

**PENERAPAN SPLINE TERBOBOTI UNTUK MENGATASI
HETEROSKEDASTISITAS PADA REGRESI
NONPARAMETRIK**

SKRIPSI

oleh:

SEPTI NURUL ISMI

0810950065-95



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

**PENERAPAN SPLINE TERBOBOTI UNTUK MENGATASI
HETEROSKEDASTISITAS PADA REGRESI
NONPARAMETRIK**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam bidang Statistika

oleh:

SEPTI NURUL ISMI

0810950065-95



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
PENERAPAN SPLINE TERBOBOTI UNTUK MENGATASI
HETEROSKEDASTISITAS PADA REGRESI
NONPARAMETRIK

Oleh :
SEPTI NURUL ISMI
0810950065

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 29 Januari 2013
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam Bidang Statistika

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Ni Wayan Surya, MS
NIP. 19551102 1981032 001

Dr. Ir. Maria Bernadetha M
NIP.195205211981032001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA
Universitas Brawijaya

Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc
NIP. 196709071992031001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Septi Nurul Ismi

NIM : 0810950065-95

Jurusan : Matematika

Program Studi : Statistika

Skripsi berjudul :

PENERAPAN SPLINE TERBOBOTI UNTUK MENGATASI HETEROSKEDASTISITAS PADA REGRESI NONPARAMETRIK

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan segala kesadaran.

Malang, 13 Februari 2013

Yang menyatakan,

(Septi nurul Ismi)
NIM. 0810950065-95

PENERAPAN SPLINE TERBOBOTI UNTUK MENGATASI HETEROSKEDASTISITAS PADA REGRESI NONPARAMETRIK

ABSTRAK

Pendekatan statistika nonparametrik digunakan jika asumsi sebaran data kontinyu tidak membentuk pola tertentu. Spline merupakan salah satu jenis *piecewise* polinomial, yang dapat digunakan untuk melihat pola pertumbuhan individu. Data yang mengandung heteroskedastisitas dapat diatasi menggunakan regresi spline terboboti dan kesesuaian model dapat ditentukan dengan memilih titik knot optimal menggunakan metode Generalized Cross Validation (GCV). Penelitian ini bertujuan untuk menduga parameter model pertumbuhan berat badan balita. Data ini mengandung heteroskedastisitas dapat diatasi dengan menambah pembobot pada GCV, yang diperoleh dengan metode *Local Moving Average*. Berdasarkan hasil analisis, model yang sesuai adalah model spline kuadrat terboboti dengan dua titik knot, yaitu knot 6 dan 13, dengan model tersegmen yaitu:

Umur (Bulan ke-)	Model Penduga
$x_1 \leq 6$	$f(\hat{x}) = 3.4464 + 0.9415x_1^1 - 0.0489x_1^2$
$6 < x_1 \leq 13$	$f(\hat{x}) = 4.6272 + 0.5479x_1 - 0.0161x_1^2$
$x_1 > 13$	$f(\hat{x}) = 7.6848 + 0.1423x_1 - 0.0005x_1^2$

R_{adj}^2 sebesar 97.494% menunjukkan keragaman berat badan balita yang dijelaskan oleh model, sedangkan sisanya dijelaskan oleh peubah lain yang tidak dimasukkan dalam model.

Kata Kunci : *Berat Badan Balita, Regresi Spline, GCV, Knot.*

WEIGHTED SPLINE APPLICATION TO OVERCOME THE HETEROSCEDASTICITY OF REGRESSION NONPARAMETRIC

ABSTRACT

Nonparametric statistical approach used if the assumption of the data distribution does not form a continuous pattern. Spline is a kind of piecewise polynomials, that can be used to see the individual growth pattern. The heteroscedasticity of the data can be resolved by weighted spline regression method, and the appropriate model could be determined by choosing optimal knots, using the Generalized Cross Validation (GCV) method. This study aims to estimate the parameters of the children under five body weight growth model. This data that containing heteroscedasticity can be resolved by adding the weighted to the GCV, that obtained by using Local Moving Average method. Based on the analysis, the appropriate model is weighted quadratic spline model with two points, those are knot 6 and 13, with the segmented model as follows:

Umur (Bulan ke-)	Model Penduga
$x_1 \leq 6$	$f(\hat{x}) = 3.4464 + 0.9415x_1^2 - 0.0489$
$6 < x_1 \leq 13$	$f(\hat{x}) = 4.6272 + 0.5479x_1^2 - 0.0161$
$x_1 > 13$	$f(\hat{x}) = 7.6848 + 0.1423x_1^2 - 0.0005$

R^2_{adj} of 97.494 % shows the variability of infant body weight that can be explained by the model, while the rest is explained the variable that not included in the model.

Keywords : Children Under Five Body Weight, Spline Regression, GCV, Knot.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " Penerapan Spline Terboboti untuk Mengatasi Heteroskedastisitas pada Regresi Nonparametrik ". Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Ni Wayan Surya, MS, selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan pengarahan hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
2. Ibu Dr. Ir. Maria Bernadetha M, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Samingun Handoyo, SSI, MCs, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.
5. Keluargaku terutama Ibu, Bapak dan Adik yang telah memberikan nasehat, dukungan, serta doa.
6. Bagus Wicaksono yang telah memberikan bantuan, semangat, dukungan serta perhatiannya selama ini.
7. Teman-teman Statistika angkatan 2008, Semoga Allah membalas kalian dengan kebaikan.
8. Sahabat-sahabat terbaikku (Tyas, Aini, Ana, Sholy, Rahma, Cira, Amri, Azizah, Nensi, Yeeryzkhe, Nonis, Virgi, Dita,, Daniar, Maza, Pixy, Dian, dan Ratna) yang senantiasa selalu

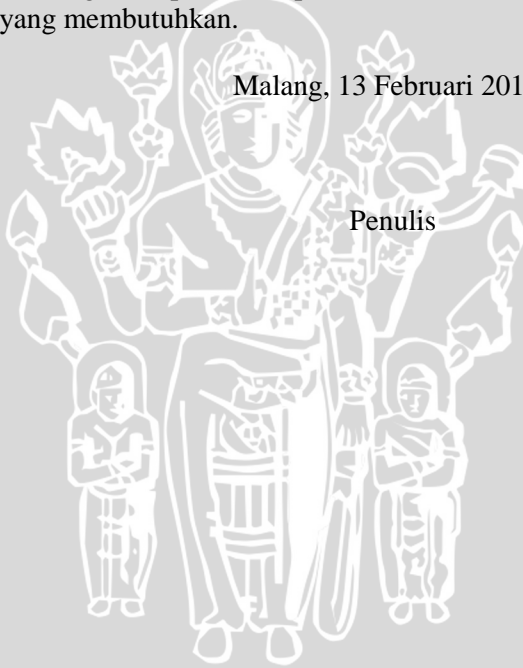
memberi dukungan, motivasi serta indahny kebersamaan dalam menjalani kuliah di sini.

9. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terima kasih atas bantuan yang telah diberikan dan semoga Allah memberikan balasan dengan kebaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, 13 Februari 2013

Penulis



DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Regresi.....	5
2.2 Regresi Nonparametrik.....	5
2.3 Fungsi Spline dalam Regresi Nonparametrik.....	6
2.4 Pola Hubungan Data untuk Regresi Nonparametrik.....	8
2.5 Pemilihan Lokasi Titik Knot.....	8
2.6 Pendugaan Parameter pada Regresi Spline Terboboti.....	10
2.7 Pengujian Parameter Regresi.....	11
2.7.1 Uji Simultan (Uji F).....	11
2.7.2 Uji Parsial (Uji t).....	12
2.8 Uji Asumsi Galat.....	11
2.8.1 Uji Asumsi Kehomogenan Ragam Galat.....	13
2.8.2 Uji Asumsi Galat Independen (Nonautokorelasi).....	13
2.8.3 Uji Asumsi Kenormalan.....	14
2.8 Kelayakan Model.....	15
2.9 Pertumbuhan Balita.....	16

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data.....	19
3.2 Metode Analisis.....	19

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Statistika Deskriptif.....	21
4.2 Spline (Tanpa Bobot) dalam Regresi Nonparametrik	21
4.3 Spline Terboboti dalam Regresi Nonparametrik.....	23
4.4 Pengujian Parameter Regresi.....	25
4.4.1 Uji Simultan (Uji F).....	25
4.4.2 Uji Parsial (Uji t).....	25
4.5 Kelayakan Model	28

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29

DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	33

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Hal
2.1	Bentuk pola hubungan.....	5
2.2	Potongan pada Titik Knot Tertentu.....	8
3.1	Diagram Alir Metode Analisis	20
4.1	Diagram Pencar Berat Badan Terhadap Umur.....	21
4.2	Diagram Pencar Model Spline (Tanpa Bobot) Kuadratik dengan Kombinasi 2 Knot	23
4.3	Diagram Pencar Model Spline Terboboti Kuadratik dengan Kombinasi 2 Knot.....	24
4.4	Plot Rata-rata Amatan dan $f(\hat{x})$	28



DAFTAR TABEL

No	Teks	Hal
2.1	Analisis Ragam untuk Pemeriksaan Signifikansi Parameter Regresi	11
2.2	Kriteria Pengujian <i>Durbin-Watson</i>	14
2.3	Nilai Kritis Uji <i>Kolmogorov Smirnov</i>	15
4.1	Kombinasi Ordo dengan 1 Titik Knot pada Spline Tanpa Bobot.....	22
4.2	Kombinasi Ordo dengan 2 Titik Knot pada Spline Tanpa Bobot	22
4.3	Kombinasi Ordo dengan 3 Titik Knot pada Spline Tanpa Bobot	22
4.4	Kombinasi Ordo dengan 1 Titik Knot pada Spline Terboboti	23
4.5	Kombinasi Ordo dengan 2 Titik Knot pada Spline Terboboti	24
4.6	Kombinasi Ordo dengan 3 Titik Knot pada Spline Terboboti	24
4.7	Analisis Ragam untuk Pemeriksaan Signifikansi Koefisien Regresi.....	25
4.8	Pendugaan Model Spline Kuadrat Terboboti Titik Knot 6 dan 13	26
4.9	Penduga Model $f(\hat{x})$ pada Interval Umur (x_1)	27

DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Hal
1	Rata-Rata untuk Berat Badan Balita Menurut Umur di Kabupaten Bojonegoro tahun 2010.....	33
2	Nilai GCV dan Kombinasi Knot untuk Spline Tanpa Bobot.....	34
3	Nilai GCV dan Kombinasi Knot untuk Spline Terboboti	39
4	Pengujian Asumsi Galat Spline <i>Original</i>	44
5	Pengujian Asumsi Galat Spline Terboboti	46
6	Program Matlab untuk Menduga Model Spline (Gabungan).....	48
7	Program Matlab untuk Mencari Pembobot dengan LMA.....	64
8	Pembobot yang Dihasilkan Melalui Metode LMA.....	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendekatan statistika parametrik digunakan jika asumsi sebaran data kontinyu membentuk pola tertentu, misal pola klasik (linier, kuadratik, kubik) dan pola polinomial. Jika asumsi analisis statistika parametrik tidak terpenuhi, maka model regresi diduga menggunakan pendekatan statistika nonparametrik. Metode ini digunakan ketika informasi mengenai analisis regresi terhadap pola hubungan antar sekumpulan data sangat sedikit atau tidak diketahui sama sekali.

Regresi spline merupakan suatu analisis statistika di mana pola hubungan antara peubah prediktor (X) dan peubah respon (Y) tidak mengikuti trend tertentu. Spline merupakan salah satu jenis *piecewise* polinomial, yaitu polinomial yang memiliki sifat tersegmen yang akan digunakan untuk melihat pola suatu data tertentu. Dalam penelitian ini, data yang digunakan yaitu berat badan balita yang mengalami perubahan berdasarkan umur.

Dalam penelitian ini akan diterapkan regresi nonparametrik menggunakan pendekatan spline, baik spline *original* maupun spline terboboti. Data yang memiliki ragam sama (homogen) cenderung sulit diperoleh, lebih sering ditemukan heteroskedastisitas, yaitu keragaman berbeda yang dapat membiaskan penduga. Oleh karena itu, diperlukan pembobot untuk mengatasi heteroskedastisitas, sehingga pendekatan yang akan digunakan adalah regresi nonparametrik spline terboboti.

Masa pertumbuhan balita merupakan suatu parameter sederhana untuk menilai normal atau tidak status kesehatan anak. Misalnya, laju pertumbuhan balita bisa terganggu bila asupan nutrisi salah. Melihat bahwa pertumbuhan balita sangat penting, maka perlu dilakukan pemantauan terhadap pola pertumbuhan, salah satu cara adalah dengan mengukur berat badan balita (Soetjningsih, 1995).

Bojonegoro merupakan salah satu kabupaten di Jawa Timur yang diduga terjadi kasus gizi buruk. Masalah gizi buruk yang terjadi mendapat perhatian khusus dari pemerintah Kabupaten Bojonegoro. Ada beberapa faktor penyebab terjadinya kasus gizi

buruk di Kabupaten Bojonegoro, salah satunya adalah pola asupan nutrisi yang salah, hal ini terjadi karena pengetahuan ibu yang kurang tentang pemberian nutrisi (Kominfo, 2011). Jika pola pertumbuhan balita diketahui, maka pola asupan yang salah tidak akan terjadi. Misalnya, seorang balita yang berusia dua tahun tentu asupan yang diterima berbeda dengan balita yang baru berusia empat bulan. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka akan dicari pola pertumbuhan balita yang sesuai di Kabupaten Bojonegoro, sehingga dengan diketahui pola pertumbuhan balita diharapkan pemberian asupan pada balita tidak terjadi kesalahan lagi.

