PENDEKATAN *SPLINE* PADA REGRESI SEMIPARAMETRIK

(Studi Kasus di SMA Negeri 8 Malang)

SKRIPSI

oleh:
EKA FITRI RAHMAWATI
0510950017-95

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009

PENDEKATAN *SPLIN*E PADA REGRESI SEMIPARAMETRIK

(Studi Kasus di SMA Negeri 8 Malang)

SKRIPSI

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

Oleh:
EKA FITRI RAHMAWATI
0510950017-95

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENDEKATAN *SPLINE* PADA REGRESI SEMIPARAMETRIK
(Studi Kasus di SMA Negeri 8 Malang)

Oleh:
EKA FITRI RAHMAWATI
0510950017-95

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal 11 Mei 2009 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Statistika

Dosen Pembimbing I,	Dosen Pembimbing II,
Dra. Ani Budi Astuti, M.Si	Eni Sumarminingsih, S.Si., MM
NIP. 131 993 385	NIP. 132 300 241

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Agus Suryanto, M.Sc
NIP. 132 126 049

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	:	**Eka Fitri Rahmawati**
NIM	:	**0510950017 – 95**
Jurusan	:	**Matematika**
Penulisan skripsi berjudul	:	**PENDEKATAN *SPLIN*E PADA REGRESI SEMIPARAMETRIK** (Studi Kasus di SMA Negeri 8 Malang)

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 risiko.**

Demikian pernyataan ini saya buat dengan segala kesadaran.

Malang, 11 Mei 2009
Yang menyatakan,

Eka Fitri Rahmawati
NIM. 0510950017-95

PENDEKATAN *SPLINE* PADA REGRESI SEMIPARAMETRIK

(Studi Kasus di SMA Negeri 8 Malang)

ABSTRAK

Analisis regresi merupakan suatu metode untuk menganalisis hubungan dan pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon. Dua pendekatan yang sering digunakan dalam menentukan kurva regresi yakni pendekatan parametrik dan pendekatan nonparametrik. Salah satu persoalan yang sering muncul dalam masalah pendugaan parameter regresi yaitu tidak semua parameter dapat didekati dengan pendekatan parametrik maupun pendekatan nonparametrik sehingga menghasilkan model regresi semiparametrik atau disebut Linier Parsial (*Partially Linear Model*). Regresi semiparametrik dapat diduga dengan menggunakan pendekatan *spline* yang merupakan suatu pendekatan pengepasan data dengan tetap memperhitungkan kemulusan kurva. Spline merupakan model tersegmen atau terbagi inilah yang memberikan fleksibilitas lebih dari polinomial biasa. Pada penelitian ini akan memodelkan data rata-rata nilai UNAS yang kemungkinan dipengaruhi oleh rata-rata nilai rapor, UAS, *tryout*, UNAS SMP, dan nilai IQ siswa SMA Negeri 8 Malang menggunakan regresi semiparametrik dengan pendekatan spline. Dari pengujian yang telah dilakukan rata-rata nilai rapor, *tryout*, UNAS SMP, dan nilai IQ berpengaruh signifikan terhadap nilai UNAS sedangkan rata-rata nilai UAS tidak berpengaruh terhadap nilai UNAS dengan R^2 sebesar 34.39% hal ini menunjukan bahwa model belum bisa menjelaskan keadaan yang sebenarnya namun bisa digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap rata-rata nilai UNAS siswa SMA Negeri 8 Malang.

Kata Kunci : Regresi semiparametrik, *spline*, *knot*

A SPLINE APPROACH IN SEMIPARAMETRIC REGRESSION
(A Case Study in SMA Negeri 8 Malang)

ABSTRACT

Regression analysis shows relationship and impact of predictor variables toward response variables. Two approaches widely used to determine a regression curve are parametric and nonparametric approach. One of problems which frequently appears in estimating regression parameters is that not all parameter can be approached either by parametric or nonparametric approach so that produces semiparametric regression model or Partially Linear model. Semiparametric regression can be estimated by using a Spline approach, a data fitting approach which still considers the smoothness of curve. Spline is a segmented model giving more flexibility than ordinary polynomial. This research will model data of UNAS mark probably average affected by the SMA Negeri 8 Malang students' average mark of report card, UAS, tryout, UNAS of junior high school, and IQ by using semiparametric regression with a Spline approach. The result of this study shows that the average mark of report card, tryout, UNAS of junior high school, and IQ significantly affects the UNAS mark, while the UAS mark does not affect it with R^2 are 34.39% show that the model can not explain the real condition but it can be used to know the factors affected the students'average mark of UNAS in SMA Negeri 8 Malang.

Key words: semiparametric regression, Spline, knots

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim,
Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "*Pendekatan Spline Pada Regresi Semiparametrik (Studi Kasus di SMA Negeri 8 Malang)*"sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Statistika. Oleh karena itu penulis mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Ani Budi Astuti, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I atas arahan serta nasehat yang telah diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini
2. Ibu Eni Sumarminingsih, S.Si., MM, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dan masukan dengan sabar kepada penulis selama penyusunan skripsi ini
3. Dr. Agus Suryanto, M.Sc, selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
4. Ibu Ir. Soepraptini, MSc., Ibu Suci Astutik, S.Si., M.Si. dan Ibu Nurjannah, S.Si selaku Dosen Penguji
5. Bapak dan Ibu Dosen Statistika atas didikan selama kuliah hingga penulis bisa menyelesaikan kuliah
6. Bapak, ibu, adik dan mas yang senantiasa mendoakan dan membantu penulis mencapai yang terbaik
7. Teman-teman Program Studi Statistika 2005 yang telah memberikan dukungan, semangat dan bantuan
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah banyak membantu selama penulisan skripsi ini

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan mengingat keterbatasan kemampuan penulis. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharap kritik dan saran. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis.

Malang, 11 Mei 2009

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

Halaman

Halaman

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Halaman

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Istilah regresi diperkenalkan oleh Francis Galton (1822-1911) yang diperkuat oleh Karl Pearson. Analisis regresi merupakan suatu metode untuk menganalisis hubungan dan pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon. Dua pendekatan yang sering digunakan dalam menentukan kurva regresi yakni pendekatan parametrik dan pendekatan nonparametrik.

Jika kurva regresi memenuhi asumsi parametrik maka disebut sebagai regresi parametrik dan apabila model ini benar, maka pendugaan parametrik sangat efisien dan tepat digunakan. Jika asumsi regresi parametrik dilanggar, penerapan prosedur parametrik menyebabkan interpretasi data yang menyesatkan, maka pendekatan yang dapat digunakan adalah pendekatan nonparametrik. Karena pendekatannya tidak tergantung pada asumsi bentuk kurva tertentu, sehingga memberikan fleksibilitas yang lebih besar.

Sasmitoadi (2005) telah melakukan penelitian untuk mengkaji penggunaan orde dan *knot* pada regresi *spline* dan Sholihah (2008) melakukan penelitian tentang *P-spline*, keduanya menggunakan pendekatan pada regresi nonparametrik. Salah satu persoalan yang sering muncul dalam masalah pendugaan parameter regresi yaitu tidak semua parameter dapat didekati dengan pendekatan parametrik maupun pendekatan nonparametrik. Model seperti ini menghasilkan model regresi semiparametrik atau disebut Model Linier Parsial (*Partially Linear Model*).

Fitrianty (2008) telah melakukan penelitian tentang pendugaan parameter regresi semiparametrik dengan pendekatan *kernel*. Selain menggunakan *kernel*, regresi semiparametrik dapat diduga dengan menggunakan pendekatan *spline* yang merupakan suatu pendekatan pengepasan data dengan tetap memperhitungkan kemulusan kurva karena *spline* merupakan model tersegmen atau terbagi yang memberikan fleksibilitas lebih dibandingkan polinomial biasa, sehingga penelitian ini menggunakan pendekatan *spline* pada regresi semiparametrik.

Pendidikan merupakan investasi jangka panjang yang harus selalu ditingkatkan mutunya. Mutu pendidikan rendah, akan berdampak pada ketidaktepatan investasi pendidikan, bahkan dapat pula menimbulkan masalah sosial. Peningkatan mutu atau kualitas pendidikan dapat dilakukan melalui penilaian hasil belajar siswa terutama nilai UNAS. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu gambaran yang dapat digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi rata-rata nilai UNAS siswa. Penelitian ini akan memodelkan data rata-rata nilai UNAS siswa di SMA Negeri 8 Malang Tahun Ajaran 2007/2008 yang kemungkinan dipengaruhi oleh rata-rata nilai rapor, UAS, *tryout*, UNAS SMP, dan nilai IQ (*Intelligence Quotient*) menggunakan regresi semiparametrik dengan pendekatan *spline*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka muncul permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil penerapan regresi semiparametrik dengan pendekatan *spline* linier dan kuadratik terhadap data rata-rata nilai UNAS yang dipengaruhi oleh rata-rata nilai rapor, UAS, *tryout*, UNAS SMP, dan nilai IQ siswa SMA Negeri 8 Malang?
2. Bagaimana model regresi semiparametrik dengan pendekatan *spline* yang paling baik untuk data rata-rata nilai UNAS yang dipengaruhi oleh rata-rata nilai rapor, UAS, *tryout*, UNAS SMP, dan nilai IQ siswa SMA Negeri 8 Malang?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan model regresi semiparametrik dengan pendekatan *spline* yang paling baik untuk data rata-rata nilai UNAS siswa SMA Negeri 8 Malang dan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi rata-rata nilai UNAS.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Model *spline* yang digunakan yaitu *spline* linier dan kuadratik.
2. Memilih model terbaik menggunakan MSE.
3. Pendugaan parameter menggunakan metode *Least square* (LS)
4. Banyaknya knot 1, 2 dan 3.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap rata-rata nilai UNAS sehingga dapat digunakan sebagai alat pertimbangan bagi SMA Negeri 8 Malang dalam pengambilan kebijakan untuk meningkatkan rata-rata nilai UNAS siswa.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Regresi Parametrik

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui bentuk hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon yang dipergunakan untuk maksud-maksud peramalan. Secara matematis model linier sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \sum_{j=1}^{d} \beta_j X_j + \varepsilon \quad ; j = 1,2,...,d \qquad (2.1)$$

di mana:

Y : variabel respon
X_j : variabel prediktor ke-j
d : banyak variabel prediktor
β_0 dan β_j : parameter-parameter yang tidak diketahui.
ε : galat yang diasumsikan menyebar NID $(0, \sigma^2)$

Regresi parametrik digunakan jika terdapat asumsi tentang bentuk kurva. Dalam regresi, nilai-nilai Y diperoleh dari beberapa populasi, setiap populasi ditentukan oleh X tertentu dengan menggunakan n pengamatan. Pendugaan parameter pada regresi parametrik dapat menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (*Ordinary Least Square*) dan Metode kemungkinan maksimum (*Maximum Likelihood Method)* (Yulia dkk, 1997).

2.2. Regresi Nonparametrik

Model regresi nonparametrik adalah sebagai berikut :

$$Y_i = g(Z_i) + \varepsilon_i \quad ; i = 1,2,...,n \qquad (2.2)$$

di mana:

Y_i : nilai pengamatan ke-i variabel respon
$g(Z_i)$: fungsi mulus (*smooth*) yang tidak diketahui
$\varepsilon_i \sim$ NID $(0, \sigma^2)$: galat pengamatan ke-i yang saling bebas dengan rata-rata nol dan ragam σ^2 (Fox, 2002).

Bentuk kurva regresi nonparametrik tidak diketahui. Data diharapkan mencari sendiri bentuk pendugaannya, tanpa dipengaruhi oleh faktor subjektivitas dari perancang penelitian (Eubank, 1988). Dengan demikian, pendekatan regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi.

2.3. Regresi Semiparametrik

Regresi semiparametrik diterapkan apabila dalam suatu model regresi, di mana sebagian variabel prediktor telah diketahui bentuk hubungan terhadap variabel respon namun demikian sebagian tidak diketahui sehingga harus diduga dengan pendekatan nonparametrik. Gabungan antara pendekatan parametrik dengan pendekatan nonparametrik ini menghasilkan model regresi semiparametrik, sehingga pendugaan model semiparametrik ekuivalen dengan menduga parameter pada komponen parametrik dan komponen nonparametrik (Ruppert *et al.*, 2003).

Misalkan dalam suatu model persamaan regresi, terdapat dua variabel prediktor (X dan Z) yang berpengaruh terhadap variabel respon (Y). Bentuk hubungan antara X dan Y diketahui linier berdasarkan teori atau sumber-sumber lain yang dapat memberi informasi yang terperinci sehingga X sebagai komponen parametrik. Sedangkan bentuk hubungan antara Z dan Y tidak diketahui sehingga Z sebagai komponen nonparametrik. Dalam masalah ini, pendugaan parameter regresi dapat dilakukan dengan menggabungkan pendekatan parametrik dan nonparametrik sehingga menghasilkan model regresi semiparametrik. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y_i = X_i^{'}\boldsymbol{\beta} + \mathrm{g}(Z_{\mathrm{i}}) + \varepsilon_{\mathrm{i}}, \qquad i=1,2,\ldots n \qquad (2.3)$$

di mana :

$X_i^{'} = (X_{i1}, X_{i2}, \ldots, X_{id})$ adalah vektor variabel prediktor (komponen parametrik), d merupakan banyaknya variabel prediktor komponen parametrik

$\mathrm{Z}_i^{'} = (Z_{i1}, Z_{i2}, \ldots, Z_{it})$ adalah vektor variabel prediktor (komponen nonparametrik), t merupakan banyaknya variabel prediktor komponen nonparametrik

$\mathbf{\beta}' = (\beta_0, \beta_2, ...\beta_d)$ adalah *d*-vektor parameter yang tidak diketahui
$g(Z_i)$ adalah fungsi pemulus yang tidak diketahui
ε_i adalah galat acak yang saling bebas dengan rata-rata nol dan ragam σ^2 (Liang *et al*., 1999).

Hubungan variabel prediktor komponen parametrik terhadap variabel respon adalah linier sehingga model (2.3) disebut Model Linier Parsial (*Partially Linear Model*) (Kim *et al*., 2002).

2.4. Asumsi-Asumsi Analisis regresi

Asumsi yang mendasari analisis regresi baik regresi parametrik, nonparametrik dan semiparametrik secara lebih jelas disajikan dalam Tabel 2.1 :

Tabel 2.1. Asumsi-Asumsi Regresi Parametrik, Nonparametrik dan Semiparametrik

No	**Parametrik**	**Nonparametrik**	**Semiparametrik**
1.	Galat model bersifat acak dan saling bebas dengan rata-rata nol dan ragam σ^2 (asumsi nonautokorelasi dan homoskedastisitas).	Galat model bersifat acak dan saling bebas dengan rata-rata nol dan ragam σ^2 (asums nonautokorelasi dan homoskedastisitas).	Galat model bersifat acak dan saling bebas dengan rata-rata nol dan ragam σ^2 (asumsi nonautokorelasi dan homoskedastisitas).
2.	Antara variabel pre diktor adalah saling bebas (nonmultikoli nieritas).	Antara variabel pre diktor adalah saling bebas (nonmultiko linieritas).	Antara variabel pre diktor adalah saling bebas (nonmultiko linieritas).
3.	Galat menyebar nor Mal.	Galat menyebar normal.	Galat menyebar normal.
4.	Bentuk kurva diketahui sebelumnya.	bentuk kurva tidak diketahui sebelumnya.	Sebagian bentuk kurva diketahui dan sebagian tidak diketahui (Ruppert *et al*., 2003).

2.5. Pendeteksian Variabel Prediktor Komponen Parametrik (*X*) dan Variabel Prediktor Komponen Nonparametrik (*Z*)

Model Linier Parsial mengandung variabel prediktor komponen parametrik (*X*) dan komponen nonparametrik (*Z*). Secara deskriptif untuk menentukan hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon dapat menggunakan *scatter plot*, jika antara *X* dan *Y* membentuk pola hubungan linier atau membentuk kurva tertentu maka *X* merupakan komponen parametrik. Jika *Z* dan *Y* tidak membentuk pola tertentu maka *Z* dianggap sebagai komponen nonparametrik (Ruppert *et al*., 2003). Secara inferensia menggunakan uji *Curve Fit* dengan hipotesis sebagai berikut :

H_0 : Model tidak sesuai (bentuk kurva tidak diketahui)

lawan

H_1 : Model sesuai (bentuk kurva diketahui)

statistik uji : $F = \dfrac{MSR}{MSE} = \dfrac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2 / v_1}{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2 / v_2}$ (2.4)

di mana : MSR : kuadrat tengah regresi
MSE : kuadrat tengah galat
v_1 : derajat bebas regresi
v_2 : derajat bebas galat
α : nilai taraf nyata yang ditentukan

Jika nilai $F \le F_{(\alpha,v1,v2)}$ atau nilai *p-value* $\ge \alpha$ maka H_0 diterima, sedangkan H_0 akan ditolak jika nilai $F > F_{(\alpha,v1,v2)}$ atau *p-value* $< \alpha$ (Santoso, 2000).

2.6. *Spline*

Spline merupakan potongan polinomial (*piecewise polynomial*), yaitu polinomial yang memiliki sifat tersegmen yang kontinu sehingga lebih fleksibel dibandingkan dengan polinomial biasa. Dengan spline memungkinkan untuk dapat menyesuaikan diri secara efektif terhadap karakteristik dari fungsi data tersebut sehingga bisa didapatkan hasil yang mendekati kebenaran. *Spline* merupakan potongan polinomial order ke-*P*. Titik bersama dari potongan-potongan tersebut biasa disebut dengan *knots*.

Fungsi *Spline* berorde ke-*P* adalah sembarang fungsi yang secara umum dapat disajikan dalam bentuk:

$$g(Z) = \sum_{r=1}^{p} \theta_r Z^r + \sum_{j=1}^{k} \gamma_j (Z - \xi_j)_+^p \tag{2.5}$$

$$(Z - \xi_j)_+^p = \begin{cases} (Z - \xi_j), \text{ jika } Z > \xi_j \\ 0 \quad , \text{ jika } Z \leq \xi_j \end{cases},$$

di mana :

θ_r dan γ_j : konstanta dan

$\xi_1, \xi_2, ..., \xi_k$: titik-titik *knot* (Eubank, 1988).

Regresi spline pada p = 1, 2, dan 3 berturut-turut merupakan *spline* linier, *spline* kuadratik, dan *spline* kubik (Wu dan Zhang, 2006). Persamaan (2.5) dapat ditulis sebagai berikut :

$$g(Z_r) = \theta_1 Z + ... + \theta_p Z^p + \sum_{j=1}^{K} \gamma_j (Z - \xi_j)_+^p \tag{2.6}$$

di mana :

r : *1,2,...,p*, $p \geq 1$ yang merupakan orde dari regresi *spline*
j : *1,2,...,k*
p : orde polinomial
k : banyaknya *knot* (Aydin, 2007).

