

Penerapan Regresi Nonparametrik *Spline* Dalam Memodelkan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia Tahun 2018

Wahidah Alwi

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, wahidah.alwi@uin-alauddin.ac.id

Muh. Irwan

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, mirwan@uin-alauddin.ac.id

Musfirah

Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, musfirah.s.mat@gmail.com

ABSTRAK, Penelitian ini membahas tentang faktor-faktor yang di duga mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia pada tahun 2018. Beberapa faktor yang di duga mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia yaitu Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja, Angka Partisipasi Murni, Kepadatan Penduduk, Fasilitas Kesehatan dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Hasil plot Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dengan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi IPM memiliki pola yang menyebar, sehingga tidak memiliki kecenderungan membentuk suatu pola tertentu atau tidak mengikuti pola tertentu, sehingga data yang digunakan dapat diterapkan menggunakan metode Nonparametrik Spline. Dalam pemodelan ini terdapat tiga titik knot, pemilihan titik knot optimum dilakukan dengan cara memilih nilai *Generalized Cross Validation (GCV)* yang paling minimum. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa model Spline terbaik dengan *GCV* minimum berada pada tiga titik knot yaitu sebesar 0.2591359 dengan nilai R^2 sebesar 84,79%.

Kata Kunci: *Indeks Pembangunan Manusia (IPM), GCV, Regresi Nonparametrik Spline, Titik Knot*

1. PENDAHULUAN

Semakin lama perkembangan di Indonesia semakin pesat hal ini dapat dilihat dari teknologi yang saat ini sudah digunakan dimana-mana, tidak hanya teknologi sumber daya dan ilmu pengetahuan juga berkembang dengan pesat. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan salah satu upaya bagaimana penduduk dapat mengakses hasil pembangunan dalam memperoleh pendapatan, kesehatan, pendidikan dan sebagainya. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pertama kali diperkenalkan oleh *United Nations Development Programme (UNDP)* pada tahun 1990 dan di publikasikan secara berkala dalam laporan tahunan *Human Development Report (HDR)*. Pengetahuan, standar hidup

layak, umur panjang dan hidup sehat merupakan dimensi dasar yang digunakan dalam pembentukan Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) diketahui bahwa IPM saat ini mengalami di mana pada tahun 2017 IPM sebesar 70,81% dan saat ini IPM mencapai 71,39%. Angka ini meningkat sebesar 0,58% atau tumbuh sebesar 0,82% di bandingkan pada tahun sebelumnya.[1]

Analisis Regresi merupakan salah satu metode statistika yang memberikan penjelasan tentang hubungan (model) antara satu peubah tanggapan (response variabel) dengan satu peubah penjelas (explanatory variables). Ada dua pendekatan untuk mengestimasi fungsi regresi yaitu pendekatan parametrik dan nonparametrik. Pendekatan parametrik merupakan pendekatan yang digunakan apabila bentuk hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat diketahui bentuk kurva regresinya yang diasumsikan mengikuti pola tertentu.[2]

Sedangkan nonparametrik digunakan apabila pola hubungan antara variabel penjelas dan variabel respon tidak diketahui bentuk kurva regresinya. Salah satu Metode Nonparametrik yaitu Metode NonParametrik Spline dimana metode ini sangat cocok di gunakan hal ini di sebabkan karena Spline merupakan potongan polinomial tersegmen yang mempunyai sifat fleksibilitas maksudnya bisa menyesuaikan diri secara efektif terhadap karakteristik suatu data.[3]

Dalam hal ini untuk memodelkan IPM dan beberapa variabel yang diduga berpengaruh, peneliti menggunakan metode regresi Nonparametrik Spline. Metode tersebut dipilih karena berdasarkan plot yang dihasilkan dengan pola hubungan antara variabel penjelas dan

variabel respon memiliki pola yang menyebar, sehingga tidak memiliki kecenderungan membentuk suatu pola tertentu atau tidak mengikuti pola tertentu. Oleh karena itu dengan pola yang dihasilkan sulit digunakan pemodelan dengan pendekatan parametrik maka pola data yang dihasilkan akan dilanjutkan dengan menggunakan pendekatan nonparametrik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Regresi

