

## Model regresi nonparametrik dengan pendekatan spline (Studi kasus: Gizi buruk di Kota Makassar)

Wahidah Alwi<sup>1\*</sup>, Adiatma<sup>1</sup>, Adnan Sauddin<sup>1</sup>, Adhe Faradila<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Matematika

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Jl. H. M. Yasin Limpo No. 36, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia. 92113

\*E-mail: [wahidah.alwi@uin-alauddin.ac.id](mailto:wahidah.alwi@uin-alauddin.ac.id)

**Abstrak:** Penelitian ini membahas tentang pemodelan gizi buruk di Kota Makassar melalui pendekatan regresi nonparametrik spline. Mengingat bahwa hubungan antara tingkat gizi buruk pada balita di Kota Makassar dengan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya tidak membentuk pola tertentu. Sehingga penulis menggunakan pemodelan regresi nonparametrik spline. Metode spline sangat baik dalam memodelkan data yang memiliki pola yang berubah-ubah pada sub-sub interval tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan empat faktor yang diduga mempengaruhi persentase gizi buruk balita di Kota Makassar. Faktor-faktor tersebut adalah Berat Badan Lahir Rendah (BBLR), balita yang mendapatkan pelayanan kesehatan, balita yang mendapatkan vitamin A dan balita yang mendapatkan ASI eksklusif. Data Profil Dinas Kesehatan Kota Makassar tahun 2021 mencakup persentase gizi buruk pada balita serta empat faktor yang diduga memengaruhinya. Melalui penggunaan regresi nonparametrik spline, dihasilkan bahwa semua variabel prediktor mempengaruhi persentase gizi buruk balita di Kota Makassar, dengan nilai  $R^2$  sebesar 98,74%. Ini berarti model regresi nonparametrik spline yang diperoleh mampu menjelaskan 98,74% dari variasi persentase gizi buruk balita.

**Kata Kunci:** nonparametrik, persentase gizi buruk balita, regresi, spline

**Abstract:** This study discusses the modeling of malnutrition in Makassar City through a spline nonparametric regression approach. Given that the relationship between the level of malnutrition in toddlers in Makassar City and the factors that are thought to influence it does not form a certain pattern. So the author uses spline nonparametric regression modeling. The spline method is very good at modeling data that has a changing pattern at certain sub-intervals. This study uses four factors that are thought to affect the percentage of under-five malnutrition in Makassar City. These factors are Low Birth Weight (LBW), toddlers who get health services, toddlers who get vitamin A and toddlers who get exclusive breastfeeding. Data from the Makassar City Health Office Profile in 2021 includes the percentage of malnutrition in children under five and the four factors that are thought to influence it. Through the use of spline nonparametric regression, it was found that all predictor variables influenced the percentage of under-five malnutrition in Makassar City, with an  $R^2$  value of 98.74%. This means that the nonparametric spline regression model obtained is able to explain 98.74% of the variation in the percentage of under-five malnutrition.

**Keywords:** nonparametric, percentage of malnutrition in toddlers, regression, spline

### PENDAHULUAN

**M**asalah kesehatan di Indonesia melibatkan peningkatan angka kematian pada anak balita, yang sebagian besar disebabkan oleh kekurangan gizi. Pemenuhan gizi yang memadai memiliki dampak besar pada kesehatan, terutama dalam hal ketahanan anak balita terhadap penyakit (Dewi, 2012). Daya tahan tubuh yang meningkat akan diperoleh dengan pemenuhan kebutuhan gizi, membuat tubuh lebih resisten terhadap penyakit. Namun, berdasarkan informasi dari Dinas Kesehatan Republik Indonesia, sekitar 4% atau sekitar 900 ribu balita di seluruh Indonesia mengalami

Cara Sitasi:

Alwi, W., Adiatma, A., Sauddin, A., Faradila, A. (2025). Model regresi nonparametrik dengan pendekatan spline (Studi kasus: Gizi buruk di Kota Makassar). *Teknosains: Media Informasi dan Teknologi*, 19(1), 7-16. <https://doi.org/10.24252/teknosains.v19i1.52467>

kekurangan gizi. Situasi ini menyebabkan Indonesia masuk dalam lima besar negara dengan jumlah balita mengalami gizi buruk (Siswono, 2012).

MDGs adalah sebuah deklarasi Millenium merupakan sebuah deklarasi hasil kesepakatan antara kepala negara dan perwakilan dari 189 negara anggota PBB. Deklarasi ini mencakup 8 tujuan utama dengan 18 target dan 48 indikator yang digunakan untuk mengukur pencapaian dalam pembangunan masyarakat dan kesejahteraan rakyat hingga Tahun 2015 (Surbakti, 2007). Delapan tujuan pembangunan MDGs mencakup upaya penanggulangan kemiskinan dan kelaparan, pencapaian pendidikan dasar untuk semua,endorongan kesetaraan gender dan pemberdayaan perempuan, penurunan angka kematian anak, peningkatan kesehatan ibu, perang melawan HIV/AIDS dan malaria beserta penyakit menular lainnya, menjamin keberlanjutan lingkungan hidup, dan mengembangkan kerja sama global untuk pembangunan (Surbakti, 2007).