Beberapa penelitian tentang pola pertumbuhan balita adalah Puspa (2007) menggunakan penduga spline untuk menduga pertumbuhan balita, dan Pratiwi (2008) memodelkan pertumbuhan balita dengan menggunakan penduga spline sebagai pendekatan pola kurva Kartu Menuju Sehat (KMS). Dari beberapa penelitian yang telah disebutkan, menunjukkan bahwa data pertumbuhan balita memang memiliki perilaku yang khas, yaitu terdapat perubahan perilaku pada usia-usia tertentu, sehingga regresi nonparametrik spline adalah yang metode yang sesuai untuk melihat dan memantau data pertumbuhan balita.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengatasi heteroskedastisitas menggunakan spline terboboti pada regresi nonparametrik?
2. Bagaimana menentukan model regresi nonparametrik spline terboboti?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini:

1. Mengatasi heteroskedastisitas menggunakan spline terboboti pada regresi nonparametrik.
2. Menentukan model regresi nonparametrik spline terboboti.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada data berat badan balita, derajat polinomial pada ordo kubik, titik knot paling banyak 3, serta GCV minimum untuk menentukan titik knot optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat yaitu memperoleh pemahaman tentang penanganan heteroskedastisitas dalam regresi nonparametrik menggunakan spline terboboti.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



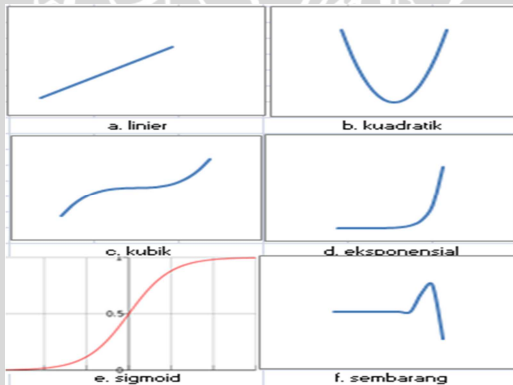
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan salah satu teknik statistika yang digunakan secara luas dalam ilmu pengetahuan terapan dan merupakan metode yang banyak digunakan untuk mengetahui bentuk hubungan antara sepasang peubah atau lebih. Selain untuk mengetahui bentuk hubungan antar model regresi, juga dapat dipergunakan untuk peramalan.

Langkah awal sebelum melakukan analisis regresi adalah melihat pola data berdasarkan diagram pencar, jika terdapat tren: linier, kuadratik, kubik, polinomial, eksponensial, dan sigmoid maka data tersebut dianalisis menggunakan pendekatan regresi parametrik. Sebaliknya, jika tren atau pola hubungan antara peubah respon dan peubah prediktor mengikuti pola sembarang maka pendekatan regresi nonparametrik merupakan solusi yang sesuai (Budiantara, 2010).

Beberapa contoh pola hubungan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1. Bentuk pola hubungan (a-e:pola klasik ; f : tak berpola)

2.2 Regresi Nonparametrik

Regresi nonparametrik merupakan metode pendekatan regresi yang sesuai untuk data tidak mengikuti pola klasik atau tidak terdapat informasi lengkap masa lalu tentang pola data

(Eubank, 1999). Statistika nonparametrik disebut juga sebagai statistika bebas sebaran, karena pendekatan statistika nonparametrik yang dilakukan didasarkan pendekatan yang tidak terikat asumsi tertentu. Karena tidak ada asumsi mengenai bentuk kurva regresi, maka regresi nonparametrik dapat mengambil bentuk fungsi apapun, baik linier ataupun nonlinier. Metode statistika nonparametrik mengabaikan asumsi-asumsi yang melandasi penggunaan metode statistika parametrik, terutama yang berkaitan dengan sebaran normal.

Metode nonparametrik memiliki fleksibilitas tinggi dalam menduga model regresi karena parameter diduga tanpa dipengaruhi oleh subyektifitas peneliti (Eubank, 1999).

2.3 Fungsi Spline dalam Regresi Nonparametrik

Spline merupakan salah satu jenis *piecewise* polinomial, yaitu polinomial yang memiliki sifat tersegmen yang memberikan fleksibilitas lebih dibandingkan polinomial, sehingga memungkinkan untuk menyesuaikan diri secara lebih efektif terhadap karakteristik suatu fungsi atau data. Dalam fungsi spline terdapat titik knot yang merupakan titik perpaduan yang menunjukkan perubahan perilaku kurva pada selang berbeda (Hardle, 1990).

Fungsi spline berordo $m-1$ adalah sembarang fungsi yang secara umum disajikan dalam bentuk:

$$f(x_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \left[\sum_{r=1}^{m-1} \beta_{jr} x_j^r + \sum_{k=1}^{S_j} \beta_{j(m-1)k} (x_j - K_{jk})_+^{m-1} \right] \quad (2.1)$$

$j=1, 2, \dots, p$ dan $k=1, 2, \dots, S_j$

dengan fungsi *truncated*:

$$(x_j - K_{jk})_+^{m-1} = \begin{cases} (x_j - K_{jk})_+^{m-1}; & x_j \geq K_{jk} \\ 0 & ; x_j < K_{jk} \end{cases}$$

di mana,

β : parameter model

β_0 : intersep

- β_{jr} : slope pada peubah x_j dengan orde ke- r
 $\beta_{j(m-1)k}$: slope pada peubah x_j *truncated* knot ke- k pada spline berordo m
 x_j : peubah penjelas ke- j
 K_{jk} : knot ke- k pada peubah x_j
 S_j : banyaknya knot dalam peubah penjelas ke- j

Jika persamaan (2.1) dijabarkan didapatkan:

$$\sum_{r=1}^{m-1} \beta_{jr} x_j^r = \beta_{j1} x_j^1 + \beta_{j2} x_j^2 + \beta_{j3} x_j^3 + \dots + \beta_{j(m-1)} x_j^{m-1} \quad (2.2)$$

dan

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{S_j} \beta_{j(m-1)k} (x_j - K_{jk})_+^{m-1} &= \beta_{j(m-1)1} (x_j - K_{j1})_+^{m-1} + \\ &\beta_{j(m-1)2} (x_j - K_{j2})_+^{m-1} + \beta_{j(m-1)3} (x_j - K_{j3})_+^{m-1} + \dots + \\ &\beta_{j(m-1)S_j} (x_j - K_{jS_j})_+^{m-1} \end{aligned} \quad (2.3)$$

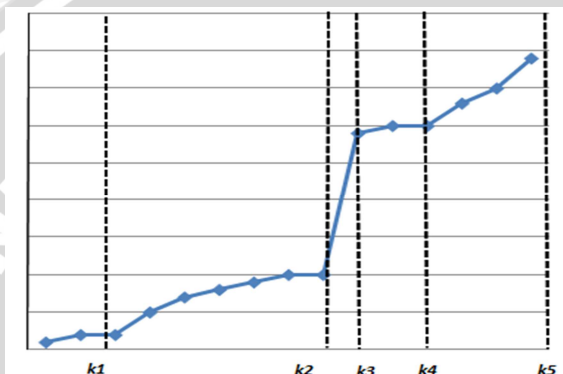
sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^p \left[\sum_{r=1}^{m-1} \beta_{jr} x_j^r + \sum_{k=1}^{S_j} \beta_{j(m-1)k} (x_j - K_{jk})_+^{m-1} \right] \\ = [\beta_{11} x_1^1 + \beta_{1(m-1)1} (x_1 - K_{11})_+^{m-1}] \\ + [\beta_{22} x_2^2 + \beta_{2(m-1)2} (x_2 - K_{22})_+^{m-1}] \\ + [\beta_{33} x_3^3 + \beta_{3(m-1)3} (x_3 - K_{33})_+^{m-1}] + \dots \\ + [\beta_{p(m-1)} x_p^{m-1} + \beta_{p(m-1)S_j} (x_p - K_{pS_j})_+^{m-1}] \end{aligned} \quad (2.4)$$

Fungsi spline dengan satu peubah penjelas ($p=1$)

$$f(x) = \beta_0 + \left[\beta_{11} x_1^1 + \beta_{1(m-1)1} (x_1 - K_{11})_+^{m-1} \right] \quad (2.5)$$

Knot diartikan sebagai suatu titik fokus dalam fungsi spline, sehingga kurva yang dibentuk tersegmentasi pada titik tersebut. Selain itu, knot merupakan titik perpaduan bersama potongan-potongan atau titik yang menunjukkan terjadinya perubahan-perubahan bentuk dari fungsi spline pada interval berbeda. Spline ordo ke- m berada pada setiap interval segmen.



Gambar 2.2. Potongan pada Titik Knot Tertentu

2.4 Pola Hubungan Data untuk Regresi Nonparametrik

Dalam sebuah pemodelan regresi, pola hubungan data yang digambarkan melalui diagram pencar seringkali diabaikan dan langsung memodelkan data dengan regresi parametrik, cara tersebut kurang tepat, karena pada analisis regresi parametrik terdapat asumsi yaitu bentuk kurva regresi diketahui, misalnya linier, kuadratik, kubik, polinomial derajat p , eksponen, dan lain-lain. Dari permasalahan yang mengarah pada pola hubungan data yang kurang jelas, maka sebaiknya digunakan analisis regresi nonparametrik yang tidak terikat pada bentuk hubungan data atau bentuk kurva regresi. Model penduga pendekatan nonparametrik dapat disesuaikan berdasarkan bentuk kecenderungan hubungan antar peubah respon dan peubah penjelas, sehingga lebih fleksibel (Eubank, 1999).

2.5 Pemilihan Lokasi Titik Knot

Knot adalah suatu titik fokus dalam fungsi spline, atau bisa dikatakan titik perpaduan bersama di mana terdapat perubahan

perilaku pola pada interval berlainan, sehingga kurva yang terbentuk tersegmentasi pada titik tersebut. Pemilihan knot pada regresi spline dilakukan secara *trial and error*. Pemilihan knot ini sangat penting karena fungsi spline sangat tergantung pada titik knot.

Menurut Wand (2000), terdapat dua cara pemilihan titik knot, yang pertama yaitu memilih banyaknya knot yang relatif sedikit, sedangkan cara kedua yakni menggunakan knot yang relatif banyak. Dari kedua cara tersebut, cara kedua lebih banyak digunakan pada model yang sangat memperhatikan pola matematis data, sedangkan cara pertama lebih mengarah pada alasan kesederhanaan model.

Menurut Lee (2002) alasan atau pertimbangan atas pemilihan model berdasarkan kedua strategi tersebut adalah:

1. Berkenaan dengan pemilihan model secara statistika, di mana pemilihan knot-knot harus yang terbaik.
2. Algoritma praktis untuk mencari solusi permasalahan sangat sulit. Penyebabnya adalah:
 - a. Solusi permasalahan mempunyai wilayah pencarian yang luas.
 - b. Solusi yang berbeda, memiliki dimensi yang berbeda pula.

Menurut Wu dan Zhang (2006) salah satu metode untuk mendapatkan titik knot optimal adalah dengan menggunakan metode Generalized Cross Validation (GCV):

$$\begin{aligned}
 GCV(\lambda) &= \frac{KT_{\text{galat}}}{(n^{-1}(\text{tr}[I-A]))^2} \\
 &= n^{-1} \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - f(t))^2}{(n^{-1}(\text{tr}[I-A]))^2} \\
 &= n^{-1} \frac{\|(I-A)\|^2}{(n^{-1}(\text{tr}[I-A]))^2} \tag{2.6}
 \end{aligned}$$

dengan,

$A = X_{n \times p} (X'_{p \times n} X_{n \times p})^{-1} X'_{p \times n}$, di mana I adalah matrik identitas dan n banyaknya pengamatan. Titik Knot optimal diperoleh dari nilai GCV yang minimum.

Untuk mencari nilai pembobot menggunakan *Local Moving Average* (LMA), dengan persamaan berikut:

$$\widehat{w}_i^{-1} = (n_i - m_i + 1)^{-1} \sum_{j=m_i}^{n_i} r_j^2 \quad (2.7)$$

dengan : $m_i = \max(1, i - p)$ $i=0,1,2,\dots,n$
 $n_i = \min(n, i + p)$ $j=0,1,2,\dots,n$
 p = jumlah parameter

$$\widehat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \{(y_i - f(t))\}^2}{n - \text{tr}(A)}$$

$$r_j = \frac{\sum_{j=1}^n w_j^{1/2} \{(y_j - f(t))\}}{\widehat{\sigma} (1 - A_{jj})^{1/2}}$$

Nilai GCV minimum pada model penduga spline terbobot dapat dicari dengan menambah matriks pembobot pada rumus GCV (Budiantara, 1999).

$$\begin{aligned} GCV(\lambda) &= \frac{KT_{\text{galat}}}{(n^{-1}(\text{tr}[I - A]))^2} \\ &= n^{-1} \sum_{i=1}^n w_i \frac{(y_i - f(t))^2}{(n^{-1}(\text{tr}[I - A]))^2} \\ &= n^{-1} \frac{W^{1/2} \|(I - A)\|^2}{(n^{-1}(\text{tr}[I - A]))^2} \end{aligned} \quad (2.8)$$

2.6 Pendugaan Parameter pada Regresi Spline Terboboti

Pendugaan parameter spline *original* yang dikembangkan oleh Eubank (1999) memiliki beberapa kelemahan, salah satu yaitu tidak dapat menangani ketidaksamaan ragam (heteroskedastisitas). Untuk mengatasi hal tersebut, Budiantara (1999) memberikan pendugaan spline terboboti, yang diperoleh dengan menambahkan pembobot, sehingga pendugaan parameter

spline terboboti diperoleh dengan metode WLS (*Weighted Least Square*)

$$\hat{\beta} = (X'WX)^{-1}X'W_y \quad (2.9)$$

dengan W merupakan matriks pembobot.

2.7 Pengujian Parameter Regresi

Untuk mendapatkan nilai-nilai parameter yang berpengaruh terhadap model dan untuk mengetahui apakah kurva regresi yang terbentuk dapat menggambarkan data yang sebenarnya dan layak digunakan, maka dilakukan pengujian parameter regresi. Salah satu pengujian yang bisa dilakukan untuk menguji parameter regresi spline adalah uji simultan menggunakan uji F dan uji parsial menggunakan uji *t*.