2.7. Pendugaan Parameter Regresi Semiparametrik Dengan Pendekatan *Spline*

Tujuan utama dalam analisis regresi semiparametrik adalah mendapatkan nilai duga untuk kurva regresi $\hat{g}$ dan $\hat{\beta}$. Dengan optimalisasi *Least Square* (LS) diharapkan diperoleh perhitungan matematik dan interpretasi statistik yang relatif mudah dan sederhana (Budiantara, 2005).

Persamaan (2.3) akan didekati dengan fungsi *spline* pada persamaan (2.5), sehingga terbentuk model sebagai berikut :

$$Y_i = \mathbf{X'\beta} + \sum_{r=1}^{p} \theta_r Z^r + \sum_{j=1}^{k} \gamma_r (Z - \xi_j)_+^p + \varepsilon_i \tag{2.7}$$

di mana :
$r = 1,2,...,p$, p : banyaknya orde
$j = 1,2,...,k$, k : banyaknya titik *knot*
β , θ_r dan γ_r : parameter yang akan diduga

β menunjukkan besarnya pengaruh variabel prediktor komponen parametrik, θ_r menunjukkan besarnya pengaruh variabel prediktor komponen nonparametrik, γ_r menunjukkan besarnya pengaruh sebelum dan sesudah titik *knot*. Pendekatan *spline* linier pada regresi semiparametrik dapat dimodelkan sebagai berikut :

a. Dengan satu titik *knot*

$$\begin{aligned} Y= {} & \beta_0+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\theta_1 Z_1+\gamma_1(Z_1-\xi_1)^1_+ +\theta_2 Z_2+\gamma_2(Z_2-\xi_2)^1_+ + \\ & \theta_3 Z_3+\gamma_3(Z_3-\xi_3)^1_+ +\varepsilon \end{aligned} \quad (2.8)$$

b. Dengan dua titik *knot*

$$\begin{aligned} Y= {} & \beta_0+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\theta_1 Z_1+\gamma_1(Z_1-\xi_1)^1_+ +\gamma_2(Z_1-\xi_2)^1_+ +\theta_2 Z_2+ \\ & \gamma_3(Z_2-\xi_3)^1_+ +\gamma_4(Z_2-\xi_4)^1_+ +\theta_3 Z_3+\gamma_5(Z_3-\xi_5)^1_+ +\gamma_6(Z_3-\xi_6)^1_+ +\varepsilon \end{aligned} \quad (2.9)$$

c. Dengan tiga titik *knot*

$$\begin{aligned} Y= {} & \beta_0+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\theta_1 Z_1+\gamma_1(Z_1-\xi_1)^1_+ +\gamma_2(Z_1-\xi_2)^1_+ +\gamma_3(Z_1-\xi_3)^1_+ \\ & +\theta_2 Z_2+\gamma_4(Z_2-\xi_4)^1_+ +\gamma_5(Z_3-\xi_5)^1_+ +\gamma_6(Z_4-\xi_6)^1_+ +\theta_3 Z_3+ \\ & \gamma_7(Z_2-\xi_7)^1_+ +\gamma_8(Z_2-\xi_8)^1_+ +\gamma_9(Z_3-\xi_9)^1_+ +\varepsilon \end{aligned} \quad (2.10)$$

Pendekatan *spline* kuadratik pada regresi semiparametrik dapat dimodelkan sebagai berikut :

a. Dengan satu titik *knot*

$$\begin{aligned} Y = {} & \beta_0+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\theta_1 Z_1+\theta_2 Z_1^2+\gamma_1(Z_1-\xi_1)^2_+ +\theta_3 Z_2+ \\ & \theta_4 Z_2^2+\gamma_2(Z_2-\xi_2)^2_+ +\theta_5 Z_3+\theta_6 Z_3^2+\gamma_3(Z_3-\xi_3)^2_+ +\varepsilon \end{aligned} \quad (2.11)$$

b. Dengan dua titik *knot*

$$\begin{aligned} Y= {} & \beta_0+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\theta_1 Z_1+\theta_2 Z_1^2+\gamma_1(Z_1-\xi_1)^2_+ +\gamma_2(Z_1-\xi_2)^2_+ \\ & \theta_3 Z_2+\theta_4 Z_2^2+\gamma_3(Z_2-\xi_3)^2_+ +\gamma_4(Z_2-\xi_4)^2_+ +\theta_5 Z_3+ \end{aligned}$$

$$\theta_6 Z_3^2 + \gamma_5 (Z_3 - \xi_5)_+^2 + \gamma_6 (Z_3 - \xi_6)_+^2 + \varepsilon \qquad (2.12)$$

c. Dengan tiga titik *knot*

$$\begin{aligned}
\text{Y}= & \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \theta_1 Z_1 + \theta_2 Z_1^{\,2} + \gamma_1 (Z_1 - \xi_1)_+^2 + \gamma_2 (Z_1 - \xi_2)_+^2 \\
& + \gamma_3 (Z_1 - \xi_3)_+^2 + \theta_3 Z_2 + \theta_4 Z_2^2 + \gamma_4 (Z_2 - \xi_4)_+^2 + \gamma_5 (Z_2 - \xi_5)_+^2 \\
& + \gamma_6 (Z_2 - \xi_6)_+^2 + \theta_5 Z_3 + \theta_6 Z_3^2 + \gamma_7 (Z_3 - \xi_7)_+^2 + \gamma_8 (Z_3 - \xi_8)_+^2 \\
& + \gamma_9 (Z_3 - \xi_9)_+^2 + \varepsilon
\end{aligned} \qquad (2.13)$$

Jika diuraikan model (2.7) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
Y_i = & \beta_o + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \ldots + \beta_d X_{nd} + \theta_1 Z_{11} + \ldots + \theta_{\text{p}} Z_{n1}^p + \ldots + \theta_1 Z_{1t}^p + \ldots + \theta_p Z_{nt}^p \\
& \gamma_1 (Z_{11} - \xi_1)_+^1 + \ldots + \gamma_k (Z_{1n} - \xi_k)_+^1 + \ldots + \gamma_1 (Z_{tn} - \xi_k)_+^p + \ldots + \gamma_k (Z_{tn} - \xi_k)_+^p + \varepsilon_i
\end{aligned}$$

(2.14)

Selanjutnya mengubah persamaan (2.14) dalam bentuk matriks :

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix}
1 & x_{11} & \cdots & x_{1d} & z_{11} & \cdots & z_{11}^p & \cdots & z_{1t} & \cdots z_{1t}^p & (z_{11}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{11}-\xi_k)_+^p \cdots & (z_{1t}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{1t}-\xi_k)_+^p \\
1 & x_{22} & \cdots & x_{2d} & z_{21} & \cdots & z_{21}^p & \cdots & z_{2t} & \cdots z_{2t}^p & (z_{21}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{21}-\xi_k)_+^p \cdots & (z_{2t}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{2t}-\xi_k)_+^p \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots \vdots & \cdots & \vdots \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots \vdots & \cdots & \vdots \\
1 & x_{n1} & \cdots & x_{nd} & z_{n1} & \cdots & z_{n1}^p & \cdots & z_{nt} & \cdots z_{nt}^p & (z_{n1}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{n1}-\xi_k)_+^p \cdots & (z_{nt}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{nt}-\xi_k)_+^p
\end{bmatrix}$$

n x 1 n x (1+d+pt+tk)

$$\begin{bmatrix} \beta_0 \\ \vdots \\ \beta_d \\ \cdots \\ \theta_1 \\ \vdots \\ \theta_{tp} \\ \cdots \\ \gamma_1 \\ \vdots \\ \gamma_{tk} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

(1+d+pt+tk) x 1 n x 1

di mana :

d : banyak variabel prediktor komponen parametrik
t : banyak variabel prediktor komponen nonparametrik
k : banyak *knot*

matrik di atas bisa ditulis sebagai berikut :

$$\mathbf{Y} = \mathbf{D}\boldsymbol{\varphi} + \boldsymbol{\varepsilon} \tag{2.15}$$

di mana :

$\mathbf{Y'} = \begin{bmatrix} y_1 & y_2 & \cdots & y_n \end{bmatrix}$

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{1d} & z_{11} & \cdots & z_{11}^p & \cdots & z_{1t} & \cdots z_{1t}^p & (z_{11}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{11}-\xi_k)_+^p & \cdots & (z_{1t}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{1t}-\xi_k)_+^p \\ 1 & x_{22} & \cdots & x_{2d} & z_{21} & \cdots & z_{21}^p & \cdots & z_{2t} & \cdots z_{2t}^p & (z_{21}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{21}-\xi_k)_+^p & \cdots & (z_{2t}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{2t}-\xi_k)_+^p \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \cdots & x_{nd} & z_{n1} & \cdots & z_{n1}^p & \cdots & z_{nt} & \cdots z_{nt}^p & (z_{n1}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{n1}-\xi_k)_+^p & \cdots & (z_{nt}-\xi_1)_+^p & \cdots & (z_{nt}-\xi_k)_+^p \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\varphi} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \vdots \\ \beta_d \\ \cdots \\ \theta_1 \\ \vdots \\ \theta_{tp} \\ \cdots \\ \gamma_1 \\ \vdots \\ \gamma_{tk} \end{bmatrix}$$

Langkah –langkah untuk mendapatkan nilai duga parameter
$\boldsymbol{\varphi} = \begin{bmatrix} \beta_1 \cdots \beta_d & \theta_1 \cdots \theta_{pt} & \gamma_1 & \cdots \gamma_{tk} \end{bmatrix}'$ sebagai berikut :

1. Bentuk fungsi

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon} &= \{(\mathbf{Y} - \mathbf{D}\boldsymbol{\varphi})'(\mathbf{Y} - \mathbf{D}\boldsymbol{\varphi})\} \\ &= \mathbf{Y'Y} - \boldsymbol{\varphi}'\mathbf{D'Y} - \mathbf{Y'D}\boldsymbol{\varphi} + \boldsymbol{\varphi}'\mathbf{D'D}\boldsymbol{\varphi} \\ &= \mathbf{Y'Y} - 2\boldsymbol{\varphi}'\mathbf{D'Y} + \boldsymbol{\varphi}'\mathbf{D'D}\boldsymbol{\varphi} \end{aligned} \tag{2.16}$$

2. Meminimumkan $\boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon}$

$$\frac{d\boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon}}{d\boldsymbol{\varphi}} = \mathbf{0}$$

$$0 - 2\mathbf{D'Y} + 2\mathbf{D'D}\hat{\boldsymbol{\varphi}} = 0$$

$$\hat{\boldsymbol{\varphi}} = (\mathbf{D'D})^{-1}\mathbf{D'Y} \tag{2.17}$$

Sehingga hasil pendugaan dari kurva regresi adalah :

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{D}\,\hat{\boldsymbol{\varphi}}$$

$$= \mathbf{D}(\,\mathbf{D'D}\,)^{-1}\,\mathbf{D'Y} \tag{2.18}$$

2.8. Pemilihan Banyaknya *Knot* (*k*) Optimal

Knot adalah suatu titik fokus dalam fungsi *spline*, sehingga kurva yang terbentuk tersegmen pada titik tersebut. Pemilihan *knot* ini sangat penting. Wand (2000) menyebutkan bahwa, terdapat 2 strategi untuk menyelesaikan permasalahan ini. Strategi pertama adalah memilih banyaknya *knot* yang relatif sedikit, sedangkan strategi yang kedua adalah kebalikannya, yakni menggunakan *knot* yang relatif banyak. Di antara kedua strategi tersebut, strategi kedua lebih banyak digunakan pada model yang sangat memperhatikan pola matematis yang ada pada data. Sedangkan strategi pertama, lebih mengarah pada alasan kesederhanaan model (*parsimony*). 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* haruslah yang terbaik.

2). Algoritma praktis untuk mencari solusi permasalahan sangatlah sulit. Penyebabnya adalah :

   a. Solusi permasalahan mempunyai wilayah pencarian yang luas.

   b. Solusi yang berbeda, memiliki dimensi yang mungkin berbeda pula.

Penelitian ini menggunakan metode yang pertama karena lebih mengarah pada alasan kesederhanaan model (*Parsimony*) dengan banyaknya titik *knot* 1, 2, dan 3.

Untuk mendapatkan *knot* yang optimal digunakan *Generalized Cross Validation* (GCV) yaitu GCV yang memiliki nilai paling minimum.

$$GCV(\xi\ ) = \frac{MSE(\xi)}{\left\{n^{-1}tr(I - H(\xi)\right\}^2} \tag{2.19}$$

di mana :

$$MSE(\xi) = n^{-1} \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y})^2$$

$$\mathbf{H}(\xi) = \mathbf{D}(\mathbf{D'D})^{-1}\mathbf{D'} \qquad \text{(Eubank,1988)}$$

2.9. Menguji Signifikansi Model Regresi Semiparametrik

Untuk mendapatkan nilai-nilai parameter yang signifikan terhadap model dan untuk mengetahui apakah kurva regresi yang terbentuk dapat menggambarkan data yang sebenarnya dan layak digunakan maka dilakukan pengujian signifikansi koefisien regresi.

Salah satu pengujian yang bisa dilakukan untuk menguji signifikansi koefisien regresi semiparametrik adalah uji simultan (uji *F*) dan uji parsial (uji *t*).

2.9.1. Uji Simultan (Uji *F*)

Uji simultan digunakan untuk memeriksa signifikansi koefisien regresi semiparametrik secara bersama-sama dengan hipotesis sebagai berikut:

Ho : $\beta_r = \theta_{r'} = \gamma_j = 0$

lawan

H_1 : Paling tidak ada satu parameter yang tidak sama dengan nol, di mana
$r = 0,1,2,\ldots,d$; $r' = 1,2,\ldots,t$; $j = 1,2,\ldots,k$

Tabel 2.2. Analisis Ragam Untuk Pemeriksaan Signifikansi Koefisien Regresi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat Tengah Galat	F_{hitung}
Regresi Galat	m $n - m - 1$	SSR SSE	$MSR = SSR / m$ $MSE = SSE / n - m - 1$	$MSR /$ MSE
Total	$n-1$	SST		

di mana :

Sum Square Regression (Jumlah Kuadrat Regresi)

$$SSR = (\hat{\mathbf{Y}} - \bar{\mathbf{Y}})'(\hat{\mathbf{Y}} - \bar{\mathbf{Y}}) \qquad (2.20)$$

Sum Square Error (Jumlah Kuadrat Galat)

$$SSE = \left(\mathbf{Y}-\hat{\mathbf{Y}}\right)'\left(\mathbf{Y}-\hat{\mathbf{Y}}\right) \tag{2.21}$$

Sum Square Total (Jumlah Kuadrat Total)

$$SST = \left(\mathbf{Y}-\overline{\mathbf{Y}}\right)'\left(\mathbf{Y}-\overline{\mathbf{Y}}\right) \tag{2.22}$$

Statistik uji :

$$F_{hitung} = \frac{MSR}{MSE} = \frac{(\hat{\mathbf{Y}}-\overline{\mathbf{Y}})'(\hat{\mathbf{Y}}-\overline{\mathbf{Y}})/m}{(\mathbf{Y}-\hat{\mathbf{Y}})'(\mathbf{Y}-\hat{\mathbf{Y}})/n-m-1} \tag{2.23}$$

Kriteria pengambilan keputusan adalah menolak *Ho* jika $F_{hitung} > F_{\alpha(m,n-1-m)}$ dengan *n* merupakan banyaknya pengamatan dan m merupakan banyaknya parameter. Apabila *Ho* ditolak, maka dapat dikatakan terdapat satu atau lebih koefisien regresi yang tidak sama dengan nol.

2.9.2. 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 semiparametrik sebagai berikut:

1. Hipotesis

   H_0: $\beta_r = 0$

   lawan

   H_1: $\beta_r \neq 0$

   Statistik Uji:

   $$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_r}{se(\hat{\beta}_r)} = \frac{\hat{\beta}_r}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 C_r}} \tag{2.24}$$

   C_r elemen diagonal ke-i dari **(D'D)**$^{-1}$ untuk komponen parametrik saja

2. Hipotesis

   H_0: $\theta_{r'} = 0$

   lawan

   H_1: $\theta_{r'} \neq 0$

   Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\theta}_{r'}}{se(\hat{\theta}_{r'})} = \frac{\hat{\theta}_{r'}}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 C_{r'}}} \tag{2.25}$$

$C_{r'}$ elemen diagonal ke-i dari **(D'D)$^{-1}$** untuk komponen nonparametrik saja

3. H_0: $\gamma_j = 0$

   lawan

   H_1: $\gamma_j \neq 0$

   Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\gamma}_j}{se(\hat{\gamma}_j)} = \frac{\hat{\gamma}_j}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 C_j}} \tag{2.26}$$

   $C_{j'}$ elemen diagonal ke-i dari **(D'D)$^{-1}$** untuk titik knot

Secara umum statistik uji bisa ditulis sebagai berikut :

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\varphi}_i}{se(\hat{\varphi}_i)} = \frac{\hat{\varphi}_i}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 C_{ii}}} \tag{2.27}$$

C_{ii} adalah elemen diagonal ke-i dari **(D'D)$^{-1}$**

Keputusan :

jika $|t_{hit}| > t_{(n-m)}^{(\alpha/2)}$ di mana *m* merupakan banyaknya parameter, maka tolak H_0 berarti bahwa variabel prediktor ke-*i* yang terdapat pada model memiliki kontribusi yang signifikan terhadap variabel respon, sehingga dipertahankan dalam model. jika $|t_{hit}| < t_{(n-m)}^{(\alpha/2)}$ maka terima H_0 dan parameter dikeluarkan dari model (Hines dan Montgomery, 1990).

2.10. Uji Asumsi Galat

2.10.1. Uji Asumsi Kenormalan

Statistik uji yang bisa digunakan untuk menguji asumsi kenormalan galat diantaranya adalah *Anderson–Darling, Ryan–Joiner* dan *Kolmogorov–Smirnov*. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan uji *Kolmogorov–Smirnov* biasanya dikenal dengan uji kesesuaian atau uji kecocokan model (*Goodness of fit test*). Uji *Kolmogorov Smirnov* menggunakan sebaran kumulatif normal dan fungsi peluang kumulatif contoh dengan statistik uji (Dwahjudi, 2008).

Adapun hipotesis yang digunakan dalam uji *Kolmogorov–Smirnov* sebagai berikut:

Ho : galat menyebar normal

lawan

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.

$$D_n = \sup\left[\left|F_n(x) - F_0(x)\right|\right] \tag{2.28}$$

di mana:

D_n : jarak tegak maksimum antar fungsi sebaran empiris dan fungsi sebaran normal

$F_n(x)$: fungsi peluang kumulatif contoh

$F_o(x)$: fungsi peluang kumulatif distribusi normal

Berdasarkan uji ini, tolak Ho pada taraf α apabila $D_n > Dn\ \alpha$ dan terima H_0 jika $D_n < Dn\alpha$. Dn α mempunyai titik kritis seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Nilai kritis untuk uji *Kolmogorov Smirnov*

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

Jika asumsi kenormalan galat tidak terpenuhi, maka salah satu cara untuk mengatasinya adalah melalui transformasi data. Dengan transformasi data diharapkan kestabilan ragam galat akan terpenuhi. Steel dan Torrie (1991) mengatakan bahwa ada beberapa macam transformasi yang sering digunakan yaitu: transformasi akar, transformasi logaritma, dan transformasi arcsin.