Analisis regresi dalam statistika adalah salah satu metode untuk menentukan hubungan sebab akibat antara satu variabel dengan variabel yang lain. Secara umum model regresi dapat ditulis

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (2.1)$$

Dimana Y dinamakan variabel dependen, variabel X di namakan variabel independen, β_0 (beta nol) dan β_1 (beta satu) adalah parameter-parameter yang nilainya tidak diketahui, dan ε (epsilon adalah galat acak (*random error*)).[4] Hal ini sejalan dengan apa yang dikemukakan oleh Sunyoto (2011), bahwa tujuan analisis regresi adalah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh signifikan antara satu atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikatnya baik secara persial atau simultan.[5]

Regresi Nonparametrik Spline

Spline merupakan model polinom yang tersegment atau terpotong-potong yang mulus dan dapat menghasilkan fungsi regresi yang sesuai dengan data. mengestimasi *Spline* tergantung pada titik *knot*. Titik *knot* merupakan suatu titik perpaduan yang terjadi karena perubahan pola perilaku dari suatu fungsi pada selang yang berbeda.[6]

Metode regresi nonparametrik *spline* memiliki fleksibilitas yang tinggi dimana data diharapkan mencari sendiri bentuk estimasi kurva regresinya tanpa dipengaruhi oleh subjektivitas peneliti. Secara umum model regresi nonparametrik dapat disajikan sebagai berikut:

$$y_i = f(x_{ji}) + \varepsilon_i; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

Pada model regresi nonparametrik *spline*, kurva regresi dihipotesis dengan merupakan kurva

fungsi *spline* berorde p dengan titik knot K_1, K_2, \dots, K_r , yang dapat diberikan oleh persamaan.

$$f(x_{ji}) = \sum_{h=0}^p \beta_h x_{ji}^h + \sum_{l=1}^m \beta_{j(p+l)} (x_{ji} - K_{lj})_+^p \quad (2.3)$$

Apabila persamaan (2.2) disubstitusi kedalam persamaan (2.3) maka akan diperoleh persamaan regresi nonparametrik *spline* sebagai berikut:

$$y_i = \sum_{h=0}^p \beta_h x_{ji}^h + \sum_{l=1}^m \beta_{j(p+l)} (x_{ji} - K_{lj})_+^p + \varepsilon_i \quad (2.4)$$

dimana $i = 1, 2, \dots, n$. fungsi $(x_{ji} - K_{lj})$ merupakan fungsi *truncated* (potongan) yang diberikan oleh:

$$(x_{ji} - K_{lj})_+^p = \begin{cases} (x_{ji} - K_{lj})^p, & x_{ji} \geq K_{lj} \\ 0, & x_{ji} < K_{lj} \end{cases} \quad (2.5)$$

Bentuk matematis dari fungsi *spline* pada persamaan (2.5), dapat dinyatakan bahwa *spline* adalah potongan-potongan polinomial yang berbeda digabungkan bersama titik *knot* K_1, K_2, \dots, K_m . Persamaan (2.5) dapat diuraikan sebagai berikut[7]:

$$y_i = \beta_{01} + \beta_{11}x_{1i} + \dots + \beta_{p1}x_{1i}^p + a_{11}(x_i - K_j)_+^p \dots a_{m1}(x_{1i} - K_{m1})_+^p + \beta_{02} + \beta_{12}x_{2i} + \dots + \beta_{p2}x_{2i}^p + a_{12}(x_{2i} - K_{12})_+^p \dots + a_{m2}(x_{2i} - K_{m2})_+^p + \dots + \beta_{0q} + \beta_{1q}x_{qi} + \dots + \beta_{pq}x_{qi}^p + a_{1q}(x_{qi} - K_{1q})_+^p + \dots + a_{mq}(x_{pi} - K_{mp})_+^p + \varepsilon_i \quad (2.6)$$