2.7.1 Uji Simultan (Uji F)

Pengujian parameter regresi bertujuan untuk mengetahui apakah kurva regresi yang terbentuk dapat menggambarkan data yang sebenarnya dan layak digunakan. Uji simultan digunakan untuk memeriksa signifikansi koefisien regresi spline dengan hipotesis:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1 : \text{paling tidak ada satu } j \text{ di mana } \beta_j \neq 0$$

di mana, $j = 1, 2, \dots, p$

Kutner, dkk (2004) mengatakan bahwa prosedur pengujian parameter regresi diberikan pada tabel analisis ragam yang disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Analisis Ragam untuk Pemeriksaan Parameter Regresi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Statistik Uji
Regresi	p	JK _{regresi}	KT _{regresi}	KT _{regresi} /KT _{galat}
Galat	n-p	JK _{galat}	KT _{galat}	
Total	n-1	JK _{total}		

di mana,

- Jumlah Kuadrat Regresi

$$JK_{\text{regresi}} = \hat{\beta}^T X^T Y$$

- Jumlah Kuadrat Galat

$$JK_{\text{galat}} = Y^T Y - \hat{\beta}^T X^T Y$$

- Jumlah Kuadrat Total

$$JK_{\text{total}} = Y^T Y$$

- Kuadrat Tengah Regresi

$$KT_{\text{regresi}} = \frac{JK_{\text{regresi}}}{k}$$

- Kuadrat Tengah Galat

$$KT_{\text{galat}} = \frac{JK_{\text{galat}}}{n-k}$$

- Statistik Uji = $\frac{KT_{\text{regresi}}}{KT_{\text{galat}}}$

Kriteria pengambilan keputusan adalah menolak H_0 jika statistik uji $> F_{\alpha(k, n-k)}$ dengan n =banyaknya nilai tunggal dan k =banyaknya koefisien regresi yang terbentuk. Apabila H_0 ditolak maka dapat dikatakan terdapat satu atau lebih koefisien regresi yang tidak sama dengan nol.

2.7.2 Uji Parsial (Uji t)

Uji parsial digunakan untuk mengetahui apakah setiap parameter yang ada dalam model mempunyai pengaruh yang signifikan atau tidak. Pengujian ini dilakukan terhadap setiap koefisien regresi, dengan hipotesis:

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

Statistik uji:

$$\frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \sim t_{(n-p)}$$

Keputusan: Jika statistik uji $> t_{(n-p)}$, di mana p adalah banyaknya parameter maka tolak H_0 berarti peubah prediktor ke- i yang terdapat pada model memiliki kontribusi yang

nyata terhadap peubah respon, sehingga dipertahankan dalam model. Jika statistik uji $< t_{(n-p)}$, maka terima H_0 dan parameter dikeluarkan dari model (Hines dan Montgomery, 1990).

2.8 Uji Asumsi Galat

2.8.1 Uji Asumsi Kehomogenan Ragam Galat

Galat dikatakan identik jika memiliki ragam homogen. Untuk melihat apakah galat telah memiliki ragam yang homogen maka dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Gletser*, yaitu dengan cara meregresikan nilai mutlak dari galat $|e_i|$ dengan peubah prediktor (x_i) . Jika peubah prediktor berpengaruh dalam model, maka dapat dikatakan bahwa galat tidak homogen. Pengujian kehomogenan ragam dilandasi pada hipotesis:

$$H_0: \sigma_0^2 = \sigma_1^2 = \dots = \sigma_p^2 = \sigma^2$$

$$H_1: \text{minimal terdapat satu } \sigma_i^2 \text{ yang berbeda}$$

Statistik uji:

$$\frac{\sum(\hat{\varepsilon}_i - |\bar{\varepsilon}|)^2 / p}{\sum(|\varepsilon_i| - \hat{\varepsilon}_i)^2 / n - p} \sim F_{(p, n-p)}$$

di mana,

p : derajat bebas regresi

$n - p$: derajat bebas galat

α : taraf nyata yang ditentukan

Jika statistik uji $> F_{(p, n-p)}$, maka H_0 ditolak artinya terjadi masalah heteroskedastisitas atau ragam galat tidak homogen, hal ini menyebabkan penduga koefisien menjadi kurang akurat (Gujarati, 2004).

2.8.2 Uji Asumsi Galat Independen (Nonautokorelasi)

Pengujian galat independen bertujuan untuk mengetahui korelasi antara galat, apakah sama dengan nol. Adanya korelasi antara galat dikenal dengan istilah autokorelasi

galat, yaitu adanya korelasi antara galat pada pengamatan ke- t dengan pengamatan $t-1$. Autokorelasi muncul karena pengamatan yang berurutan sepanjang waktu berkaitan satu sama lainnya. Autokorelasi dapat diperiksa melalui uji *Durbin-Watson*, dilandasi pada hipotesis :

H_0 : tidak ada autokorelasi antar galat e_t dan e_{t-1}

H_1 : ada autokorelasi antar galat e_t dan e_{t-1}

Statistik uji :

$$d = \frac{\sum_{j=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}$$

di mana

d : statistik uji untuk uji *Durbin-Watson*

e_t : galat pengganggu pada periode ke t

e_{t-1} : galat pengganggu pada periode ke $t-1$

Statistik uji dibandingkan dengan nilai kritis yang disebut d_U dan d_L yang merupakan pasangan titik-titik nyata (*significant points*), selanjutnya dilakukan pengambilan keputusan seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Kriteria Pengujian *Durbin-Watson*

Daerah Pengujian	Keterangan
$0 < d < d_L$	Tolak H_0 : Terdapat autokorelasi positif
$d_L < d \leq d_U$	Tanpa kesimpulan
$d_U < d \leq 4 - d_L$	Terima H_0 : Tidak terdapat autokorelasi
$4 - d_U < d \leq 4 - d_L$	Tanpa kesimpulan
$d \geq 4 - d_L$	Tolak H_0 : Terdapat autokorelasi negatif

2.8.3 Uji Asumsi Kenormalan

Uji asumsi kenormalan dilakukan untuk melihat apakah galat memenuhi asumsi menyebar normal atau tidak. Kenormalan suatu data dapat dilihat dari plotnya. Apabila

plot sudah mendekati garis linier, dapat dikatakan bahwa data tersebut memenuhi asumsi yaitu menyebar normal. Uji kenormalan data juga dapat dilihat dari nilai D_n yang diperoleh dari hasil uji *Kolmogorov Smirnov*. Nilai D_n dibandingkan dengan nilai α . Adapun hipotesis yang digunakan dalam uji *Kolmogorov Smirnov*:

- H_0 : Galat menyebar normal
 H_1 : Galat tidak menyebar normal

Statistik uji ini adalah jarak tegak maksimum antar fungsi sebaran empiris dan fungsi sebaran normal atau disebut juga D_n

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - F_0(x)|$$

di mana,

- $F_n(x)$: fungsi peluang kumulatif contoh
 $F_0(x)$: fungsi peluang kumulatif sebaran normal

Berdasarkan uji ini, tolak H_0 pada taraf α apabila $D_n <$ titik kritis dan disimpulkan bahwa galat tidak menyebar normal. Nilai kritis untuk Uji *Kolmogorov Smirnov* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai Kritis Uji *Kolmogorov Smirnov*

α	0.01	0.05	0.1
$D_n \alpha$	$1.63 / \sqrt{n}$	$1.36 / \sqrt{n}$	$1.22 \sqrt{n}$

2.9 Kelayakan Model

Koefisien determinasi (R^2) merupakan besaran yang digunakan untuk mengukur kelayakan model dari regresi dan ukuran ketelitian atau ketepatan model regresi yang menunjukkan besarnya kontribusi peubah prediktor (X) terhadap peubah respon (Y). semakin tinggi nilai R^2 semakin baik model regresi yang terbentuk. Koefisien determinasi diasumsikan sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \frac{JK_{regresi}}{JK_{total}} \quad (2.10)$$

di mana

\hat{y}_i	: nilai duga peubah respon ke-i
\bar{y}	: rata-rata peubah respon
y_i	: nilai peubah respon ke-i
$JK_{regresi}$: jumlah kuadrat regresi
JK_{total}	: jumlah kuadrat total

Menurut Drapper dan Smith (1992), ada statistik uji lain yang erat hubungannya dengan R^2 , yaitu koefisien determinasi yang disesuaikan (R_{adj}^2) yang didefinisikan sebagai:

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{JK_{galat}/(n-p)}{JK_{total}/(n-1)} = 1 - (1 - R^2) \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \quad (2.11)$$

di mana,

p	: banyaknya parameter model
n	: banyaknya pengamatan

Pada R_{adj}^2 telah dilakukan penyesuaian terhadap derajat bebas JK_{galat} dan JK_{total} . Penyesuaian dilakukan agar R_{adj}^2 dapat digunakan untuk membandingkan beberapa persamaan regresi yang diterapkan pada segugus data, serta membandingkan persamaan regresi dari dua atau lebih gugus data (Drapper dan Smith, 1992).

2.10 Pertumbuhan Balita

Pertumbuhan adalah bertambahnya ukuran dan jumlah sel serta jaringan interseluler, artinya bertambahnya ukuran fisik dan struktur tubuh sebagian atau keseluruhan, sehingga dapat diukur dengan satuan panjang dan berat. Secara garis besar terdapat empat kategori perubahan ukuran (berat badan, tinggi badan, lingkaran kepala, dan sebagainya), perubahan proporsi (kepala, tubuh, dan sebagainya), hilangnya ciri-ciri lama (hilangnya kelenjar timus, lepasnya gigi susu, dan sebagainya), timbulnya ciri-ciri baru (muncul gigi tetap, tanda-tanda seks sekunder, dan sebagainya) (Astuti, 2010).

Tercapainya tumbuh kembang balita yang optimal merupakan hal yang diinginkan. Banyak hal yang mempengaruhi

proses tumbuh kembang balita, salah satunya adalah pengetahuan orang tua atau peran serta keluarga yang sangat diperlukan dalam menjaga, mencegah, dan mengatasi berbagai masalah kesehatan yang terjadi terhadap proses tumbuh kembang balita. Kelompok anak yang berada dalam proses pertumbuhan dan perkembangan yang bersifat unik, artinya memiliki pola pertumbuhan dan perkembangan fisik (koordinasi motorik halus dan motorik kasar), kecerdasan (daya pikir, daya cipta, kecerdasan emosi, kecerdasan spiritual), sosio-emosional (sikap dan perilaku serta agama), bahasa dan komunikasi yang khusus sesuai dengan tingkat pertumbuhan dan perkembangan yang sedang dilalui oleh anak tersebut (Astuti, 2010).

Ukuran yang digunakan untuk menilai pertumbuhan fisik balita adalah ukuran antropometrik. Menurut Soetjningsih (1995) ukuran antropometrik dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

- a. Tergantung umur (*age dependency*)
 - Berat badan terhadap umur
 - Tinggi badan terhadap umur
 - Lingkaran kepala terhadap umur
 - Lingkaran lengan atas terhadap umur
- b. Tidak tergantung umur (*age independency*)
 - Berat badan terhadap tinggi badan
 - Lingkar lengan terhadap tinggi badan
 - dan lain-lain

Dari beberapa jenis ukuran antropometrik tersebut, ukuran antropometrik yang terpenting dan selalu digunakan dalam pemeriksaan kesehatan balita adalah berat badan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

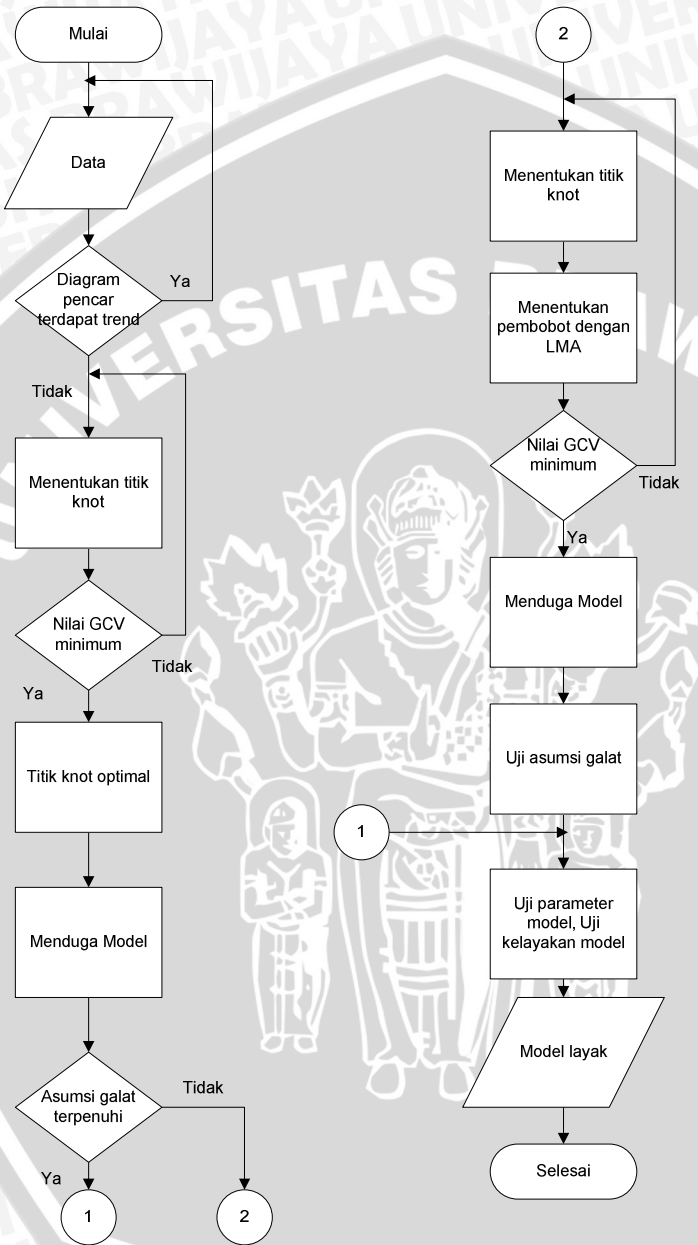
Data sekunder untuk penelitian ini berasal dari skripsi Federika (2010), yakni umur (bulan) dan rata-rata berat badan (kg) balita. Pengukuran berat badan dilakukan di posyandu-posyandu Kabupaten Bojonegoro tahun 2010, yang disajikan pada Lampiran 1.