2.10.2. Uji Asumsi Nonmultikolinieritas

Kasus multikolinieritas adalah kejadian adanya korelasi antar variabel prediktor. Uji multikolinieritas bertujuan untuk menguji apakah pada model regresi ditemukan ada korelasi antar variabel prediktor. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi antar variabel prediktor. Jika variabel prediktor saling berkorelasi, maka variabel-variabel ini tidak ortogonal. Variabel ortogonal adalah variabel prediktor yang nilai korelasi antar variabel prediktor sama dengan nol. Untuk mendeteksi ada tidaknya multikolinieritas di dalam model regresi adalah sebagai berikut:

a. Nilai R^2 yang dihasilkan oleh model regresi sangat tinggi tetapi secara individual variabel prediktor banyak yang tidak signifikan mempengaruhi variabel respon.
b. Melihat nilai *variance inflation factor* (VIF).

$$\mathrm{VIF}_i = \frac{1}{1 - R_i^2} \tag{2.29}$$

di mana :

i : 1, 2,..., p

p : banyaknya peubah prediktor

R_i^2 : koefisien determinasi yang diperoleh dengan meregresikan variabel prediktor X_i dengan variabel prediktor lainnya.

Nilai VIF lebih besar dari 10 yang menunjukan adanya multikolinieritas. Nilai sepuluh berasal dari anggapan bahwa nilai R_i^2 tertinggi terjadi pada saat $R_i^2 = 0.9$ (Myers, 1990).

2.10.3. Uji Asumsi Nonautokorelasi

Autokorelasi adalah suatu korelasi antara nilai variabel dengan nilai variabel yang sama pada lag satu atau lebih (Suharjo, 2008). Jadi uji autokorelasi bertujuan menguji apakah model regresi linier ada korelasi antara kesalahan pengganggu pada periode *t* dengan kesalahan pengganggu pada periode *t-1*. Autokorelasi muncul karena pengamatan yang berurutan sepanjang waktu berkaitan satu sama lainnya. Salah satu cara yang bisa digunakan untuk mendeteksi ada tidaknya autokorelasi adalah uji *Durbin-Watson* .

Hipotesis:

Ho : Tidak ada autokorelasi ($\rho = 0$)

lawan

H_1 : Ada autokorelasi ($\rho \neq 0$)

Statistik uji :

$$d_{hitung} = \frac{\sum_{t=2}^{n} (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^{n} e_t^2} \qquad (2.30)$$

di mana:

d_{hitung} : statistik uji untuk uji *Durbin-Watson*

e_t : kesalahan pengganggu pada periode *t*

e_{t-1} : kesalahan pengganggu pada periode *t*-1

Hasil perhitungan statistik uji kemudian dibandingkan dengan nilai-nilai kritis yang disebut d_U dan d_L dapat dilihat pada Lampiran 27, dimana d_U dan d_L merupakan pasangan titik-titik nyata (*significant points*), kemudian dilakukan penyimpulan seperti Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kriteria Pengujian *Durbin – Watson*

Daerah Pengujian	Keterangan
$0 < d_{hitung} < d_L$	Tolak *Ho* : Terdapat autokorelasi positif
$d_L < d_{hitung} < d_U$	Tanpa kesimpulan
$d_U < d_{hitung} < 4 - d_L$	Terima *Ho* : Tidak terdapat autokorelasi
$4 - d_U < d_{hitung} < 4 - d_L$	Tanpa kesimpulan
$d_{hitung} \geq 4 - d_L$	Tolak *Ho* : Terdapat autokorelasi negatif

Kemungkinan hasil uji yang tanpa kesimpulan pada pengujian ini jelas bukan suatu sifat yang menarik, namun masalahnya memang sulit. Namun begitu dalam berbagai keadaan, memperlakukan uji ini seolah-olah d_L tidak ada dan menganggap d_U sebagai satu-satunya titik kritis ternyata merupakan hampiran yang sangat baik. Jadi suatu prosedur uji yang telah disederhanakan dan bersifat hampiran adalah sebagai berikut :

1. jika $d_{hitung} < du$ tolak *Ho*
2. jika $4-d_{hitung} < du$ tolak *Ho* (Draper and Smith, 1992)

2.10.4. Uji Asumsi kehomogenan ragam galat

Uji statistik yang dapat digunakan untuk mendeteksi ada tidaknya heteroskedastisitas adalah uji *Gletser* dengan meregresikan nilai absolut galat terhadap variabel prediktor. Salah satu bentuk fungsional dari uji *Gletser* adalah :

$$|\varepsilon_i| = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1i} + \alpha_2 X_{2i} + \ldots + \alpha_p X_{pi} + V_i \qquad (2.31)$$

di mana :

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$: koefisien regresi yang diperoleh dengan cara meregresikan nilai absolut galat terhadap variabel prediktor

V_i : galat ke-*i* (Gujarati, 1995)

Hipotesis :

$H_0 : \sigma^2_{\varepsilon 1} = \sigma^2_{\varepsilon 2} = \ldots = \sigma^2_{\varepsilon d}$

lawan

H_1 : paling tidak ada satu $\sigma^2_{\varepsilon i}$ yang berbeda dengan yang lain

statistik uji : $F = \dfrac{MSR}{MSE} = \dfrac{\sum (\hat{\varepsilon}_i - |\bar{\varepsilon}|)^2 / v_1}{\sum (|\varepsilon_i| - \hat{\varepsilon}_i)^2 / v_2}$ (2.32)

di mana :

MSR : kuadrat tengah regresi

MSE : kuadrat tengah galat

v_1 : derajat bebas regresi

v_2 : derajat bebas galat

α : nilai taraf nyata yang ditentukan

Jika nilai statistik uji $\leq F_{(\alpha, v1, v2)}$ atau nilai *p-value* $\geq \alpha$ maka H_0 diterima, sedangkan H_0 akan ditolak jika nilai statistik uji-$F > F_{(\alpha, v1, v2)}$ atau *p-value* $< \alpha$ (Santoso, 2000).

2.11. 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 *X* terhadap perubahan *Y*. Semakin tinggi nilai R^2 semakin baik model regresi yang terbentuk. Koefisien determinasi dirumuskan sebagai berikut :

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2} = \frac{SSR}{SST} \tag{2.33}$$

di mana:

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

Menurut Draper dan Smith (1992), ada statistik lain yang erat hubungannya dengan R^2, yaitu koefisien determinasi yang disesuaikan $\left(R^2_{adjusted}\right)$ yang didefinisikan sebagai:

$$R^2_{adjusted} = 1 - \frac{SSE/(n-p)}{SST/(n-1)} = 1 - \left(1 - R^2\right)\left(\frac{n-1}{n-p}\right) \tag{2.34}$$

di mana:
SSE : jumlah Kuadrat Galat
p : banyaknya parameter model
n : banyak pengamatan

Pada $R^2_{adjusted}$ telah dilakukan penyesuaian terhadap derajat bebas *SSE* dan *SST*. Penyesuaian dilakukan agar $R^2_{adjusted}$ dapat digunakan tidak hanya untuk membandingkan beberapa persamaan regresi yang diterapkan pada segugus data, tetapi juga untuk membandingkan persamaan regresi dari dua atau lebih gugus data (Draper dan Smith, 1992).

2.12. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Belajar

Belajar merupakan proses perubahan tingkah laku yang relatif tetap. Dalam proses ini perubahan tidak terjadi sekaligus tetapi terjadi secara bertahap tergantung pada faktor-faktor pendukung belajar yang mempengaruhi siswa. Faktor-faktor ini umumnya dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu faktor intern dan faktor ekstern.

Faktor intern berhubungan dengan segala sesuatu yang ada pada diri siswa yang menunjang pembelajaran, seperti inteligensi, bakat, kemampuan motorik pancaindra, dan skema berpikir. Faktor ekstern merupakan segala sesuatu yang berasal dari luar diri siswa yang mengkondisikannya dalam pembelajaran, seperti pengalaman, lingkungan sosial, metode belajar-mengajar, strategi belajar-mengajar, fasilitas belajar dan dedikasi guru. Keberhasilannya mencapai suatu tahap hasil belajar memungkinkannya untuk belajar lebih lancar dalam mencapai tahap selanjutnya (Ermawati, 2008).

Untuk meningkatkan mutu atau kualitas pendidikan dapat dilakukan melalui penilaian hasil belajar siswa yaitu diadakannya Ujian Nasional (UNAS), nilai UNAS inilah yang menentukan apakah seorang siswa dinyatakan lulus atau tidak. Beberapa penelitian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi nilai UNAS yaitu Sutarsih (2008), melakukan penelitian untuk memodelkan nilai UNAS Siswa SMK Negeri 3 Buduran Sidoarjo dengan pendekatan regresi spline. Penelitian ini menggunakan data hasil UNAS Siswa SMK Negeri 3 Buduran Sidoarjo pada tahun pembelajaran 2006. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat signifikansi 5% variabel rata-rata nilai *tryout*, UNAS SMP, nilai uji kompetensi, jarak tempuh berpengaruh nyata terhadap nilai UNAS Siswa SMK Negeri 3 Buduran Sidoarjo. Sedangkan nilai ujian sekolah dan pendapatan orang tua tidak berpengaruh nyata terhadap nilai UNAS Siswa SMK Negeri 3 Buduran Sidoarjo. Rahman (2008) telah melakukan penelitian tentang hubungan antara rata-rata nilai UNAS dengan nilai IQ. Hasil penelitian menyatakan bahwa nilai IQ berpengaruh signifikan terhadap rata-rata nilai UNAS.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada penelitian ini akan memodelkan data rata-rata nilai UNAS siswa di SMA Negeri 8 Malang yang dipengaruhi oleh rata-rata nilai *tryout*, UAS, rapor, UNAS SMP dan IQ.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Data Penelitian

Jenis data yang digunakan menurut cara memperolehnya merupakan data sekunder. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah teknik dokumentasi yaitu dengan melakukan pencatatan secara sistematis data yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Jumlah pengamatan sebanyak 306 siswa, data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.2. Variabel Penelitian yang Digunakan

Y : rata-rata nilai Ujian Nasional (UNAS)
rata-rata nilai UNAS adalah jumlah nilai UNAS yang diperoleh siswa dibagi dengan banyaknya mata pelajaran yang diujikan.

X_1 : rata-rata nilai *tryout*
rata-rata nilai *tryout* adalah jumlah nilai *tryout* yang siswa dibagi dengan banyaknya mata pelajaran yang diujikan.

X_2 : rata-rata nilai Ujian akhir Sekolah (UAS)
rata-rata nilai UAS adalah jumlah nilai UAS yang diperoleh siswa dibagi dengan banyaknya mata pelajaran yang diujikan.

X_3 : rata-rata nilai rapor
rata-rata nilai rapor adalah jumlah rata-rata nilai rapor tiap semester yang diperoleh siswa dibagi dengan banyaknya semester yang ditempuh.

X_4 : rata-rata nilai Ujian Nasional (UNAS) SMP
rata-rata nilai UNAS adalah jumlah nilai UNAS yang diperoleh siswa dibagi dengan banyaknya mata pelajaran yang diujikan

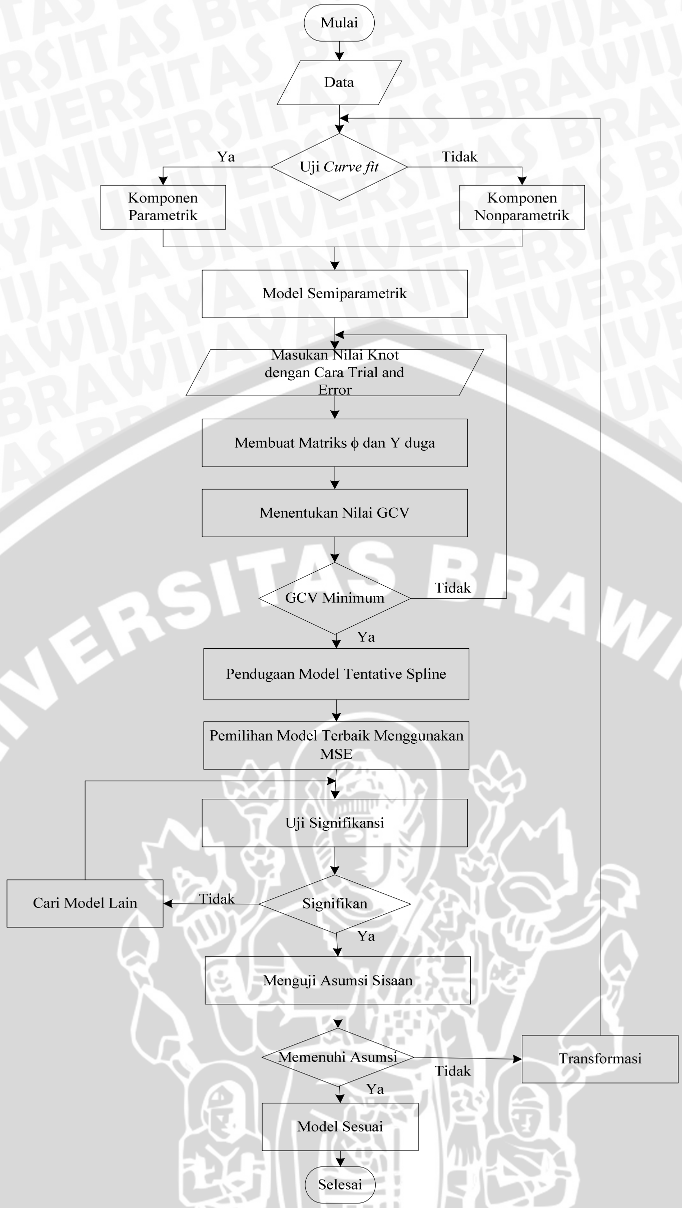
X_5 : nilai IQ

3.3. Metode Analisis Data

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pendeteksian variabel prediktor komponen parametrik (*X*) dan variabel komponen nonparametrik (*Z*), secara deskriptif menggunakan *scatter plot* dan secara inferensia menggunakan uji *curve fit*.
2. Menghitung *knot* optimal menggunakan GCV sesuai persamaan (2.19).
3. Menduga model tentatif untuk *spline* pada masing-masing orde p =1 dan 2.
4. Memilih model terbaik antara model *Spline* linier dan kuadratik dengan kriteria MSE terkecil.
5. Menguji signifikansi model regresi semiparametrik.
6. Melakukan uji asumsi galat.
7. Interpretasi.

Tahapan dalam pendugaan parameter model regresi semiparametrik melalui pendekatan *Spline* dikerjakan dengan bantuan *software* Minitab 14, SPSS 15.0 dan S–Plus 2000.

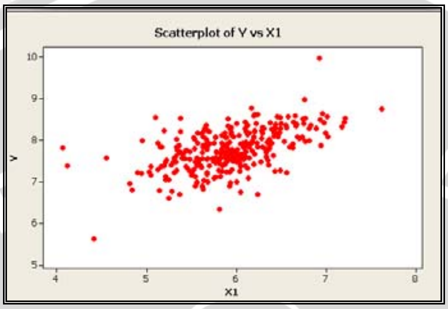


Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Analisis

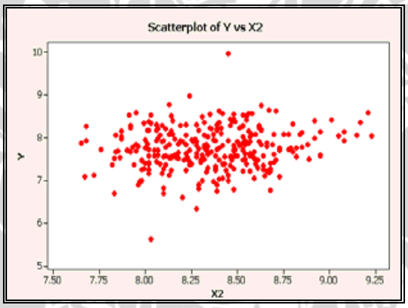
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendeteksian Variabel Prediktor Komponen Parametrik dan Komponen Nonparametrik

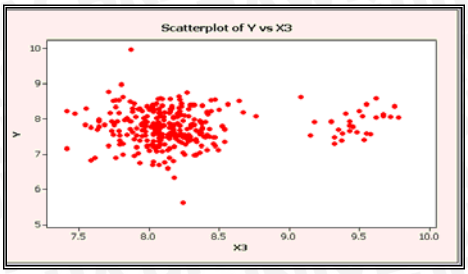
Langkah pertama dalam pembentukan model regresi semiparametrik adalah pendeteksian variabel prediktor komponen parametrik dan komponen nonparametrik yang dapat dilakukan secara deskriptif menggunakan *scatter plot*. Plot antara rata-rata nilai UNAS SMA dengan rata-rata nilai *tryout*, UAS, rapor, UNAS SMP dan nilai IQ dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai 4.5.



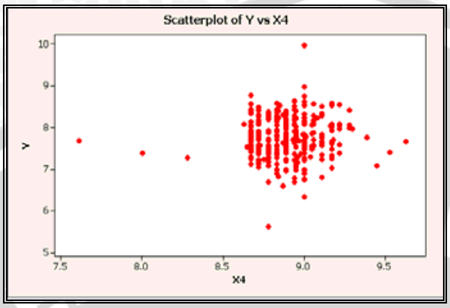
Gambar 4.1. Plot antara rata-rata nilai UNAS SMA (Y) dengan rata-rata nilai *tryout* (X_1)



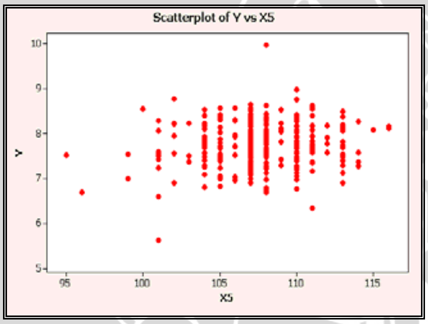
Gambar 4.2. Plot antara rata-rata nilai UNAS SMA (Y) dengan rata-rata nilai UAS (X_2)



Gambar 4.3. Plot antara rata-rata nilai UNAS SMA (Y) dengan rata-rata nilai Rapor (X_3)



Gambar 4.4. Plot antara rata-rata nilai UNAS SMA (Y) dengan rata-rata nilai UNAS SMP (X_4)



Gambar 4.5. Plot antara rata-rata nilai UNAS SMA (Y) dengan nilai IQ (X_5)

Dari Gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat pola data cenderung membentuk kurva linier, sehingga dapat dikatakan bahwa semakin tinggi nilai rata-rata *tryout* maka rata-rata nilai UNAS cenderung naik begitu juga sebaliknya, jika rata-rata nilai *tryout* turun maka rata-rata nilai UNAS juga turun. Jika nilai UAS tinggi akan mendapatkan nilai UNAS yang tinggi pula dan sebaliknya. Dari Gambar 4.3, 4.4 dan 4.5 dapat dilihat pola data tidak membentuk suatu pola tertentu atau acak, dengan kata lain jika nilai rata-rata rapor, UNAS SMP dan nilai IQ tinggi belum tentu rata-rata nilai UNAS tinggi dan sebaliknya.

