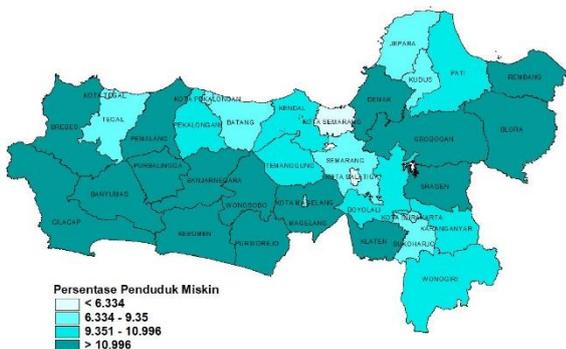
2. Model Spline pada Variabel Persentase Penduduk Miskin ( $x_2$ )

Pengaruh variabel  $x_2$  terhadap morbiditas di Jawa Tengah apabila variabel lain selain variabel  $x_2$  diasumsikan konstan adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = 0,0268x_2 - 2,8030(x_2 - 6,334)_+ + 4,2109(x_2 - 9,351)_+ - 1,0739(x_2 - 10,997)_+$$

$$= \begin{cases} 0,0268x_2 & ; x_2 < 6,334 \\ -2,7762x_2 + 17,7542; & 6,334 \leq x_2 < 9,351 \\ 1,4347x_2 - 21,6219; & 9,351 \leq x_2 < 10,997 \\ 0,3608x_2 - 9,8122 & ; x_2 \geq 10,997 \end{cases}$$

Berdasarkan model tersebut dapat diketahui apabila kabupaten/kota memiliki persentase penduduk miskin pada interval 9,351 hingga 10,997 persen dan naik satu satuan maka morbiditas akan naik sebesar 1,435 persen. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval tersebut yaitu Boyolali, Wonogiri, Karanganyar, Pati, Temanggung, Kendal, dan Pekalongan. Sedangkan apabila kabupaten/kota memiliki persentase penduduk miskin lebih besar dari 10,997 persen dan bertambah satu satuan maka morbiditas akan mengalami kenaikan sebesar 0,361 persen. Terdapat 16 kabupaten/kota yang termasuk dalam interval tersebut. yaitu Cilacap, Banyumas, Purbalingga, Banjarnegara, Kebumen, Purworejo, Wonosobo, Magelang, Klaten, Sragen, Grobogan, Blora, Rembang, Demak, Pemalang, dan Brebes. Secara visual pengelompokkan wilayah berdasarkan titik knot dapat dilihat melalui Gambar 4.



Gambar 4. Peta Persebaran Persentase Penduduk Miskin Berdasarkan Interval Titik Knot

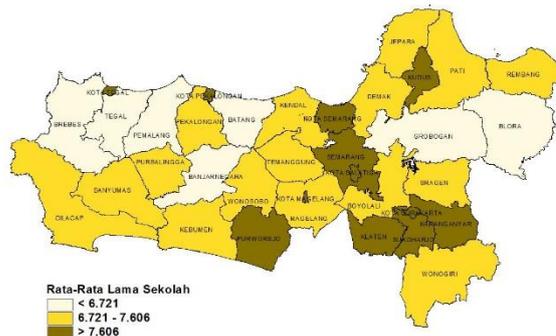
3. Model Spline pada Variabel Rata-Rata Lama Sekolah ( $x_3$ )  
Pengaruh variabel  $x_3$  terhadap morbiditas di Jawa Tengah apabila variabel lain selain variabel  $x_3$  diasumsikan konstan adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = -3,5865x_3 + 4,3523(x_3 - 6,721)_+ - 3,5479(x_3 - 7,607)_+$$

$$= \begin{cases} -3,5865x_3 & ; x_3 < 6,721 \\ 0,7658x_3 - 29,2518; & 6,721 \leq x_3 < 7,607 \\ -2,7821x_3 - 2,2629; & x_3 \geq 7,607 \end{cases}$$

Apabila rata-rata lama sekolah di kabupaten/kota kurang dari 6,721 tahun atau hampir menamatkan kelas 1 SMP dan naik satu satuan maka morbiditas akan mengalami penurunan sebesar 3,587 persen. Kabupaten yang berada pada interval tersebut yaitu Banjarnegara, Grobogan, Blora, Batang, Pemalang, Tegal dan Brebes. Sedangkan apabila suatu kabupaten/kota memiliki rata-rata lama sekolah yang lebih besar dari 7,607 tahun atau hampir menamatkan kelas 2 SMP dan bertambah satu satuan maka morbiditas akan turun sebesar 2,782 persen. Terdapat 12 wilayah yang berada pada interval tersebut yaitu Purworejo, Klaten, Sukoharjo, Karanganyar, Kudus, Semarang, Kota Magelang, Kota Surakarta, Kota Salatiga, Kota Semarang, Kota Pekalongan, dan Kota

Tegal. Secara visual pengelompokkan wilayah berdasarkan titik knot dapat dilihat melalui Gambar 5.