3.2 Metode Analisis

Tahapan-tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini:

1. Membuat diagram pencar berat badan (Y) terhadap umur balita (X).
2. Menentukan titik dan ordo knot yang menghasilkan nilai GCV terkecil, menurut persamaan (2.7).
3. Membuat model regresi nonparametrik spline *original* berdasarkan titik knot yang menghasilkan nilai GCV terkecil.
4. Menguji asumsi galat. Jika terjadi heteroskedastisitas, maka perlu diberi pembobot pada rumus GCV dan membuat model regresi nonparametrik spline terboboti. Nilai pembobot dihitung dengan metode *Local Moving Average*, sesuai persamaan (2.8).
5. Prosedur penentuan model regresi nonparametrik spline terboboti sama dengan spline *original*, yang membedakan adalah pemberian pembobot pada GCV sesuai dengan persamaan (2.9).
6. Menguji asumsi galat, kemudian dilakukan pengujian parameter model secara parsial dan simultan.
7. Menguji kelayakan model menggunakan R_{adj}^2 sesuai dengan persamaan (2.10).

Prosedur analisis dapat dilihat pada Gambar 3.1.

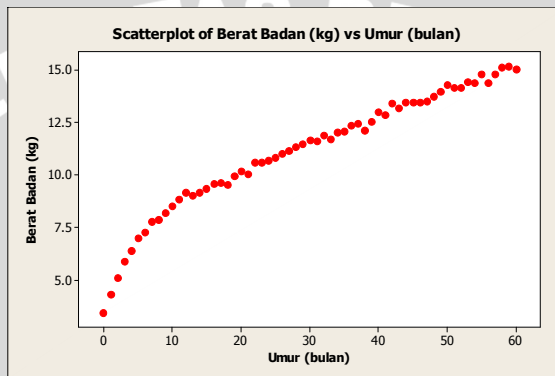


Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Analisis

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Statitika Deskriptif

Data pertumbuhan balita di Kabupaten Bojonegoro tercatat dalam laporan Dinas Kesehatan provinsi Jawa Timur tahun 2010. Berikut adalah diagram pencar berat badan terhadap umur:



Gambar 4.1. Diagram Pencar Berat Badan terhadap Umur.

Berat badan balita diukur dari umur 0 – 60 bulan, dengan rata-rata berat badan balita minimum 3.453 kg dan maksimum 15.044 kg, serta ragam sebesar 8.152

Menurut Rahayu (2008), pola pertumbuhan balita saat kelahiran hingga umur sekitar delapan bulan umumnya sangat cepat, tetapi setelah umur delapan bulan hingga kira-kira dua tahun pertumbuhan mulai melambat, kemudian setelah umur dua tahun pertumbuhan mulai cepat kembali.

Oleh karena itu untuk memodelkan pola hubungan antara umur dan berat badan balita, digunakan model regresi spline yang memiliki sifat tersegmen.

4.2 Spline (Tanpa Bobot) dalam Regresi Nonparametrik

Telah disebutkan sebelumnya, bahwa regresi nonparametrik spline mampu menjelaskan pola perubahan perilaku data dengan mencari titik knot optimal yang akan digunakan untuk menentukan titik potong.

Berikut akan ditunjukkan kombinasi titik knot yang menghasilkan GCV terkecil (lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.):

Tabel 4.1. Kombinasi Ordo dengan 1 Titik Knot

Derajat Polinomial	Titik Knot (k1)	GCV
Linier	8	0.0450
Kuadratik	10	0.0232
Kubik	14	0.0224

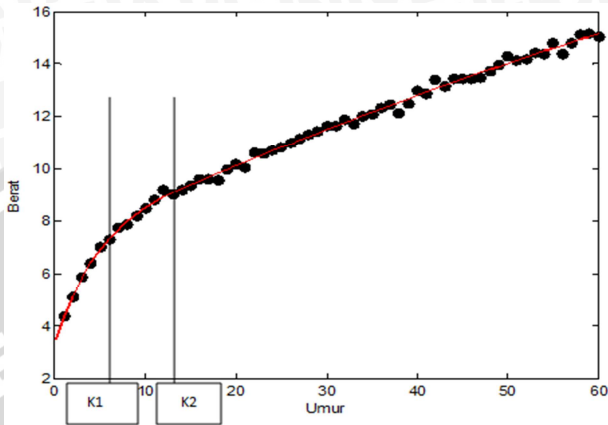
Tabel 4.2. Kombinasi Ordo dengan 2 Titik Knot

Derajat Polinomial	Titik Knot		GCV
	k1	k2	
Linier	5	12	0.0276
Kuadratik	6	13	0.0219
Kubik	14	58	0.0229

Tabel 4.3. Kombinasi Ordo dengan 3 Titik Knot

Derajat Polinomial	Titik Knot			GCV
	k1	k2	k3	
Linier	5	11	29	0.0229
Kuadratik	5	13	19	0.0225
Kubik	17	21	32	0.0230

Tabel 4.1- 4.3 menunjukkan berbagai kombinasi ordo dan knot pada spline tanpa bobot, yakni derajat polinomial linier, kuadratik, kubik serta nilai GCV. Model spline yang paling sesuai untuk data pertumbuhan balita di Kabupaten Bojonegoro adalah spline kuadratik, dengan kombinasi 2 titik knot, yaitu knot ke-6 dan ke-13, karena memiliki nilai GCV terkecil yaitu sebesar 0.0219. Sedangkan diagram pencar model spline kuadratik dengan kombinasi 2 titik knot dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Diagram Pencar Model Spline (Tanpa Bobot) Kuadratik dengan Kombinasi 2 Knot

Berikut merupakan model penduga spline kuadratik dengan 2 titik knot:

Karena data mengandung heteroskedastisitas (disajikan pada Lampiran 4.), maka dilakukan pembobotan. Bobot diperoleh melalui metode LMA (dapat dilihat pada lampiran 10.). Kemudian ditentukan model spline terboboti terbaik dengan memilih titik knot optimal, menggunakan metode GCV.

4.3 Spline Terboboti dalam Regresi Nonparametrik

Kombinasi titik dan ordo knot secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.4. Kombinasi Ordo dengan 1 Titik Knot

Derajat Polinomial	Titik Knot (k1)	GCV
Linier	7	0.04592
Kuadratik	10	0.0232
Kubik	14	0.0213

Tabel 4.5. Kombinasi Ordo dengan 2 Titik Knot

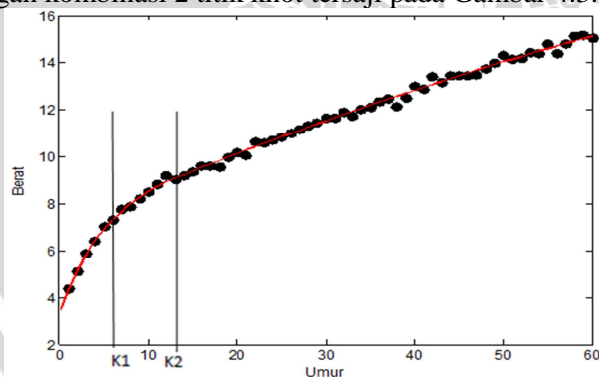
Derajat Polinomial	Titik Knot		GCV
	k1	k2	
Linier	4	12	0.02561
Kuadratik	6	13	0.0208
Kubik	9	16	0.02126

Tabel 4.6. Kombinasi Ordo dengan 3 Titik Knot

Derajat Polinomial	Titik Knot			GCV
	k1	k2	k3	
Linier	4	11	30	0.02178
Kuadratik	4	10	31	0.02163
Kubik	17	21	36	0.02274

Tabel kombinasi titik dan ordo knot menunjukkan bahwa, model yang paling sesuai untuk data berat badan balita adalah model spline terboboti kuadratik, dengan kombinasi 2 titik knot, yaitu knot ke-6 dan ke-13, karena mempunyai nilai GCV terkecil yakni 0.0208.

Berikut diagram pencar model spline terboboti kuadratik dengan kombinasi 2 titik knot tersaji pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Diagram Pencar Model Spline Terboboti Kuadratik dengan Kombinasi 2 Knot

4.4 Pengujian Parameter Regresi

Model terbaik adalah model spline terboboti dengan 2 kombinasi titik knot, yaitu pada titik knot 6 dan 13. Berdasarkan uji asumsi galat (Lampiran 5.) diketahui bahwa semua asumsi terpenuhi, sehingga dapat dilakukan pengujian parameter dalam model regresi spline terboboti.

1. Uji Simultan (Uji F)

Uji simultan digunakan untuk memeriksa signifikansi koefisien regresi spline, dilandasi dengan hipotesis:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_j \neq 0$$

Jika H_0 benar,

$$\frac{KT_{regresi}}{KT_{galat}} \sim F_{(p, n-p)}$$

Tabel 4.7. Analisis Ragam Pemeriksaan Signifikansi Koefisien Regresi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Statistik Uji
Regresi	4	488.0013	122.0003	5982.70
Galat	56	1.1420	0.0204	
Total	60	489.1433		

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa H_0 ditolak pada taraf nyata 0.05, karena statistik uji $> F_{(4,56)}$. Artinya pada model regresi spline terboboti dengan kombinasi 2 titik knot (knot ke-6 dan 13) terdapat minimal satu koefisien regresi yang memberikan pengaruh nyata terhadap model.

2. Uji Parsial (Uji t)

Selanjutnya dilakukan pengujian secara parsial terhadap parameter model regresi spline terbobot berdasarkan hipotesis:

$$\begin{array}{ll}
 H_0 : \beta_0 = 0 & H_1 : \beta_0 \neq 0 \\
 H_0 : \beta_{11} = 0 & H_1 : \beta_{11} \neq 0 \\
 H_0 : \beta_{12} = 0 & H_1 : \beta_{12} \neq 0 \\
 H_0 : \beta_{13} = 0 & H_1 : \beta_{13} \neq 0 \\
 H_0 : \beta_{14} = 0 & H_1 : \beta_{14} \neq 0
 \end{array}$$

Jika H_0 benar,

$$\frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \sim t_{(n-p)}$$

Tabel 4.8. Pendugaan Model Spline Kuadratik Terboboti Titik Knot 6 dan 13

Parameter	Penduga	Statistik uji	Keputusan
β_0	3.4464	98.2923	Tolak H_0
β_{11}	0.9415	38.7325	Tolak H_0
β_{12}	-0.0489	-16.4303	Tolak H_0
β_{13}	0.0328	8.1323	Tolak H_0
β_{14}	0.0156	12.3204	Tolak H_0

Titik kritis = 2.0032

Tabel 4.8 memperlihatkan bahwa semua parameter untuk model spline kuadratik terboboti dengan kombinasi 2 titik knot, yaitu knot ke-6 dan 13 berpengaruh nyata terhadap model, karena statistik uji > titik kritis. Kesimpulan yang dapat diperoleh adalah umur balita berpengaruh nyata terhadap berat badan balita, sehingga model penduga yang terbentuk dapat ditulis sebagai berikut:

$$f(\hat{x}) = 3.4464 + 0.9415x_1^1 - 0.0489x_1^2 + 0.0328(x_1 - 6)_+^2 + 0.0156(x_1 - 13)_+^2$$

di mana,

$$(x_1 - 6)_+ = \begin{cases} (x_1 - 6), & \text{jika } x_1 > 6 \\ 0, & \text{jika } x_1 \leq 6 \end{cases}$$

dan

$$(x_1 - 13)_+ = \begin{cases} (x_1 - 13), & \text{jika } x_1 > 13 \\ 0, & \text{jika } x_1 \leq 13 \end{cases}$$

Nilai $f(\hat{x})$ merupakan polinomial tersegmen derajat 2 dengan 2 titik knot, sehingga didapatkan 3 model penduga untuk data berat badan balita, seperti tampak pada Tabel 4.9.

a. untuk $x_1 \leq 6$

$$f(\hat{x}) = 3.4464 + 0.9415x_1^1 - 0.0489x_1^2$$

Rata-rata berat badan balita ketika baru lahir adalah 3.4464 kg.

Misal: Pada saat balita berumur 3 bulan, maka penduga rata-rata berat badan balita dalam interval $x_1 \leq 6$ adalah

$$f(\hat{x}) = 6.711 \approx 6.7 \text{ kg}$$

b. untuk $6 < x_1 \leq 13$

$$\begin{aligned} f(\hat{x}) &= 3.4464 + 0.9415x_1^1 - 0.0489x_1^2 + 0.0328(x_1 - 6)_+^2 \\ &= 3.4464 + 0.9415x_1^1 - 0.0489x_1^2 + 0.0328(x_1^2 - 12x_1 + 36) \\ &= 4.6272 + 0.5479x_1 - 0.0161x_1^2 \end{aligned}$$

Misal: Penduga rata-rata berat badan balita pada saat berumur 7 bulan dalam interval $6 < x_1 \leq 13$ adalah

$$f(\hat{x}) = 7.6736 \approx 7.67 \text{ kg}$$

c. untuk $x_1 > 13$

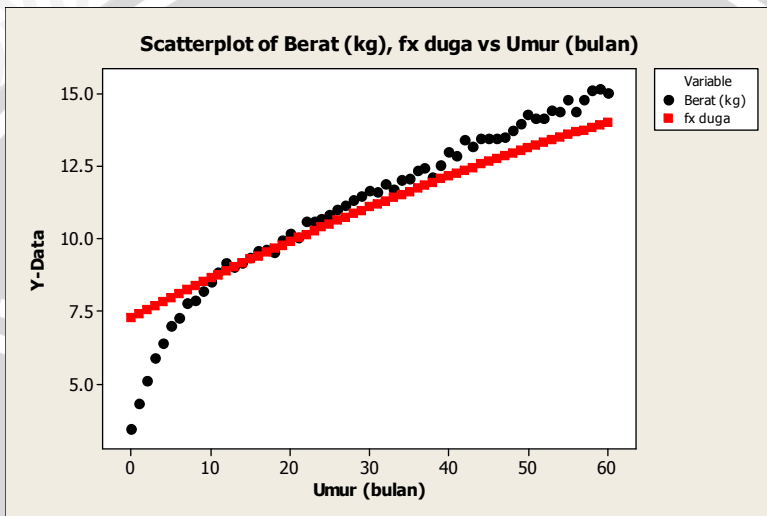
$$\begin{aligned} f(\hat{x}) &= 4.6272 + 0.5479x_1 - 0.0161x_1^2 + 0.0156(x_1 - 13)_+^2 \\ &= 7.6848 + 0.1423x_1 - 0.0005x_1^2 \end{aligned}$$

Misal: Hasil pendugaan rata-rata berat badan balita dalam interval $x_1 > 13$ pada saat balita berumur 25 bulan adalah $f(\hat{x}) = 10.9298 \approx 10.93 \text{ kg}$

Tabel 4.9. Penduga Model $f(\hat{x})$ pada Interval Umur (x_1)

Umur (Bulan ke-)	Model Penduga
$x_1 \leq 6$	$f(\hat{x}) = 3.4464 + 0.9415x_1^1 - 0.0489x_1^2$
$6 < x_1 \leq 13$	$f(\hat{x}) = 4.6272 + 0.5479x_1 - 0.0161x_1^2$
$x_1 > 13$	$f(\hat{x}) = 7.6848 + 0.1423x_1 - 0.0005x_1^2$

Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan antara $f(\bar{x})$ dan $f(\hat{x})$, karena kedua garis berdekatan (berhimpitan), maka dapat disimpulkan bahwa model mampu menjelaskan berat badan balita sebagai fungsi dari umur, berat badan balita hasil pengukuran hampir sama dengan penduga.