Secara inferensia untuk mengetahui hubungan antara variabel prediktor dengan variabel respon digunakan uji *curve fit* dengan α sebesar 0.05. Output uji *curve fit* dapat dilihat pada Lampiran 2. Tabel A.1 dan A.2 pada Lampiran 2 menunjukan *p-value(sig)* $< \alpha$ maka tolak H_0 yaitu model sesuai artinya bahwa hubungan antara rata-rata nilai UNAS (Y) dengan *tryout* (X_1) dan UAS (X_2) mengikuti bentuk kurva regresi parametrik.

Tabel A.3, A.4 dan A.5 pada Lampiran 2 menunjukan *p-value(sig)* $> \alpha$ maka terima H_0 yaitu model tidak sesuai artinya hubungan antara rata-rata nilai UNAS (Y) dengan rata-rata nilai rapor (X_3), UNAS SMP (X_4) dan nilai IQ (X_5) tidak mengikuti semua model regresi parametrik.

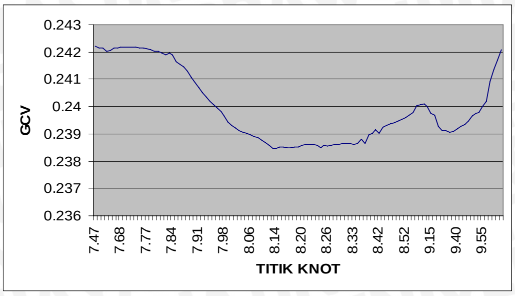
Hasil pendeteksian variabel komponen parametrik dan komponen nonparametrik baik secara deskriptif maupun secara inferensia dapat diambil kesimpulan bahwa X_1 dan X_2 merupakan variabel prediktor komponen parametrik sedangkan X_3, X_4, dan X_5 merupakan variabel prediktor komponen nonparametrik dan untuk selanjutnya dilambangkan dengan Z_1, Z_2 dan Z_3.

4.2. Pemodelan Regresi Semiparametrik dengan Pendekatan *Spline*

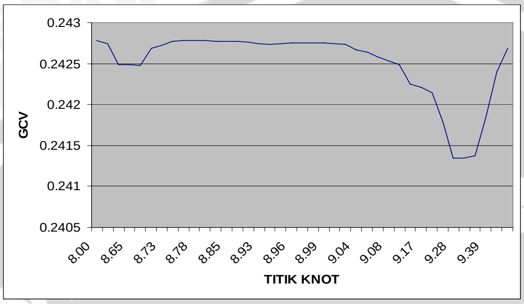
Setelah diketahui variabel prediktor komponen parametrik (X_1 dan X_2) dan komponen nonparametrik (Z_1, Z_2 dan Z_3) maka akan dilakukan pemilihan titik *knot*. Pemodelan dilakukan dengan 6 cara yaitu pendekatan *spline* linier dengan banyak *knot* 1, 2, 3 dan pendekatan *spline* kuadratik dengan banyak *knot* 1, 2, 3.

4.2.1. Pendekatan *Spline* Linier

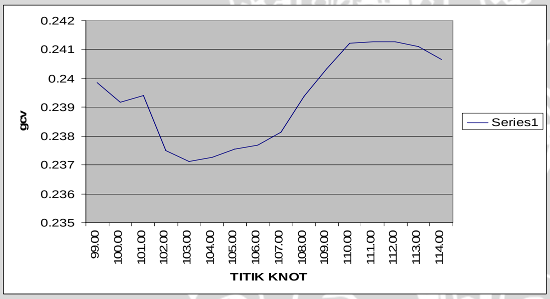
Hasil pemilihan titik *knot* optimum dari *running* program pada Lampiran 3 titik knot optimum pada variabel Z_1, Z_2 dan Z_3 dapat dilihat pada Gambar 4.6, 4.7 dan 4.8.



Gambar 4.6. Pemilihan titik *knot* untuk Z_1 pada *spline* linier dengan satu titik *knot*



Gambar 4.7. Pemilihan titik *knot* untuk Z_2 pada *spline* linier dengan satu titik *knot*



Gambar 4.8. Pemilihan titik *knot* untuk Z_3 pada *spline* linier dengan satu titik *knot*

Berdasarkan Gambar 4.6, 4.7 dan 4.8 dapat diketahui bahwa titik *knot* optimum pada Z_1 berada pada titik di sekitar 8.11 sampai 8.33. Titik *knot* yang paling optimum pada Z_2 berada pada titik di sekitar 9.17 sampai 9.53. Titik *knot* optimum pada Z_3 berada pada titik di sekitar 102 sampai 107. Dengan mengacu pada hasil dari pemilihan titik *knot* secara parsial, didapatkan titik-titik *knots* untuk ketiga variabel prediktor komponen nonparametrik dengan variabel respon secara serentak. Berdasarkan *running* program pada Lampiran 4 titik knot optimum pada model semiparametrik dengan pendekatan *spline* linier satu titik knot yaitu 8.11 untuk Z_1, 9.28 untuk Z_2 dan 102 untuk Z_3 dengan nilai GCV sebesar 0.1695. Sesuai dengan Lampiran 5 pendugaan parameter yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.1 .

Tabel 4.1. Penduga parameter regresi semiparametrik dengan pende katan spline linier satu titik *knot*

Parameter	Nilai duga parameter
β_0	0.390
β_1	0.504
β_2	0.059
θ_1	-0.453
γ_1	0.501
θ_2	-0.013
γ_2	-1.399
θ_3	0.082
γ_3	-0.080

Sehingga pemodelan rata-rata nilai UNAS terhadap rata-rata nilai *tryout*, UAS, rapor, UNAS SMP dan nilai IQ sebagai berikut :

$$Y = 0.390 + 0.504X_1 + 0.059X_2 - 0.453Z_1 + 0.501\ (Z_1\text{-}8.11)_+^1 - 0.013Z_2 - 1.399\ (Z_2 - 9.28)_+^1 + 0.082Z_3 - 0.080\ (Z_3 - 102)_+^1 \quad (4.1)$$

Dengan R^2 dan $R^2_{Adjusted}$ berturut-turut sebesar 32.99% dan 31.19%. Selanjutnya pendekatan *spline* linier dua titik *knot*. Hasil pemilihan titik *knot* optimum dari hasil *running* program pada Lampiran 6 dapat diketahui bahwa titik *knot* optimum pada masing-

masing variabel komponen nonparametrik yaitu Z_1, Z_2 dan Z_3 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pemilihan *Spline* Linier dengan Dua Titik *Knot*

Z_1			Z_2			Z_3		
Titik *knot*		**GCV**	**Titik *Knot***		**GCV**	**Titik *knot***		**GCV**
7.77	8.13	0.2382935	8.78	9.28	0.242755	101.00	102.00	0.236533
7.77	8.11	0.2382984	8.83	9.28	0.242778	106.00	114.00	0.237648
7.78	8.11	0.2383017	8.78	9.30	0.242794	107.00	110.00	0.237826
7.78	8.13	0.2383023	8.77	9.28	0.242804	106.00	115.00	0.238052
7.75	8.13	0.2383086	8.83	9.30	0.242819	101.00	103.00	0.238121
7.80	8.11	0.2383121	8.77	9.30	0.242842	106.00	113.00	0.238156
7.76	8.00	0.2383157	8.67	9.28	0.242853	105.00	110.00	0.238190
7.74	8.13	0.2383236	8.63	9.28	0.242855	99.00	102.00	0.238302
7.75	8.11	0.2383255	8.65	9.28	0.242856	107.00	109.00	0.238350
7.80	8.13	0.2383261	8.67	9.30	0.242875	105.00	112.00	0.238364
7.82	8.11	0.2383436	8.63	9.30	0.242877	107.00	111.00	0.238372
7.74	8.11	0.2383462	8.65	9.30	0.242878	100.00	102.00	0.238373
7.84	8.11	0.2383546	8.00	9.28	0.242891	105.00	111.00	0.238384
7.85	8.11	0.2383568	8.00	9.28	0.242891	-	-	-
7.81	8.11	0.2383575	8.75	9.28	0.242891	-	-	-

Dengan mengacu pada hasil pemilihan titik *knot* secara parsial, didapatkan titik-titik *knot* untuk ketiga variabel prediktor komponen nonparametrik dengan variabel respon secara serentak. Berdasarkan *running* program pada Lampiran 7 titik knot optimum pada model semiparametrik dengan pendekatan *spline* linier dua titik *knot* yaitu 7.74 dan 8.11 untuk Z_1, 8.65 dan 9.30 untuk Z_2, 105 dan 110 untuk Z_3 dengan nilai GCV sebesar 0.1719. Sesuai Lampiran 8 pendugaan parameter yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Penduga parameter regresi semiparametrik dengan pende katan *spline* linier dua titik *knot*

Parameter	Nilai duga parameter
β_0	-2,071
β_1	0,500

Tabel 4.3.(lanjutan)

Parameter	Nilai duga parameter
β_2	0,099
θ_1	0,155
γ_1	-0,799
γ_2	0,689
θ_2	0,133
γ_3	-0,19
γ_4	-1,457
θ_3	0,038
γ_5	-0,055
γ_6	0,064

Sehingga pemodelan rata-rata nilai UNAS terhadap rata-rata nilai *tryout*, rapor, UAS, UNAS SMP dan nilai IQ sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Y =& -2.071 + 0.500X_1 + 0.099X_2 + 0.155Z_1 - 0.799\,(Z_1 - 7.74)_+^1 \\ & + 0.689\left(Z_2 - 8.11\right)_+^1 + 0.133Z_2 - 0.169\left(Z_2 - 8.65\right)_+^1 - 1.457 \\ & \left(Z_2 - 9.30\right)_+^1 + 0.038Z_3 - 0.055\left(Z_3 - 105\right)_+^1 + 0.064\,(Z_3 - 110)_+^1 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Dengan R^2 dan $R^2_{Adjusted}$ secara berturut-turut sebesar 33.42% dan 30.93%. Hasil pemilihan titik knot optimum dari hasil *running* program pada Lampiran 9 dapat diketahui bahwa titik *knot* optimum pada masing-masing variabel komponen nonparametrik dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Pemilihan Spline Linier Tiga Titik Knot

Z_1				Z_2				Z_3			
Titik *Knot*			**GCV**	**Titik *Knot***			**GCV**	**Titik *Knot***			**GCV**
7.61	7.63	8.13	0.237908	8.72	8.73	8.83	0.241577	101	102	114	0.235508
7.61	7.63	8.13	0.237908	8.72	8.73	8.84	0.241579	101	102	115	0.235832
7.61	7.63	8.11	0.237947	8.72	8.73	8.85	0.241694	101	102	113	0.236031

Tabel 4.4. Lanjutan

Z_1				Z_2				Z_3			
Titik *Knot*			**GCV**	**Titik *Knot***			**GCV**	**Titik *Knot***			**GCV**
7.61	7.63	8.11	0.237947	8.72	8.73	9.28	0.241712	101	102	110	0.236144
7.61	7.63	8.14	0.238009	8.73	8.75	8.83	0.241729	101	102	112	0.236219
7.61	7.63	8.14	0.238009	8.73	8.75	8.84	0.241751	101	102	111	0.236261
7.61	7.63	8.10	0.238034	8.72	8.73	9.30	0.241784	101	102	103	0.236458
7.61	7.63	8.10	0.238034	8.73	8.75	8.85	0.241884	101	102.	104	0.236458
7.61	7.63	8.03	0.238059	8.73	8.75	9.28	0.241903	101	102.	109	0.236664
7.61	7.63	8.03	0.238059	8.73	8.75	9.30	0.241974	101	102	105.	0.236683
7.61	7.63	8.04	0.238071	-	-	-	-	101	102	108	0.236804
7.61	7.63	8.04	0.238071	-	-	-	-	101	102	107	0.236813
7.61	7.63	8.09	0.238098	-	-	-	-	101	102.	106	0.236823
7.61	7.63	8.09	0.238098	-	-	-	-	104	105	114	0.237543

Pemodelan regresi semiparametrik dengan pendekatan *spline* linier tiga titik knot berdasarkan *running* program pada Lampiran 10 dapat diketahui bahwa 3 titik *knot* optimum pada titik 7.61, 7.63 dan 8.10 untuk Z_1, 8.72, 8.73 dan 8.85 untuk Z_2, 101, 102, dan 109 untuk Z_3 dengan nilai GCV sebesar 0.1692. Sesuai Lampiran 11, pendugaan parameter yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Penduga parameter regresi semiparametrik dengan pende katan *spline* linier tiga titik *knot*

Parameter	Nilai duga parameter
β_0	19.340
β_1	0.504
β_2	0.099
θ_1	-2.739
γ_1	28.257
γ_2	-26.245
γ_3	0.785
θ_2	0.122

Tabel 4.5. (lanjutan)

Parameter	Nilai duga parameter
γ_4	-29.531
γ_5	31.915
γ_6	-2.835
θ_3	0.040
γ_7	0.222
γ_8	-0.288
γ_9	0.071

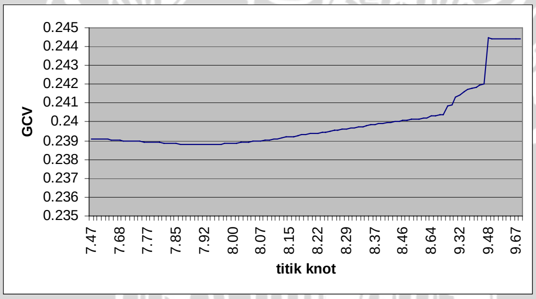
Sehingga pemodelan rata-rata nilai UNAS terhadap rata-rata nilai *tryout*, rapor, UAS, UNAS SMP dan nilai IQ sebagai berikut :

$$Y = 19.340 + 0.504X_1 + 0.099X_2 - 2.739Z_1 + 28.257(Z_1 - 7.61)_+^1 - 26.245(Z_1 - 7.63)_+^1 + 0.785(Z_1 - 8.10)_+^1 + 0.122Z_2 - 29.531(Z_2 - 8{,}72)_+^1 + 31.915(Z_2 - 8.73)_+^1 - 2.835(Z_2 - 8.85)_+^1 + 0.040Z_3 + 0.222(Z_3 - 101)_+^1 - 0.288(Z_3 - 102)_+^1 + 0.071(Z_3 - 109)_+^1 \quad (4.3)$$

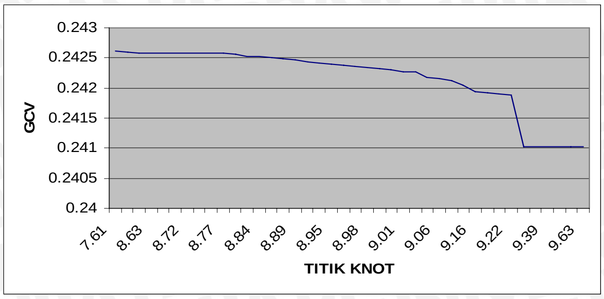
Dengan R^2 dan $R^2_{Adjusted}$ berturut-turut sebesar 35.81% dan 32.72%.

4.2.2. Pendekatan *Spline* Kuadratik

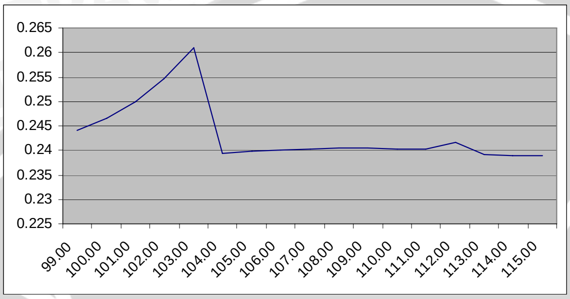
Hasil pemilihan titik knot optimum dari *running* program pada Lampiran 12 titik knot optimum pada variabel Z_1, Z_2 dan Z_3 dapat dilihat pada Gambar 4.9, 4.10 dan 4.11.



Gambar 4.9. Pemilihan titik knot untuk Z_1 pada *spline* kuadratik satu titik *knot*



Gambar 4.10. Pemilihan titik *knot* untuk Z_2 pada *spline* kuadratik satu titik *knot*



Gambar 4.11. Pemilihan titik *knot* untuk Z_3 pada *spline* kuadratik dengan satu titik *knot*

Berdasarkan Gambar 4.9, 4.10 dan 4.11 dapat diketahui bahwa titik *knot* optimum pada Z_1 berada pada titik di sekitar 7.84 sampai 7.98. Titik *knot* optimum pada Z_2 berada pada titik di sekitar 9.28 sampai 9.53. Titik *knot* yang paling optimum pada Z_3 berada pada titik di sekitar 113 sampai 115. Dengan mengacu pada hasil dari pemilihan titik *knot* secara parsial, didapatkan titik-titik *knot* untuk ketiga variabel prediktor komponen nonparametrik dengan variabel respon secara serentak. Berdasarkan *running* program pada Lampiran 13 titik *knot* yang paling optimum pada model semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik pada satu titik *knot* yaitu 7.97 untuk Z_1, 9.28 untuk Z_2, dan 114 untuk Z_3 dengan nilai GCV sebesar 0.2384. Sesuai Lampiran 14 pendugaan parameter yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Penduga parameter regresi semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik satu titik *knot*

Parameter	Nilai duga parameter
β_0	0.002
β_1	0.012
β_2	0.014
θ_1	0.010
θ_1^2	0.003
γ_1	-0.014
θ_2	0.010
θ_2^2	0.001
γ_2	-0.0001
θ_3	0.123
θ_3^2	-0.001
γ_3	-0.004

Sehingga model yang terbentuk sebagai berikut :

$$Y= 0.003+0.012X_1 +0.014X_2 -0.010Z_1+0.0031Z_1^2 - 0.014 (Z_1 \; 7.97)_+^2 + 0.010Z_2+ 0.001Z_2^2 - 0.0001(Z_2 -9.28)_+^2 +0.123Z_3- 0.001Z_3^2 - 0.004 (Z_3 -114)_+^2 \quad (4.4)$$

Dengan R^2 sebesar 0.84%, selanjutnya pendekatan *spline* kuadratik dua titik *knot*. Hasil pemilihan titik *knot* optimum dari hasil *running* program pada Lampiran 15 dapat diketahui bahwa titik knot optimum pada masing-masing variabel komponen nonparametrik dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil Pemilihan *Spline* kuadratik dua Titik *Knot*

Z_1			Z_2			Z_3		
Titik *Knot*		GCV	Titik *Knot*		GCV	Titik *Knot*		GCV
7.47	7.81	0.238687	105	106	0.236952	8.84	9.17	0.242514
7.47	7.80	0.23871	107	109	0.237056	8.84	9.18	0.242515

Tabel 4.7. (lanjutan)