Estimator Spline

Estimasi regresi *spline* dilakukan dengan metode *Ordinary Lastt Square (OLS)* atau sering juga di sebut dengan Metode Kuadrat Terkecil (MKT). Adapun persamaannya dapat dituliskan :

$$\beta = (X'X)^{-1}X'y \quad (2.7)$$

Pemilihan Titik Knot Optimal

Pemilihan knot merupakan bagian dari Regresi *Spline* yang sangat penting. Oleh karena itu agar diperoleh *Spline* yang optimal dipilih titik knot yang optimal. Metode yang sering digunakan untuk memilih titik knot optimal menurut Eubank (1988) salah satunya yaitu metode *generalized cross validation (GCV)*. [8] Cara menghitung *GCV* dapat dilihat seperti berikut ini:

$$GCV(k) = \frac{MSE(k)}{(n^{-1}tr[1-A(k)])^2} \quad (2.8)$$

Dengan $MSE(k) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$, n adalah Jumlah data, I adalah matriks identitas, k adalah titik knot ($k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$), dan $A(k) = x(x'x)^{-1}x'$.

Pengujian parameter model regresi Spline

a. Uji Serentak (Simultan) secara serentak secara bersamaan terhadap model dengan hipotesisi dari pengujian adalah :

$$H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$$

H_1 : paling tidak ada satu $\beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, p$

Statistik uji

$$F_{hitung} = \frac{MS_{Regresi}}{MSE_{Error}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y}_1)^2 / p}{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (n-p-1)} \quad (2.9)$$

Daerah penolakan : tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}(F_{\alpha}; (k-1, n-k))$ atau $p\text{-value} < \alpha$

b. Uji Individu bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh variabel prediktor secara individual dalam menerangkan variasi variabel respon. Hipotesis dari pengujian secara individu adalah sebagai berikut:

$H_0 : \beta_k = 0$; artinya variabel prediktor tidak berpengaruh terhadap variabel respon.

$H_1 : \beta_k \neq 0; k=1, 2, \dots, p$; artinya variabel prediktor berpengaruh terhadap variabel respon.

Statistik uji

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k}{SE_{\hat{\beta}_k}} \quad (2.10)$$

Daerah penolakan: H_0 ditolak jika $|t_{hitung}| > t_{tabel}(\frac{\alpha}{2}, n-k)$.

Pengujian Asumsi Residual Model Regresi

Pengujian asumsi residual dilakukan untuk mengetahui apakah residual yang dihasilkan telah memenuhi asumsi yakni identik, dan berdistribusi normal.

a. Pengujian asumsi residual identik

Uji asumsi identik digunakan untuk melihat homogenitas dari variansi residual.

Untuk mendeteksi adanya heteroskedastisitas menggunakan uji *Glejser*. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

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

H_1 : Minimal ada satu $\sigma_i^2 = \sigma^2; i = 1, 2, \dots, n$

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut;

$$F_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^n (|\hat{e}_i| - |\bar{e}|)^2}{k-1} \div \frac{\sum_{i=1}^n (|\hat{e}_i| - |\bar{e}|)^2}{n-k} \quad (2.11)$$

Daerah penolakan: tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}(FF_{\alpha}; (k-1, n-k))$ atau $p\text{-value} < \alpha$. Nilai s adalah banyaknya parameter model *glejser*.

b. Pengujian asumsi residual berdistribusi normal

Uji ini dilakukan untuk melihat residual mengikuti distribusi normal. Hipotesis yang digunakan untuk pengujian normalitas residual adalah sebagai berikut.