Gambar 4.4. Plot Rata-rata Amatan dan $f(\hat{x})$

4.5 Kelayakan Model

Koefisien determinasi yang disesuaikan (R_{adj}^2) untuk model spline kuadratik terboboti dengan kombinasi 2 titik knot sebesar 97.494%. Artinya setelah dilakukan penyesuaian terhadap derajat bebas dapat dikatakan keragaman berat badan balita mampu dijelaskan oleh peubah penjelas (umur) sebesar 97.494%, sedangkan informasi sebesar 2.506 % dimungkinkan dapat dijelaskan oleh peubah lain yang tidak dimasukkan dalam penelitian. Model yang digunakan bisa menunjukkan keadaan yang sebenarnya (model sah).

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Data yang mengandung heteroskedastisitas dapat diatasi menggunakan spline terboboti, pembobot ditambahkan pada GCV dan diperoleh menggunakan metode LMA. Uji asumsi membuktikan bahwa heteroskedastisitas pada data berat badan balita dapat diatasi dengan regresi spline terboboti.
2. Model regresi spline yang sesuai untuk data berat badan balita adalah model spline kuadrat terboboti dengan kombinasi 2 titik knot 6 dan 13, dengan nilai GCV 0.0208 dan proporsi keragaman 99.7664% umur terhadap berat badan balita. Model didapatkan dengan menduga

$\hat{\beta} = (\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_{11}, \hat{\beta}_{12}, \hat{\beta}_{13}, \hat{\beta}_{14})$, dengan model tersegmen yaitu:

Umur (Bulan ke-)	Model Penduga
$x_1 \leq 6$	$f(\hat{x}) = 3.4464 + 0.9415x_1^1 - 0.0489$
$6 < x_1 \leq 13$	$f(\hat{x}) = 4.6272 + 0.5479x_1 - 0.0161$
$x_1 > 13$	$f(\hat{x}) = 7.6848 + 0.1423x_1 - 0.0005$

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya adalah menerapkan metode spline terboboti pada data dengan dua peubah prediktor atau lebih. Selain dengan metode LMA (*Local moving Average*), pembobot pada model regresi spline terboboti juga dapat dicari dengan menggunakan metode GMA (*General Moving Average*).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, R. 2010. *Pertumbuhan Balita*. <http://rriawidiastuti.blogspot.com/2010/11>. Diakses pada tanggal 20 Mei 2012.
- Budiantara, I.N. , dan Purnomo. 2010. *Model Regresi Nonparametrik Spline Terbobot dan Aplikasinya Dalam Merancang KMS*. Laporan Penelitian Guru Besar, ITS:Surabaya.
- Budiantara, I.N. 1999. *Estimator Spline Terbobot Dalam Regresi Semiparametrik*. Majalah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 10, 103-109.
- Budiraharjo, S. 2011. *The Golden Age*. <http://edukasi.kompasiana.com/>. Diakses pada tanggal 15 Mei 2012.
- Draper N.R. and Smith, H. 1992. *Analisis Regresi Terapan. Edisi Kedua*. Gramedia: Jakarta.
- Eubank, R. 1999. *Nonparametric Regression And Spline Smoothing*. Marcel Dekker,Inc: New York.
- Federika, Y. 2010. *Regresi Nonparametrik Spline untuk Data Berat Badan Balita Menurut Umur di Kabupaten Bojonegoro Tahun 2010*. Tugas Akhir, ITS: Surabaya.
- Gujarati, D. 2004. *Basic Econometric*. The McGraw-Hill Companies: New York.
- Hardle, W. 1990. *Applied Nonparametric Regression*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Hines, W.W. dan Montgomery, D.C. 1990. *Probability and Statistics in Engineering and Management Science*. Third Ed. John Willey and Son, Inc: Canada.
http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=257307

- Kominfo. 2011. *Kemiskinan Bukan Faktor Utama Gizi Buruk*. <http://www.jatimprov.go.id>. Diakses pada tanggal 9 Januari 2013.
- Kutner, M.H., Nachtsheim, C.V., dan Neter, J. 2004. *Applied Linear Regression Models*. 4th edition. Mc Graw-Hill Companies, Inc : New York.
- Lee, T.C.M. 2002. *On Algorithms for Ordinary Least Square Regression Spline Fitting: A Comparative Study*. Journal Statist. Comput. Simul. Vol.72(8).
- Mahmud. 2008. *Pengasuhan Anak dalam keluarga*. www.dunia.kedokteran.com. Diakses pada tanggal 15 Mei 2012.
- Pratiwi. 2008. *Pemodelan Pertumbuhan Balita Menggunakan Regresi Spline Sebagai Pendekatan Pola Kurva Kartu Menuju Sehat (KMS)*. Tugas Akhir Statistika ITS: Surabaya.
- Puspa, P. 2007. *Estimasi Pertumbuhan Balita dengan Menggunakan Model Spline (Studi Kasus pada Rumah Sakit Haji Surabaya 2006)*. Tugas Akhir Statistika ITS: Surabaya.
- Rahayu, S.U. 2008. *Memantau Berat Badan Bayi*. <http://www.infobunda.com>. Diakses pada tanggal 30 September 2012.
- Soetjningsih. 1995. *Tumbuh Kembang Anak*. Laboratorium Ilmu Kesehatan Anak Universitas Airlangga:Surabaya.
- Wand, M.P. 2000. *A Comparison of Regression Spline Smoothing Procedures*. Computational Statistics. Vol 15.
- Wu, H. dan Zhang, J.T. 2006. *Nonparametric Regression Methods for Longitudinal Data Analysis*. John Wiley & Sons: New Jersey.

Lampiran 1. Rata-rata Berat Badan Balita Menurut Umur di Kabupaten Bojonegoro Tahun 2010

No.	n	Umur (bulan)	Berat (kg)	No.	n	Umur (bulan)	Berat (kg)
1	16	0	3.453365	32	53	31	11.62647
2	59	1	4.336794	33	41	32	11.87654
3	72	2	5.102361	34	69	33	11.71266
4	64	3	5.878611	35	47	34	12.00317
5	80	4	6.401955	36	54	35	12.09398
6	74	5	6.998134	37	44	36	12.32673
7	80	6	7.289031	38	63	37	12.44121
8	82	7	7.761792	39	56	38	12.13102
9	64	8	7.864063	40	46	39	12.51926
10	75	9	8.205429	41	40	40	12.99438
11	77	10	8.497368	42	36	41	12.85182
12	82	11	8.832558	43	35	42	13.41857
13	63	12	9.173016	44	35	43	13.1594
14	70	13	9.030265	45	32	44	13.45738
15	70	14	9.180246	46	38	45	13.44865
16	68	15	9.355943	47	32	46	13.45917
17	67	16	9.577363	48	48	47	13.49661
18	62	17	9.609205	49	48	48	13.73063
19	59	18	9.544562	50	28	49	13.97794
20	55	19	9.955989	51	37	50	14.29358
21	65	20	10.16877	52	45	51	14.14094
22	61	21	10.03411	53	27	52	14.1662
23	69	22	10.60862	54	30	53	14.44041
24	63	23	10.57778	55	29	54	14.37694
25	60	24	10.69986	56	32	55	14.77446
26	56	25	10.81897	57	26	56	14.39457
27	64	26	11.0057	58	18	57	14.80929
28	65	27	11.13413	59	20	58	15.10537
29	62	28	11.33011	60	19	59	15.15279
30	59	29	11.45409	61	25	60	15.04417
31	50	30	11.64943				

Lampiran 2. Nilai GCV dan Kombinasi Knot untuk Spline Tanpa Bobot

1. 1 Knot untuk Ordo 1

Knot	GCV	DW	R ²
5	0.0777	0.6601	99.1236
6	0.0582	0.8891	99.3439
7	0.0473	1.0312	99.4670
8	0.0450	1.1742	99.4929
9	0.0461	1.1418	99.4803
10	0.0508	1.0474	99.4269
11	0.0589	0.9068	99.3364
12	0.0704	0.7601	99.2059
13	0.0858	0.6774	99.0324
14	0.1012	0.5887	98.8586

2. 1 Knot untuk Ordo 2

Knot	GCV	DW	R ²
2	0.1276	0.6946	98.6103
3	0.0987	0.7231	98.9251
4	0.0751	0.8042	99.1820
5	0.0568	0.9416	99.3811
6	0.0434	1.1412	99.5278
7	0.034	1.3901	99.6302
8	0.0279	1.6544	99.6957
9	0.0246	1.8763	99.7324
10	0.0232	1.9945	99.7477
11	0.0234	1.9858	99.7454

3. 1 Knot untuk Ordo 3

Knot	GCV	DW	R ²
10	0.0265	1.8167	99.7215
11	0.0246	1.9415	99.7417
12	0.0233	2.0382	99.7555
13	0.0225	2.0956	99.7633
14	0.0224	2.1074	99.7650
15	0.0228	2.0738	99.7609
16	0.0236	2.0031	99.7517
17	0.0249	1.9071	99.7380
18	0.0266	1.798	99.7206
19	0.0285	1.6862	99.7000

4. Kombinasi 2 Knot untuk Ordo 1

Knot 1	Knot 2	GCV	DW	R ²
5	10	0.0318	1.4913	99.6539
5	11	0.0288	1.6126	99.6869
5	12	0.0276	1.6511	99.6994
5	13	0.0285	1.6656	99.6895
5	14	0.0294	1.6229	99.6802
5	15	0.0302	1.5826	99.6717
5	16	0.031	1.5385	99.6629
5	17	0.032	1.506	99.6516
5	18	0.0329	1.4899	99.6422
5	19	0.033	1.464	99.6407

5. Kombinasi 2 Knot untuk Ordo 2

Knot 1	Knot 2	GCV	DW	R ²
6	10	0.0238	1.9994	99.7495
6	11	0.0227	2.0827	99.7613
6	12	0.022	2.132	99.7687
6	13	0.0219	2.1413	99.7702
6	14	0.0222	2.1155	99.7667
6	15	0.0228	2.0664	99.7605
6	16	0.0235	2.0061	99.7526
6	17	0.0244	1.9422	99.7436
6	18	0.0253	1.8815	99.734
6	19	0.0262	1.8263	99.7248

6. Kombinasi 2 Knot untuk Ordo 3

Knot 1	Knot 2	GCV	DW	R ²
14	49	0.0232	2.107	99.765
14	50	0.0232	2.1071	99.765
14	51	0.0232	2.1072	99.765
14	52	0.0232	2.1071	99.765
14	53	0.0232	2.1068	99.765
14	54	0.0232	2.1061	99.765
14	55	0.0232	2.1045	99.765
14	56	0.0231	2.1009	99.7656
14	57	0.0230	2.0972	99.7665
14	58	0.0229	2.0972	99.7677

7. Kombinasi 3 Knot untuk Ordo 1

Knot 1	Knot 2	Knot 3	GCV	DW	R ²
5	11	20	0.0261	1.8404	99.7259
5	11	21	0.0256	1.8906	99.7314
5	11	22	0.0248	1.9261	99.7391
5	11	23	0.0244	1.9693	99.7438
5	11	24	0.024	2.0001	99.7477
5	11	25	0.0237	2.0276	99.7511
5	11	26	0.0234	2.0508	99.7542
5	11	27	0.0232	2.0707	99.7566
5	11	28	0.023	2.0829	99.7584
5	11	29	0.0229	2.0883	99.759

8. Kombinasi 3 Knot untuk Ordo 2

Knot 1	Knot 2	Knot 3	GCV	DW	R ²
5	13	18	0.0225	2.1586	99.7721
5	13	19	0.0225	2.1573	99.772
5	13	20	0.0225	2.1546	99.7716
5	13	21	0.0226	2.1507	99.7712
5	13	22	0.0226	2.1465	99.7707
5	13	23	0.0227	2.1427	99.7702
5	13	24	0.0227	2.1394	99.7697
5	13	25	0.0227	2.1367	99.7694
5	13	26	0.0228	2.1347	99.7691
5	13	27	0.0228	2.1332	99.7689

9. Kombinasi 3 Knot untuk Ordo 3

Knot 1	Knot 2	Knot 3	GCV	DW	R ²
17	21	31	0.0231	2.1912	99.7747
17	21	32	0.023	2.1949	99.7752
17	21	33	0.023	2.1973	99.7755
17	21	34	0.023	2.1981	99.7756
17	21	35	0.023	2.1973	99.7755
17	21	36	0.023	2.1948	99.7753
17	21	37	0.023	2.1907	99.7749
17	21	38	0.0231	2.1852	99.7743
17	21	39	0.0232	2.1786	99.7736
17	21	40	0.0233	2.1713	99.7728