Kasus Kurang Energi Protein (KEP) menjadi salah satu permasalahan gizi utama yang sering dihadapi oleh balita. Pada tahun 2018 persentase gizi buruk di Indonesia sebesar 17,7%. (Riskesmas, 2013). Gizi buruk di Indonesia masih menjadi masalah Kesehatan masyarakat dan mendekati prevalensi tinggi, sedangkan sasaran *Sustainable Development Goals* (SDGs) tahun 2019 yaitu 17%. Secara nasional Sulawesi Selatan berada di urutan 10 prevalensi gizi buruk-kurang di atas angka nasional yaitu sekitar 21,2%-33,1% (Riskesmas, 2013). Di Kota Makassar tahun 2021 prevalensi status gizi buruk sebesar 18,8% (Kemenkes, 2021).

Berbagai riset telah dilakukan terkait isu gizi buruk, seperti penelitian oleh Hayati (2009) yang memfokuskan pada faktor-faktor yang berpengaruh terhadap gizi buruk pada balita di Jawa Timur dengan menggunakan metode Analisis Diskriminan. Selain itu, Marice (2006) melakukan penelitian terkait klasifikasi status gizi balita dengan menerapkan pendekatan diskriminan bootstrap. Sebelumnya, Mubarak (2012) menggunakan metode regresi spline untuk menganalisis regresi spline multivariabel dalam pemodelan kematian akibat demam berdarah dengue (DBD) di Jawa Timur, sedangkan Dewi (2012) menggali permasalahan faktor-faktor yang memengaruhi tingkat gizi buruk di Jawa Timur melalui pendekatan regresi nonparametrik spline.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, penulis mencoba menerapkan di Kota Makassar yaitu memodelkan tingkat gizi buruk yang ada di Kota Makassar dengan pendekatan regresi nonparametrik spline. Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi tingkat gizi buruk di Kota Makassar salah satunya adalah dengan menggunakan analisis regresi nonparametrik. Mengingat bahwa hubungan antara tingkat gizi buruk di Kota Makassar dengan faktor-faktor yang diduga memengaruhinya tidak membentuk pola tertentu. Sehingga penulis menggunakan pemodelan regresi nonparametrik dengan pendekatan spline. Metode spline sangat baik dalam memodelkan data yang memiliki pola yang berubah-ubah pada sub-sub interval tertentu (Alwi, 2023). Spline merupakan model yang mempunyai interpretasi statistik dan interpretasi visual serta mempunyai kemampuan yang sangat baik untuk digeneralisasikan pada pemodelan statistika yang kompleks dan rumit (Budiantara, 2009). Salah satu metode untuk memilih parameter penghalus optimal dalam estimator spline yaitu *Generalised Cross Validation* (GCV) (Wahba, 1990).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka peneliti melakukan penelitian yang bertujuan untuk membuat pemodelan regresi nonparametrik dengan pendekatan spline untuk kasus gizi buruk di Kota Makassar. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemodelan data kesehatan, khususnya dalam menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kasus gizi buruk di Kota Makassar. Dengan pendekatan

regresi nonparametrik berbasis spline, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih fleksibel dan akurat dibandingkan metode parametrik konvensional. Penelitian ini juga dapat menjadi dasar penyusunan rekomendasi kebijakan kesehatan yang lebih tepat sasaran, optimalisasi intervensi gizi berdasarkan pola data yang ditemukan, serta pengembangan metode analisis yang dapat diterapkan pada studi epidemiologi serupa di berbagai daerah.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*). Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder. Data-data sekunder yang digunakan berasal dari Dinas Kesehatan Kota Makassar Tahun 2021 untuk variabel Gizi buruk, Berat Badan Lahir Rendah (BBLR), Balita yang mendapatkan pelayanan kesehatan, Balita yang mendapatkan vitamin A dan Balita yang mendapatkan ASI Eksklusif. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *software R Studio* dan *Microsoft Office Excel*.

