

Pemodelan Terhadap Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ekonomi di Nusa Tenggara Timur Menggunakan Pendekatan Regresi Nonparametrik *Spline*

Putri Kusuma Wardani dan Madu Ratna

Departemen Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)

e-mail: madu_r@statistika.its.ac.id

Abstrak—Laju pertumbuhan ekonomi bertujuan untuk mengukur kemajuan ekonomi sebagai hasil pembangunan nasional. Pertumbuhan ekonomi merupakan masalah perekonomian dan menjadi salah satu fenomena penting yang dialami beberapa negara di dunia. Dalam pembangunan, pertumbuhan ekonomi yang tinggi merupakan sasaran yang diharapkan dapat tercapai, terutama bagi negara berkembang. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) atas dasar harga konstan merupakan indikator dalam menghitung laju pertumbuhan ekonomi. Nusa Tenggara Timur merupakan provinsi di Indonesia yang perekonomiannya berada dalam 10 terbawah ekonomi terendah di Indonesia dengan nilai perekonomian yang dicapai pada tahun 2019 masih berada dibawah nilai nasional Indonesia yaitu sebesar 5,3%. Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Nusa Tenggara Timur memiliki plot yang tidak mengikuti pola tertentu, sehingga pada penelitian ini digunakan metode Regresi Nonparametrik *Spline*. Hasil analisis menunjukkan terdapat tiga variabel yang berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi di Nusa Tenggara Timur yaitu tingkat partisipasi angkatan kerja (TPAK), Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), dan Indeks Pembangunan Manusia IPM. Model terbaik menggunakan kombinasi knot 1-3-1 dan nilai R^2 sebesar 96,78% yang menunjukkan bahwa model yang terbentuk layak digunakan serta sudah memenuhi asumsi IIDN.

Kata Kunci—Nusa Tenggara Timur, Pertumbuhan Ekonomi, Produk Domestik Regional Bruto, Regresi Nonparametrik *Spline*.

I. PENDAHULUAN

PEREKONOMIAN yang ideal adalah suatu perekonomian yang secara terus menerus tumbuh tanpa satu tahun atau bahkan satu triwulan mengalami penurunan. Pertumbuhan ekonomi merupakan pertumbuhan yang dibentuk oleh berbagai sektor ekonomi sehingga dapat menggambarkan bagaimana peningkatan atau penurunan yang telah dicapai pada suatu waktu tertentu. Pertumbuhan ekonomi menunjukkan sejauh mana aktivitas perekonomian akan menghasilkan tambahan pendapatan masyarakat pada suatu periode tertentu [1]. Tingginya tingkat pertumbuhan ekonomi menjadi indikator keberhasilan pembangunan yang dijadikan pemerintah sebagai sasaran utama dalam melaksanakan pembangunan. Pertumbuhan ekonomi suatu negara atau wilayah yang meningkat menunjukkan bahwa perekonomian masih terus berkembang dengan baik.

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang ditandai dengan sebagian masyarakatnya miskin dan

memiliki tingkat pengangguran tinggi. Permasalahan tersebut tidak cukup diatasi dengan laju pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Oleh karena itu, laju pertumbuhan ekonomi yang tinggi bukan jaminan dapat menyejahterakan masyarakat [2]. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) merupakan indikator penting untuk mengetahui kondisi perekonomian suatu wilayah dalam periode tertentu baik atas dasar harga berlaku maupun atas dasar harga konstan. PDRB atas dasar harga berlaku menggambarkan nilai tambah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga pada tahun berjalan dan digunakan untuk mengetahui kemampuan sumber daya ekonomi, pergeseran, dan struktur ekonomi suatu daerah. Sedangkan PDRB atas dasar harga konstan menunjukkan nilai barang dan jasa dihitung menggunakan harga berlaku pada satu tahun tertentu sebagai tahun dasar dan digunakan untuk mengetahui pertumbuhan ekonomi secara riil dari tahun ke tahun atau pertumbuhan ekonomi yang tidak dipengaruhi oleh faktor harga.

Ekonomi di Indonesia secara parsial pada tahun 2019 didominasi pada provinsi di pulau Jawa dan Sumatera. DKI Jakarta menduduki posisi tertinggi pada pertumbuhan ekonomi. Nusa Tenggara Timur merupakan provinsi yang termasuk dalam 10 pertumbuhan ekonomi terendah di Indonesia. Nilai yang dicapai oleh provinsi Nusa Tenggara Timur masih berada dibawah target Indonesia pada tahun 2019 yaitu sebesar 5,3 persen [3]. Pertumbuhan ekonomi di Nusa Tenggara Timur memiliki pola naik turun dari tahun 2014. Perubahan laju pertumbuhan ekonomi ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor. Maka dari itu penelitian ini berfokus pada laju pertumbuhan ekonomi di provinsi Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang bisa mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Nusa Tenggara Timur [3].

Berdasarkan data yang digunakan dalam penelitian ini, pola data antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor tidak membentuk pola tertentu, maka dari itu pada penelitian ini menggunakan metode regresi nonparametrik *spline* untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi. Terdapat kuantitas khusus yang sangat penting dan krusial pada regresi nonparametrik *Spline*, yaitu titik knot. Titik knot merupakan titik perpaduan bersama dimana terdapat perubahan pola perilaku dari data. Oleh karena itu, dimana ada perilaku data yang polanya berubah, maka di titik tersebut letak titik knot. Model regresi nonparametrik *spline* terbaik adalah model *spline* yang memiliki titik knot

optimal, dimana metode yang digunakan untuk pemilihan titik knot ini yaitu dengan melihat nilai *Generalized Cross Validation* (GCV). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memodelkan PDRB di provinsi Nusa Tenggara Timur dan memberikan informasi sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan pemerintah untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi di provinsi Nusa Tenggara Timur.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Regresi Nonparametrik Spline