$H_0: F_n(\varepsilon) = F_0(\varepsilon)$ Residual mengikuti distribusi normal

$H_1: F_n \neq F_0(\varepsilon)$ Residual tidak mengikuti distribusi normal

Statistik uji yang digunakan *Kolmogorov-Smirnov* adalah sebagai berikut;

$$Z_{hitung} = \sup_x |f_n(x) - f_0(x)| \quad (2.12)$$

Daerah penolakan tolak H_0 jika $Z_{hitung} > Z_{\alpha}$ atau $P\text{-Value} < \alpha$. [9]

Koefisien Determinansi

Koefisien determinansi (R^2) adalah alat untuk mengukur proporsi keragaman atau variansi total disekitar nilai tengah y yang dapat dijelaskan oleh model regresi. Secara umum semakin besar nilai R^2 , maka semakin baik pula model yang didapatkan karena mampu menjelaskan lebih banyak data (Draper & Smith, 1992). Rumus R^2 dapat ditulis sebagai berikut: [10]

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \times 100\% \quad (2.13)$$

Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

Indeks pembangunan manusia (IPM) merupakan salah satu alat ukur yang digunakan

untuk menilai kualitas pembangunan manusia, baik dari sisi dampaknya terhadap kondisi fisik manusia (kesehatan dan kesejahteraan) maupun yang bersifat non-fisik (pendidikan) pembangunan berdampak pada kondisi fisik masyarakat misalnya tercermin dalam angka harapan hidup serta kemampuan daya beli masyarakat, sedangkan dampak non-fisik dapat dilihat dari kualitas pendidikan masyarakat. Indeks pembangunan manusia (IPM) merupakan indikator tingkat pembangunan manusia suatu wilayah, yang dihitung melalui perbandingan dari angka harapan hidup, pendidikan dan standar hidup layak. Untuk menjamin tercapainya tujuan pembangunan manusia, empat hal pokok yang perlu diperhatikan adalah produktivitas, pemerataan, kesinambungan, pemberdayaan (UNDP, 1995 dalam Shinegi, 2013)

3. METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. Variabel respon yang digunakan pada penelitian ini adalah Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dan variabel-variabel yang diduga berpengaruh didapatkan dari referensi penelitian sebelumnya. Variabel yang digunakan pada penelitian ini disajikan dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 : Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
Y	Indeks Pembangunan Manusia (IPM)
X ₁	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)
X ₂	Angka Partisipasi Murni (APM)
X ₃	Kepadatan Penduduk
X ₄	Fasilitas Kesehatan
X ₅	Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

Teknik Analisis

Adapun langkah-langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat statistika deskriptif dari masing-masing variabel dan mengetahui karakteristik

indeks pembangunan manusia (IPM) di Indonesia.

2. Membuat scatter plot antara indeks pembangunan manusia (IPM) (Y) dengan masing-masing variabel prediktor.
3. Memodelkan Indeks pembangunan manusia (IPM) di Indonesia dengan menggunakan Spline dengan beberapa titik knot yaitu titik knot satu, dua dan tiga titik knot.
4. Memilih titik knot optimal berdasarkan GCV minimum.
5. Memodelkan Indeks pembangunan manusia (IPM) dengan variabel prediktornya menggunakan spline dengan knot optimal.
6. Melakukan pengujian signifikansi parameter.
7. Membuat interpretasi dan kesimpulan.

4. PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Karakteristik Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dan Faktor-faktor yang diduga berpengaruh di Indonesia tahun 2018

Untuk mengetahui gambaran secara umum karakteristik dari setiap indikator atau variabel-variabel yang digunakan maka ditampilkan statistika deskriptif berikut :