Keterangan

GCV : Generalized Cross Validation (diambil nilai minimum)

DW : Nilai Durbin Watson (untuk pengujian asumsi galat independen)

R² : Koefisien Determinasi

Lampiran 3. Nilai GCV dan Kombinasi Knot untuk Spline Terboboti

1. 1 Knot untuk Ordo 1

Knot	GCV	DW	R ²
4	0.0868	0.48002	98.491
5	0.06404	0.58861	99.0011
6	0.0515	0.84416	99.29978
7	0.04592	1.01664	99.45823
8	0.04652	1.16734	99.49014
9	0.04877	1.13021	99.47467
10	0.05257	1.03104	99.41631
11	0.05907	0.88476	99.31571
12	0.06907	0.72977	99.16308
13	0.08383	0.63374	98.95325

2. 1 Knot untuk Ordo 2

Knot	GCV	DW	R ²
4	0.06237	0.80284	99.04931
5	0.05101	0.93324	99.33041
6	0.04135	1.13637	99.51628
7	0.03332	1.38037	99.62787
8	0.02684	1.62379	99.6911
9	0.02262	1.85685	99.72977
10	0.02214	1.97438	99.74517
11	0.02271	1.97259	99.74374
12	0.02446	1.84853	99.72473
13	0.02734	1.65497	99.68783

3. 1 Knot untuk Ordo 3

Knot	GCV	DW	R ²
13	0.02126	2.06661	99.76004
14	0.0213	2.06814	99.76063
15	0.02199	2.03052	99.756
16	0.02301	1.96424	99.74697
17	0.0243	1.8743	99.7335
18	0.02584	1.7688	99.71568
19	0.0276	1.6572	99.69396
20	0.02953	1.54728	99.66922
21	0.03159	1.4443	99.64228
22	0.03373	1.35098	99.61379

4. Kombinasi 2 Knot untuk Ordo 1

Knot 1	Knot 2	GCV	DW	R ²
4	11	0.0262	1.67657	99.69182
4	12	0.02561	1.67299	99.69494
4	13	0.02765	1.62215	99.66858
4	14	0.02962	1.52397	99.64392
4	15	0.03216	1.44754	99.62265
4	16	0.0349	1.37791	99.6023
4	17	0.03771	1.32802	99.57919
4	18	0.04008	1.2969	99.55859
4	19	0.04146	1.25131	99.54704
4	20	0.0427	1.22172	99.5338

5. Kombinasi 2 Knot untuk Ordo 2

Knot 1	Knot 2	GCV	DW	R ²
6	11	0.02127	2.04064	99.75668
6	12	0.02082	2.09442	99.76463
6	13	0.0208	2.106	99.7664
6	14	0.02112	2.07812	99.76265
6	15	0.02165	2.02503	99.75582
6	16	0.02238	1.96137	99.7474
6	17	0.02329	1.89613	99.73806
6	18	0.02434	1.83623	99.72834
6	19	0.0254	1.78363	99.71926
6	20	0.02638	1.73768	99.71114

6. Kombinasi 2 Knot untuk Ordo 3

Knot 1	Knot 2	GCV	DW	R ²
9	16	0.02126	2.09465	99.76378
9	17	0.02144	2.08194	99.76234
9	18	0.02165	2.06356	99.76012
9	19	0.0219	2.04178	99.75736
9	20	0.02217	2.01862	99.75436
9	21	0.02245	1.99583	99.75134
9	22	0.02274	1.9747	99.74844
9	23	0.02303	1.95569	99.74579
9	24	0.0233	1.93907	99.74342
9	25	0.02357	1.92475	99.74132

7. Kombinasi 3 Knot untuk Ordo 1

Knot 1	Knot 2	Knot 3	GCV	DW	R ²
4	11	28	0.02212	2.11786	99.75595
4	11	29	0.02186	2.12593	99.75689
4	11	30	0.02178	2.12161	99.75674
4	11	31	0.02199	2.11244	99.75508
4	11	32	0.0221	2.09166	99.75323
4	11	33	0.02236	2.07692	99.75024
4	11	34	0.02251	2.0566	99.74854
4	11	35	0.02264	2.04411	99.74687
4	11	36	0.02274	2.02961	99.74559
4	11	37	0.0238	2.0652	99.7499

8. Kombinasi 3 Knot untuk Ordo 2

Knot 1	Knot 2	Knot 3	GCV	DW	R ²
4	10	26	0.02181	2.04879	99.75613
4	10	27	0.02177	2.05091	99.75636
4	10	28	0.02173	2.05286	99.75658
4	10	29	0.02169	2.05431	99.75675
4	10	30	0.02165	2.05482	99.7568
4	10	31	0.02163	2.05407	99.7567
4	10	32	0.02163	2.05182	99.75641
4	10	33	0.02165	2.04821	99.75593
4	10	34	0.02169	2.04356	99.75532
4	10	35	0.02173	2.03815	99.75462

9. Kombinasi 3 Knot untuk Ordo 3

Knot 1	Knot 2	Knot 3	GCV	DW	R ²
17	21	34	0.02277	2.18047	99.77367
17	21	35	0.02274	2.18084	99.77375
17	21	36	0.02274	2.17525	99.77324
17	21	37	0.02274	2.17525	99.77324
17	21	38	0.02277	2.16942	99.77265
17	21	39	0.02282	2.16202	99.77185
17	21	40	0.02289	2.15365	99.77092
17	21	41	0.02295	2.14505	99.76996
17	21	42	0.02301	2.13694	99.76905
17	21	43	0.02306	2.12959	99.76826

Keterangan

GCV : Generalized Cross Validation (diambil nilai minimum)

DW : Nilai Durbin Watson (untuk pengujian asumsi galat independen)

R² : Koefisien determinasi

Lampiran 4. Pengujian Asumsi Galat Spline *Original* (Tanpa Bobot)

a. Kehomogenan Ragam Galat

Regression Analysis: abs galat versus Umur (bulan)

The regression equation is
 abs galat = 0.0053 - 0.00147 Umur

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.0553	0.02281	2.42	0.018
Umur	0.0014771	0.0006557	2.42	0.029

S = 0.441565 R-Sq = 20.0% R-Sq(adj) = 18.7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.040962	0.040962	5.04	0.029
Residual Error	59	0.479707	0.008131		
Total	60	0.520669			

Jika H_0 benar,

$$\frac{\sum(\hat{\epsilon}_i - |\bar{\epsilon}|)^2/p}{\sum(|\epsilon_i| - \hat{\epsilon}_i)^2/n-p} = 5.04 \sim F_{(1,59)} = 4.00398$$

Kesimpulan : Pada data berat badan balita terjadi heteroskedastisitas atau ragam galat tidak homogen.

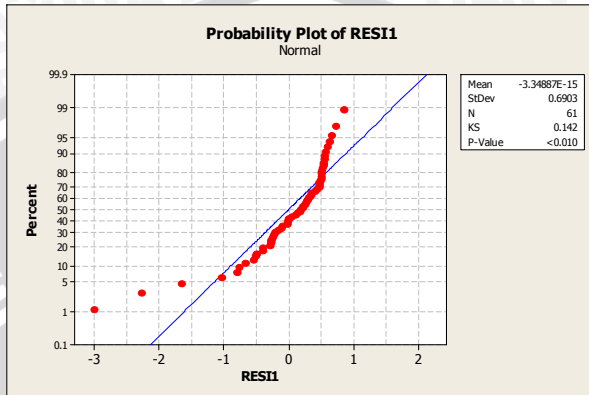
b. Galat Independen (Nonautokorelasi)

Jika H_0 benar,

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = 2.1413$$

Karena $d > d_U$ dan $d < 4 - d_L$, yaitu $1.727 < 2.1413 < 2.556$, maka H_0 diterima, dengan demikian data berat badan dan umur balita tidak terdapat korelasi antar galat.

c. Uji Asumsi Kenormalan



Gambar 1. Plot Uji Asumsi Kenormalan pada Spline Original

Diagram untuk pengujian asumsi kenormalan dengan model spline tanpa bobot menunjukkan bahwa nilai $p < 0.010$, didapatkan kesimpulan data tidak memenuhi asumsi galat menyebar normal.

Lampiran 5. Pengujian Asumsi Galat Spline Terboboti

a. Uji Asumsi Kehomogenan Ragam Galat

Regression Analysis: abs galat versus Umur (bulan)					
The regression equation is					
abs galat = 0.786 - 0.00209 Umur (bulan)					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	0.7857	0.1739	4.52	0.000	
Umur (bulan)	-0.002095	0.004998	-0.42	0.677	
S = 0.687322 R-Sq = 0.3% R-Sq(adj) = 0.0%					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.0830	0.0830	0.18	0.677
Residual Error	59	27.8723	0.4724		
Total	60	27.9552			

Jika H_0 benar,

$$\frac{\sum(\hat{\epsilon}_i - |\bar{\epsilon}|)^2/p}{\sum(|\epsilon_i - \hat{\epsilon}_i|^2/n-p)} = 0.18 \sim F_{(1,59)} = 4.00398$$

Kesimpulan : Pada data berat badan dan umur balita tidak terdapat heteroskedastisitas atau ragam galat homogen.

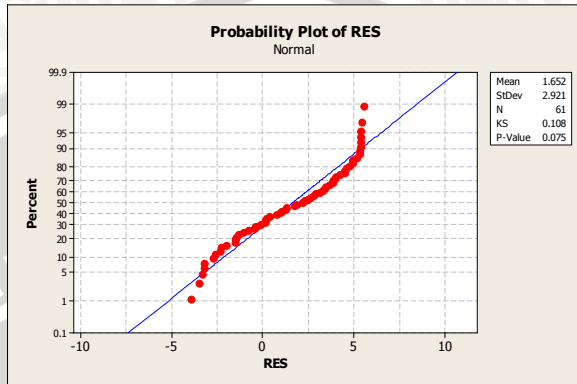
b. Uji Asumsi Galat Independen (Nonautokorelasi)

Jika H_0 benar,

$$d = \frac{\sum_{j=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = 2.106$$

Karena $d > d_U$ dan $d < 4 - d_L$, yaitu $1.727 < 2.106 < 2.556$, maka H_0 diterima, dengan demikian data berat badan dan umur balita tidak terdapat korelasi antar galat.

c. Uji Asumsi Kenormalan



Gambar 2. Plot Uji Asumsi Kenormalan pada Spline Original

Diagram untuk pengujian asumsi kenormalan dengan model spline tanpa bobot menunjukkan bahwa nilai $p=0.075$, didapatkan kesimpulan data memenuhi asumsi galat menyebar normal.

Lampiran 6. Program Matlab untuk Menduga Model Spline (Gabungan)

No.	Source Code	No.	Penjelasan
1	<code>function</code> <code>b=spline(x,y,knot ,</code> <code>orde)</code>	1	Membuat fungsi dengan nama spline dengan variabel masukan x,y,knot,orde
2	<code>[r1,c1]=size(x);</code>	2	Melihat ukuran matrik X, banyak baris dinyatakan dengan r1 dan banyak kolom dinyatakan dengan c1
3	<code>co_knot=knot;</code>	3	Nilai variabel knot dinyatakan ke dalam variabel co_knot
4	<code>tk=x(2:end-1);</code>	4	Mengambil baris 2 sampai baris end-1 pada kolom 1 matriks X dan hasilnya dinyatakan kedalam variabel tk
5	<code>nkn=size(tk,1);</code>	5	Melihat dimensi dari matriks tk, 1 apabila yang dilihat dimensi berdasarkan baris, 2 apabila yang dilihat dimensi berdasarkan kolom. Nilainya dinyatakan kedalam variabel nkn. Ex : M 2x3 jika commandnya <code>nkn=size(M,2)</code> maka nkn bernilai 3
6		6	
7	<code>bnol=ones(r1,1);</code>	7	Membuat matriks yang bernilai satu dengan nama bnol yang berukuran r1 x 1
8		8	
9	<code>for i=1:orde</code>	9	Perulangan dari i=1 sampai orde
10	<code>for j=1:r1</code>	10	Perulangan dari j=1 sampai r1
11	<code>a=x(j);</code>	11	Nilai matriks x ke j dinyatakan dalam variabel a
12		12	Nilai a ⁱ dinyatakan dalam