Regresi nonparametrik *spline* merupakan salah satu analisis statistika untuk mengetahui hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen tanpa harus mengetahui bentuk fungsinya atau bentuk kurva regresinya. Regresi nonparametrik *spline* memiliki titik knot yang merupakan titik perpaduan yang menunjukkan perubahan perilaku kurva pada selang yang berbeda [4]. Model regresi nonparametrik secara umum adalah pada Persamaan (1):

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

y_i merupakan variabel respon, x_i merupakan variabel prediktor, $f(x_i)$ merupakan regresi yang membentuk suatu pola, dan ε_i merupakan *error*. Jika terdapat data $(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{pi}, y_i)$ dan hubungan antara kedua data tersebut mengikuti model regresi nonparametrik maka menjadi persamaan (2).

$$y_i = (x_1, x_2, \dots, x_p, y) \quad , i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

f merupakan kurva regresi yang tidak diketahui bentuknya. Apabila kurva regresi f merupakan model aditif dan dihipotesiskan dengan fungsi *spline*, maka model regresi yang diperoleh adalah Persamaan (3)

$$y_j = \sum_{j=1}^p f(x_j) + \varepsilon_j \quad , j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$= f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_p) + \varepsilon_j$$

dimana,

$$f(x_j) = \sum_{h=0}^q \beta_{hj} x_j^h + \sum_{k=1}^m \beta_{(q+k)j} (x_j - k_{jk})_+^q + \varepsilon_j \quad (4)$$

dengan,

$$(x_j - k_{jk})_+^q = \begin{cases} (x_j - k_{jk})^q & , x_j \geq k_{jk} \\ 0 & , x_j \leq k_{jk} \end{cases}$$

$k_{1j}, k_{2j}, \dots, k_{mj}$ adalah titik-titik knot. Persamaan (4) merupakan derajat *Spline* dimana nilai q merupakan derajat polinomial. Persamaan 2 dapat diuraikan seperti persamaan dibawah ini.

$$y_i = \beta_{0i} + \beta_{1i} x_{1i} + \dots + \beta_{q1} x_{1i}^q + a_{11} (x_{1i} - k_{11})_+^q + \dots + a_{m1} (x_{1i} - k_{m1})_+^q + \beta_{02} + \beta_{12} x_{2i} + \dots + \beta_{q2} x_{2i}^q + a_{12} (x_{2i} - k_{12})_+^q + \dots + a_{m2} (x_{2i} - k_{m2})_+^q + \dots + \beta_{0p} + \beta_{1p} x_{pi} + \dots + \beta_{qp} x_{pi}^q + a_{1p} (x_{pi} - k_{1p})_+^q + \dots + a_{mp} (x_{pi} - k_{mp})_+^q + \varepsilon_i \quad (5)$$

B. Estimasi Parameter

Estimasi parameter model regresi nonparametrik *spline* menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Metode ini mengestimasi parameter dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat residual. Dalam notasi

matriks, persamaan regresi nonparametrik *spline* ditulis pada persamaan (6).

$$\underline{y} = \underline{X}\underline{\beta} + \underline{\varepsilon} \quad (6)$$

dimana

$$\underline{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \underline{X} = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & (x_{11} - k_{11})_+ & \dots & x_{p1} & (x_{p1} - k_{mp})_+ \\ 1 & x_{12} & (x_{12} - k_{11})_+ & \dots & x_{p2} & (x_{p2} - k_{mp})_+ \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & (x_{1n} - k_{11})_+ & \dots & x_{pn} & (x_{pn} - k_{mp})_+ \end{pmatrix}, \underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}, \underline{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Persamaan residual dapat ditulis menjadi bentuk persamaan (7).

$$\underline{\varepsilon} = \underline{y} - \underline{X}\underline{\beta} \quad (7)$$

Jumlah kuadrat residual dalam bentuk matriks dapat ditulis seperti Persamaan (8).

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \underline{\varepsilon}'\underline{\varepsilon} \quad (8)$$

$$= \underline{y}'\underline{y} - 2\underline{\beta}'\underline{X}'\underline{y} + \underline{\beta}'\underline{X}'\underline{X}\underline{\beta}$$

Untuk meminimumkan nilai $\underline{\varepsilon}'\underline{\varepsilon}$ maka turunan pertama terhadap $\underline{\beta}$ harus sama dengan nol, sehingga didapatkan Persamaan (9).

$$\frac{\partial(\underline{\varepsilon}'\underline{\varepsilon})}{\partial \underline{\beta}} = 0 \quad (9)$$

Sehingga didapatkan Persamaan (1),

$$-2\underline{X}'\underline{y} + 2\underline{X}'\underline{X}\underline{\hat{\beta}} = 0$$

$$\underline{X}'\underline{X}\underline{\hat{\beta}} = \underline{X}'\underline{y}$$

$$(\underline{X}'\underline{X})^{-1}(\underline{X}'\underline{X})\underline{\hat{\beta}} = (\underline{X}'\underline{X})^{-1} \underline{X}'\underline{y} \quad (10)$$

$$\underline{\hat{\beta}} = (\underline{X}'\underline{X})^{-1} \underline{X}'\underline{y}$$

C. Pemilihan Titik Knot Optimal

Salah satu metode yang sering dipakai dalam memilih titik knot optimal adalah *Generalized Cross Validation* (GCV) [5]. Metode GCV dapat dituliskan seperti Persamaan (11).

$$GCV(k) = \frac{MSE(k)}{[n^{-1} \text{trace}(\mathbf{I} - \mathbf{A})]^2} \quad (11)$$

dimana \mathbf{I} merupakan matriks identitas, n merupakan banyaknya pengamatan, dan $k = k_1, k_2, \dots, k_m$ merupakan titik knot, sehingga didapatkan Persamaan (12)

$$MSE(k) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{f}(x_i))^2 \quad (12)$$

Serta $\mathbf{A} = \underline{X}(\underline{X}'\underline{X})^{-1}\underline{X}'$

D. Pengujian Parameter Model Regresi

Pengujian parameter model regresi dilakukan untuk menentukan variabel prediktor yang berpengaruh terhadap variabel respon.