Z_1			Z_2			Z_3		
Titik *Knot*		GCV	Titik *Knot*		GCV	Titik *Knot*		GCV
7.47	7.79	0.238735	103	104	0.237170	8.84	9.22	0.242515
7.47	7.78	0.23876	105	107	0.237322	8.83	9.30	0.242529
7.47	7.77	0.238786	105	112	0.237451	8.83	9.39	0.242529
7.47	7.76	0.238812	101	107	0.237504	8.83	9.45	0.242529
7.47	7.75	0.238838	101	104	0.237597	8.28	9.53	0.24258
7.47	7.74	0.238863	107	108	0.237606	8.28	9.45	0.24258
7.47	7.73	0.238888	107	108	0.237606	8.28	9.39	0.242582
7.47	7.72	0.238911	101	108	0.237630	8.65	9.45	0.242582
7.47	7.71	0.238934	103	105	0.237634	8.65	9.53	0.242582
7.47	7.68	0.23899	101	105	0.237682	8.65	9.39	0.242583
7.54	7.81	0.238736	101	106	0.237687	8.73	9.45	0.242584
7.54	7.80	0.238759	101	103	0.237713	8.67	9.45	0.242585

Dengan R^2 sebesar 0.84%. Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan titik-titik *knot* untuk ketiga variabel prediktor dengan variabel respon secara serentak. Berdasarkan *running* program pada Lampiran 16 titik *knot* optimum pada model semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik dua titik *knot* yaitu 7.54 dan 7.81 untuk Z_1, 8.28 dan 9.53 untuk Z_2, 107 dan 109 untuk Z_3 dengan nilai GCV sebesar 0.2377. Sesuai Lampiran 17 Pendugaan parameter yang diperoleh dapat di lihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Penduga parameter regresi semiparametrik dengan pende katan *spline* kuadratik dua titik *knot*

Parameter	Nilai duga parameter
β_0	0.002
β_1	0.009
β_2	0.008
θ_1	0.007
θ_1^2	0.006
γ_1	-0.014

Tabel 4.8. (lanjutan)

Parameter	Nilai duga parameter
γ_2	-0.011
θ_2	0.007
θ_2^2	0.005
γ_3	-0.007
γ_4	-3.494973e-006
θ_3	0.082
θ_3^2	-0.0002
γ_5	-0.035
γ_6	0.056

Sehingga model yang terbentuk sebagai berikut :

$$Y= 0.002+0.009X_1+0.008X_2 - 0.007Z_1 +0.006Z_1^2 - 0.014(Z_1 - 7.54)_+^2 - 0.011\,(Z_1 - 7.81)_+^2 + 0.007Z_2 + 0.005Z_2^2 - 0.007\,(Z_2 - 8.28)_+^2 - 3.494973\text{e-}006\,(Z_2 - 9.53)_+^2 + 0.082Z_3 - 0.0002Z_3^2 - 0.035\,(Z_3 - 107)_+^2 + 0.056(Z_3 - 109)_+^2 \quad (4.5)$$

Dengan R^2 sebesar 0.84%. Hasil pemilihan titik *knot* optimum dari hasil *running* program pada Lampiran 18 dapat diketahui bahwa titik *knot* optimum pada masing-masing variabel komponen nonparametrik dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil Pemilihan *Spline* kuadratik tiga Titik *Knot*

Z_1				Z_2				Z_3			
Titik *Knot*			**GCV**	**Titik *Knot***			**GCV**	**Titik *Knot***			**GCV**
7.47	7.77	7.80	0.238676	8.00	8.65	9.16	0.237898	101	103	111	0.236498
7.47	7.81	9.48	0.238679	8.00	8.65	9.17	0.237917	101	105	111	0.237236
7.47	7.81	9.50	0.238681	8.00	8.65	9.18	0.237938	105	107	114	0.237312
7.47	7.75	7.81	0.238681	8.00	8.65	9.22	0.238061	105	107	115	0.237322
7.47	7.81	9.52	0.238683	8.00	8.28	9.28	0.239784	105	107	113	0.237352
7.47	7.81	9.53	0.238684	8.00	8.28	9.30	0.239791	101	107	112	0.23744

Tabel 4.9. (lanjutan)

Z_1				Z_2				Z_3			
Titik *Knot*			GCV	Titik *Knot*			GCV	Titik *Knot*			GCV
7.47	7.81	9.55	0.238685	8.00	8.28	9.22	0.239828	101	105	112	0.237462
7.47	7.81	9.58	0.238685	8.00	8.28	9.18	0.239895	101	107	113	0.237469
7.47	7.81	9.62	0.238686	8.00	8.28	9.17	0.239915	101	103	113	0.237479
7.47	7.81	9.67	0.238687	8.00	8.28	9.16	0.239937	101	107	111	0.23748
7.47	7.74	7.81	0.23869	-	-	-	-	101	105	113	0.23761
7.47	7.77	7.79	0.238692	-	-	-	-	101	105	114	0.237669
7.47	7.80	9.45	0.238697	-	-	-	-	-	-	-	-
7.47	7.75	7.80	0.238699	-	-	-	-	-	-	-	-

Berdasarkan Tabel 4.9 didapatkan titik-titik knot untuk ketiga variabel prediktor komponen nonparametrik dengan variabel respon secara serentak. Berdasarkan *running* program Lampiran 19 titik knot optimum pada model semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik tiga titik *knot* yaitu 7.47, 7.81 dan 9.50 untuk Z_1, 8.00, 8.28 dan 9.30 untuk Z_2, 105, 107 dan 114 untuk Z_3 dengan nilai GCV sebesar 0.2381. Sesuai Lampiran 20 pendugaan parameter yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Penduga parameter regresi semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik tiga titik *knot*

Parameter	Nilai duga parameter
β_0	0.0009
β_1	0.0040
β_2	0.0044
θ_1	0.0042
θ_1^2	0.0055
γ_1	-0.0082
γ_2	-0.0065
γ_3	-0.00003
θ_2	0.0042
θ_2^2	0.0070

Tabel 4.10.(lanjutan)

Parameter	Nilai duga parameter
γ_4	-0.0051
γ_5	-0.0036
γ_6	-0.000031
θ_3	0.0456
θ_3^2	0.0002
γ_7	-0.0398
γ_8	0.0500
γ_9	0.0039

Sehingga model yang terbentuk sebagai berikut :

$$Y= 0.0009+0.0040X_1+ 0.0044X_2-0.0042Z_1 +0.0055Z_1^2 - 0.0082 (Z_1 -7.47)_+^2 -0.0065 (Z_1 -7.81)_+^2 -0.00003(Z_1-9.50)_+^2 + 0.0042Z_2+ 0.0070 Z_2^2 - 0.0051 (Z_2 -8.00)_+^2 - 0.0036 (Z_2 -8.28)_+^2 - 0.00003 (Z_2 -9.30)_+^2 + 0.0455Z_3+ 0.0002 Z_3^2 - 0.0398(Z_3 -105)_+^2 + 0.0500 (Z_3 -107)_+^2 + 0.0039 (Z_3 -114)_+^2 \quad (4.6)$$

4.3. Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik dipilih berdasarkan kriteria minimum MSE (ξ). Dari hasil analisis pemilihan GCV minimum untuk masing-masing *knot* pada orde linier dan kuadratik dengan banyak knot 1, 2, dan 3 diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.11. Nilai MSE untuk masing-masing orde polinomial

Orde	Banyak knot	GCV (ξ)	MSE (ξ)
Linier	1	0.169515	0.159690
	2	0.171868	0.158652
	3	0.169158	0.152981*
Kuadratik	1	0.238368	0.232176
	2	0.237657	0.229954
	3	0.238102	0.230384

Ket : (*) menunjukan bahwa model tersebut merupakan model yang paling baik

Dari Tabel 4.11 dapat diketahui bahwa model yang terbaik adalah model regresi *spline* dengan nilai $\text{MSE}(\xi)$ minimum sebesar 0.1530 yaitu model regresi semiparametrik *spline* linier 3 titik *knot*. Sehingga model yang paling baik adalah sebagai berikut:

$$Y = 19.340 + 0.504X_1 + 0.099X_2 – 2.739Z_1 + 28.257(Z_1 - 7.61)_+^1 - 26.245(Z_1 - 7.63)_+^1 + 0.785(Z_1 - 8{,}10)_+^1 + 0.122Z_2 - 29.531(Z_2 - 8.72)_+^1 + 31.915(Z_2 - 8.73)_+^1 - 2.835(Z_2 - 8.85)_+^1 + 0.222(Z_3 - 101)_+^1 - 0.288(Z_3 - 102)_+^1 + 0.071(Z_3 - 109)_+^1 \quad (4.7)$$

Sesuai dengan persamaan (2.3) model regresi semiparametrik dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\mathbf{X'\beta} = 19.340 + 0.504X_1 + 0.099X_2$$

$$\hat{g}(Z_i) = -2.739Z_1 + 28.257(Z_1 - 7.61)_+^1 - 26.245(Z_1 - 7.63)_+^1 + 0.785(Z_1 - 8{,}10)_+^1 + 0.122Z_2 - 29.531(Z_2 - 8.72)_+^1 + 31.915(Z_2 - 8.73)_+^1 - 2.835(Z_2 - 8.85)_+^1 + 0.222(Z_3 - 101)_+^1 - 0.288(Z_3 - 102)_+^1 + 0.071(Z_3 - 109)_+^1$$

di mana :

$$(Z_1 - 7.61)_+^1 = \begin{cases} (Z_1 - 7.61), \text{ jika } Z_1 > 7.61 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_1 \le 7.61 \end{cases}$$

$$(Z_1 - 7.63)_+^1 = \begin{cases} (Z_1 - 7.63), \text{ jika } Z_1 > 7.63 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_1 \le 7.63 \end{cases}$$

$$(Z_1 - 8.10)_+^1 = \begin{cases} (Z_1 - 8.10), \text{ jika } Z_1 > 8.10 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_1 \le 8.10 \end{cases}$$

$$(Z_2 - 8.72)_+^1 = \begin{cases} (Z_2 - 8.72), \text{ jika } Z_2 > 8.72 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_2 \le 8.72 \end{cases}$$

$$(Z_2 - 8.73)_+^1 = \begin{cases} (Z_2 - 8.73), \text{ jika } Z_2 > 8.73 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_2 \le 8.73 \end{cases}$$

$$(Z_2 - 8.85)_+^1 = \begin{cases} (Z_2 - 8.85), \text{ jika } Z_2 > 8.85 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_2 \leq 8.85 \end{cases}$$

$$(Z_3 - 101)_+^1 = \begin{cases} (Z_3 - 101), \text{ jika } Z_3 > 101 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_3 \leq 101 \end{cases}$$

$$(Z_3 - 102)_+^1 = \begin{cases} (Z_3 - 102), \text{ jika } Z_3 > 102 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_3 \leq 102 \end{cases}$$

$$(Z_3 - 109)_+^1 = \begin{cases} (Z_3 - 109), \text{ jika } Z_3 > 109 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_3 \leq 109 \end{cases}$$

4.4. Pengujian Signifikansi Koefisien Regresi Semiparametrik

Pengujian signifikansi dilakukan untuk mengetahui apakah kurva regresi yang terbentuk dapat menggambarkan data yang sebenarnya, α yang digunakan adalah 0.05.

4.4.1. Uji Serempak (Uji *F*)

Pengujian parameter regresi secara serentak digunakan untuk mengetahui apakah model regresi yang didapatkan telah sesuai atau layak untuk digunakan. Sesuai Lampiran 10 hasil pengujian signifikansi dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Analisis Ragam Pemeriksaan Signifikansi Koefisien Regresi Semiparametrik

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah Galat	F_{hitung}	F_{tabel}
Regresi	14	26.112	1.865	11.594	1.726
Galat	291	46.812	0.161		
Total	305	72.924			

Dari Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa statistik uji > titik kritis, maka tolak H_0 artinya minimal terdapat satu variabel prediktor yang mempunyai kontribusi signifikan pada model dan hal ini berarti bahwa model sesuai pada taraf kepercayaan 95%.

4.4.2. Uji Parsial (Uji *t*)

Pengujian Parameter regresi secara parsial dilakukan untuk mengetahui apakah setiap parameter yang ada dalam model mempunyai pengaruh yang signifikan atau tidak. Pengujian ini menggunakan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : $\beta_0 = 0$ lawan H_1 : $\beta_0 \neq 0$

H_0 : $\beta_1 = 0$ lawan H_1 : $\beta_1 \neq 0$

H_0 : $\beta_2 = 0$ lawan H_1 : $\beta_2 \neq 0$

H_0 : $\theta_1 = 0$ lawan H_1 : $\theta_1 \neq 0$

H_0 : $\gamma_1 = 0$ lawan H_1 : $\gamma_1 \neq 0$

H_0 : $\gamma_2 = 0$ lawan H_1 : $\gamma_2 \neq 0$

H_0 : $\gamma_3 = 0$ lawan H_1 : $\gamma_3 \neq 0$

H_0 : $\theta_2 = 0$ lawan H_1 : $\theta_2 \neq 0$

H_0 : $\gamma_4 = 0$ lawan H_1 : $\gamma_4 \neq 0$

H_0 : $\gamma_5 = 0$ lawan H_1 : $\gamma_5 \neq 0$

H_0 : $\gamma_6 = 0$ lawan H_1 : $\gamma_6 \neq 0$

H_0 : $\theta_3 = 0$ lawan H_1 : $\theta_3 \neq 0$

H_0 : $\gamma_7 = 0$ lawan H_1 : $\gamma_7 \neq 0$

H_0 : $\gamma_8 = 0$ lawan H_1 : $\gamma_8 \neq 0$

H_0 : $\gamma_9 = 0$ lawan H_1 : $\gamma_9 \neq 0$

Berdasarkan *running* program pada Lampiran 10 nilai *t*-hitung untuk setiap parameter dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Analisis parsial Pemeriksaan Signifikansi Koefisien Regresi Semiparametrik

Parameter	Standar deviasi	*t*-hitung	$t_{(0.025,291)}$	Keputusan
β_0	15.780	1.226	1.968	Terima *Ho*
β_1	1.933	11.036	1.968	Tolak *Ho*
β_2	13.577	1.038	1.968	Terima *Ho*

Tabel 4.13. (lanjutan)

Parameter	Standar deviasi	*t*-hitung	$t_{(0.025,291)}$	Keputusan
θ_1	12.187	-1.417	1.968	Terima *Ho*
γ_1	0.247	2.081	1.968	Tolak *Ho*
γ_2	0.301	-2.154	1.968	Tolak *Ho*
γ_3	12.667	3.181	1.968	Tolak *Ho*
θ_2	13.640	0.401*	1.968	Terima *Ho*
γ_4	1.276	-2.331	1.968	Tolak *Ho*
γ_5	0.056	2.340	1.968	Tolak *Ho*
γ_6	0.180	-2.222	1.968	Tolak *Ho*
θ_3	0.157	0.714	1.968	Terima *Ho*
γ_7	0.071	1.230	1.968	Terima *Ho*
γ_8	0.504	-1.837	1.968	Terima *Ho*
γ_9	0.099	2.220	1.968	Tolak *Ho*

Ket : (*) menunjukan bahwa parameter tersebut harus dikeluarkan dari model

Parameter β_1 , γ_1 , γ_2 , γ_3 , γ_4 , γ_5 , γ_6 dan γ_9 memiliki pengaruh yang signifikan dalam model. Sedangkan parameter β_0 , β_2 , θ_1 , θ_2 , θ_3 , γ_7 dan γ_8 tidak signifikan di dalam model dan harus dikeluarkan dari model.

Parameter yang tidak signifikan dikeluarkan satu persatu dari model, yaitu dimulai dari parameter yang memiliki nilai *t*-hitung terkecil atau parameter yang paling tidak signifikan yaitu θ_2 , setelah θ_2 dihilangkan dilakukan uji parsial ternyata masih terdapat parameter yang tidak signifikan, sehingga parameter yang paling tidak signifikan dihilangkan lagi yaitu θ_1 , kemudian dilakukan uji parsial ulang dan dicari lagi parameter yang paling tidak signifikan. Hal sama dilakukan sampai diperoleh semua parameter signifikan. Secara berturut-turut parameter yang dihilangkan sampai diperoleh semua parameter signifikan adalah θ_1 , θ_2 , θ_3 dan γ_1 . Sesuai dengan Lampiran 21 diperoleh pendugaan parameter yang dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Pendugaan model semiparametrik setelah parameter yang tidak signifikan dihilangkan

Par	Nilai duga Parameter	Standar deviasi	$\|t-hitung\|$	$t_{(0.025,291)}$	Keputusan
β_0	4.759	0.291	16.357	1.968	Tolak H_0
β_1	0.512	0.045	11.292	1.968	Tolak H_0
γ_1	-0.516	0.191	-2.703	1.968	Tolak H_0
γ_2	0.600	0.220	2.728	1.968	Tolak H_0
γ_4	-29.155	12.449	-2.342	1.968	Tolak H_0
γ_5	31.696	13.461	2.355	1.968	Tolak H_0
γ_6	-2.876	1.265	-2.274	1.968	Tolak H_0
γ_7	0.307	0.135	2.282	1.968	Tolak H_0
γ_8	-0.331	0.143	-2.307	1.968	Tolak H_0
γ_9	0.065	0.032	2.050	1.968	Tolak H_0

Sehingga pemodelan rata-rata nilai UNAS terhadap rata-rata nilai *tryout*, rapor, UAS, UNAS SMP dan nilai IQ sebagai berikut :

$$Y = 4.759+0.512X_1-0.516(Z_1-7.63)_+^1+0.600(Z_2-8.10)_+^1- 29.155\ (Z_2-8.72)_+^1+ 31.696\ (Z_2- 8.73)_+^1\ -2.876\ (Z_2-8.85)_+^1+ 0.307\ (Z_3-101)_+^1-0.331(Z_3-102)_+^1+0.065\ (Z_3-109)_+^1 \quad (4.7)$$

Dengan R^2 dan $R^2_{Adjusted}$ berturut-turut sebesar 34.39% dan 32.39%.

4.4.3. Uji Serempak setelah Parameter yang tidak signifikan dihilangkan

Berdasarkan *running* program pada Lampiran 21 setelah parameter yang tidak signifikan dikeluarkan satu persatu dari model maka analisis ragam diperoleh seperti pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Analisis Ragam Pemeriksaan Signifikansi Koefisien Regresi Semiparametrik

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah kuadrat	KT Galat	F_{hitung}	F_{tabel}
Regresi	9	25.080	2.787	17.241	1.912
Galat	296	47.844	0.162		
Total	305	72.924			

Dari Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 dapat dilihat bahwa statistik uji > titik kritis, maka tolak H_0 artinya yaitu bahwa rata-rata nilai *tryout,* rata-rata nilai rapor, rata-rata nilai UNAS SMP dan nilai IQ berpengaruh signifikan terhadap rata-rata nilai UNAS. Hal ini berarti bahwa model sesuai pada taraf kepercayaan 95%.