Untuk mencapai tujuan dari penelitian maka langkah-langkah yang diambil adalah sebagai berikut: (1) Data tingkat gizi buruk di Kota Makassar pada tahun 2021; (2) Membuat statistika deskriptif dari masing-masing variabel dan mengetahui karakteristik tingkat gizi buruk di Kota Makassar; (3) Membuat *scatter plot* antara tingkat gizi buruk (y) dengan masing-masing variabel prediktor; (4) Model tingkat gizi buruk di Kota Makassar dengan pendekatan spline untuk satu, dua, dan tiga titik knot; (5) Memilih titik knot optimal terbaik berdasarkan nilai GCV minimal; (6) Memodelkan tingkat gizi buruk di Kota Makassar dengan variabel prediktornya menggunakan spline dengan knot optimal; (7) Pengujian signifikansi parameter dan pengujian asumsi residual terbaik pada regresi spline; dan (8) Interpretasi hasil dan membuat kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Deskriptif

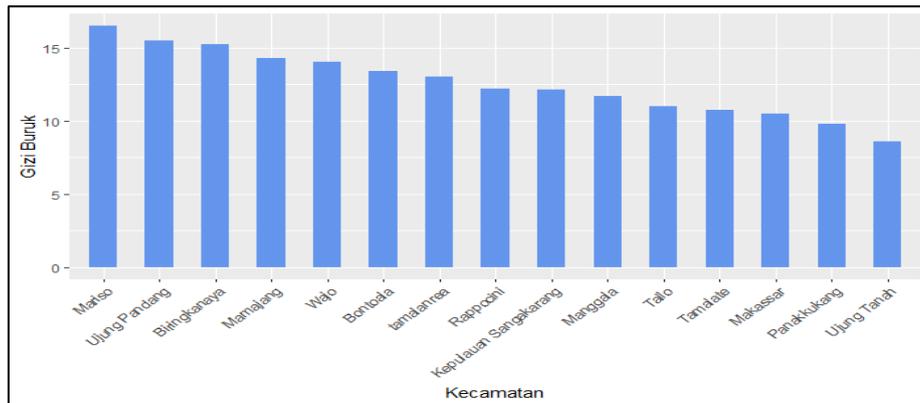
Statistik deskriptif gizi buruk di Kota Makassar dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa Gizi Buruk terendah sebesar 8,6 persen yang berada di Kecamatan Ujung Tanah, sedangkan yang tertinggi sebesar 12,57 persen berada di Kecamatan Mariso.

Tabel 1. Statistika deskriptif persentase gizi buruk balita dan 4 faktor yang diduga berpengaruh

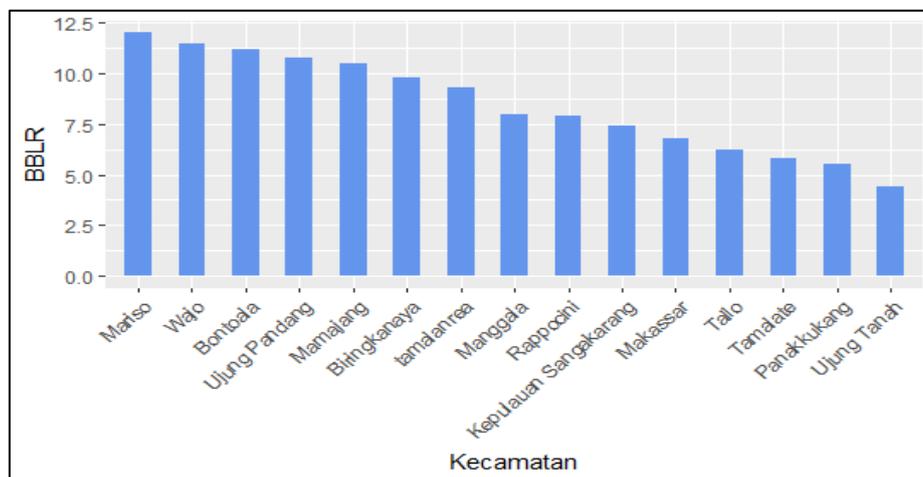
Variabel	Mean	Varians	Minimum	Maximum
$Y$	12,57	5,11	8,6	16,50
$X_1$	8,47	5,94	4,4	12,00
$X_2$	77,6	54,4	65,0	90,0
$X_3$	69,03	31,44	60,00	78,00
$X_4$	59,33	68,52	45,00	72,00

Diagram persentase gizi buruk di Kota Makassar dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa tingkat gizi buruk pada balita di seluruh kecamatan di Kota Makassar Tahun 2021 masih cukup tinggi. Tiga kecamatan dengan persentase gizi buruk balita tertinggi di Kota Makassar adalah Kecamatan Mariso dengan 16,5 persen, Kecamatan Ujung Pandang dengan persentase yang tidak disebutkan, dan Kecamatan Biringkanaya dengan 15,2 persen. Di sisi lain, tiga kecamatan dengan persentase gizi buruk balita terendah adalah Kecamatan Makassar dengan 10,5 persen, Kecamatan Panakkukang dengan 9,8 persen, dan Kecamatan Ujung Tanah dengan 8,6

persen. Selanjutnya Gambar 2 merupakan persentase BBLR (Berat Badan Lahir Rendah) berdasarkan kecamatan di Kota Makassar tahun 2021.