1) Pengujian Parameter Secara Serentak

Uji serentak adalah uji signifikansi model secara keseluruhan atau untuk mengetahui apakah semua variabel prediktor memberikan pengaruh terhadap variabel respon atau tidak. Diberikan Persamaan (13) yaitu model regresi

Tabel 1.
Tabel ANOVA

Source	df	Sum Square	Mean Square	F _{hitung}
Regression	q + m	$\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$	$\frac{SS_{regresi}}{df_{regresi}}$	
Error	n - (q + m) - 1	$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$	$\frac{SS_{error}}{df_{error}}$	$\frac{MS_{regresi}}{MS_{error}}$
Total	n - 1	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	-	

Tabel 2.
Kriteria Keputusan Uji Durbin Watson

Hipotesis Nol	Kriteria	Keputusan
Tidak terdapat autokorelasi positif	$d < d_L$	Tolak H ₀
Tidak terdapat autokorelasi positif	$d_L < d < d_U$	Tidak dapat disimpulkan
Tidak terjadi autokorelasi positif maupun negatif	$d_U < d < 4 - d_U$	Gagal tolak H ₀
Tidak terdapat autokorelasi negatif	$4 - d_U < d < 4 - d_L$	Tidak dapat disimpulkan
Tidak terdapat autokorelasi negatif	$d > 4 - d_L$	Tolak H ₀

nonparametrik *spline* derajat q dengan knot-knot k_1, k_2, \dots, k_m :

$$y_i = \sum_{h=0}^q \beta_h x_i^h + \sum_{k=1}^m \beta_{q+k} (x_i - k_k)_+^q + \epsilon_i \tag{13}$$

dengan hipotesis yang digunakan adalah

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{q+m} = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, q+m$$

Nilai q+m merupakan banyak parameter dalam model regresi nonparametrik *spline* kecuali β_0 . Statistik uji dalam uji serentak adalah sebagai berikut.

$$F_{hitung} = \frac{MS_{regresi}}{MS_{error}} \tag{14}$$

nilai $MS_{regresi}$ dan MS_{error} didapatkan dari *Analysis of Variance* (ANOVA) yang ditunjukkan pada tabel 1.

Daerah penolakan yang digunakan pada uji serentak adalah Tolak H₀ jika $p\text{-value} < \text{nilai } \alpha$ (0,05) atau $F_{hitung} > F_{tabel} (F_{\alpha; (q+m); n-(q+m)-1})$. Sehingga, menghasilkan kesimpulan bahwa minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon.

2) *Pengujian Parameter Secara Parsial*

Uji parsial merupakan uji signifikansi masing-masing variabel prediktor secara individu. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan uji t [6], dengan hipotesis yang digunakan yaitu:

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, q + m$$

dan statistik uji yang digunakan adalah pada Persamaan (15)

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_k}{\sqrt{\text{var}(\hat{\beta}_k)}} \tag{15}$$

Daerah penolakan yang digunakan adalah Tolak H₀ jika $|t_{hitung}| > t_{tabel}(t_{\alpha/2; (n-(q+m)-1)})$ atau $p\text{-value} < \text{nilai } \alpha$.

E. *Pemeriksaan Asumsi Residual*

Pemeriksaan asumsi residual (*Goodness of fit*) dilakukan untuk mengetahui apakah residual yang dihasilkan telah memenuhi asumsi yang identik, independen, dan berdistribusi normal atau tidak.

1) *Pemeriksaan Asumsi Residual Identik*

Cara mendeteksi asumsi ini menggunakan uji *Glejser* yaitu dengan meregresikan nilai mutlak residual dengan variabel prediktor [7]. Hipotesis yang digunakan sebagai berikut

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2 \text{ (Residual sudah identik)}$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2; i = 1, 2, \dots, n \text{ (Residual tidak identik)}$$

Statistik uji yang digunakan persamaan (16):

$$F_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^n (|\epsilon_i| - |\bar{\epsilon}|)^2 / v - 1}{\sum_{i=1}^n (|\epsilon_i| - |\hat{\epsilon}|)^2 / n - v} \tag{16}$$

nilai $v = p + k$. Keputusan yang diambil adalah Tolak H₀ jika $F_{hitung} < F_{tabel} (F_{\alpha; (v-1); (n-v)})$ atau $p\text{-value} > \text{nilai } \alpha$ maka gagal Tolak H₀ yang berarti bahwa tidak terjadi heteroskedastisitas.

2) *Pemeriksaan Asumsi Residual Independen*

Salah satu cara mendeteksi residual bersifat independen atau tidak yaitu dengan menggunakan uji *Durbin-Watson* [8]. Hipotesis yang digunakan.

$$H_0 : \rho = 0 \text{ (Residual sudah independen atau tidak terdapat autokorelasi)}$$

$$H_1 : \rho \neq 0 \text{ (Residual tidak independen atau terdapat autokorelasi)}$$

Dan statistik uji yang digunakan yaitu pada persamaan (17).

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (\epsilon_i - \epsilon_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2} \tag{17}$$

Dengan keputusan yang digunakan setelah membandingkan dengan tabel *Durbin-Watson* dilihat pada Tabel 2.