	<code>ex(j,i)=a^i;</code>		matriks ex baris ke j kolom ke-i
13	<code>end</code>	13	Perintah diakhiri
14	<code>end</code>	14	Perintah diakhiri
15		15	
16	<code>knot=com(knot);</code>	16	Nilai matriks com ke knot dinyatakan kedalam variabel knot
17	<code>[r2,c2]=size(knot);</code> <code>i</code>	17	Melihat ukuran matrik X, banyak baris dinyatakan dengan r2 dan banyak kolom dinyatakan dengan c2
18		18	
19	<code>t=1;</code>	19	1 dinyatakan kedalam variabel t
20	<code>if c2>1</code>	20	Jika c2>1
21	<code>for i=1:r2</code>	21	Perulangan dari i=1 sampai r2
22	<code>for j=2:c2</code>	22	Perulangan dari j=1 sampai c2
23	<code>m=knot(i,j);</code>	23	Matriks knot baris ke I kolom ke j dinyatakan kedalam variabel m
24	<code>u=knot(i,j-1);</code>	24	Matriks knot baris ke I kolom ke j-1 dinyatakan kedalam variabel u
25	<code>c(j)=m-u;</code>	25	m-u dinyatakan kedalam matriks c ke j
26	<code>end</code>	26	Perintah diakhiri
27	<code>cek=sum(c>0);</code>	27	Menjumlahkan untuk c>0 dan hasilnya dinyatakan kedalam variabel cek
28	<code>If</code> <code>cek==(c2-1)</code>	28	Jika cek = c2-1, maka
29	<code>use(t,:)=knot(i,:);</code> <code>i</code>	29	Matriks knot ke baris ke I, kolom menyesuaikan (semua kolom pada baris ke i)

			dinyatakan kedalam matriks use baris ke t, kolom menyesuaikan panjang kolom matriks knot
30	<code>t=t+1;</code>	30	Nilai t bertambah 1
31	<code>end</code>	31	Perintah diakhiri
32	<code>end</code>	32	Perintah diakhiri
33	<code>knot=use;</code>	33	Variabel use dinyatakan kedalam variabel knot
34	<code>end</code>	34	Perintah diakhiri
35	<code>[r2,c2]=size(knot);</code>	35	Melihat ukuran matrik X, banyak baris dinyatakan dengan r2 dan banyak kolom dinyatakan dengan c2
36		36	
37	<code>disp ' '</code>	37	Menampilkan spasi
38	<code>disp 'Jenis Spline'</code>	38	Menampilkan tulisan "jenis spline"
39	<code>disp '(1) Spline original tanpa bobot'</code>	39	Menampilkan tulisan "(1) Spline original tanpa bobot"
40	<code>disp '(2) Spline dengan bobot LMA'</code>	40	menampilkan tulisan "(2) Spline dengan bobot LMA"
41	<code>disp '(3) Spline dengan bobot GMA'</code>	41	Menampilkan tulisan "(3) Spline dengan bobot GMA"
42	<code>disp ' '</code>	42	Menampilkan spasi
43	<code>reply=input('Silahkan pilih (1),(2) atau (3)? ');</code>	43	Menampilkan tulisan "“Silahkan pilih (1),(2) atau (3)?”", dengan inputan yang dimasukkan akan dinyatakan dalam variabel reply
44	<code>co_re=reply;</code>	44	Variabel reply dinyatakan kedalam variabel co_re
45	<code>if reply==1</code>	45	Jika reply bernilai 1 maka
46	<code>SO(x,y,co_knot,orde)</code>	46	Menjalankan fungsi SO dengan variabel x,y,co_knot,orde

47	<code>else</code>	47	Atau jika tidak
48		48	
49		49	
50	<code>for k=1:r2</code>	50	Perulangan dari k=1 sampai r2
51	<code>for i=1:c2</code>	51	Perulangan dari i=1 sampai c2
52	<code>a=knot(k,i);</code>	52	Nilai matriks knot baris ke-k kolom-i dinyatakan dengan a
53	<code>for j=1:r1</code>	53	Perulangan dari j=1 sampai r1
54	<code>b=x(j);</code>	54	Nilai matriks x ke j dinyatakan ke dalam variabel b
55	<code>if b>=a</code>	55	Jika $b \geq a$, maka
56	<code>kn(j,i)=(b-a)^orde;</code>	56	Nilai $(b-a)^{\text{orde}}$ dinyatakan kedalam matriks kn baris ke j kolom ke i
57	<code>else</code>	57	Jika tidak
58	<code>kn(j,i)=0;</code>	58	Nilai kn baris ke j kolom ke I = 0
59	<code>end</code>	59	Perintah diakhiri
60	<code>end</code>	60	Perintah diakhiri
61	<code>end</code>	61	Perintah diakhiri
62	<code>base=[bnol ex kn];</code>	62	Membuat matriks base yang isinya gabungan dari matriks : bnol ex dan kn
63	<code>if reply==2</code>	63	Jika reply bernilai 2 maka
64	<code>w=LMA(base,y);</code>	64	menjalankan fungsi LMA dengan variabel base dan y dan hasilnya dinyatakan kedalam variabel w
65	<code>else</code>	65	Jika tidak
66	<code>w=GMA(base,y);</code>	66	Menjalankan fungsi GMA dengan variabel base dan y dan hasilnya dinyatakan kedalam variabel w

67	<code>end</code>	67	Perintah diakhiri
68	<code>H=base*(base'*diag(w)*base)^-1*(base'*diag(w));</code>	68	Menghitung nilai H dengan rumus $base*(base'*diag(w)*base)^{-1}*(base'*diag(w))$ untuk perintah <code>diag</code> bisa dilihat di <code>help matlab</code>
69	<code>pem=(((eye(r1)-(H))*y)'*diag(w))*((eye(r1)-(H))*y))/r1;</code>	69	Menghitung nilai pem dengan rumus $\frac{(((eye(r1)-(H))*y)'*diag(w))*((eye(r1)-(H))*y))}{r1}$ untuk perintah <code>eye</code> bisa dilihat di <code>help matlab</code>
70	<code>pen=(1/r1*trace(eye(r1)-H))^2;</code>	70	Menghitung nilai pen dengan rumus $(1/r1*trace(eye(r1)-H))^2$ untuk perintah <code>trace</code> bisa dilihat di <code>help matlab</code>
71	<code>GCV(k,1)=pem/pen;</code>	71	Nilai <code>pem/pen</code> dinyatakan kedalam matriks GCV baris ke k kolom ke 1
72		72	
73	<code>beta=(base'*diag(w)*base)^-1*(base'*diag(w)*y);</code>	73	Menghitung nilai beta
74	<code>y_fit=base*beta;</code>	74	Menghitung nilai <code>y_fit</code>
75	<code>SSE=sum((y-y_fit).^2);</code>	75	Menghitung nilai matriks <code>y - matriks y_fit</code> , hasilnya dikuadratkan kemudian dijumlahkan dari baris pertama sampai baris terakhir
76	<code>SSA='author by SEPTI NURUL ISMI';</code>	76	Mencetak nama
77	<code>SSB='0810950065';</code>	77	Mencetak NIM
78	<code>SST=sum((y-mean(y)).^2);</code>	78	Menghitung nilai matriks <code>y - matriks mean (y)</code> , hasilnya

			dikuadratkan kemudian dijumlahkan dari baris pertama sampai baris terakhir
79	$R_{sq} \text{ adj}(k,1) = (1 - SSE/SST) * 100;$	79	Menghitung nilai R_{sq}
80	$res = (y - y_{fit});$	80	Menghitung nilai res
81	$DW(k,1) = \text{durbin}(res);$	81	Nilai DW kolom ke-k baris ke-1 sama dengan durbin (res)
82	$glej(k,1) = \text{glejser}(x, res);$	82	Nilai glej kolom ke-k baris ke-1 sama dengan glejser kolom ke x baris res
83	<code>end</code>	83	Perintah diakhiri
84	<code>result = [knot GCV DW glej R_sq]; %noprint</code>	84	Membuat matriks base yang isinya gabungan dari matriks : knot GCV DW glej R_{sq}
85	<code>result = num2str(result, '%.5f'); %create 5 digit decimal after coma</code>	85	Pembulatan nilai result 5 digit dibelakang koma
86	<code>disp ' '</code>	86	Menampilkan spasi
87	<code>disp ' '</code>	87	Menampilkan spasi
88	<code>disp(result);</code>	88	Menampilkan matriks result
89	<code>disp ' '</code>	89	Menampilkan spasi
90	<code>disp 'note:'</code>	90	Menampilkan note
91	<code>disp 'empat kolom terakhir adalah GCV, Durbin-Watson, Glejser dan R_sq'</code>	91	Menampilkan “empat kolom terakhir adalah GCV, Durbin-Watson, Glejser dan R_{sq} ”
92	<code>disp ' '</code>	92	Menampilkan spasi
93	<code>reply = input('Optimasi knot lebih spesifik? [Y/N] ', 's');</code>	93	Menampilkan tulisan 'Optimasi knot lebih spesifik? [Y/N] ', 's', dengan inputan yang dimasukkan akan dinyatakan dalam variabel reply

94	<pre>if reply=='Y' reply=='y'</pre>	94	Jika reply bernilai Y atau y, maka
95	<pre>result=[knot GCV];</pre>	95	Membuat matriks result yang merupakan gabungan dari matriks knot dan GCV
96	<pre>a=size(result,2);</pre>	96	Melihat dimensi dari matriks result, 1 apabila yang dilihat dimensi berdasarkan baris, 2 apabila yang dilihat dimensi berdasarkan kolom. Nilainya dinyatakan kedalam variabel a.
97	<pre>result=sortrows(re sult,a);</pre>	97	Mensorting baris pada matriks result berdasarkan kolom ke 2
98	<pre>knot_opt=result(1, :)</pre>	98	matriks result pada baris 1 kolom menyesuaikan dinyatakan kedalam variabel knot_opt
99	<pre>%%%%%%%%%%%%%% %%%%%%%%% menghitung increment</pre>	99	Menghitung increment
100	<pre>c=knot_opt(1,1:c2) ;</pre>	100	Memilih nilai-nilai matriks knot_opt pada baris 1 kolom 1 sampai c2 dan menyetakkannya kedalam variabel c
101	<pre>n=size(c,2);</pre>	101	Melihat jumlah kolom matriks c dan menyetakkannya kedalam variabel m
102		102	
103	<pre>for i=1:n</pre>	103	Perulangan dari i=1 sampai n
104	<pre>for h=1:nkn</pre>	104	Perulangan dari h=1 sampai nkn
105	<pre>if c(i)==tk(h)</pre>	105	Jika $c(i) = tk(h)$ maka

106	<code>l=h;</code>	106	<code>l=h</code>
107	<code>end</code>	107	Perintah diakhiri
108	<code>end</code>	108	Perintah diakhiri
109	<code>if l>1</code>	109	Jika $l > h$ maka
110	<code>a1=tk(l-</code> <code>1);</code>	110	$a1=tk(l-1)$
111	<code>else</code>	111	Jika tidak
112	<code>a1=c(i);</code>	112	Nilai matriks c ke i dinyatakan ke dalam variabel $a1$
113	<code>end</code>	113	Perintah diakhiri
114		114	
115	<code>if l<nkn</code>	115	Jika $l < nkn$
116	<code>a2=tk(l+1);</code>	116	Nilai matriks tk ke $(l+1)$ dinyatakan ke dalam variabel $a2$
117	<code>else</code>	117	Jika tidak
118	<code>a2=c(i);</code>	118	Nilai matriks c ke i dinyatakan ke dalam variabel $a2$
119	<code>end</code>	119	Perintah diakhiri
120	<code>d=(a2-a1)/20;</code>	120	Nilai d didapatkan dari $(a2-a1)/20$
121	<code>icr(i,:)=(a1:d:a2)</code> <code>;</code>	121	Mengisi matriks icr pada baris ke I kolom menyesuaikan dengan nilai $a1$ sampai $a2$ dengan selang sebesar d
122	<code>end</code>	122	Perintah diakhiri
123	<code>knot=icr';</code>	123	Membuat transpose matriks icr dan menyatakannya kedalam variabel $knot$
124	<code>%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%</code> <code>%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%</code> <code>menghitung</code> <code>increment finish</code>	124	Menghitung increment finish
125	<code>knot=com(knot);</code>	125	Nilai matriks com ke $knot$ dinyatakan kedalam variabel

			knot
126	<code>[r,c]=size(knot);</code>	126	Melihat ukuran matrik X, banyak baris dinyatakan dengan r dan banyak kolom dinyatakan dengan c
127	<code>use=[];</code>	127	Memasukkan himpunan kosong kedalam variabel use
128	<code>t=1;</code>	128	t sama dengan 1
129	<code>if c>1</code>	129	Jika $c > 1$
130	<code>for i=1:r</code>	130	Perulangan dari $i=1$ sampai r
131	<code>for j=2:c</code>	131	Perulangan dari $j=2$ sampai c
132	<code>m=knot(i,j);</code>	132	Matriks knot baris ke I kolom ke j dinyatakan kedalam variabel m
133	<code>u=knot(i,j-1);</code>	133	Matriks knot baris ke I kolom ke $j-1$ dinyatakan kedalam variabel u
134	<code>cc(j)=m-u;</code>	134	$m-u$ dinyatakan kedalam matriks c ke j
135	<code>end</code>	135	Perintah diakhiri
136		136	
137	<code>cek=sum(cc>0);</code>	137	Menjumlahkan untuk $c>0$ dan hasilnya dinyatakan kedalam variabel cek
138	<code>if cek==(c-1)</code>	138	Jika $cek = c-1$, maka
139	<code>use(t,:)=knot(i,:);</code>	139	Matriks knot ke baris ke I, kolom menyesuaikan (semua kolom pada baris ke i) dinyatakan kedalam matriks use baris ke t, kolom menyesuaikan panjang kolom matriks knot
140	<code>t=t+1;</code>	140	Nilai t bertambah 1
141	<code>end</code>	141	Perintah diakhiri
142	<code>end</code>	142	Perintah diakhiri

143	<code>knot=use;</code>	33	Variabel use dinyatakan kedalam variabel knot
144	<code>end</code>	34	Perintah diakhiri
145	<code>[r2,c2]=size(knot);</code>	35	Melihat ukuran matrik X, banyak baris dinyatakan dengan r1 dan banyak kolom dinyatakan dengan c1
146	<code>%%%%%%%%%%estima si ke 2%%%%%%%%%</code>	146	
147	<code>for k=1:r2</code>	147	Perulangan dari k=1 sampai r2
148	<code>for i=1:c2</code>	148	Perulangan dari i=1 sampai c2
149	<code>a=knot(k,i);</code>	149	Nilai matriks knot baris ke-k kolom-i dinyatakan dengan a
150	<code>for j=1:r1</code>	150	Perulangan dari j=1 sampai r1
151	<code>b=x(j);</code>	151	Nilai matriks x ke j dinyatakan ke dalam variabel b
152	<code>if b>=a</code>	152	Jika $b \geq a$
153	<code>kn(j,i)=(b-a)^orde;</code>	153	Matrik kn kolom ke-j baris ke-i dinyatakan dalam $(b-a)^{orde}$
154	<code>else</code>	154	Jika tidak
155	<code>kn(j,i)=0;</code>	155	Matrik Matrik kn kolom ke-j baris ke-i sama dengan 0
156	<code>end</code>	156	Perintah diakhiri
157	<code>end</code>	157	Perintah diakhiri
158	<code>end</code>	158	Perintah diakhiri
159	<code>base=[bnol ex kn];</code>	159	Membuat matriks base yang isinya gabungan dari matriks : bnol ex dan kn
160	<code>if co_re==2</code>	160	Jika co_re bernilai 2 maka
161	<code>w=LMA(base,y);</code>	161	menjalankan fungsi LMA dengan variabel base dan y dan hasilnya dinyatakan

			kedalam variabel w
162	<code>else</code>	162	Jika tidak
163	<code>w=GMA(base,y);</code>	163	Menjalankan fungsi GMA dengan variabel base dan y dan hasilnya dinyatakan kedalam variabel w
164	<code>end</code>	164	Perintah diakhiri
165	<code>H=base*(base'*diag(w)*base)^-1*(base'*diag(w));</code>	165	Menghitung nilai H dengan rumus $base*(base'*diag(w)*base)^{-1}*(base'*diag(w))$ untuk perintah diag bisa dilihat di help matlab
166	<code>pem=(((eye(r1)-(H))*y)'*diag(w)*((eye(r1)-(H))*y))/r1;</code>	166	Menghitung nilai pem dengan rumus $(((eye(r1)-(H))*y)'*diag(w)*((eye(r1)-(H))*y))/r1$ untuk perintah eye bisa dilihat di help matlab
167	<code>pen=(1/r1*trace(eye(r1)-H))^2;</code>	167	Menghitung nilai pen dengan rumus $(1/r1*trace(eye(r1)-H))^2$ untuk perintah trace bisa dilihat di help matlab
168	<code>GCV(k,1)=pem/pen;</code>	168	Nilai pem/pen dinyatakan kedalam matriks GCV baris ke k kolom ke 1
169	<code>end</code>	169	Perintah diakhiri
170	<code>result=[knot gcv];</code>	170	Membuat matriks base yang isinya gabungan dari matriks : knot, gcv
171	<code>e=size(result,2);</code>	171	Melihat dimensi dari matriks result, 1 apabila yang dilihat dimensi berdasarkan baris, 2 apabila yang dilihat dimensi berdasarkan kolom. Nilainya dinyatakan kedalam variabel e.