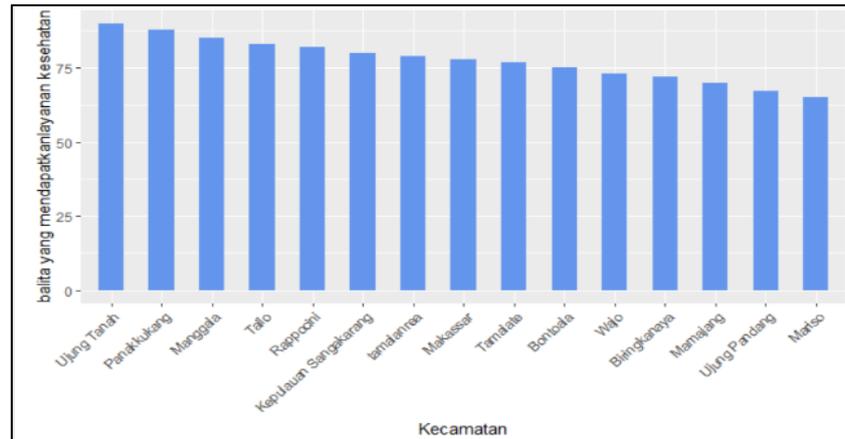


Gambar 1. Diagram persentase gizi buruk berdasarkan kecamatan di Kota Makassar tahun 2021



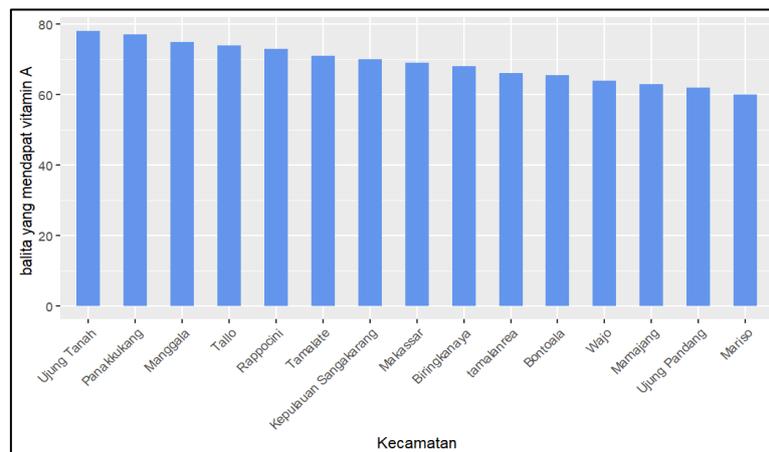
Gambar 2. Diagram persentase BBLR (Berat Badan Lahir Rendah) berdasarkan kecamatan di Kota Makassar tahun 2021

Gambar 2 menunjukkan bahwa 3 kecamatan memiliki persentase BBLR tertinggi, yaitu Mariso sebesar 12%, Wajo sebesar 11,5 persen, dan Bontoala sebesar 11,2 persen. Di sisi lain, tiga kecamatan dengan persentase BBLR terendah secara berurutan adalah Tamalate sebesar 5,8 persen, Panakkukang sebesar 5,5 persen, dan Kecamatan Panakkukang sebesar 4,4 persen. Gambar 3 merupakan persentase balita yang mendapatkan pelayanan kesehatan berdasarkan kecamatan di Kota Makassar tahun 2021. Tiga kecamatan dengan persentase balita tertinggi secara berturut-turut adalah Ujung Tanah sebesar 90 persen, Panakkukang sebesar 88 persen, dan Manggala sebesar 85 persen. Sementara itu, tiga kecamatan dengan persentase balita terendah adalah Mamajang sebesar 70 persen, Ujung Pandang sebesar 67 persen, dan Mariso sebesar 65 persen.



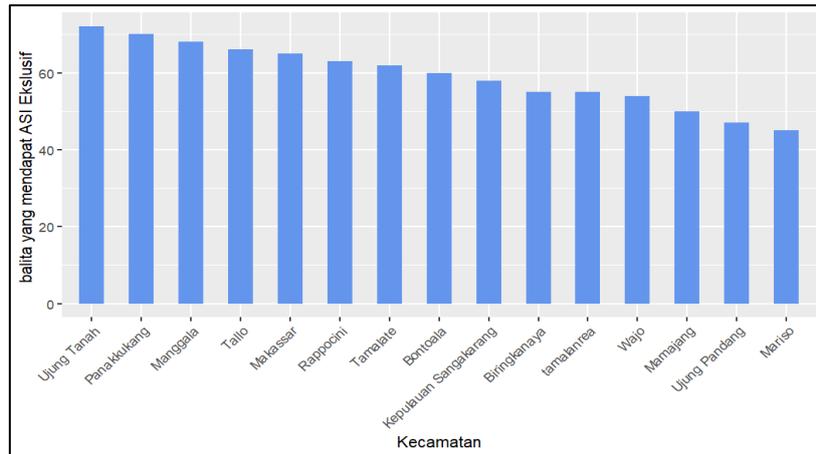
Gambar 3. Diagram persentase balita yang mendapatkan pelayanan kesehatan berdasarkan kecamatan di Kota Makassar tahun 2021