3) *Pemeriksaan Asumsi Residual Distribusi Normal*

Pengujian data normal dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* [9]. Adapun uji hipotesis dari pengujian *Kolmogorov-Smirnov* adalah sebagai berikut:

$$H_0 : F(\epsilon) = F_0(\epsilon) \text{ (Residual berdistribusi normal)}$$

$$H_1 : F(\epsilon) \neq F_0(\epsilon) \text{ (Residual tidak berdistribusi normal)}$$

Statistik uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah persamaan (18)

$$KS_{hitung} = \text{Sup}_{\epsilon} |F_n(\epsilon) - F_0(\epsilon)| \tag{18}$$

Keputusan yang diambil adalah tolak H₀ apabila $|KS_{hitung}| < KS_{\alpha; n}$ atau jika nilai $p\text{-value} > \text{nilai } \alpha$ (0,05). $F_n(\epsilon)$ merupakan nilai peluang kumulatif berdasarkan data sampel. $F_0(\epsilon)$ merupakan nilai peluang kumulatif dibawah H₀.

F. *Koefisien Determinasi (R²)*

Tabel 4.
Variabel Penelitian

Variabel	Jenis Variabel	Keterangan
Y	Respon	Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)
X ₁	Prediktor	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)
X ₂	Prediktor	Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)
X ₃	Prediktor	Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

Semakin tinggi nilai koefisien determinasi (R^2), semakin baik pula variabel-variabel prediktor dalam model untuk menjelaskan variabilitas variabel respon [6]. Persamaan (19) merupakan rumus untuk menghitung nilai R^2 .

$$R^2 = \frac{SS_{regresi}}{SS_{Total}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \tag{19}$$

Model regresi yang baik adalah model regresi dengan jumlah parameter yang sedikit tetapi memiliki nilai R^2 yang cukup tinggi.

G. Laju Pertumbuhan Ekonomi

Laju pertumbuhan ekonomi merupakan tingkat perkembangan agregat pendapatan untuk masing-masing tahun dibandingkan tahun sebelumnya, serta memberikan gambaran mengenai kinerja tiap kabupaten/kota dalam memanfaatkan potensi yang ada [3]. Tinggi rendahnya laju pertumbuhan ekonomi dapat dijadikan patokan untuk melihat maju tidaknya perekonomian suatu negara dan juga digunakan untuk mengukur tingkat kesejahteraan masyarakat.

III. METODE PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Nusa Tenggara Timur yang terdiri dari data publikasi Produk Domestik Regional Bruto kabupaten/kota tahun 2019, Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja kabupaten/kota tahun 2019, Tingkat Pengangguran Terbuka kabupaten/kota tahun 2019, dan Indeks Pembangunan Manusia kabupaten/kota tahun 2019. Unit penelitian terdiri dari 22 kabupaten/kota di provinsi Nusa Tenggara Timur. Adapun struktur data sebagai berikut.

B. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan dua jenis variabel, yaitu variabel respon dan variabel prediktor. Tabel 3 merupakan variabel respon dan variabel prediktor yang digunakan. Definisi operasional variabel:

1. PDRB adalah salah satu indikator penting untuk mengetahui kondisi ekonomi di suatu daerah dalam suatu periode tertentu.
2. TPAK merupakan indikator ketenagakerjaan yang memberikan gambaran tentang penduduk yang aktif secara ekonomi atau dapat disebut persentase dari jumlah angkatan kerja terhadap jumlah penduduk usia kerja.

Tabel 3.
Statistika Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Satuan	Mean	Varians	Min.	Maks.
PDRB (Y)	Milyar	3,2	10,573	0,75	16,764
TPAK (X ₁)	Persen	69,03	22,5	58,75	79,67
TPT (X ₂)	Persen	3,278	3,793	0,95	9,78
IPM (X ₃)	Persen	63,991	18,19	56,66	79,55

3. TPT adalah persentase jumlah pengangguran terhadap jumlah angkatan kerja (usia 15 sampai 64 tahun).
4. IPM mengukur capaian pembangunan berbasis sejumlah komponen dasar kualitas hidup. IPM dibangun melalui pendekatan tiga dimensi dasar yaitu umur panjang dan sehat, pengetahuan, serta kehidupan yang layak.

C. Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data.
2. Melakukan analisis statistika deskriptif.
3. Membuat *scatterplot* antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor.
4. Memodelkan data PDRB dengan menggunakan Regresi Nonparametrik *Spline* dengan beberapa titik knot.
5. Menentukan titik knot optimal dengan melihat nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) yang paling minimum.
6. Mendapatkan model Regresi Nonparametrik *Spline* dengan titik knot optimal.
7. Melakukan uji signifikansi parameter secara serentak dan parsial. Jika ada variabel yang tidak signifikan maka akan dikeluarkan dari model.
8. Melakukan uji asumsi residual identik, independen, dan berdistribusi normal. Jika data tidak berdistribusi normal, maka harus di transformasi dan mengulang dari langkah 3.
9. Menghitung koefisien determinasi (R^2).
10. Interpretasi model serta membuat kesimpulan dan saran.

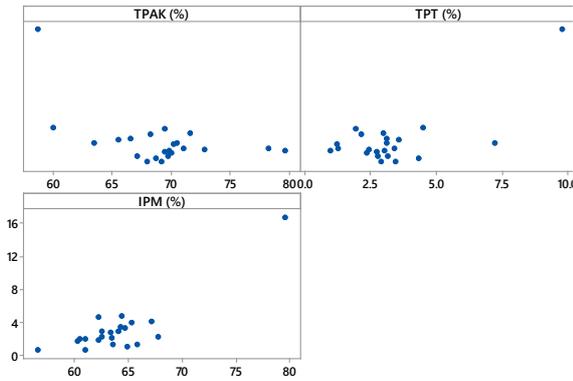
IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas karakteristik tentang Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang merupakan indikator pertumbuhan ekonomi dengan beberapa faktor yang diduga mempengaruhi serta pemodelan PDRB menggunakan Regresi Nonparametrik *Spline*.