Sesuai dengan persamaan (2.3) model regresi semiparametrik (4.7) dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\mathbf{X}'\hat{\boldsymbol{\beta}} = 4.759+0.5124X_1$$

$$\hat{g}(Z_i) = -0.516\,(Z1-7.63)_+^1 + 0.600(Z_2-8.10)_+^1 - 29.155\,(Z_2-8.72)_+^1 + 31.696\,(Z_2-8.73)_+^1 - 2.876\,(Z_2-8.85)_+^1 + 0.307\,(Z_3-101)_+^1 - 0.331(Z_3-102)_+^1 + 0.065\,(Z_3-109)_+^1$$

di mana :

$$(Z_1-7.63)_+^1 = \begin{cases} (Z_1 - 7.63), \text{ jika } Z_1 > 7.63 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_1 \le 7.63 \end{cases}$$

$$(Z_1-8.10)_+^1 = \begin{cases} (Z_1 - 8.10), \text{ jika } Z_1 > 8.10 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_1 \le 8.10 \end{cases}$$

$$(Z_2-8.72)_+^1 = \begin{cases} (Z_2 - 8.72), \text{ jika } Z_2 > 8.72 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_2 \le 8.72 \end{cases}$$

$$(Z_2-8.73)_+^1 = \begin{cases} (Z_2 - 8.73), \text{ jika } Z_2 > 8.73 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_2 \le 8.73 \end{cases}$$

$$(Z_2-8.85)_+^1 = \begin{cases} (Z_2 - 8.85), \text{ jika } Z_2 > 8.85 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_2 \le 8.85 \end{cases}$$

$$(Z_3 - 101)_+^1 = \begin{cases} (Z_3 - 101), \text{ jika } Z_3 > 101 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_3 \leq 101 \end{cases}$$

$$(Z_3 - 102)_+^1 = \begin{cases} (Z_3 - 102), \text{ jika } Z_3 > 102 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_3 \leq 102 \end{cases}$$

$$(Z_3 - 109)_+^1 = \begin{cases} (Z_3 - 109), \text{ jika } Z_3 > 109 \\ 0 \quad , \text{ jika } Z_3 \leq 109 \end{cases}$$

Sehingga pendugaan nilai UNAS siswa SMA Negeri 8 malang dapat ditulis seperti padaTabel 4.16.

Tabel 4.16. Pendugaan nilai UNAS siswa SMA Negeri 8 Malang Tahun Ajaran 2007-2008

Variabel	$\hat{Y}$
$Z_1 \leq 7.63$	$4.759+0.512X_1-29.155\ (Z_2-8.72)_+^1 + 31.696(Z_2-8.73)_+^1 - 2.876\ (Z_2 - 8.85)_+^1 + 0.307\ (Z_3 - 101)_+^1 - 0.331(Z_3 - 102)_+^1 + 0.065(Z_3 - 109)_+^1$
$7.63 < Z_1 \leq 8.10$	$4.759+0.512X_1-0.516\ (Z_1 - 7.63)_+^1 - 29.155\ (Z_2-8.72)_+^1 + 31.696\ (Z_2-8.73)_+^1 -2.876\ (Z_2-8.85)_+^1 +0.307\ (Z_3 - 101)_+^1 - 0.331\ (Z_3 - 102)_+^1 +0.065\ (Z_3 - 109)_+^1$
$Z_1 > 8.10$	$4.759+0.512X_1-0.516\ (Z_1 - 7.63)_+^1 +0.600(Z_2-8.10)_+^1 -29.155\ (Z_2-8.72)_+^1 +31.696\ (Z_2-8.73)_+^1 - 2.876\ (Z_2 - 8.85)_+^1 + 0.307\ (Z_3-101)_+^1 - 0.331(Z_3 - 102)_+^1 +0.065\ (Z_3 - 109)_+^1$
$Z_2 \leq 8.72$	$4.759+0.512X_1-0.516\ (Z_1 - 7.63)_+^1 +0.600(Z_2-8.10)+ 0.307\ (Z_3 - 101)_+^1 - 0.331(Z_3 - 102)_+^1 +0.065\ (Z_3 - 109)_+^1$
$8.7 < Z_2 \leq 8.73$	$4.759+0.512X_1-0.512\ (Z_1 - 7.63)_+^1 +0.600\ (Z_2-8.10)_+^1 - 29.155\ (Z_2-8.72)_+^1 + 0.307\ (Z_3 -$

Tabel 4.16.(lanjutan)

Variabel	$\hat{Y}$
	$101)_+^1 - 0.331(Z_3 - 102)_+^1 + 0.065\,(Z_3 - 109)_+^1$
$8.73 < Z_2 \le 8.85$	$4.759 + 0.512X_1 - 0.516\,(Z_1 - 7.63)_+^1 + 0.600(Z_2 - 8.10)_+^1 - 29.155(Z_2 - 8.72)_+^1 + 31.696\,(Z_2 - 8.73)_+^1 + 0.307(Z_3 - 101)_+^1 - 0.331(Z_3 - 102)_+^1 + 0.065\,(Z_3 - 109)_+^1$
$Z_2 > 8.85$	$4.759 + 0.512X_1 - 0.516\,(Z_1 - 7.63)_+^1 + 0.600(Z_2 - 8.10)_+^1 - 29.155\,(Z_2 - 8.72)_+^1 + 31.696\,(Z_2 - 8.73)_+^1 - 2.876(Z_2 - 8.85)_+^1 + 0.307\,(Z_3 - 101)_+^1 - 0.3308(Z_3 - 102)_+^1 + 0.0647\,(Z_3 - 109)_+^1$
$Z_3 \le 101$	$4.7592 + 0.5124X_1 - 0.5162\,(Z_1 - 7.63)_+^1 + 0.5997\,(Z_2 - 8.10)_+^1 - 29.1553(Z_2 - 8.72)_+^1 + 31.6956\,(Z_2 - 8.73)_+^1 - 2.8760\,(Z_2 - 8.85)_+^1$
$101 < Z_3 \le 102$	$4.7592 + 0.5124X_1 - 0.5162\,(Z_1 - 7.63)_+^1 + 0.5997\,(Z_2 - 8.10)_+^1 - 29.1553(Z_2 - 8.72)_+^1 + 31.6956\,(Z_2 - 8.73)_+^1 - 2.8760\,(Z_2 - 8.85)_+^1 + 0.3072\,(Z_3 - 101)_+^1$
$102 < Z_3 \le 109$	$4.7592 + 0.5124X_1 - 0.5162\,(Z_1 - 7.63)_+^1 + 0.5997\,(Z_2 - 8.10)_+^1 - 29.1553(Z_2 - 8.72)_+^1 + 31.6956\,(Z_2 - 8.73)_+^1 - 2.8760\,(Z_2 - 8.85)_+^1 + 0.3072\,(Z_3 - 101)_+^1 - 0.3308(Z_3 - 102)_+^1$
$Z_3 > 109$	$4.7592 + 0.5124X_1 - 0.5162\,(Z_1 - 7.63)_+^1 + 0.5997\,(Z_2 - 8.10)_+^1 - 29.1553(Z_2 - 8.72)_+^1 + 31.6956\,(Z_2 - 8.73)_+^1 - 2.8760\,(Z_2 - 8.85)_+^1 + 0.3072\,(Z_3 - 101)_+^1 - 0.3308(Z_3 - 102)_+^1 + 0.0647\,(Z_3 - 109)_+^1$

Tabel 4.16.(lanjutan)

Contoh pendugaan nilai UNAS siswa SMA Negeri 8 Malang Tahun Ajaran 2007-2008 jika diketahui	
Variabel	$\hat{Y}$
$Z_1 \leq 7.63$, $Z_2 > 8.85$, $102 < Z_3 \leq 109$	$4.7592 + 0.5124X_1 + 0.5997(Z_2–8.10)_+^1 - + 31.6956 (Z_2– 8.73)_+^1 – 2.8760 (Z_2 – 8.85)_+^1 + 0.3072 (Z_3 – 101)_+^1 – 0.3308(Z_3 – 102)_+^1 + 0.0647 (Z_3 – 109)_+^1$
$7.63 < Z_1 \leq 8.10$, $8.72 < Z_2 \leq 8.73$, $101 < Z_3 \leq 102$	$4.759 + 0.512X_1 – 0.516 (Z_1 – 7.63)_+^1 – 29.155 (Z_2-8.72)_+^1 – 2.876 (Z_2-8.85)_+^1 + 0.307 (Z_3 – 101)_+^1$

4.5. Uji Asumsi Galat

Untuk meyakinkan apakah model yang digunakan sudah tepat, maka dilakukan uji asumsi galat. Uji ini dilakukan karena suatu model memenuhi atau layak apabila galat sudah memenuhi asumsi normalitas, nonmultikolinieritas, identik (homogenitas ragam) dan saling bebas (tidak ada autokorelasi). Pengujian yang dilakukan memberikan hasil sebagai berikut:

1. Asumsi kenormalan galat
   Hasil pengujian asumsi kenormalan galat menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dapat dilihat pada Lampiran 23. Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa galat menghasilkan statistik uji D_n = 0.052 dengan $D_n\ \alpha$ = 0.078 sehingga $D_n < D_n\ \alpha$, maka H_0 diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa pada taraf nyata 5% galat menyebar normal.
2. Asumsi Nonmultikolinieritas
   Hasil pengujian asumsi nonmultikolinieritas antar variabel prediktor dapat dilihat pada Lampiran 24. Nilai VIF menunjukkan < 10 sehingga dapat disimpulkan bahwa antar variabel prediktor tidak terjadi multikolinieritas.
3. Asumsi Nonautokorelasi
   Berdasarkan *running* program pada Lampiran 25 didapatkan nilai statistik uji *Durbin-Watson* sebesar 1.963236. Nilai

statistik uji terletak pada daerah penerimaan Ho sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi antar galat.

4. Asumsi kehomogenan ragam galat

Hasil pengujian asumsi kehomogenan ragam galat dapat dilihat pada Lampiran 26. Berdasarkan uji *Gletser* dapat diketahui bahwa nilai *P-value* > α , di mana *P-value* sebesar 0.919 sehingga keputusan yang diambil adalah terima H_0 yang berarti galat memiliki ragam homogen pada taraf nyata 5%.

4.6. Kelayakan Model

Berdasarkan model yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa variabel prediktor yaitu rata-rata nilai *tryout*, rata-rata nilai rapor, rata-rata UNAS SMP dan nilai IQ berpengaruh secara signifikan terhadap rata-rata nilai UNAS, sedangkan rata-rata nilai UAS tidak berpengaruh secara signifikan. Hal ini ditunjukan dengan masuknya keempat variabel ke dalam model dengan memberikan kontribusi yang signifikan. Keempat variabel prediktor hanya dapat menerangkan 34.39%, sedangkan informasi sebesar 65.61% dimungkinkan dapat diterangkan oleh variabel prediktor lain yang tidak dimasukan dalam penelitian ini. Koefisien determinasi yang dihasilkan kecil sehingga dapat dikatakan bahwa model yang digunakan belum bisa menunjukan keadaan yang sebenarnya atau ketepatan model regresi yang menunjukan besarnya kontribusi variabel prediktor terhadap perubahan variabel respon kecil namun model yang dihasilkan bisa digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap nilai UNAS.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model terbaik regresi semiparametrik dengan pendekatan *spline* untuk data nilai UNAS siswa SMA Negeri 8 Malang yang dipengaruhi oleh rata-rata nilai *tryout*, rapor, UAS, UNAS SMP, dan nilai IQ sebagai berikut:

   $$Y = 4.759+0.512X_1 - 0.516\,(Z_1 - 7.63)_+^1 + 0.600(Z_2 - 8.10)_+^1 - 29.155\,(Z_2 - 8.72)_+^1 + 31.696\,(Z_2 - 8.73)_+^1 - 2.876\,(Z_2 - 8.85)_+^1 + 0.307\,(Z_3 - 101)_+^1 - 0.331(Z_3 - 102)_+^1 + 0.065\,(Z_3 - 109)_+^1$$

2. Rata-rata nilai rapor, *tryout*, UNAS SMP, dan nilai IQ berpengaruh signifikan rata-rata nilai UNAS.
3. R^2 sebesar 34.39%, hal ini menunjukan bahwa model belum bisa menjelaskan keadaan yang sebenarnya namun bisa digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap rata-rata nilai UNAS siswa SMA Negeri 8 Malang.

5.2. Saran

Saran yang bisa diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menambah banyaknya variabel prediktor seperti lama belajar, ikut bimbingan belajar dan sebagainya sehingga bisa menghasilkan koefisien determinasi yang lebih tinggi.
2. Menggunakan pendekatan *B-spline* untuk menduga parameter regresi semiparametrik.
3. Membandingkan pendekatan yang paling baik antara *Spline* dan *B-spline* untuk menduga parameter pada regresi semiparametrik.

4. Bagi pihak SMA Negeri 8 Malang untuk lebih memperhatikan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap rata-rata nilai UNAS agar dapat meningkatkan rata-rata nilai UNAS.

DAFTAR PUSTAKA

Aydin, D. 2007. *Comparison Of Regression Models Based on Nonparametric Estimation Techniques: Prediction of GDP in Turkey*. International Journal of Mathematical Models and Method in applied sciences. Vol.1.

Budiantara, I. N. 2005. *Model Of Truncated Polynomial Spline Family In Semiparametric Regression*. http://pdm-mipa.ugm.ac.id/ojs/index.php/bimipa/article/. Tanggal akses : 1 Desember 2008.

Draper N. R. and H. Smith. 1992. *Analisis Regresi Terapan*. Edisi kedua. Terjemahan Bambang Sumantri. Gramedia. Jakarta.

Dwahjudi. 2008. *Power dari Uji Kenormalan Data.* http://fportfolio.petra.ac.id/user_files/93015/Power%20Dari%20Uji%20Kenormalan%20Data.pdf. Tanggal akses : 2 September 2008.

Ermawati. 2008. *Multigroup Structural Equation Model untuk Membandingkan Prestasi Belajar Siswa yang Berasal dari Sekolah Negeri dan Sekolah Swasta*. Jurusan Statistika. Fakultas MIPA. Institut Teknologi sepuluh Nopember Surabaya. Tidak Dipublikasikan.

Eubank, R. 1988. *Spline Smoothing and Nonparametric Regression***.** Marcel Dekker. New York.

Fitrianty, E.L. 2008. *Pendugaan Parameter Regresi Semiparametrik dengan Pendekatan Kernel*. Program Studi Statistika. Jurusan Matematika. Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya. Malang. Tidak Dipublikasikan.

Fox, J. 2002. *Nonparametric Regression*. http://www.math.itb.ac.id/~wp-kkstat/wp content/uploads/2008/02/Nonparametric-regression.pdf. Tanggal akses : 29 Januari 2009.

Ghozali, I. 2005. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Universitas Diponegoro. Semarang.

Gujarati, D. 1995. *Ekonometrika Dasar*. Edisi keempat. Terjemahan Sumarno Zain. Erlangga. Jakarta.

Hines, W. W. dan D. C. Montgomery. 1990. *Probability and Statistics in Engineering and Management Science.* Third Ed. John Wiley and Sons, Inc. Canada.

Kim, C., B.U. Park , dan W. Kim. 2002. *Influence Diagnostics in Semiparametric Regression Models.* http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167715202002687. Tanggal akses : 16 Juli 2008.

Liang, H., W. Hardle, dan R. J. Carroll. 1999. *Estimation in A Semiparametric Partially Linear Errors in Variable Model*. The Annals of Statittics 1999. Vol 27 : 1519-1535.

Lee, T. C. M. 2002. *On Algorithms for Ordinary Least Squares Regression Spline Fitting: A Comparative Study*. Journal Statist. Comput. Simul., Vol. 72 : 647–663.

Myers, R.H. 1990. *Classical and Modern Regression With Applications*. Duxbury Press. California.

Rahman, A. 2008. Teknik Johnson-Neyman dalam model linier Hierarki (Studi Kasus Hubungan antara IQ dan UN di SMA Negeri Krakal). Jurusan Statistika. Fakultas MIPA. Institut Teknologi sepuluh Nopember Surabaya. Tidak Dipublikasikan.

Ruppert, D, M.P. Wand. and R.J. Carroll. 2003. *Semiparametric Regression*. Cambridge University Press. New York.

Santoso, S. 2000. *Buku Latihan SPSS Statistik Parametrik*. PT Elex Komputindo Kelompok Gramedia. Jakarta.

Sasmitoadi, D. 2005. *Kajian Penggunaan Knot dan Orde Pada Regresi Spline*. Program Studi Statistika. Jurusan Matematika. Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya. Malang. Tidak Dipublikasikan.

Sholihah, F. 2008. *Pendekatan Penalized spline pada regresi nonparametrik*. Program Studi Statistika. Jurusan Matematika. Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya. Malang. Tidak Dipublikasikan.

Steel R.G.D. dan J.H. Torrie. 1991. *Prinsip dan Prosedur Statistika.* PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Suharjo, B. 2008. *Analisi Regresi Terapan dengan SPSS*. Graha ilmu. Yogyakarta.

Sutarsih, S. 2008. *Pendekatan Regresi Spline Untuk Memodelkan Nilai UNAS Siswa SMK NEGERI 3 Buduran Sidoarjo*. Fakultas MIPA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tidak Dipublikasikan.

Wand, M. P. 2000. *A comparison of Regression Spline Smoothing procedures*. Computational Statistics, 15, 443-462.

Wu, H. dan J.T. Zhang. 2006. *Nonparametric regression Methods for Longitudinal Data Analysis*. Wiley-Interscience. USA.

Yulia, IM. Tirta dan R. Ratih. 1997. *Kajian Teori regresi Parametrik Normal dan Nonparametrik.* http://www.mipa.unej.ac.id/data/karya/math/yulia97.pdf. Tanggal akses: 28 Juni 2008.