Gambar 4 merupakan persentase balita yang mendapatkan vitamin a berdasarkan kecamatan di Kota Makassar tahun 2021. Gambar 4 menunjukkan bahwa 3 kecamatan memiliki persentase balita dengan vitamin A tertinggi yaitu Kecamatan Ujung Tanah sebesar 78 persen, Kecamatan Panakkukang sebesar 77 persen, dan Kecamatan Manggala sebesar 75 persen. Di sisi lain, tiga kecamatan dengan persentase balita dengan vitamin A terendah adalah Mamajang sebesar 63 persen, Kecamatan Ujung Pandang sebesar 62 persen, dan Kecamatan Mariso sebesar 60 persen.



Gambar 4. Diagram persentase balita yang mendapatkan vitamin A berdasarkan kecamatan di Kota Makassar tahun 2021

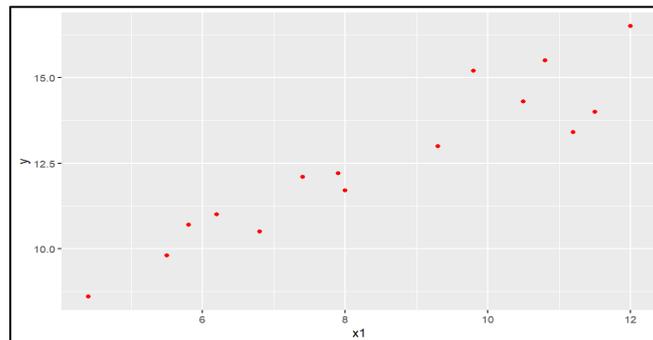
Gambar 5 merupakan persentase balita yang mendapatkan ASI eksklusif berdasarkan kecamatan di Kota Makassar tahun 2021. Gambar 5 menunjukkan bahwa 3 kecamatan dengan persentase balita tertinggi yang mendapatkan ASI eksklusif adalah Ujung Tanah sebesar 78 persen, Panakkukang sebesar 77 persen, dan Manggala sebesar 75 persen. Di sisi lain, tiga kecamatan dengan persentase terendah adalah Mamajang sebesar 63 persen, Ujung Pandang sebesar 62 persen, dan Mariso sebesar 60 persen.



Gambar 5. Diagram persentase balita yang mendapatkan ASI eksklusif berdasarkan kecamatan di Kota Makassar tahun 2021

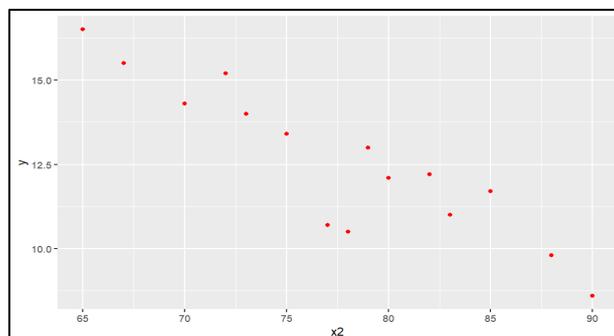
## B. Analisis Pola Hubungan Faktor-faktor yang Diduga Memengaruhi Gizi Buruk di Kota Makassar

Langkah awal dalam analisis regresi adalah membuat *scatter plot* untuk memahami hubungan antara variabel prediktor dan variabel respons. Metode regresi yang digunakan dipilih dengan menggunakan pola hubungan ini. *Scatter plot* antara variabel yang diduga berkontribusi pada gizi buruk di Kota Makassar ditunjukkan pada Gambar 6.



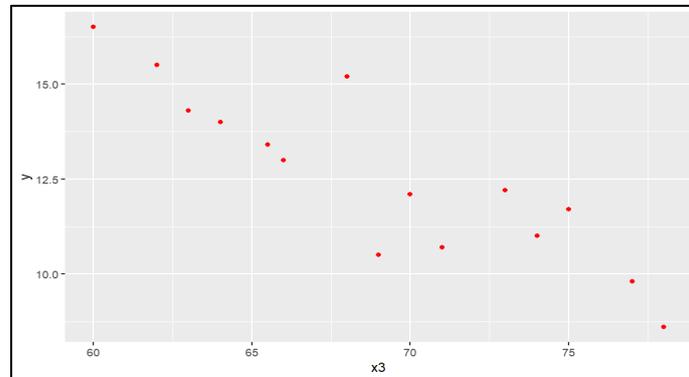
Gambar 6. Pola hubungan BBLR dengan gizi buruk di Kota Makassar tahun 2021

Berdasarkan Gambar 6, diketahui bahwa variabel BBLR ( $X_1$ ) dengan variable gizi buruk di Kota Makassar ( $Y$ ) tidak menunjukkan adanya pola hubungan yang jelas, sehingga regresi nonparametrik digunakan untuk estimasi.