A. Karakteristik Data

Karakteristik Produk Domestik Regional Bruto dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya di provinsi Nusa Tenggara Timur dapat diketahui dengan menggunakan statistika deskriptif. Statistika deskriptif yang digunakan pada penelitian ini yaitu nilai *mean*, varians, minimum, dan maksimum dari setiap variabel pada kabupaten/kota di provinsi Nusa Tenggara Timur tahun 2019.

Tabel 4 menunjukkan hasil statistika deskriptif dari variabel produk domestik regional bruto dan variabel-variabel yang diduga mempengaruhi. Dari hasil tersebut diketahui bahwa rata-rata PDRB di Nusa Tenggara Timur sebesar 3,2 milyar dengan nilai varians 10, 573 dimana nilai tersebut cukup kecil yang artinya tidak terlalu bervariasi.



Gambar 1. Scatterplot Variabel Respon dengan Setiap Variabel Prediktor.

Tabel 5. Titik Knot Optimum

Titik Knot	X ₁	X ₂	X ₃
1	67,289	4,554	66,003
2	67,289	4,554	66,003
	79,67	9,78	79,55
	61,312	2,031	59,463
3	61,739	2,211	59,93
	67,289	4,554	66,003
	67,289	2,031	66,003
Kombinasi		2,211	
		4,554	

Nilai PDRB terkecil 0.75 Milyar yaitu di kabupaten Sumba Tengah dan PDRB tertinggi 16,764 Milyar yaitu di kota Kupang.

Dari ketiga variabel prediktor diketahui bahwa variabel yang memiliki nilai variasi tertinggi yaitu TPAK sebesar 22,5 yang artinya variasi dari data ini cukup beragam.

B. Pola Hubungan PDRB dengan Faktor-Faktor yang diduga Berpengaruh

Langkah awal yang dilakukan dalam menggunakan analisis regresi adalah membuat *scatterplot*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor. Pola hubungan tersebut digunakan untuk menentukan metode regresi yang akan digunakan.

Gambar 1 merupakan bentuk pola hubungan antara variabel respon dengan masing-masing variabel prediktor. *Scatterplot* yang ditunjukkan memiliki bentuk pola yang terbentuk cenderung menyebar dan tidak memiliki pola tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat komponen nonparametrik dimana fungsi dari kurva regresi tidak diketahui.

C. Pemilihan Titik Knot Optimum

Titik knot yang optimal (Tabel 5) dilihat dari nilai GCV (*Generalized Cross Validation*) yang paling minimum. Pada analisis ini pemilihan titik knot optimal dengan satu titik knot, dua titik knot, tiga titik knot, dan kombinasi titik knot.

D. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan titik knot optimum dilihat dari nilai GCV minimum dari perbandingan nilai GCV minimum yang diperoleh dari satu titik knot, dua titik knot, tiga titik knot, dan kombinasi titik knot. Berikut tabel 6 merupakan perbandingan dari beberapa titik knot.

Tabel 6. Perbandingan Nilai GCV

Jumlah Knot	GCV
1 Titik Knot	1,193
2 Titik Knot	1,193
3 Titik Knot	1,319
Kombinasi (1-3-1)	0,932

Tabel 7. Hasil Pengujian Secara Serentak

Sumber	df	SS	MS	F _{hitung}	P-Value
Regresi	8	214,878	26,86	48,778	1,87 × 10 ⁻⁸
Error	13	7,159	0,551		
Total	21	222,036			

Pada tabel 6 menunjukkan bahwa nilai GCV paling minimum dihasilkan oleh model regresi nonparametrik *spline* dengan kombinasi titik knot. Berikut merupakan bentuk model regresi nonparametrik *spline* dari hasil titik knot optimum.

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{11} x_1 + \hat{\beta}_{12} (x_1 - k_{11})_+^1 + \hat{\beta}_{21} x_2 + \hat{\beta}_{22} (x_2 - k_{21})_+^1 + \hat{\beta}_{23} (x_2 - k_{22})_+^1 + \hat{\beta}_{24} (x_2 - k_{23})_+^1 + \hat{\beta}_{31} x_3 + \hat{\beta}_{32} (x_3 - k_{31})_+^1$$

E. Pengujian Signifikansi Parameter Model

Pengujian signifikansi parameter model dilakukan untuk mengetahui apakah variabel-variabel prediktor memberikan pengaruh secara signifikan terhadap model.

1) Pengujian Parameter Serentak

Pengujian parameter secara serentak digunakan untuk mengetahui apakah variabel prediktor berpengaruh secara serentak terhadap model dengan hipotesis yang digunakan adalah.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_8 = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, 8$$

Tabel 7 merupakan tabel ANOVA dari model Regresi Nonparametrik *Spline*.

Berdasarkan tabel 7 didapatkan nilai *F_{hitung}* sebesar 48,778 yang kemudian dibandingkan dengan nilai *F_(8;13; 0,05)* sebesar 2,77 dan nilai *p-value* 1,87 × 10⁻⁸ yang kurang dari nilai α (0,05) maka diambil keputusan tolak *H₀* artinya minimal ada satu parameter yang signifikan terhadap model.

2) Pengujian Parameter Individu

Pada hasil pengujian serentak didapatkan kesimpulan bahwa minimal terdapat satu parameter yang signifikan terhadap model. Untuk mengetahui parameter tersebut dilakukan pengujian secara individu pada variabel-variabel prediktor menggunakan uji *t* dengan hipotesis yang digunakan seperti berikut.

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0; k = 1, 2, \dots, 8$$

Tabel 8 merupakan hasil pengujian parameter secara individu dari model regresi nonparametrik *spline*.