Lampiran 1. Rata-rata nilai-nilai UNAS, *Tryout*, UAS, rapor, UNAS SMP dan nilai IQ

i	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	i	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	8.62	6.20	8.71	9.08	9.00	111	32	8.07	7.02	8.58	7.98	9.06	115
2	7.67	6.05	8.80	9.43	9.11	111	33	7.84	6.14	8.63	8.04	9.11	111.
3	8.41	6.98	9.01	9.55	9.28	110	34	7.88	6.11	8.66	8.14	8.78	107
4	8.07	6.68	8.75	9.52	9.22	107	35	7.60	6.33	8.70	8.15	9.17	107
5	8.23	6.28	8.62	9.50	8.84	109	36	8.56	7.01	8.56	8.09	9.06	106
6	7.47	6.00	8.71	9.32	9.17	108	37	8.13	5.94	8.95	8.42	8.67	105
7	7.92	6.17	8.54	9.30	8.83	111	38	7.91	6.13	8.62	8.06	8.94	107
8	7.90	5.66	8.57	9.18	8.83	112	39	7.55	6.06	8.82	8.25	8.83	104
9	7.58	5.82	8.95	9.58	8.78	114	40	7.58	6.14	8.58	8.22	8.78	107
10	8.15	6.44	8.56	9.40	9.06	116	41	8.36	5.66	8.40	7.98	8.78	110
11	7.54	5.89	8.47	9.15	9.00	107	42	8.03	5.33	8.53	8.17	8.67	108
12	7.38	6.10	8.60	9.37	8.72	110	43	8.53	7.21	7.91	7.78	9.00	109
13	8.35	6.83	9.17	9.75	8.67	110	44	8.07	5.97	8.78	8.28	9.17	111
14	8.04	6.70	9.23	9.78	9.16	107	45	8.26	6.39	8.53	8.03	8.83	110
15	7.29	5.12	8.61	9.32	8.67	109	46	7.98	6.81	8.92	8.32	9.28	107
16	7.90	6.05	8.50	9.30	8.78	108	47	8.63	6.96	8.67	8.21	8.94	107
17	7.78	6.01	8.85	9.45	8.89	108	48	7.75	5.91	8.73	8.08	8.89	110
18	7.59	6.00	8.31	9.38	9.22	111	49	7.58	5.94	8.64	8.22	8.83	108
19	8.04	6.28	9.05	9.62	9.22	109	50	8.08	6.73	8.60	8.08	8.72	110
20	7.92	6.07	9.08	9.43	8.83	108	51	7.42	6.19	8.70	8.27	8.89	109
21	7.71	5.87	8.73	9.35	9.18	111	52	7.74	6.18	8.29	7.91	8.67	113
22	7.91	5.90	8.26	9.30	8.95	110	53	8.76	7.62	8.63	8.27	9.00	110
23	8.07	6.46	8.84	9.67	8.94	108	54	7.21	5.67	8.68	8.18	9.00	110
24	7.41	5.27	8.68	9.53	8.83	113	55	7.73	5.78	8.39	7.86	8.78	111
25	7.63	6.06	8.57	9.48	9.00	111	56	8.18	6.99	8.39	7.78	8.83	107
26	7.59	5.91	8.95	9.55	9.00	110	57	8.11	6.03	8.85	8.21	8.72	109
27	7.81	6.31	8.48	9.43	9.11	109	58	7.57	6.09	8.64	8.09	9.00	107
28	8.58	6.19	9.21	9.62	8.83	111	59	8.48	6.93	8.31	7.86	8.72	113
29	8.05	5.89	9.15	9.72	8.89	108	60	8.33	7.18	8.80	8.21	9.00	110
30	8.13	6.12	9.08	9.67	8.89	113	61	7.73	5.85	8.78	8.27	8.78	110
31	8.28	6.81	8.53	8.06	9.11	108	62	7.09	5.75	8.73	8.09	9.45	107

Lampiran 1. (lanjutan)

i	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	i	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
63	8.17	5.87	8.63	8.14	9.06	110	96	8.56	6.45	8.42	8.06	8.67	107
64	7.87	6.94	8.56	8.20	9.06	105	97	7.22	4.90	8.53	8.03	8.72	108
65	7.76	6.33	8.82	8.29	8.72	108	98	8.18	6.29	8.06	7.72	8.72	107
66	7.84	6.24	8.88	8.32	8.72	111	99	6.76	5.28	8.68	8.11	9.00	110
67	8.40	6.50	8.92	8.29	8.84	111	100	7.38	5.60	8.42	7.98	9.22	110
68	6.89	5.62	8.29	7.61	8.83	113	101	7.00	5.68	7.98	7.81	8.83	107
69	7.58	5.83	8.57	8.06	9.11	108	102	7.66	5.40	8.36	7.78	9.17	110
70	7.16	5.50	8.02	7.41	8.96	107	103	8.30	6.29	8.06	7.55	8.89	110
71	7.18	5.67	8.67	8.04	8.78	107	104	7.20	4.94	8.33	7.91	8.89	110
72	7.27	6.49	8.10	7.79	9.00	107	105	7.71	5.82	8.24	7.63	8.83	106
73	7.75	5.95	8.79	8.14	8.95	104	106	7.83	5.15	8.13	7.75	8.67	107
74	7.25	6.43	8.64	8.03	8.78	104	107	7.56	5.41	8.16	7.84	8.83	108
75	7.30	5.95	8.38	7.81	8.78	104	108	8.15	5.61	7.87	7.47	9.00	110
76	6.75	6.05	8.39	7.93	9.00	108	109	7.78	5.95	7.93	7.64	8.83	107
77	7.49	5.74	8.89	8.43	8.67	103	110	8.43	7.20	8.46	8.05	8.83	108
78	7.97	6.77	8.27	7.85	9.22	108	111	7.38	5.85	8.08	7.79	8.78	110
79	7.51	5.95	8.59	7.95	9.05	108	112	8.34	5.91	7.99	7.76	8.67	108
80	7.39	4.12	8.55	8.08	8.89	110	113	8.98	6.76	8.24	7.80	9.00	110
81	7.11	5.77	8.65	8.00	8.95	107	114	8.62	6.24	8.40	7.81	8.94	108
82	7.58	4.55	8.49	8.07	9.06	110	115	7.81	5.90	8.51	7.97	8.83	110
83	7.84	6.59	8.69	8.03	8.72	110	116	7.39	5.70	8.43	7.93	8.72	107
84	7.21	6.56	8.66	8.07	9.00	110	117	7.62	5.88	8.54	7.88	9.11	108
85	8.29	5.65	8.62	7.92	8.72	106	118	7.53	5.48	8.17	7.79	8.67	107
86	7.87	5.63	8.53	8.03	8.72	107	119	7.84	6.29	8.33	7.94	9.11	110
87	7.24	5.89	8.38	7.71	8.75	108	120	8.51	5.91	8.14	7.74	8.94	107
88	8.03	5.53	8.57	7.96	8.95	110	121	8.43	6.10	8.48	7.89	8.67	107
89	7.21	5.31	8.57	7.98	8.94	107	122	8.29	6.31	8.46	8.01	8.83	107
90	9.97	6.92	8.45	7.87	9.00	108	123	7.43	5.87	8.30	7.89	8.67	110
91	7.27	5.47	8.68	8.11	8.83	110	124	8.19	6.48	8.63	8.11	8.89	108
92	8.03	6.37	8.34	7.84	8.89	108	125	6.89	5.92	8.39	7.76	8.83	107
93	7.05	5.25	8.59	8.24	8.72	110	126	8.30	6.56	8.39	7.88	8.78	106
94	6.78	5.14	8.48	8.03	8.94	108	127	7.92	6.23	8.10	7.64	8.67	108
95	7.56	5.79	8.14	8.03	8.72	110	128	8.56	6.58	8.58	8.15	8.67	105

Lampiran 1. (lanjutan)

i	*Y*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	*i*	*Y*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
129	7.93	5.75	8.45	7.77	8.83	110	162	7.48	5.54	7.98	8.13	9.00	110
130	7.75	5.44	8.32	7.58	9.39	107	163	7.58	6.04	8.05	8.16	9.00	107
131	8.21	5.38	8.36	7.88	8.83	107	164	7.94	6.11	8.37	8.24	8.83	107
132	7.99	4.95	8.07	7.64	8.89	108	165	8.21	5.70	8.11	8.03	8.94	107
133	7.71	5.90	8.53	7.96	8.93	107	166	8.54	6.49	8.35	8.22	9.00	111
134	8.53	5.38	8.03	7.76	9.17	107	167	8.26	6.43	8.53	8.50	8.72	107
135	7.84	5.63	7.95	7.54	8.95	107	168	7.82	4.06	8.28	8.22	9.00	113
136	7.93	5.12	8.19	7.86	8.95	110	169	7.47	5.32	8.53	8.46	8.89	110
137	7.48	5.54	8.61	8.09	8.78	107	170	7.76	5.45	8.00	8.07	8.72	110
138	7.83	5.17	8.22	7.68	9.00	110	171	7.92	5.69	8.38	8.36	8.78	110
139	7.03	5.64	8.40	7.92	9.17	106	172	7.83	5.33	8.54	8.30	8.89	107
140	6.82	5.63	8.10	7.58	8.84	105	173	7.80	5.53	8.66	8.52	8.67	110
141	7.55	5.62	8.28	7.74	8.83	104	174	7.28	5.33	7.99	8.08	8.28	114
142	8.22	5.68	7.92	7.41	8.95	103	175	7.45	5.81	8.06	8.19	8.72	110
143	8.77	6.17	8.13	7.71	8.67	102	176	8.07	5.87	8.70	8.76	9.00	113
144	7.53	5.57	8.14	7.91	8.95	101	177	7.86	5.66	8.18	8.31	9.05	108
145	7.71	5.62	8.33	8.37	9.06	104	178	8.36	6.12	8.32	8.16	8.83	105
146	7.94	5.92	8.25	8.36	8.83	102	179	7.54	5.99	8.23	8.22	8.78	105
147	7.58	5.56	8.02	8.09	8.72	104	180	7.32	6.12	8.38	8.23	9.17	107
148	6.90	5.54	7.96	8.14	9.00	102	181	7.23	5.51	8.44	8.37	8.89	105
149	8.05	5.77	8.08	8.07	8.83	101	182	8.22	6.20	8.35	8.44	8.78	104
150	7.49	5.97	8.54	8.39	8.78	101	183	8.53	6.77	8.53	8.44	8.85	104
151	7.70	5.42	7.90	8.07	8.78	104	184	7.55	5.68	8.10	8.16	9.05	102
152	7.25	5.84	8.02	8.07	8.67	108	185	7.73	5.83	8.53	8.38	8.89	104
153	7.71	5.78	8.05	8.04	8.94	111	186	7.90	5.85	8.28	8.40	8.94	104
154	8.05	5.88	7.84	7.90	9.05	108	187	7.44	6.04	8.24	8.14	8.72	105
155	7.56	5.43	8.43	8.41	9.00	110	188	7.60	5.32	8.34	8.37	8.89	107
156	6.34	5.81	8.28	8.18	9.00	111	189	6.59	5.25	8.20	8.13	8.87	101
157	7.26	6.04	7.98	8.01	9.17	110	190	6.81	4.84	8.29	8.17	9.11	104
158	8.50	6.74	8.55	8.64	9.11	107	191	7.36	5.44	8.11	8.21	8.94	111
159	7.72	5.48	7.76	7.86	8.89	107	192	8.18	6.14	8.29	8.41	8.72	111
160	8.05	5.52	8.32	8.20	8.94	107	193	7.16	5.05	8.09	8.14	8.72	111
161	8.44	6.64	8.46	8.23	8.94	107	194	7.30	5.52	8.34	8.46	9.04	113

Lampiran 1. (lanjutan)

i	*Y*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	*i*	*Y*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
195	8.40	6.22	8.48	8.31	8.89	110	228	7.53	5.67	8.13	8.08	8.72	99
196	7.12	5.82	8.45	8.49	8.67	113	229	7.48	5.30	8.30	8.24	8.78	105
197	7.88	5.88	8.53	8.37	8.95	108	230	6.96	4.81	7.97	7.89	8.89	106
198	7.12	5.21	8.13	8.41	8.72	110	231	5.63	4.41	8.03	8.24	8.78	101
199	8.11	5.84	8.14	8.23	9.00	116	232	7.57	5.39	8.38	8.19	8.83	108
200	6.99	6.00	8.45	8.33	9.00	105	233	8.38	6.67	8.02	8.09	8.67	107
201	7.57	5.77	8.50	8.36	8.73	111	234	7.80	6.37	8.34	8.30	8.72	108
202	7.35	5.45	8.46	8.34	9.11	108	235	7.56	5.73	8.47	8.28	8.72	107
203	7.73	5.97	8.49	8.54	8.67	106	236	8.21	6.20	8.07	8.15	8.89	108
204	7.49	5.90	8.32	8.29	9.00	107	237	7.95	6.34	8.00	7.97	8.83	111
205	7.67	5.89	8.59	8.34	8.67	110	238	8.29	6.49	7.92	8.07	9.06	107
206	7.76	5.34	8.40	8.38	9.11	111	239	8.28	6.10	8.19	8.28	8.78	107
207	7.35	5.61	8.64	8.54	8.83	111	240	8.16	6.47	8.14	8.20	8.83	107
208	6.97	5.56	8.37	8.33	8.95	110	241	8.38	6.44	8.49	8.38	8.78	113
209	7.47	5.21	8.21	8.14	9.00	113	242	7.53	5.81	8.23	8.18	8.89	113
210	7.38	5.19	8.25	8.33	9.00	113	243	8.08	5.63	8.37	8.08	8.63	110
211	7.57	5.31	8.11	8.23	8.89	112	244	6.69	6.24	7.83	8.02	8.94	108
212	7.37	5.05	8.24	8.28	8.98	114	245	7.59	6.11	8.16	8.03	8.89	110
213	7.27	5.80	8.48	8.26	8.96	108	246	8.34	6.66	8.03	8.02	9.11	107
214	7.72	5.37	8.48	8.43	8.78	113	247	8.06	6.73	8.22	8.17	8.67	109
215	8.08	5.77	8.13	8.20	8.72	110	248	8.59	6.65	7.95	8.08	9.17	111
216	7.71	5.36	8.48	8.54	8.78	110	249	8.35	6.55	8.40	8.23	8.89	108
217	7.48	6.27	8.60	8.47	9.05	107	250	8.05	6.19	8.22	8.10	9.28	113
218	7.78	5.67	8.11	8.01	9.01	112	251	7.82	6.08	8.42	8.10	8.95	110
219	8.31	6.43	8.28	8.16	8.72	107	252	7.91	6.63	8.20	8.37	8.72	108
220	8.19	5.94	8.63	8.67	8.78	113	253	7.62	6.41	8.28	8.07	8.87	108
221	7.49	5.96	8.23	8.28	8.72	105	254	7.63	6.03	8.22	8.17	8.94	107
222	7.51	5.22	8.18	8.20	8.67	106	255	7.68	6.00	8.48	8.33	8.78	113
223	7.70	6.33	8.05	8.07	9.00	107	256	7.90	5.70	8.09	7.98	8.67	112
224	8.41	6.38	8.55	8.56	8.72	105	257	7.48	5.57	8.47	8.28	8.72	110
225	7.04	5.21	8.42	8.36	8.95	105	258	8.27	5.93	7.68	8.00	8.72	114
226	7.48	5.58	8.40	8.40	8.83	104	259	8.07	6.19	8.15	8.08	8.72	108
227	8.21	6.11	8.39	8.41	8.95	102	260	7.84	6.14	7.95	8.08	8.89	110

Lampiran 1. (lanjutan)

i	*Y*	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	*i*	*Y*	X_1	X_2	X_3	X_4	*X5*
261	7.96	6.53	8.16	8.10	8.89	106	284	7.96	6.18	7.87	7.82	9.30	108
262	7.67	6.20	7.84	8.17	8.89	105	285	7.92	5.57	7.68	7.87	8.78	106
263	8.31	5.94	8.22	7.93	8.87	105	286	7.46	5.77	7.98	8.07	8.67	107
264	8.29	6.89	8.09	8.15	8.94	101	287	8.23	5.19	8.41	7.95	9.08	107
265	7.93	6.39	8.06	7.73	9.17	104	288	7.87	5.36	7.65	7.95	8.89	105
266	8.55	5.10	8.48	8.47	9.22	100	289	7.83	6.37	8.52	8.17	8.99	104
267	8.09	6.42	8.41	8.25	8.89	104	290	7.85	5.67	8.01	7.95	8.67	104
268	7.81	6.63	8.32	8.17	8.72	104	291	7.59	6.33	8.07	8.05	8.67	101
269	8.40	6.75	8.47	8.32	8.95	105	292	8.40	6.00	8.15	8.02	8.89	104
270	7.72	6.11	8.02	8.17	8.78	105	293	7.93	5.84	7.68	7.73	8.78	104
271	7.55	5.89	8.46	8.13	9.06	110	294	6.99	5.56	8.31	8.25	8.89	99
272	7.23	5.92	8.22	8.47	8.77	107	295	7.36	5.16	7.94	8.03	8.72	103
273	7.54	6.08	7.86	7.97	8.65	108	296	7.70	5.87	8.07	8.05	8.72	104
274	7.68	5.93	7.91	8.22	7.61	107	297	7.69	5.86	7.85	8.05	8.89	104
275	7.64	5.97	8.18	7.97	9.00	111	298	7.51	6.35	7.83	7.95	8.78	95
276	6.98	5.93	7.97	8.32	9.00	108	299	8.17	5.57	8.01	8.08	8.94	104
277	8.03	5.66	7.87	8.05	9.17	105	300	7.40	6.36	8.00	8.30	9.53	104
278	7.80	5.84	7.96	7.97	9.00	105	301	8.22	5.64	8.51	8.22	9.00	102
279	8.17	6.42	8.02	8.07	8.72	112	302	7.09	6.13	7.67	8.05	8.78	104
280	7.66	6.06	7.92	7.73	9.63	107	303	6.70	5.37	8.10	8.07	8.78	96
281	7.69	5.82	7.95	7.95	8.97	108	304	7.38	5.56	8.02	8.33	8.00	105
282	7.13	5.54	7.72	8.13	8.83	108	305	7.43	5.86	8.02	8.33	8.78	101
283	7.36	6.05	7.82	8.07	8.78	107	306	7.23	5.03	8.14	7.98	9.11	101

Sumber : Dokumen SMA Negeri 8 Malang tahun ajaran 2007- 2008.