172	<code>result=sortrows(result,e);</code>	172	Mensorting baris pada matriks result berdasarkan kolom ke 2
173	<code>knot_specific=result(1,:)</code>	173	matriks result pada baris 1 kolom menyesuaikan dinyatakan kedalam variabel <code>knot_specific</code>
174	<code>end</code>	174	Perintah diakhiri
175	<code>if reply=='Y' reply=='y'</code>	175	Jika reply bernilai Y atau y, maka
176	<code>knot=knot_specific(1:end-1)</code>	176	<code>knot=knot_specific(1:end-1)</code>
177	<code>else</code>	177	Jika tidak
178	<code>result=[knot GCV];</code>	178	Membuat matriks base yang isinya gabungan dari matriks : <code>knot, gcv</code>
179	<code>a=size(result,2);</code>	179	Melihat dimensi dari matriks result, 1 apabila yang dilihat dimensi berdasarkan baris, 2 apabila yang dilihat dimensi berdasarkan kolom. Nilainya dinyatakan kedalam variabel <code>a</code> .
180	<code>result=sortrows(result,a);</code>	180	Mensorting baris pada matriks result berdasarkan kolom ke 2
181	<code>disp ' '</code>	181	Menampilkan spasi
182	<code>disp 'knot optimum adalah'</code>	182	Menampilkan tulisan “knot optimum adalah”
183	<code>disp(result(1,:))</code>	183	Menampilkan matriks result
184	<code>knot=result(1,1:end-1)</code>	184	<code>knot=result(1,1:end-1)</code>
185	<code>end</code>	185	Perintah diakhiri
186		186	
187	<code>reply=input('Tampi</code>	187	Menampilkan tulisan

	lkan uji t, uji F dan print plot? [Y/N] ', 's');		Tampilkan uji t, uji F dan print plot? [Y/N] ', 's', dengan inputan yang dimasukkan akan dinyatakan dalam variabel reply
188	if reply=='Y' reply=='y'	188	Jika reply bernilai Y atau y, maka
189		189	
190	for i=1:c2	190	Perulangan dari i=1 sampai c2
191	a=knot(1,i);	191	Nilai matriks knot baris ke-k kolom-i dinyatakan dengan a
192	for j=1:r1	192	Perulangan dari j=1 sampai r1
193	b=x(j);	193	Nilai matriks x ke j dinyatakan ke dalam variabel b
194	if b>=a	194	Jika $b \geq a$
195	kn(j,i)=(b-a)^orde;	195	Matrik kn kolom ke-j baris ke-i dinyatakan dalam $(b-a)^{\text{orde}}$
196	else	196	Jika tidak
197	kn(j,i)=0;	197	Matrik Matrik kn kolom ke-j baris ke-i sama dengan 0
198	end	198	Perintah diakhiri
199	end	199	Perintah diakhiri
200	end	200	Perintah diakhiri
201	base=[bnol ex kn];	159	Membuat matriks base yang isinya gabungan dari matriks : bnol ex dan kn
202			
203	[r,c]=size(base);		Melihat ukuran matrik X, banyak baris dinyatakan dengan 1 dan banyak kolom dinyatakan dengan c
204	if co_re==2	160	Jika co_re bernilai 2 maka
205	w=LMA(base,y);	161	menjalankan fungsi LMA

			dengan variabel base dan y dan hasilnya dinyatakan kedalam variabel w
206	<code>else</code>	162	Jika tidak
207	<code>w=GMA(base,y);</code>	163	Menjalankan fungsi GMA dengan variabel base dan y dan hasilnya dinyatakan kedalam variabel w
208	<code>end</code>	164	Perintah diakhiri
209			
210	<code>beta=(base'*diag(w)*base)^-1*(base'*diag(w)*y);</code>	209	Menghitung nilai beta
211	<code>y_fit=base*beta;</code>	210	Menghitung nilai y_fit
212	<code>SSE=sum((y-y_fit).^2);</code>	211	Menghitung SSE
213	<code>SST=sum((y-mean(y)).^2);</code>	213	Menghitung SST
214	<code>R_sq(k,1)=(1-SSE/SST)*100;</code>	214	Menghitung R^2
215	<code>res=(y-y_fit);</code>	215	Menghitung residual
216		216	
217	<code>MSE=mean(res.^2);</code>	217	Menghitung rata - rata dari matriks res kuadrat
218	<code>vb=MSE*(base'*diag(w)*base)^-1;</code>	218	Menghitung vb
219	<code>SE=sqrt(diag(vb));</code>	219	Menghitung akar pangkat dari diagonal matriks vb
220	<code>beta</code>	220	Menampilkan hasil dari bet
221	<code>SE</code>	221	Menampilkan hasil dari SE
222	<code>t_hit=beta./SE;</code>	222	Menentukan statistik uji
223	<code>t_tab=tinvc(0.975,(r-c));</code>	223	Mencari Student's t inverse cumulative distribution function dari 0,975, r-c. *di help ada
224	<code>disp ' '</code>	224	Menampilkan spasi
225	<code>disp 't hitung'</code>	225	Menampilkan tulisan "t

			hitung”
226	disp(t_hit)	226	Menampilkan hasil dari t hitung
227	disp ' t tabel'	227	Menampilkan tulisan “t tabel”
228	disp(t_tab)	228	Menampilkan hasil dari t tab
229	if abs(t_hit)>t_tab	229	Jika nilai mutlak t hit > t tabel maka
230	disp 'uji t signifikan'	230	Menampilkan tulisan 'uji t signifikan'
231	else	231	Jika tidak
232	disp 'uji t tidak signifikan'	232	Menampilkan tulisan 'uji t tidak signifikan'
233	end	233	Perintah diakhiri
234		234	
235	SSR=SST-SSE;	235	Menghitung SSR dengan rumus SST-SSE
236	MSR=SSR/(c-1); %c : jumlah parameter	236	Menghitung MSR, dengan c adalah jumlah parameter
237	MSE=SSE/(r-c); %r : jumlah data	237	Menghitung MSE, dengan r adalah jumlah data
238	F_hit=MSR/MSE;	238	Menentukan F hitung
239	F0=F_hit;	239	F0=F_hit;
240	F_hit=num2str(F_hit, '%.2f');	240	Menentukan F hitung
241	F_tab=finv(0.95,(c-1),(r-c));	241	F inverse cumulative distribution function. *lihat di help
242	disp ' '	242	Menampilkan spasi
243	disp ' '	243	Menampilkan spasi
244	disp 'F hitung'	244	Menampilkan tulisan 'F hitung'
245	Anova={'SS', 'Df', 'MS', 'F'; SSR (c-1) MSR F_hit; SSE (r-c) MSE 0; SST (r-1) 0 0}	245	Membuat Anova
246	disp ' '	246	Menampilkan spasi

247	<code>disp ' F tabel'</code>	247	Menampilkan tulisan 'F tabel'
248	<code>disp(F_tab)</code>	248	Menampilkan hasil F tab
249	<code>if F0>F_tab</code>	249	Jika $F_0 > F_{tab}$ maka
250	<code>disp 'uji F signifikan'</code>	250	Menampilkan tulisan 'uji F signifikan'
251	<code>else</code>	251	Jika tidak
252	<code>disp 'uji F tidak signifikan'</code>	252	Menampilkan tulisan 'uji F tidak signifikan'
253	<code>end</code>	253	Perintah diakhiri
254		254	
255	<code>plot(x,y,'ok','LineWidth',2,'MarkerFaceColor',[0 0 0]),hold on,plot(x,y_fit,'-r','LineWidth',2),hold off</code>	255	Menggambar grafik (X,Y)
256		256	
257	<code>end</code>	257	Perintah diakhiri
258	<code>disp ' '</code>	258	Menampilkan spasi
259	<code>disp ' '</code>	259	Menampilkan spasi
260	<code>disp '====='</code>	260	Menampilkan '====='
261	<code>disp(SSA)</code>	261	Menampilkan hasil dari SSA
262	<code>disp(SSB)</code>	262	Menampilkan hasil dari SSA
263	<code>disp '====='</code>	263	Menampilkan '====='
264	<code>end</code>	264	Perintah diakhiri

Lampiran 7. Program Matlab untuk Mencari Pembobot dengan LMA

No.	Source Code	No	Penjelasan
1	<code>function w=LMA(x,y)</code>	1	Membuat fungsi LMA dengan variabel masukan x dan y
2	<code>[r,c]=size(x);</code>	2	Melihat ukuran matrik X, banyak baris dinyatakan dengan r dan banyak kolom dinyatakan dengan c
3	<code>flambda=x*(x'*x)^-1*(x'*y);</code>	3	Menghitung f lamda dengan rumus $x*(x'*x)^{-1}*(x'*y)$
4	<code>alambda=x*(x'*x)^-1*x';</code>	4	Menghitung a lamda dengan rumus $x*(x'*x)^{-1}*x'$
5	<code>d=diag(alambda);</code>	5	Membuat matriks d yang berisi diagonalnya bernilai alambda
6	<code>sigma=sum((y-flambda).^2/(r-trace(alambda)));</code>	6	Menjumlahkan matriks (y-flambda) kuadrat /(r-trace(alambda))
7	<code>residual=y-flambda;</code>	7	Menghitung residual dengan y-flambda
8	<code>n=r;</code>	8	Variabel r dinyatakan kedalam variabel n
9		9	
10	<code>for i=1:r</code>	10	Perulangan dari i=1 sampai r
11	<code>if (i-c)>1</code>	11	Jika (i-c)>1 maka
12	<code>mi=i-c;</code>	12	mi=i-c
13	<code>else</code>	13	Jika tidak
14	<code>mi=1;</code>	14	mi=1
15	<code>end</code>	15	Perintah diakhiri
16		16	
17	<code>if(i+c)<n</code>	17	Jika (i+c)<n

18	<code>ni=i+c;</code>	18	<code>ni=i+c</code>
19	<code>else</code>	19	Jika tidak
20	<code>ni=n;</code>	20	<code>ni=n</code>
21	<code>end</code>	21	Perintah diakhiri
22		22	
23	<code>jml=0;</code>	23	<code>jml=0</code>
24	<code>for j=mi:ni</code>	24	Untuk <code>j=mi:ni</code>
25	<code>r(j)=(residual(j)/(sqrt(sigma)*sqrt(1-d(j))))^2;</code>	25	<code>r(j)=(residual(j)/(sqrt(sigma)*sqrt(1-d(j))))^2</code>
26	<code>jml=jml+r(j);</code>	26	<code>jml=jml+r(j);</code>
27	<code>end</code>	27	Perintah diakhiri
28	<code>result(i)=1/(ni-mi+1)*jml;</code>	28	<code>result(i)=1/(ni-mi+1)*jml</code>
29	<code>w(i,1)=1/result(i);</code>	29	<code>w(i,1)=1/result(i)</code>
30	<code>end</code>	30	Perintah diakhiri

Lampiran 8. Pembobot yang Dihasilkan Melalui Metode LMA

Diagonal utama matrik $\underline{W}_{61 \times 61}$

0.805	2.9921
0.7056	4.1142
0.561	5.2515
0.4798	7.7325
0.4236	9.3423
0.3997	13.0949
0.3799	22.3889
0.3836	53.7636
0.385	182.5394
0.3953	187.9753
0.3942	207.6349
0.3931	154.4703
0.4134	82.4303
0.4464	34.0427
0.4962	16.977
0.5252	9.2135
0.566	6.5254
0.6341	5.3452
0.6968	4.9886
0.7447	3.896
0.8033	2.9028
0.8482	2.2817
0.9388	1.8501
0.9889	1.6892
1.1524	1.3086
1.2919	1.1645
1.4552	1.0302
1.6197	0.988
1.8442	0.8541
2.0787	0.7837
2.5154	

atau dapat ditulis dalam bentuk matrik $\underline{W}_{61 \times 61}$ sebagai berikut:

$$\text{diag } \underline{W} = \begin{bmatrix} 0.805 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0.7056 & 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & 0.561 & \vdots & \vdots & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.4798 & \vdots & \vdots & \vdots & 0 \\ \vdots & 0 & 0 & 0 & 0.4236 & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & 0 & 0 & 0 & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 2.5154 \end{bmatrix}$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