Tabel 8 menunjukkan bahwa ada beberapa parameter yang tidak signifikan terhadap model karena memiliki nilai *p-value* lebih besar dari nilai α (0,05). Pada parameter β_0 berpengaruh signifikan terhadap model karena memiliki nilai kurang dari nilai α (0,05). Variabel yang berpengaruh signifikan karena dalam variabel tersebut terdapat minimal satu parameter yang signifikan terhadap model. Sehingga,

Tabel 9.
Hasil Pengujian Parameter Secara Individu

Variabel	Parameter	Estimator	T	P-Value	Keputusan
X ₁	β_0	28.162	2.77	0.015	Signifikan
	β_1	-0.574	-4.267	0.001	Signifikan
	β_2	0.575	3.315	0.006	Signifikan
X ₂	β_3	2.695	2.122	0.054	Tidak Signifikan
	β_4	-16.413	-2.740	0.017	Signifikan
	β_5	12.918	2.464	0.028	Signifikan
X ₃	β_6	0.922	1.494	0.159	Tidak Signifikan
	β_7	0.158	1.989	0.068	Tidak Signifikan
	β_8	0.584	3.301	0.006	Signifikan

Tabel 10.
Hasil Pemeriksaan Residual Identik

Sumber	df	SS	MS	F _{hitung}	P-Value
Regresi	8	1,293	0,162	1,069	0,439
Error	13	1,966	0,151		
Total	21	3,259			

pada penelitian ini ketiga variabel prediktor berpengaruh secara signifikan terhadap PDRB sebagai indikator pertumbuhan ekonomi di Nusa Tenggara Timur.

F. Pemeriksaan Asumsi Residual

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

1) Pemeriksaan Asumsi Residual Identik

Pemeriksaan asumsi identik ini dilakukan menggunakan uji *Glejser* dengan hipotesis seperti berikut.
 $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_{22}^2 = \sigma^2$ (Residual sudah identik)
 $H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2; i = 1, 2, \dots, 22$ (Residual tidak identik)

Hasil pemeriksaan asumsi residual identik dengan menggunakan uji *Glejser* ditunjukkan pada tabel 9.

Berdasarkan tabel 9 diperoleh nilai F_{hitung} (1,069) dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai $F_{(8;13;0.05)}$ (2,77). Nilai *p-value* yang didapatkan 0,439 dimana nilai tersebut lebih besar dari nilai α (0,05) sehingga gagal tolak H_0 . Artinya pada penelitian ini tidak terjadi heteroskedastisitas atau sudah memenuhi asumsi identik.

2) Pemeriksaan Asumsi Residual Independen

Pemeriksaan asumsi residual identik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan uji *Durbin-Watson* dengan hipotesis.

$H_0 : \rho = 0$ (Residual sudah independen atau tidak terdapat autokorelasi)
 $H_1 : \rho \neq 0$ (Residual tidak independen atau terdapat autokorelasi)

Dan hasil yang didapatkan adalah pada Tabel 10.

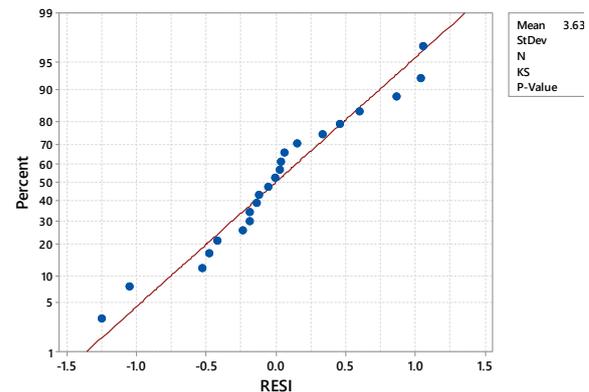
Mengikuti kriteria pengambilan keputusan yang ditunjukkan pada tabel 2 hasil pengujian yang dihasilkan pada tabel 10 diketahui bahwa nilai $d_u < d < 4 - d_u$ yang menghasilkan keputusan gagal tolak H_0 . Artinya residual pada penelitian ini tidak terdapat autokorelasi dan sudah memenuhi asumsi residual independen.

3) Pemeriksaan Asumsi Residual Distribusi Normal

Metode yang digunakan untuk pemeriksaan asumsi residual distribusi normal adalah dengan menggunakan uji

Tabel 8.
Hasil Pemeriksaan Residual Independen

Nilai d	Nilai d_L	Nilai d_U	Nilai $4 - d_U$	Nilai $4 - d_L$
2.091	1.0529	1.664	2.336	2.947



Gambar 2. Plot Residual Distribusi Normal.

Kolmogorov-Smirnov, serta dilakukan pemeriksaan secara visual dengan melihat *Normal Probability Plot Residual*. Hipotesis yang digunakan pada pemeriksaan asumsi residual distribusi normal adalah sebagai berikut.

$H_0 : F(\epsilon) = F_0(\epsilon)$ (Residual berdistribusi normal)
 $H_1 : F(\epsilon) \neq F_0(\epsilon)$ (Residual tidak berdistribusi normal)

Gambar 2 merupakan hasil pemeriksaan asumsi residual normal dan hasil pemeriksaan pola plot residual.

Nilai $|KS_{hitung}|$ yang didapatkan adalah 0.141 dimana nilai tersebut lebih kecil dari $KS_{0.05;22}$ yaitu 0.281. Secara visual yang ditunjukkan pada gambar 2 residual pada penelitian ini sudah memenuhi asumsi distribusi normal karena data mengikuti garis normal. Nilai *p-value* yang dihasilkan lebih besar 0.150 dimana nilai tersebut juga lebih besar dari nilai α (0,05) yang memberikan keputusan gagal tolak H_0 . Sehingga, pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa residual sudah memenuhi asumsi residual distribusi normal.