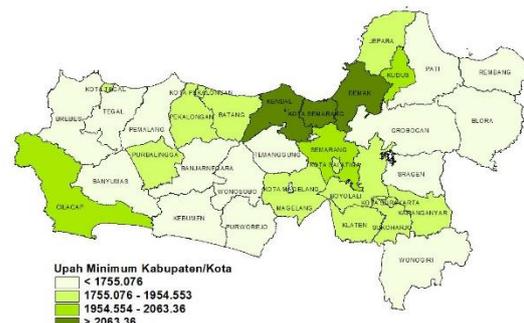
Gambar 5. Peta Persebaran Rata-Rata Lama Sekolah Berdasarkan Interval Titik Knot

4. Model Spline pada Variabel UMK ( $x_4$ )  
Pengaruh variabel  $x_4$  terhadap morbiditas di Jawa Tengah apabila variabel lain selain variabel  $x_4$  diasumsikan konstan adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = 0,0439x_4 - 0,0770(x_4 - 1755,076)_+ + 0,1216(x_4 - 1954,554)_+ - 0,0981(x_4 - 2063,361)_+$$

$$= \begin{cases} 0,0439x_4 & ; x_4 < 1755,076 \\ -0,0331x_4 + 135,1409; & 1755,076 \leq x_4 < 1954,554 \\ 0,0885x_4 - 102,5329; & 1954,554 \leq x_4 < 2063,361 \\ -0,0099x_4 + 99,8828; & x_4 \geq 2063,361 \end{cases}$$

Pada interval pertama dapat diketahui bahwa apabila kabupaten/kota memiliki UMK kurang dari 1755,076 ribu dan naik satu satuan maka morbiditas akan mengalami kenaikan sebesar 0,044 persen. Terdapat 16 kabupaten/kota yang berada pada interval tersebut. Interval kedua menunjukkan apabila UMK di kabupaten/kota berada pada interval 1755,076 hingga 1954,554 ribu dan naik satu satuan maka morbiditas akan mengalami penurunan sebesar 0,033 persen. Terdapat 13 kabupaten/kota yang termasuk dalam interval kedua. Pada interval ketiga menunjukkan bahwa apabila UMK suatu kabupaten/kota berada pada interval 1954,554 hingga 2063,361 ribu dan mengalami kenaikan satu satuan maka morbiditas akan naik sebesar 0,089 persen. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ketiga yaitu Cilacap, Kudus, dan Semarang. Sedangkan pada interval keempat dapat diketahui bahwa apabila kabupaten/kota memiliki UMK lebih besar dari 2063,361 ribu dan naik satu satuan maka morbiditas akan turun sebesar 0,0099 persen. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval keempat yaitu Demak, Kendal, dan Kota Semarang. Secara visual pengelompokkan wilayah berdasarkan titik knot dapat dilihat melalui Gambar 6.



Gambar 6. Peta Persebaran UMK Berdasarkan Interval Titik Knot

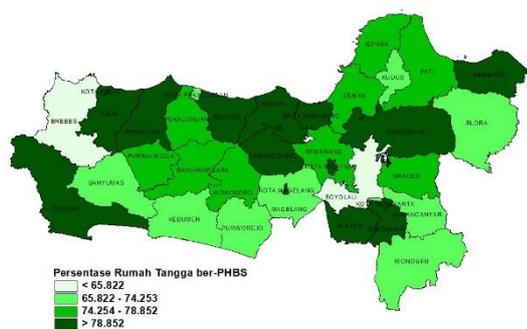
5. Model Spline pada Variabel Persentase Rumah Tangga Ber-PHBS ( $x_5$ )

Pengaruh variabel  $x_5$  terhadap morbiditas di Jawa Tengah apabila variabel lain selain variabel  $x_5$  diasumsikan konstan adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = -0,2691x_5 - 0,6070(x_5 - 65,822)_+ + 2,2625(x_5 - 74,254)_+ - 1,6201(x_5 - 78,853)_+$$

$$= \begin{cases} -0,2691x_5 & ; x_5 < 65,822 \\ -0,8761x_5 + 39,9540; & 65,822 \leq x_5 < 74,254 \\ 1,3864x_5 - 128,0457; & 74,254 \leq x_5 < 78,853 \\ -0,2337x_5 - 0,296 & ; x_5 \geq 78,853 \end{cases}$$

Apabila persentase rumah tangga ber-PHBS di kabupaten/kota berada pada interval 65,822 hingga 74,254 persen dan naik satu satuan maka morbiditas akan mengalami penurunan sebesar 0,876 persen. Terdapat 9 kabupaten/kota yang berada pada interval tersebut yaitu Banyumas, Kebumen, Purworejo, Magelang Wonogiri, Karanganyar, Blora, Kudus, dan Kota Pekalongan. Apabila suatu kabupaten/kota memiliki persentase rumah tangga ber-PHBS yang berada pada interval 74,254 hingga 78,853 persen dan bertambah satu satuan maka morbiditas akan naik sebesar 1,386 persen. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval tersebut yaitu Purbalingga, Banjarnegara, Wonosobo, Sragen, Pati, Jepara, Demak, Semarang, dan Pekalongan. Sedangkan apabila persentase rumah tangga ber-PHBS di kabupaten/kota lebih besar dari 78,853 persen dan naik satu satuan maka morbiditas akan mengalami penurunan sebesar 0,234 persen. Terdapat 15 wilayah yang berada pada interval tersebut. Secara visual pengelompokkan wilayah berdasarkan titik knot dapat dilihat melalui Gambar 7.