Tabel 2: Statistika Deskriptif

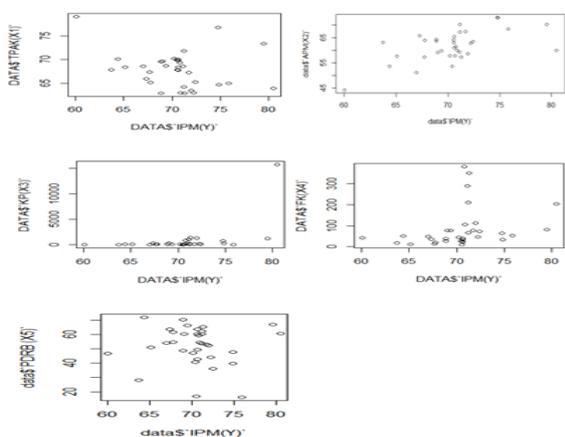
Peubah	Min	Max	Mean	Variance
Y	60,06	80,47	70,386	15,953
X ₁	62,90	79,11	67,95	14,152
X ₂	44,31	73,00	61,74	37,140
X ₃	0,03	63,13	2,94	115,678
X ₄	0,350	13,540	2,936	11,154
X ₅	16,26	71,91	52,04	181,311

Variabel Y merupakan variabel Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Pada tabel 2 diketahui bahwa nilai tertinggi variabel IPM terdapat di provinsi DKI Jakarta sedangkan terendah terdapat di provinsi Papua. Variabel X₁ merupakan variabel Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja, diketahui bahwa nilai tertinggi variabel Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja terdapat di provinsi Papua sedangkan terendah di provinsi Maluku. Variabel X₂ merupakan variabel Angka Partisipasi Murni di mana diketahui nilai tertinggi variabel Angka Partisipasi Murni terdapat di provinsi Bali sedangkan terendah di provinsi Papua. Variabel

X_3 merupakan variabel Kepadatan Penduduk, diketahui nilai tertinggi variabel Kepadatan Penduduk berada di provinsi DKI Jakarta sedangkan terendah berada di provinsi Papua Barat. Variabel X_4 Fasilitas Kesehatan, diketahui nilai tertinggi variabel Fasilitas Kesehatan terdapat di provinsi Jawa Timur sedangkan terendah berada di provinsi Kalimantan Utara. Variabel X_5 merupakan variabel PDRB, diketahui nilai tertinggi variabel PDRB berada di provinsi Nusa Tenggara Timur sedangkan terendah berada di provinsi Kalimantan Timur.

Analisis Pola Hubungan Faktor-faktor yang Diduga Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia Tahun 2018.

Salah satu langkah yang dilakukan dalam analisis regresi yaitu membuat *scatter plot* untuk mengetahui pola hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon. Gambar 1 menunjukkan pola hubungan yang terbentuk antara IPM dengan lima variabel dimana pola yang dihasilkan tidak membentuk suatu pola tertentu, sehingga estimasi model menggunakan regresi nonparametrik.



Gambar 1: *ScatterPlot* antara Indeks Pembangunan Manusia dengan 5 variabel yang diduga berpengaruh.

Pemilihan Titik Knot Optimun

Titik knot terbaik merupakan titik knot yang mempunyai nilai GCV minimum. Berikut perbandingan nilai GCV minimum diperoleh

pada satu titik knot, dua titik knot hingga tiga titik knot yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3: Perbandingan Nilai GCV

Model	GCV
1 Titik Knot	0.4076147
2 Titik Knot	0.3122641
3 Titik Knot	0.2564626

Setelah enentukan titik knot dengan satu, dua hingga tiga titik knot diperoleh titik knot paling optimal dengan melihat GCV paling minimum. GCV paling minimum dihasilkan oleh model regresi nonparametrik *Spline* dengan tiga titik knot yaitu sebesar 0.2564626. Oleh karena itu, diputuskan bahwa model terbaik yang akan dipilih adalah model dengan menggunakan tiga titik knot.

Pengujian Signifikansi Peubah Model Regresi Nonparametrik *Spline*

Pengujian Simultan(Serentak)

Pengujian secara simultan(serentak) dilakukan untuk melihat signifikansi parameter terhadap variabel respon secara keseluruhan dengan melibatkan seluruh variabel prediktor. Berikut tabel hasil uji Serentak.