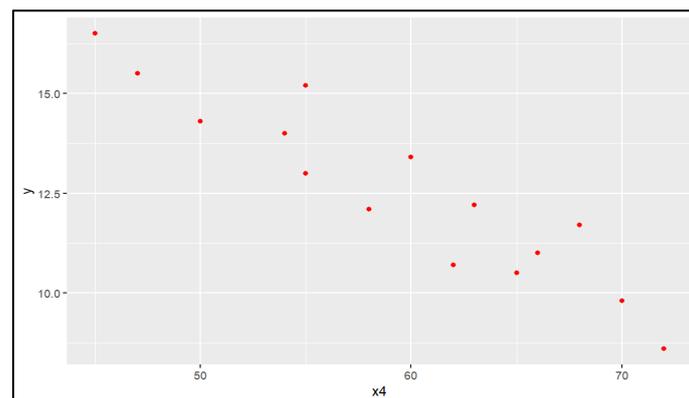
Gambar 7. Pola hubungan balita yang mendapat pelayanan kesehatan dengan gizi buruk di Kota Makassar tahun 2021

Berdasarkan Gambar 7, variabel balita yang mendapatkan pelayanan kesehatan ( $X_2$ ) dengan variable gizi buruk di Kota Makassar ( $Y$ ) tidak menunjukkan adanya pola hubungan yang jelas, sehingga regresi nonparametrik digunakan untuk estimasi.



Gambar 8. Pola hubungan balita yang mendapat Vitamin A dengan gizi buruk di Kota Makassar tahun 2021

Berdasarkan Gambar 8, variabel balita yang mendapatkan vitamin A ( $X_3$ ) dengan variable gizi buruk di Kota Makassar ( $Y$ ) tidak menunjukkan adanya pola hubungan yang jelas, sehingga regresi nonparametrik digunakan untuk estimasi.



Gambar 9. Pola hubungan balita yang mendapat ASI eksklusif dengan gizi buruk di Kota Makassar tahun 2021

Berdasarkan Gambar 9, variabel balita yang mendapatkan ASI eksklusif ( $X_4$ ) dengan variable Gizi Buruk di Kota Makassar ( $Y$ ) tidak menunjukkan adanya pola hubungan yang jelas, sehingga regresi nonparametrik digunakan untuk estimasi.

#### 1. Pemilihan titik knot terbaik

Titik knot merupakan titik perubahan perilaku data pada sub-sub interval tertentu. Model regresi nonparametrik spline terbaik didapatkan dari titik knot optimal, yaitu dengan menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Nilai GCV yang paling minimum merupakan titik knot yang optimal. Pemilihan titik knot optimal dengan satu titik knot, dua titik knot, dan tiga titik knot, dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan kriteria pemilihan model terbaik diketahui bahwa nilai GCV paling minimum dihasilkan oleh model regresi nonparametrik spline dengan tiga titik knot yaitu sebesar 0,01.

Tabel 5. Perbandingan nilai GCV

Model	GCV
1 Titik Knot	0,04
2 Titik Knot	0,02
<b>3 Titik Knot</b>	<b>0,01</b>

## 2. Pengujian signifikansi parameter model regresi nonparametrik spline

Setelah didapatkan model regresi nonparametrik spline terbaik, kemudian dilakukan pengujian signifikansi variabel regresi nonparametrik spline. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang signifikan memengaruhi Gizi Buruk di Kota Makassar.

## 3. Pengujian simultan/serentak

Tujuan pengujian secara serentak adalah mengetahui signifikansi peubah dalam model secara keseluruhan. Pengujian hipotesis untuk menguji signifikansi peubah secara simultan menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{12} = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit terdapat, } \beta_i \neq 0; \text{ dimana } i = 1, 2, \dots, 12$$

Hasil analisis ragam dari model regresi nonparametrik yang disajikan pada Tabel

6.

Tabel 6. Hasil ANOVA model regresi *spline* secara serentak

Sumber	Df	Sum of Square	Mean Square	$F_{hitung}$	P-value
Regresi	16	71,65333	4,422061	83,49	0,005
Error	-2	0,9003521	0,052961		
Total	14	72,5536821			

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa statistik uji dengan menggunakan  $F_{hitung}$  sebesar 83,49 dengan p-value sebesar 0,005. Pada tingkat signifikan ( $\alpha$ ) 5%, p-value bernilai kurang dari  $\alpha$ , sehingga tolak  $H_0$ . Hal ini menunjukkan bahwa semua peubah prediktor berpengaruh secara signifikan terhadap nilai Gizi Buruk di Kota Makassar.