Gambar 7. Peta Persebaran Persentase Rumah Tangga Ber-PHBS Berdasarkan Interval Titik Knot

6. Model Spline pada Variabel Persentase Penduduk dengan Akses Sanitasi Layak ( $x_6$ )

Pengaruh variabel  $x_6$  terhadap morbiditas di Jawa Tengah apabila variabel lain selain variabel  $x_6$  diasumsikan konstan adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = -0,0709x_6 + 0,0735(x_6 - 66,445)_+ - 0,6725(x_6 - 77,782)_+ + 0,7656(x_6 - 83,965)_+$$

$$= \begin{cases} -0,0709x_6 & ; x_6 < 66,445 \\ 0,0026x_6 - 4,8837 & ; 66,445 \leq x_6 < 77,782 \\ -0,6699x_6 + 47,4247; & 77,782 \leq x_6 < 83,965 \\ 0,0957x_6 - 16,8589 & ; x_6 \geq 83,965 \end{cases}$$

Apabila persentase penduduk dengan akses sanitasi layak di kabupaten/kota berada pada interval 77,782 hingga 83,965 persen dan naik satu satuan maka morbiditas akan mengalami penurunan sebesar 0,67 persen. Kabupaten/

kota yang termasuk dalam interval tersebut yaitu Purworejo, Magelang, Jepara, Temanggung, Batang, Pemalang, Brebes, Kota Magelang, dan Kota Surakarta. Sedangkan apabila suatu kabupaten/kota memiliki persentase penduduk dengan akses sanitasi layak lebih besar dari 83,965 persen dan bertambah satu satuan maka morbiditas akan naik sebesar 0,096 persen. Terdapat 17 kabupaten/kota yang berada pada interval tersebut. Secara visual pengelompokkan wilayah berdasarkan titik knot dapat dilihat melalui Gambar 8.



Gambar 8. Peta Persebaran Persentase Penduduk dengan Sanitasi Layak Berdasarkan Interval Titik Knot

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa pada tahun 2018 morbiditas di Provinsi Jawa Tengah memiliki nilai rata-rata sebesar 14,984 persen. Morbiditas tertinggi terdapat di kota Tegal yaitu sebesar 23,56, sedangkan morbiditas terendah terdapat di Kabupaten Karanganyar yaitu sebesar 9,07. Model regresi nonparametrik *spline truncated* terbaik untuk memodelkan morbiditas di Jawa Tengah adalah model dengan kombinasi titik knot 2,3,2,3,3,3 dengan nilai koefisien determinasi sebesar 98,45 persen serta seluruh variabel prediktor yaitu kepadatan penduduk ( $x_1$ ), persentase penduduk miskin ( $x_2$ ), rata-rata lama sekolah ( $x_3$ ), UMK ( $x_4$ ), persentase rumah tangga ber-PHBS ( $x_5$ ), dan persentase penduduk dengan akses sanitasi layak ( $x_6$ ) berpengaruh signifikan terhadap morbiditas di Jawa Tengah.

Saran yang dapat direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebaiknya menambah jumlah variabel prediktor serta mempertimbangkan dan memperhatikan dalam pemilihan variabel yang akan digunakan sehingga diharapkan mendapatkan model yang lebih baik. Adapun saran bagi pemerintah untuk memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap morbiditas di Jawa Tengah yaitu variabel rata-rata lama sekolah, persentase penduduk miskin serta persentase rumah tangga ber-PHBS. Maka pemerintah sebaiknya meningkatkan kualitas pendidikan masyarakat, mempercepat pengentasan kemiskinan serta melakukan penyuluhan perilaku hidup bersih dan sehat kepada masyarakat guna menurunkan angka morbiditas di Jawa Tengah

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] International NGO Forum on Indonesian Development, "SDGs Tujuan 03," 2017. [Online]. Available: <https://www.sdg2030indonesia.org/page/11-tujuan-tiga>.
- [2] Kemenkes RI, "Profil Kesehatan Indonesia 2009," Kementerian Kesehatan Republik, Jakarta, 2010.
- [3] S. Kardjati, A. Alisjahbana and J. Kursin, Aspek Kesehatan dan Gizi Anak Balita, Jakarta: Yayasan Obor Indonesia., 1985.
- [4] B P S Jawa Tengah, "Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Jawa Tengah 2018," 2018.
- [5] R. L. Eubank, Nonparametric Regression and Spline Smoothing (2nd Edition.), USA: Marcel Dekker, 1999.
- [6] R. Walpole, Intoduction to Statistics, New York: Macmillan Publishing Co. Inc, 1995.
- [7] W. Hardle, Applied Nonparametric Regression, New York: Cambridge University Press, 1990.