Tabel 4. Hasil Uji Serentak Terhadap Model Regresi

Sumber Variansi	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Rataan Jumlah Kuadrat (RJK)	F _{hitung}	P _{Value}
Regression	20	29,85896	1.492948	6,178946	0.00081240
Error	13	3,141041	0.2416185		
Total	33	33			

Berdasarkan hasil ANOVA (*Analysis of Variance*) pada Tabel 4 diketahui bahwa statistik uji menggunakan F_{hitung} sebesar 6,178946 dengan P_{Value} sebesar 0.00081240. pada tingkat signifikansi (α) 5%. Nilai P_{Value} lebih kecil dari α sehingga didapatkan keputusan tolak H_0 . Kesimpulan yang diperoleh yaitu minimal terdapat satu parameter yang signifikan terhadap nilai Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia.

Pengujian Individu

Uji individu ini dilakukan untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap model. Berikut ini adalah hasil pengujian signifikansi parameter model secara individu.

Tabel 5. Estimasi Parameter

Var	Param eter	P_Value	Keputusan
	β_0	0.7848466	Tidak Signifikan
x_1	β_1	0.131 3914	Tidak Signifikan
	β_2	0.094 18554	Tidak Signifikan
	β_3	0.085 0848	Tidak Signifikan
	β_4	0.200 8209	Tidak Signifikan
	β_5	0.577 9019	Tidak Signifikan
x_2	β_6	0.844 6671	Tidak Signifikan
	β_7	0.600 7523	Tidak Signifikan
	β_8	0.895 8354	Tidak Signifikan
x_3	β_9	0.913 9235	Tidak Signifikan
	β_{10}	0.913 866	Tidak Signifikan
	β_{11}	0.262 7427	Tidak Signifikan
	β_{12}	0.070 44297	Tidak Signifikan
x_4	β_{13}	0.088 10609	Tidak Signifikan
	β_{14}	0.014 40176	Signifikan
	β_{15}	0.006 007549	Signifikan
	β_{16}	0.072 99387	Tidak Signifikan
x_5	β_{17}	0.263 8096	Tidak Signifikan
	β_{18}	0.300 5901	Tidak Signifikan
	β_{19}	0.267 4479	Tidak Signifikan
	β_{20}	0.354 354	Tidak Signifikan

Berdasarkan tabel 4 terdapat 1 variabel yang memberikan pengaruh signifikan terhadap model. Hal ini dapat ditentukan dengan melihat P-Value yang diperoleh. Parameter yang signifikan tersebut merupakan Fasilitas Kesehatan (X_4).

Hasil estimasi parameter pada Tabel 4 dengan 2 parameter yang signifikan dan dengan GCV minimum dengan tiga titik knot sehingga membentuk persamaan model regresi nonparametrik Spline berikut:

$$\hat{y} = -21,6404304 X_4 - 52,2597400(X_4 + 0,4878535) - 40,6379410(X_4 - 0,03181247) + 9,8927462(X_4 - 0,11241030)$$

Pengujian Asumsi Residual Model Regresi

Asumsi yang harus dipenuhi dalam pemodelan regresi nonparametrik *spline* adalah residual berdistribusi normal dan identik. Oleh karena itu dilakukan pengujian terhadap dua asumsi tersebut.

Pengujian asumsi residual identik

Pengujian asumsi residual identik Uji asumsi identik dilakukan menggunakan *Uji Glejser*. H ipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut

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

$$H_1: \text{Minimal ada satu } \sigma_i^2 = \sigma^2; i = 1, 2, \dots, 20$$

Adapun hasil uji asumsi identik dilakukan menggunakan *Uji Glajser* ditampilkan pada tabel 6.