## 4. Pengujian parameter secara individu

Hasil pengujian secara serentak menunjukkan bahwa minimal terdapat satu parameter dari model regresi nonparametrik spline yang signifikan. Pengujian hipotesis untuk menguji signifikansi peubah secara parsial menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \hat{\beta}_i = 0$$

$$H_1 : \hat{\beta}_i \neq 0; i = 1, 2, \dots, 12$$

Untuk mengetahui parameter yang signifikan maka dilakukan pengujian secara individu dengan hasil yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Estimasi peubah regresi

Variabel	Parameter	Koefisien	$t_{hitung}$	p-value	Keterangan
$X_1$	$\beta_0$	0,00565	1,93650	0,06960	Tidak signifikan
	$\beta_1$	1,09302	2,04944	0,05617	Tidak signifikan
	$\beta_2$	0,46513	2,61765	0,01800	Signifikan
	$\beta_3$	-0,13785	-0,76155	0,45676	Tidak signifikan
	$\beta_4$	-0,74084	-1,37707	0,18635	Tidak signifikan
$X_2$	$\beta_5$	0,00661	0,33833	0,73925	Tidak signifikan
	$\beta_6$	-0,20520	-2,22979	0,03953	Signifikan

	$\beta_7$	-0,04914	-4,61094	0,00024	Signifikan
	$\beta_8$	0,10690	1,18864	0,25092	Tidak signifikan
	$\beta_9$	0,17928	4,90160	0,00013	Signifikan
$X_3$	$\beta_{10}$	-0,04793	-0,60729	0,55168	Tidak signifikan
	$\beta_{11}$	0,06442	3,42337	0,00323	Signifikan
	$\beta_{12}$	0,17678	3,25791	0,00463	Signifikan
	$\beta_{13}$	-0,11068	-2,22200	0,04014	Signifikan
$X_4$	$\beta_{14}$	-0,19683	-2,43566	0,02616	Signifikan
	$\beta_{15}$	-0,02829	-1,51978	0,14694	Tidak signifikan
	$\beta_{16}$	0,14024	1,22016	0,23905	Tidak signifikan

Tabel 7 menunjukkan parameter yang signifikan dan tidak signifikan, disertai dengan nilai  $t_{hitung}$  dan  $p-value$ . Dengan membandingkan  $p-value$  terhadap  $\alpha$  sebesar 0,05, ditemukan bahwa ada 8 parameter yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model yaitu  $\beta_2, \beta_6, \beta_7, \beta_9, \beta_{11}, \beta_{12}, \beta_{13}$ , dan  $\beta_{14}$ . Adapun variabel yang berpengaruh berdasarkan parameter yang signifikan adalah variabel Berat Badan Bayi Lahir Rendah (BBLR) ( $X_1$ ), balita yang mendapat pelayanan kesehatan ( $X_2$ ), balita yang mendapat vitamin A ( $X_3$ ) dan balita yang mendapat ASI eksklusif ( $X_4$ ). Keempat variabel prediktor tersebut dianggap memiliki pengaruh signifikan terhadap gizi buruk di Kota Makassar.

Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dapat dilihat seberapa baik model regresi menjelaskan variabilitas gizi buruk di Kota Makassar.

$$\begin{aligned}
 R^2 &= \frac{SS_{regresi}}{SS_{total}} \times 100\% \\
 &= \frac{71,65333}{72,55368} \times 100\% \\
 &= 98,74\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan didapatkan nilai  $R^2$  98,74%. Artinya variabel BBLR, balita yang mendapatkan pelayanan kesehatan, balita yang mendapatkan vitamin A, dan balita yang mendapatkan ASI eksklusif, mampu menjelaskan bahwa model regresi yang digunakan mampu menjelaskan seluruh variasi yang terjadi dalam variabel dependen berdasarkan variabel independen yang dimasukkan dalam model.

Kasus gizi buruk tertinggi di Kota Makassar pada tahun 2021 terdapat di Kecamatan Mariso sebesar 16,5% dan nilai gizi buruk terendah yaitu kecamatan Ujung Tanah sebesar 8,6%. Menurut analisis gambar *Scatter plot* empat variabel BBLR, balita yang mendapatkan pelayanan kesehatan, balita yang mendapatkan vitamin A, dan balita yang mendapatkan ASI eksklusif memiliki pola hubungan yang tidak membentuk pola khusus. Akibatnya, estimasi model yang digunakan adalah regresi nonparametrik.