4) Koefisien Determinasi

Nilai koefisien determinasi (R^2) menunjukkan seberapa besar kebaikan model regresi. Berikut merupakan hasil perhitungan koefisien determinasi.

$$R^2 = \frac{SS_{regresi}}{SS_{total}} \times 100\% = \frac{214,878}{222,036} \times 100\% = 96,78 \%$$

Dari hasil perhitungan koefisien determinasi didapatkan hasil 96,78% yang artinya model regresi nonparametrik *spline* mampu menjelaskan variabilitas Produk Domestik Regional Bruto di Nusa Tenggara Timur sebesar 96,78 persen, sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak termasuk dalam model. Nilai koefisien determinasi tersebut mendekati angka 100 persen sehingga model dapat dikatakan baik.

H. Interpretasi Model

Tabel 14.
Kabupaten/Kota Interval Pertama TPAK

No.	Kabupaten/Kota	No.	Kabupaten/Kota
1	Kupang	4	Sikka
2	Belu	5	Flores Timur
3	Flores Timur	6	Kota Kupang

Tabel 15.
Kabupaten/Kota Interval Kedua TPAK

No.	Kabupaten/Kota	No.	Kabupaten/Kota
1	Sumba Barat	9	Manggarai
2	Sumba Timur	10	Rote Ndao
3	Timor Tengah Selatan	11	Manggarai Barat
4	Timor Tengah Utara	12	Sumba Tengah
5	Alor	13	Sumba Barat Daya
6	Lembata	14	Manggarai Timur
7	Ende	15	Sabu Raijua
8	Ngada	16	Malaka

Pemodelan regresi nonparametrik *spline* pada Produk Domestik Regional Bruto sebagai indikator pertumbuhan ekonomi tahun 2019 di Nusa Tenggara Timur dengan model terbaik yaitu menggunakan kombinasi titik knot 1-3-1. Berikut merupakan bentuk model terbaik regresi nonparametrik *spline* dengan kombinasi titik knot dan nilai parameternya.

$$\hat{y} = 28,162 - 0,574 x_1 + 0,575 (x_1 - 67,289)_+^1 + 2,695 x_2 - 16,413 (x_2 - 2,031)_+^1 + 12,918 (x_2 - 2,211)_+^1 + 0,922 (x_2 - 4,554)_+^1 + 0,158 x_3 + 0,584 (x_3 - 66,003)_+^1$$

Berdasarkan model tersebut dapat diinterpretasikan pada masing-masing variabel seperti berikut.

1. Pengaruh Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (X_1) terhadap Produk Domestik Regional Bruto dengan asumsi variabel lain dianggap tetap atau konstan dapat dimodelkan seperti berikut.

$$\hat{y} = -0,574 x_1 + 0,575 (x_1 - 67,289)_+^1 + C$$

$$\begin{cases} -0,574 x_1 & x_1 < 67,289 \\ -38,691 + 0,001 x_1 & x_1 \geq 67,289 \end{cases}$$

Berdasarkan bentuk model di atas, dapat diketahui bahwa apabila jumlah tingkat partisipasi angkatan kerja dalam setiap kabupaten/kota kurang dari 67,29 maka tiap kenaikan sebesar satu satuan akan mengakibatkan penurunan produk domestik regional bruto sebesar 0,574 milyar. Tabel 11 merupakan tabel yang menunjukkan wilayah dalam interval pertama.

Selanjutnya pada interval kedua, apabila jumlah tingkat partisipasi angkatan kerja dalam setiap kabupaten/kota berada lebih dari 67,29 maka tiap kenaikan sebesar satu satuan akan meningkatkan produk domestik regional bruto sebesar 0,001 milyar. Wilayah yang termasuk dalam interval kedua yaitu ditampilkan dalam Tabel 12.

2. Pengaruh Tingkat Pengangguran Terbuka (X_2) terhadap Produk Domestik Regional Bruto dengan asumsi variabel lain dianggap tetap atau konstan dapat dimodelkan seperti berikut.

$$\hat{y} = 2,695 x_2 - 16,413 (x_2 - 2,031)_+^1 + 12,9182 (x_2 - 2,211)_+^1 + 0,922 (x_2 - 4,554)_+^1 + C$$

Tabel 11.
Kabupaten/Kota Interval Pertama TPT

No.	Kabupaten/Kota	No.	Kabupaten/Kota
1	Timor Tengah Selatan	3	Sumba Barat Daya
2	Timor Tengah Utara	4	Manggarai Timur

Tabel 12.
Kabupaten/Kota Interval Kedua TPT

No.	Kabupaten/Kota
1	Sumba Timur

Tabel 13.
Kabupaten/Kota Interval Ketiga TPT

No.	Kabupaten/Kota	No.	Kabupaten/Kota
1	Sumba Barat	9	Manggarai
2	Kupang	10	Rote Ndao
3	Alor	11	Manggarai Barat
4	Lembata	12	Sumba Tengah
5	Flores Timur	13	Nagekeo
6	Sikka	14	Sabu Raijua
7	Ende	15	Malaka
8	Ngada		

$$\begin{cases} 2,695 x_2 & x_2 < 2,031 \\ 33,335 - 13,718 x_2 & 2,031 \leq x_2 < 2,211 \\ 4,773 - 0,8 x_2 & 2,211 \leq x_2 < 4,554 \\ 0,574 + 0,122 x_2 & x_2 \geq 4,554 \end{cases}$$

Terdapat empat interval pada model yang diperoleh. Apabila tingkat pengangguran terbuka di suatu kabupaten/kota bernilai kurang dari 2,031 maka setiap kenaikan satu satuan akan menaikkan produk domestik regional bruto sebesar 2,695 milyar. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval pertama yaitu ditampilkan pada Tabel 13.

Selanjutnya, jika tingkat pengangguran terbuka disuatu kabupaten/kota berada dikisaran 2,031 sampai 2,211 maka setiap kenaikan satu satuan akan menurunkan produk domestik regional bruto sebesar 13,718 milyar dengan wilayah yang termasuk dalam interval kedua ditunjukkan pada tabel 14.