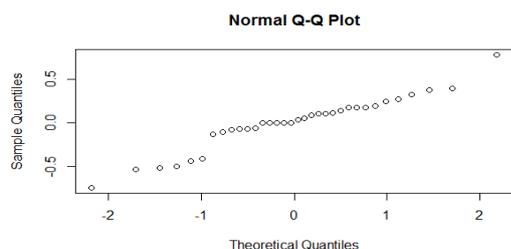
Tabel 6. ANOVA

Sumber Variansi	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Rataan Jumlah Kuadrat (RJK)	F_hitung	P_Value
Regresi	20	1,02242	0,05112101	1,374194	0,2818776
Error	13	0,4836094	0,03720073		
Total	33	1,50603			

Berdasarkan Tabel 6 ANOVA didapatkan nilai *Uji Glejser* dengan *P_Value* Sebesar 0.2818776. Nilai *p-value* lebih besar dari taraf signifikansi (α) = 0.05 sehingga keputusan yang diambil adalah gagal tolak H_0 . Hal ini memberikan kesimpulan Residual yang dihasilkan model memenuhi asumsi identik atau tidak terjadi kasus heteroskedastisitas.

Pengujian asumsi residual berdistribusi normal

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah residual telah mengikuti pola distribusi normal. Pengujian normalitas yang digunakan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Adapun *Normal Probability Plot Residual* yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2 *Normal Probability Plot Residual*

Berdasarkan Gambar 2 diperoleh *P_Value* 0,07179 dengan taraf signifikansi (α) = 0.05 sehingga keputusan uji Kolmogorov –Smirnov mem berikan keputusan gagal tolak H_0 karena $P_Value > \alpha$ yang artinya bahwa residual mengikuti distribusi normal atau asumsi residual normal telah terpenuhi

Koefisien Determinansi

Nilai koefisien Determinansi (R^2) yang menunjukkan seberapa besar kebaikan model regresi dalam menjelaskan variabilitas angka Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia. Berdasarkan Perhitungan didapatkan nilai R^2 sebesar 90,48%. Itu artinya variabel Fasilitas Kesehatan mampu menjelaskan variabilitas angka Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia sebesar 90,48%. Dilihat dari nilai R^2 yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa model regresi nonparametrik *Spline* yang dihasilkan merupakan model yang baik.

Interpretasi Model Regresi Nonparametrik Spline

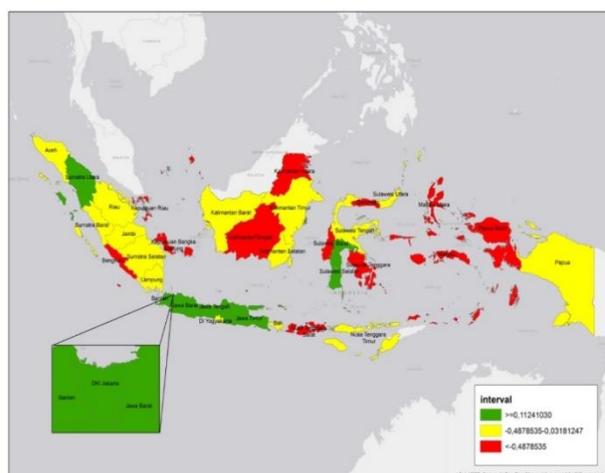
Setelah dilakukan pengujian model regresi nonparametrik *Spline* dan semua asumsi residual terpenuhi, maka model regresi yang telah diperoleh tersebut dapat diinterpretasikan.

$$\hat{y} = -21,6404304 X_4 - 52,2597400(X_4 + 0,4878535) - 40,6379410(X_4 - 0,03181247) + 9,8927462(X_4 - 0,11241030)$$

Apabila diasumsikan variabel lain konstan, maka pengaruh Fasilitas Kesehatan (X_4) terhadap Indeks Pembangunan Manusia adalah

$$\hat{y} = \begin{cases} -21,6404304X_4, & x_4 < -0,4878535 \\ 25,4950970 - 73,9001740X_4, & -0,4878535 \leq x_4 < 0,03181247 \\ 26,7878903 - 114,538114X_4, & 0,03181247 \leq x_4 < 0,11241030 \\ 25,6758437 - 104,6453652X_4, & X_4 \geq 0,11241030 \end{cases}$$

Pada persamaan tersebut terdapat empat interval untuk masing-masing potongan *spline*. Potongan-potongan persamaan di atas dapat disajikan dalam bentuk gambar sebagai berikut;