Setelah melakukan pengujian parameter pada model regresi nonparametrik spline dan memastikan semua asumsi residual terpenuhi, model regresi tersebut dapat diinterpretasikan. Dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) 98,74% dari model regresi nonparametrik *spline* dan empat peubah signifikan, dapat disimpulkan bahwa model ini adalah model yang baik dan cocok untuk digunakan dalam pemodelan. Model regresi nonparametrik *spline* terbaik adalah pemilihan titik knot optimum dengan tiga titik knot yaitu:

$$\begin{aligned}
 \hat{y} &= 0,05 + 1,09 x_1 + 0,46 (x_1 - 6,72) - 0,13 (x_1 - 8,27) - \\
 &0,74 (x_1 - 11,84) + 0,06 x_2 - 0,25 (x_2 - 72,65) - 0,04 (x_2 - \\
 &77,75) + 0,16(x_2 - 89,48) + 0,17 x_3 - 0,04(x_3 - 65,51) + \\
 &0,06(x_3 - 69,18) + 0,17 (x_3 - 77,63) - 0,11 x_4 - 0,19(x_4 - \\
 &53,26) - 0,02(x_4 - 58,77) + 0,14(x_4 - 71,44)
 \end{aligned}$$

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu dalam pemilihan satu titik knot, nilai GCV terkecil yang diperoleh adalah 0,04078706; untuk dua titik knot, nilai GCV terkecil sebesar 0,02743374; dan untuk tiga titik knot, nilai GCV terkecil sebesar 1,203581e-08. Dari ketiga titik knot tersebut, nilai GCV optimal adalah pada tiga titik knot dengan nilai 1,203581e-08. Nilai kebaikan model yang dihasilkan sebesar 98,74%, dengan empat variabel yang signifikan. Berikut adalah model regresi nonparametrik *spline* terbaik yang diperoleh.

$$\hat{y} = 0,05 + 1,09 x_1 + 0,46 (x_1 - 6,72) - 0,13 (x_1 - 8,27) - 0,74 (x_1 - 11,84) + 0,06 x_2 - 0,25 (x_2 - 72,65) - 0,04 (x_2 - 77,75) + 0,16(x_2 - 89,48) + 0,17 x_3 - 0,04(x_3 - 65,51) + 0,06(x_3 - 69,18) + 0,17 (x_3 - 77,63) - 0,11 x_4 - 0,19(x_4 - 53,26) - 0,02(x_4 - 58,77) + 0,14(x_4 - 71,44)$$

Faktor-faktor yang secara signifikan memengaruhi gizi buruk di Kota Makassar tahun 2021 adalah BBLR, balita yang mendapat pelayanan kesehatan, balita yang mendapat vitamin A, dan balita yang mendapat ASI eksklusif. Analisis menunjukkan bahwa keempat variabel tersebut memiliki pengaruh signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, W., Irwan, I., Ermawati, E., Nurman, T. A., Hernawati, H., & Iknas, R. (2023). Modeling of poverty level in South Sulawesi Province through spline nonparametric regression approach. *Commun. Math. Biol. Neurosci.*, 1-26. <https://doi.org/10.28919/cmbn/7946>.
- Budiantara, I. N. (2009). *Spline dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik: Sebuah Pemodelan Statistika Masa Kini dan Masa Mendatang*, Pidato Pengukuhan untuk Jab. Guru Besar dalam Bid. Ilmu Mat. Stat. dan Probab. pada Jur. Stat. Fak. MIPA. Surabaya: ITS Press.
- Dewi, R. K., & Budiantara, I. N. (2012). Faktor-faktor yang mempengaruhi angka gizi buruk di Jawa Timur dengan pendekatan regresi nonparametrik spline. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), 177–182. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v1i1.1968>.
- Hayati, M. (2009). Analisis diskriminan pada faktor-faktor yang mempengaruhi gizi buruk balita di Jawa Timur. *Skripsi* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kemkes. (2021). *Laporan Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2021*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Marice, D. (2006). Klasifikasi status gizi balita dengan pendekatan analisis diskriminan *bootstrap*. *Skripsi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mubarak, R., & Budiantara, I. N. (2012). Analisis regresi spline multivariabel untuk pemodelan kematian penderita demam berdarah dengue (DBD) di Jawa Timur. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1(1), D224–D229.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2013). *Laporan Riset Kesehatan Dasar 2012*. Jakarta: Lembaga Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (LPB)
- Siswono. (2012). 900 Ribu Balita Indonesia Bergizi Buruk. Diakses 24 Februari 2014 dari <http://www.tribunnews.com/2012/01/18/900-ribubalita-indonesia-bergizi-buruk>.
- Surbakti, S. (2007). *Upaya Pemantauan dan Evaluasi Program Pelayanan Sosial Ibu dan Anak melalui Indikator Pembangunan Millenium di Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Wahba, G. (1990). *Spline Models for Observational Data*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.