Kabupaten/kota dengan nilai tingkat pengangguran terbuka berada diantara 2,211 sampai 4,554 maka setiap kenaikan satu satuan akan menurunkan produk domestik regional bruto sebesar 0,8 milyar. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini ditampilkan pada Tabel 15.

Selanjutnya pada interval keempat, apabila jumlah tingkat pengangguran terbuka dalam setiap kabupaten/kota berada lebih dari 4,554 maka tiap kenaikan sebesar satu satuan akan meningkatkan produk domestik regional bruto sebesar 0,122 milyar. Wilayah yang termasuk dalam interval kedua ditampilkan pada Tabel 16.

3. Pengaruh Indeks Pembangunan Manusia (X_3) terhadap Produk Domestik Regional Bruto dengan asumsi variabel lain dianggap tetap atau konstan dapat dimodelkan seperti berikut.

$$\hat{y} = 0,158 x_3 + 0,584 (x_3 - 66,003)_+^1 + C$$

$$\begin{cases} 0,158 x_3 & x_3 < 66,003 \\ -38,546 + 0,742 x_3 & x_3 \geq 66,003 \end{cases}$$

Berdasarkan bentuk model di atas, dapat diketahui bahwa apabila jumlah indeks pembangunan manusia dalam setiap kabupaten/kota kurang dari 66,003 maka tiap kenaikan sebesar satu satuan akan meningkatkan produk domestik regional bruto sebesar 0,158 milyar. Tabel 17

Tabel 16.
Kabupaten/Kota Interval Keempat TPT

No.	Kabupaten/Kota
1	Belu
2	Kota Kupang

Tabel 17.
Kabupaten/Kota Interval Pertama IPM

No.	Kabupaten/Kota	No.	Kabupaten/Kota
1	Sumba Barat	11	Manggarai
2	Sumba Timur	12	Rote Ndao
3	Kupang	13	Manggarai Barat
4	Timor Tengah Selatan	14	Sumba Tengah
5	Timor Tengah Utara	15	Sumba Barat Daya
6	Belu	16	Nagekeo
7	Alor	17	Manggarai Timur
8	Lembata	18	Sabu Raijua
9	Flores Timur	19	Malaka
10	Sikka		

Tabel 18.
Kabupaten/Kota Interval Kedua IPM

No.	Kabupaten/Kota
1	Ende
2	Ngada
3	Kota Kupang

merupakan tabel yang menunjukkan wilayah dalam interval pertama.

Apabila jumlah tingkat partisipasi angkatan kerja dalam setiap kabupaten/kota berada lebih dari 66,003 maka tiap kenaikan sebesar satu satuan akan meningkatkan produk domestik regional bruto sebesar 0,742 milyar. Wilayah yang termasuk dalam interval kedua yaitu ditampilkan dalam Tabel 18.

V. KESIMPULAN & SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan seperti berikut: (1) Pada tahun 2019 produk domestik regional bruto (PDRB) di Nusa Tenggara Timur mencapai 52, 461 milyar rupiah. PDRB tertinggi terletak di kota Kupang yaitu sebesar 16,764 milyar rupiah, sedangkan untuk PDRB terendah terletak di kabupaten Sumba Tengah

yaitu hanya sebesar 0,75 milyar rupiah. Rata-rata nilai PDRB di Nusa Tenggara Timur mencapai 3,2 milyar rupiah. (2) Model regresi nonparametrik *spline* untuk PDRB di Nusa Tenggara Timur terbaik yaitu menggunakan kombinasi titik knot 1-3-1. Berikut model regresi yang didapatkan

$$\hat{y} = 28,162 - 0,574 x_1 + 0,575 (x_1 - 67,289)_+^1 + 2,695 x_2 - 16,413 (x_2 - 2,031)_+^1 + 12,918 (x_2 - 2,211)_+^1 + 0,922 (x_2 - 4,55)_+^1 + 0,158 x_3 + 0,584 (x_3 - 66,003)_+^1$$

Variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap produk domestik regional bruto di Nusa Tenggara Timur adalah TPAK, TPT, dan IPM. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan yaitu sebesar 96,78% yang artinya bahwa model regresi nonparametrik *spline* yang didapatkan merupakan model yang baik.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini yaitu, bagi pemerintah Nusa Tenggara Timur sebaiknya memperhatikan variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap produk domestik regional bruto di Nusa Tenggara Timur sebagai bahan pertimbangan mengenai kesenjangan ekonomi yang akan terjadi untuk kedepannya di Nusa Tenggara Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Boediono, *Teori Pertumbuhan Ekonomi*. Yogyakarta: BPFE UGM, 1999.
- [2] D. Susilowati and M. S. W. Suliswanto, *Pertumbuhan Ekonomi, Indeks Pembangunan Manusia, Utang Luar Negeri dan Kemiskinan (Kajian Teoritis Di Indonesia)*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang, 2015.
- [3] BPS, *Nusa Tenggara Timur Dalam Angka 2020*. Nusa Tenggara Timur: Badan Pusat Statistik, 2020.
- [4] R. Eubank, *Spline Smoothing and Nonparametric Regression*. New York: Marcel Dekker, 1999.
- [5] I. N. Budiantara, "Model keluarga spline polinomial truncated dalam regresi semiparametrik," *J. Mat. Ilmu Pengetah. Alam dan pengajarannya*, pp. 1–16, 2007.
- [6] N. R. Drapper and H. Smith, *Applied Regression Analysis*. New York: Wiley, 1998.
- [7] D. N. Gujarati, *Basic Econometric 4th Edition*. New York: McGraw-Hill, Inc, 2004.
- [8] N. R. Draper and H. Smith, *Analisis Regresi Terapan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1992.
- [9] W. Daniel, *Statistika Nonparametrik*. Jakarta: PT. Gramedia, 1989.