Gambar 2: Peta Indonesia Berdasarkan Potongan Persamaan X_4

Berdasarkan model tersebut, apabila wilayah dengan Fasilitas Kesehatan x kurang dari -0,4878535% maka nilai IPM cenderung turun sebesar -21,640430% wilayah yang termasuk dalam kategori ini yaitu Provinsi Bengkulu, Kepulauan Bangka Belitung, Kepulauan Riau, Nusa Tenggara Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Utara, Sulawesi Tenggara, Gorontalo, Sulawesi Barat, Maluku, Maluku Utara dan Papua Barat. Selanjutnya pada interval kedua, apabila Fasilitas Kesehatan berkisar antara -0,4878535 hingga 0,03181% maka IPM cenderung turun sebesar 5,833167% maka wilayah yang termasuk kategori ini yaitu Provinsi Aceh,

Sumatra Barat, Riau, Jambi, Sumatra Selatan, Lampung, Di Yogyakarta, Bali, Nusa Tenggara Barat, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sulawesi Utara dan Sulawesi Tengah. Kemudian pada interval ketiga apabila Fasilitas Kesehatan berkisar antara 0,03181247 hingga 0,11241030% naik sebesar satu %, maka IPM cenderung turun sebesar 114,538114% dan tidak ada wilayah yang termasuk dalam kategori ini. Pada interval yang terakhir apabila Fasilitas Kesehatan lebih besar dari 0,011241030% naik sebesar satu % maka IPM cenderung turun sebesar -104,6453652 dan wilayah yang termasuk ndalam kategori ini yaitu Sumatra Utara, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Banten dan Sulawesi Selatan.

5. KESIMPULAN

Model spline terbaik untuk pemodelan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Indonesia dengan menggunakan tiga titik knot. Dimana diperoleh 1 variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yaitu variabel Fasilitas Kesehatan dengan nilai koefisien determinansi (R^2) sebesar 90,48%. Hal ini menunjukkan bahwa model tersebut mampu menjelaskan keragaman nilai IPM di Indonesia sebesar 90,84% sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel lain.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Statistik, B. P. (2014). Indeks pembangunan manusia. Tersedia pada <http://www.bps.go.id/menutab.php>.
- [2] Putra, I. M. B., Srinadi, I. G. A. M., & Sumarjaya, I. W. (2015). Pemodelan Regresi Spline. *E-Journal Matematika*, 4(3), 110-114.
- [3] Härdle, W. (1990). *Applied nonparametric regression* (No. 19). Cambridge university press.
- [4] Suyono, M. S. (2015). *Analisis Regresi untuk Penelitian*. Deepublish.
- [5] Yudiaatmaja, F. (2013). *Analisis Regresi Dengan Menggunakan Aplikasi Komputer Statistik*. Gramedia Pustaka Utama.
- [6] Fajriyyah, N., & Budiantara, I. N. (2015). Pemodelan indeks pembangunan gender dengan pendekatan regresi nonparametrik spline di Indonesia. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(2), 2337–3520.
- [7] Hidayat, R., Yuliani, Y., & Sam, M. (2018). MODEL REGRESI NONPARAMETRIK DENGAN PENDEKATAN SPLINE TRUNCATED. *Prosiding*, 3(1).
- [8] Amalia, M. R. (2017). MODEL REGRESI NONPARAMETRIK SPLINE TRUNCATED PADA PRODUK DOMESTIK REGIONAL BRUTO TERHADAP INVESTASI DI KABUPATEN TUBAN.
- [9] Muhgni, M., Fadly, F., Adnan, A., & Harison, H. (2020). Pemodelan Tingkat Pengangguran Terbuka di Pulau Sumatera Dengan Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 6(1).
- [10] Merdekawati, I. P., & Budiantara, I. N. (2013). Pemodelan Regresi Spline Truncated Multivariabel pada Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kemiskinan di Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(1), D19-D24.