Keterangan :

Y : rata-rata nilai Ujian Nasional (UNAS)
X_1 : rata-rata nilai *tryout*
X_2 : rata-rata nilai Ujian akhir Sekolah (UAS)
X_3 : rata-rata nilai rapor (Z_1)
X_4 : rata-rata nilai UNAS SMP (Z_2)
X_5 : nilai IQ (Z_3)

Lampiran 2. Hasil Uji *Curve fit*

Tabel A.1. Hasil Uji *Curve fit* antara variabel Y dan X_1

Equation	Model Summary				
	R Square	F	df1	df2	Sig.
Linear	.296	127.633	1	304	.000
Logarithmic	.284	120.671	1	304	.000
Inverse	.268	111.530	1	304	.000
Quadratic	.309	67.776	2	303	.000
Cubic	.309	67.697	2	303	.000
Compound	.291	124.909	1	304	.000
Power	.281	119.084	1	304	.000
S	.268	111.026	1	304	.000
Growth	.291	124.909	1	304	.000
Exponential	.291	124.909	1	304	.000
Logistic	.291	124.909	1	304	.000

Tabel A.2. Hasil Uji *Curve fit* antara variabel Y dan X_2

Equation	Model Summary				
	R Square	F	df1	df2	Sig.
Linear	.018	5.725	1	304	.017
Logarithmic	.018	5.592	1	304	.019
Inverse	.018	5.458	1	304	.020
Quadratic	.023	3.499	2	303	.031
Cubic	.023	3.525	2	303	.031
Compound	.019	5.858	1	304	.016
Power	.018	5.719	1	304	.017
S	.018	5.579	1	304	.019
Growth	.019	5.858	1	304	.016
Exponential	.019	5.858	1	304	.016
Logistic	.019	5.858	1	304	.016

Lampiran 2. (lanjutan)

Tabel A.3. *Curve fit* antara variabel Y dan X_3

Equation	Model Summary				
	R Square	F	df1	df2	Sig.
Linear	.003	1.061	1	304	.304
Logarithmic	.003	.910	1	304	.341
Inverse	.003	.768	1	304	.382
Quadratic	.016	2.506	2	303	.083
Cubic	.016	2.524	2	303	.082
Compound	.004	1.242	1	304	.266
Power	.004	1.080	1	304	.299
S	.003	.925	1	304	.337
Growth	.004	1.242	1	304	.266
Exponential	.004	1.242	1	304	.266
Logistic	.004	1.242	1	304	.266

Tabel A.4. *Curve fit* antara variabel Y dan X_4

Equation	Model Summary				
	R Square	F	df1	df2	Sig.
Linear	.001	.342	1	304	.559
Logarithmic	.001	.360	1	304	.549
Inverse	.001	.377	1	304	.540
Quadratic	.002	.280	2	303	.756
Cubic	.002	.286	2	303	.752
Compound	.001	.296	1	304	.587
Power	.001	.310	1	304	.578
S	.001	.324	1	304	.570
Growth	.001	.296	1	304	.587
Exponential	.001	.296	1	304	.587
Logistic	.001	.296	1	304	.587

Lampiran 2. (lanjutan)

Tabel A.5. *Curve fit* antara variabel Y dan X_5

Equation	Model Summary				
	R Square	F	df1	df2	Sig.
Linear	.004	1.328	1	304	.250
Logarithmic	.005	1.422	1	304	.234
Inverse	.005	1.523	1	304	.218
Quadratic	.012	1.914	2	303	.149
Cubic	.012	1.914	2	303	.149
Compound	.006	1.700	1	304	.193
Power	.006	1.812	1	304	.179
S	.006	1.931	1	304	.166
Growth	.006	1.700	1	304	.193
Exponential	.006	1.700	1	304	.193
Logistic	.006	1.700	1	304	.193

Lampiran 3. Program S-Plus 2000 Untuk Memilih satu titik *knot* pada *spline* linier dengan Kriteria GCV Minimum

```
splinelinier<-function(y,z,k1)
{
n<-length(y)
trun<-function(data,knots,power)
{((data-knots)^power)*(data>=knots)}
D<-matrix(0,ncol=3,nrow=n)
D[,1]<-1
D[,2]<-z
D[,3]<-trun(z,k1,1)
teta<-solve(t(D)%*%D)%*%t(D)%*%y
ytopi<-D%*%teta
alamda<-D%*% solve(t(D)%*%D)%*%t(D)
ia<-diag(n)-alamda
bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
gcv<-agcv/bgcv
cat("\n GCV       ",format(gcv))
}
splinesemi(y,z,k1)
```

Lampiran 4. Program S-Plus 2000 untuk pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* linier satu titik *knot*

```
splinesemi<-function(y,x1,x2,z1,z2,z3,k1,k2,k3)
{
n<-length(y)
trun<-function(data,knots,power)
{((data-knots)^power)*(data>=knots)}
D<-matrix(0,ncol=9,nrow=n)
D[,1]<-1
D[,2]<-z1
D[,3]<-trun(z1,k1,1)
D[,4]<-z2
D[,5]<-trun(z2,k2,1)
D[,6]<-z3
D[,7]<-trun(z3,k3,1)
D[,8]<-x1
D[,9]<-x2
teta<-solve(t(D)%*%D)%*%t(D)%*%y
yduga<-D%*%teta
Hknot<- D%*% solve(t(D)%*%D)%*%t(D)
ia<-diag(n)-Hknot
bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
gcv<-agcv/bgcv
residual<-y-yduga
ybar<-sum(y)/n
sse<-t(y-yduga)%*%( y-yduga)
syy<- t(y-ybar)%*%( y-ybar)
ssr<- t(yduga-ybar)%*%( yduga-ybar)
I<-matrix(0, ncol=n, nrow=n)
for (i in 1:n)I[i,i]<-1
dbreg<-8
dbres<-n-9
dbtot<-n-1
koef.determinasi<-ssr/syy
koef.determinasi Adjusted<-1-(1-
   koef.determinasi)%*%(dbtot/dbres)
mse<-as.vector(sse)/dbres
msr<- as.vector(ssr)/dbreg
f hitung<-msr/mse
f tabel<-qf(0.95,dbreg,dbres)
covteta<-solve(t(D)%*%D)*mse
SE<-matrix(0, ncol=1,nrow=9)
for(i in 1:9)
   SE[i]<-sqrt(covteta[i,i])
```

Lampiran 4. (lanjutan)

```
    t hitung[i]<-teta[i]/SE[i]
    t tabel<-matrix(0, ncol=1, nrow=9)
for(i in 1:9)
t tabel[i]<-qt(0.975,n-9)
cat("n\  Koefisien estimasi  standar deviasi t hitung ")
cat("\n--------------------------------------------")
for(i in 1:9)
    cat("\n teta[",i-1,"]:"," ",format(teta[i]),"
    ",format(SE[i])," ",format(t hitung[i])," ",format(t
    tabel[i]))
    cat("\n","\n")
cat("\n sumber keragaman   db   JK  KT   F hit F tabel")
cat("\n--------------------------------------------")
cat("\n regresi", format(dbreg) ," ", format(ssr)," ",
    format(msr) ," ",  format(f hitung) ," ", format(f
    tabel))
cat("\n residual", format(dbres)," ",format(sse),"
    ",format(mse))
cat("\n--------------------------------------------")
cat("\n Total ",format(dbtot)," ",format(syy))
cat("\n---------------------------------------","\n")
cat("\n GCV       ",format(gcv))
cat("\n R kuadrat ",format(koef.determinasi))
cat("\n R kuadrat Adjusted",format(koef.determinasi
    Adjusted))
cat("\n MSE ",format(agcv))
}

splinesemi(y,x1,x2,z1,z2,z3,8.11, 9.28,102.00)
```

Lampiran 5. Output pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* linier satu titik *knot*

```
n Koefisien estimasi standar deviasi t hitung t tabel
-----------------------------------------------------
teta[ 0 ]: -0.3898633  4.550213   -0.08568023 1.967984
teta[ 1 ]: -0.4528719  0.1760915  -2.571798   1.967984
teta[ 2 ]:  0.5014064  0.2019738   2.482532   1.967984
teta[ 3 ]: -0.01326089 0.131964   -0.1004886  1.967984
teta[ 4 ]: -1.399163   0.931008   -1.502847   1.967984
teta[ 5 ]:  0.08242565 0.04066434  2.026976   1.967984
teta[ 6 ]: -0.07995787 0.04407802 -1.814008   1.967984
teta[ 7 ]:  0.5043768  0.04546188 11.0945     1.967984
teta[ 8 ]:  0.0594434  0.09512384  0.6249054  1.967984


 sumber keragaman   db   JK  KT   F hit F tabel
----------------------------------------------------
 regresi     8   24.0584    3.007301   18.2782  1.969637
 residual  297   48.86522   0.1645294
----------------------------------------------------
 Total     305   72.92362
----------------------------------------------------

 GCV                  0.1695151
 R kuadrat            0.3299124
 R kuadrat Adjusted   0.3118629
 MSE                  0.1596903
```

Lampiran 6. Program S-Plus 2000 Untuk Memilih dua titik *knot* pada *spline* linier dengan Kriteria GCV Minimum

```
splinelinear<-function(y,z,k1,k2)
{
    n<-length(y)
    trun<-function(data,knots,power)
    {((data-knots)^power)*(data>=knots)}
    D<-matrix(0,ncol=4,nrow=n)
    D[,1]<-1
    D[,2]<-z
    D[,3]<-trun(z,k1,1)
    D[,4]<-trun(z,k2,1)
    teta<-solve(t(D)%*%D)%*%t(D)%*%y
    ytopi<-D%*%teta
    alamda<-D%*%solve(t(D)%*%D)%*%t(D)
    ia<-diag(n)-alamda
    bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
    agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
    gcv<-agcv/bgcv
    cat("\n GCV       ",format(gcv))
}

splinelinear(y,z,k1,k2)
```

Lampiran 7. Program S-Plus 2000 untuk pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* linier dua titik *knot*

```
splinesemi<-function(y,x1,x2,z1,z2,z3,k1,k2,k3,k4,k5,k6)
{
n<-length(y)
trun<-function(data,knots,power)
{((data-knots)^power)*(data>=knots)}
D<-matrix(0,ncol=11,nrow=n)
D[,1]<-1
D[,2]<-z1
D[,3]<-trun(z1,k1,1)
D[,4]<-trun(z1,k2,1)
D[,5]<-z2
D[,6]<-trun(z2,k3,1)
D[,7]<-trun(z2,k4,1)
D[,8]<-z3
D[,9]<-trun(z3,k5,1)
D[,10]<-trun(z3,k6,1)
D[,11]<-x1
D[,12]<-x2
teta<-solve(t(D)%*%D)%*%t(D)%*%y
yduga<-D%*%teta
Hknot<- D%*% solve(t(D)%*%D)%*%t(D)
ia<-diag(n)-Hknot
bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
gcv<-agcv/bgcv
residual<-y-yduga
ybar<-sum(y)/n
sse<-t(y-yduga)%*%( y-yduga)
syy<- t(y-ybar)%*%( y-ybar)
ssr<- t(yduga-ybar)%*%( yduga-ybar)
I<-matrix(0, ncol=n, nrow=n)
for (i in 1:n)I[i,i]<-1
dbreg<-11
dbres<-n-12
dbtot<-n-1
koef.determinasi<-ssr/syy
koef.determinasi Adjusted<-1-(1-
   koef.determinasi)%*%(dbtot/dbres)
mse<-as.vector(sse)/dbres
msr<- as.vector(ssr)/dbreg
f hitung<-msr/mse
f tabel<-qf(0.95,dbreg,dbres)
```

Lampiran 7. (lanjutan)

```
covteta<-solve(t(D)%*%D)*mse
SE<-matrix(0, ncol=1,nrow=12)
for(i in 1:12)
SE[i]<-sqrt(covteta[i,i])
t hitung<-matrix(0, ncol=1, nrow=12)
for(i in 1:12)
    t hitung[i]<-teta[i]/SE[i]
    t tabel<-matrix(0, ncol=1, nrow=12)
for(i in 1:12)
t tabel[i]<-qt(0.975,n-12)
cat("n\  Koefisien estimasi  standar deviasi t hitung t
    tabel")
cat("\n-----------------------------------------------")
for(i in 1:12)
    cat("\n teta[",i-1,"]:"," ",format(teta[i]),"
    ",format(SE[i])," ",format(t hitung[i])," ",format(t
    tabel[i]))
    cat("\n","\n")
cat("\n sumber keragaman   db   JK  KT   F hit F tabel")
cat("\n-----------------------------------------------")
cat("\n regresi", format(dbreg) ," ", format(ssr)," ",
    format(msr) ," ",  format(f hitung) ," ", format(f
    tabel))
cat("\n residual", format(dbres)," ",format(sse),"
    ",format(mse))
cat("\n-----------------------------------------------")
cat("\n Total ",format(dbtot)," ",format(syy))
cat("\n------------------------------------------","\n")
cat("\n GCV       ",format(gcv))
cat("\n R kuadrat ",format(koef.determinasi))
cat("\n R kuadrat Adjusted ",format(koef.determinasi
    Adjusted))
cat("\n MSE ",format(agcv))
}
```

Lampiran 8. Output pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* linier dua titik *knot*

```
n Koefisien estimasi standar deviasi t hitung t tabel
----------------------------------------------------
teta[ 0 ]: -2.070616  6.347866  -0.3261909  1.968066
teta[ 1 ]:  0.1549913 0.6816189  0.2273871  1.968066
teta[ 2 ]: -0.7992147 0.8182496 -0.9767371  1.968066
teta[ 3 ]:  0.6887822 0.2648192  2.600953   1.968066
teta[ 4 ]:  0.1333546 0.326935   0.4078935  1.968066
teta[ 5 ]: -0.1689505 0.3788499 -0.4459563  1.968066
teta[ 6 ]: -1.456967  1.02996   -1.414586   1.968066
teta[ 7 ]:  0.0374971 0.0216643  1.730828   1.968066
teta[ 8 ]: -0.0547097 0.0314454 -1.739834   1.968066
teta[ 9 ]:  0.0641922 0.0353603  1.815375   1.968066
teta[ 10 ]: 0.499519  0.04604198 10.84921   1.968066
teta[ 11 ]: 0.0984494 0.09757714 1.008939   1.968066


 sumber keragaman   db   JK  KT    F hit F tabel
---------------------------------------------------
 regresi    11   24.376   2.216    13.41989   1.821299
 residual  294   48.54762 0.165128
---------------------------------------------------
 Total     305   72.92362
---------------------------------------------------

 GCV                   0.1718679
 R kuadrat             0.3342675
 R kuadrat Adjusted    0.3093592
 MSE                   0.1586524
```

Lampiran 9. Program S-Plus 2000 Untuk Memilih tiga titik *knot* pada *spline* linier dengan Kriteria GCV Minimum

```
splinelinear<-function(y,z,k1,k2,k3)
{
    n<-length(y)
    trun<-function(data,knots,power)
    {((data-knots)^power)*(data>=knots)}
    D<-matrix(0,ncol=5,nrow=n)
    D[,1]<-1
    D[,2]<-z
    D[,3]<-trun(z,k1,1)
    D[,4]<-trun(z,k2,1)
    D[,5]<-trun(z,k3,1)
    A<-t(D)%*%D
    B<-ginverse(A)
    teta<-B%*%t(D)%*%y
    ytopi<-D%*%teta
    alamda<-D%*%B%*%t(D)
    ia<-diag(n)-alamda
    bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
    agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
    gcv<-agcv/bgcv
    cat("\n GCV       ",format(gcv))
}
splinelinear (y,z,k1,k2,k3)
```

Lampiran 10. Program S-Plus 2000 untuk pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* linier tiga titik *knot*

```
splinesemi<-
   function(y,x1,x2,z1,z2,z3,k1,k2,k3,k4,k5,k6,k7,k8,k9)
{
n<-length(y)
trun<-function(data,knots,power)
{((data-knots)^power)*(data>=knots)}
D<-matrix(0,ncol=15,nrow=n)
D[,1]<-1
D[,2]<-z1
D[,3]<-trun(z1,k1,1)
D[,4]<-trun(z1,k2,1)
D[,5]<-trun(z1,k3,1)
D[,6]<-z2
D[,7]<-trun(z2,k4,1)
D[,8]<-trun(z2,k5,1)
D[,9]<-trun(z2,k6,1)
D[,10]<-z3
D[,11]<-trun(z3,k7,1)
D[,12]<-trun(z3,k8,1)
D[,13]<-trun(z3,k9,1)
D[,14]<-x1
D[,15]<-x2
teta<-solve(t(D)%*%D)%*%t(D)%*%y
yduga<-D%*%teta
Hknot<- D%*% solve(t(D)%*%D)%*%t(D)
ia<-diag(n)-Hknot
bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
gcv<-agcv/bgcv
residual<-y-yduga
ybar<-sum(y)/n
sse<-t(y-yduga)%*%( y-yduga)
syy<- t(y-ybar)%*%( y-ybar)
ssr<- t(yduga-ybar)%*%( yduga-ybar)
I<-matrix(0, ncol=n, nrow=n)
for (i in 1:n)I[i,i]<-1
dbreg<-14
dbres<-n-15
dbtot<-n-1
koef.determinasi<-ssr/syy
koef.determinasi Adjusted<-1-(1-
   koef.determinasi)%*%(dbtot/dbres)
```

```
mse<-as.vector(sse)/dbres
msr<- as.vector(ssr)/dbreg
f hitung<-msr/mse
f tabel<-qf(0.95,dbreg,dbres)
covteta<-solve(t(D)%*%D)*mse
SE<-matrix(0, ncol=1,nrow=15)
for(i in 1:15)
    SE[i]<-sqrt(covteta[i,i])
t hitung<-matrix(0, ncol=1, nrow=15)
for(i in 1:15)
    t hitung[i]<-teta[i]/SE[i]
    t tabel<-matrix(0, ncol=1, nrow=15)
for(i in 1:15)
t tabel[i]<-qt(0.975,n-15)
cat("n\  Koefisien estimasi  standar deviasi t hitung ")
cat("\n-----------------------------------------------")
for(i in 1:15)
    cat("\n teta[",i-1,"]:"," ",format(teta[i]),"
    ",format(SE[i])," ",format(t hitung[i])," ",format(t
    tabel[i]))
    cat("\n","\n")
cat("\n sumber keragaman   db   JK  KT   F hit F tabel")
cat("\n-----------------------------------------------")
cat("\n regresi", format(dbreg) ," ", format(ssr)," ",
    format(msr) ," ",  format(f hitung) ," ", format(f
    tabel))
cat("\n residual", format(dbres)," ",format(sse),"
    ",format(mse))
cat("\n-----------------------------------------------")
cat("\n Total ",format(dbtot)," ",format(syy))
cat("\n-----------------------------------------","\n")
cat("\n GCV        ",format(gcv))
cat("\n R kuadrat ",format(koef.determinasi))
cat("\n R kuadrat Adjusted",format(koef.determinasi
    Adjusted))
cat("\n MSE ",format(agcv))
}
splinesemi(y,x1,x2,z1,z2,z3,7.61, 7.63,8.10,8.72,8.73,
8.85,  101.00,102.00,109.00)
```

Lampiran 11. Output pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* linier tiga titik *knot*

```
n Koefisien estimasi standar deviasi t hitung t tabel
---------------------------------------------------
teta[ 0 ]:  19.34011    15.77999     1.225609   1.96815
teta[ 1 ]:  -2.738928    1.932938   -1.416977   1.96815
teta[ 2 ]:  28.25703    13.57689     2.081259   1.96815
teta[ 3 ]: -26.24457    12.18655    -2.153569   1.96815
teta[ 4 ]:   0.7852227   0.2468139   3.181436   1.96815
teta[ 5 ]:   0.1220667   0.3009878   0.4055535  1.96815
teta[ 6 ]: -29.53105    12.66717    -2.331306   1.96815
teta[ 7 ]:  31.9146     13.64032     2.339725   1.96815
teta[ 8 ]:  -2.834556    1.275487   -2.222332   1.96815
teta[ 9 ]:   0.04022433  0.0563650   0.7136399  1.96815
teta[ 10 ]:  0.2214722   0.1801298   1.229515   1.96815
teta[ 11 ]: -0.2880013   0.1568156  -1.83656    1.96815
teta[ 12 ]:  0.07096848  0.03196156  2.220433   1.96815
teta[ 13 ]:  0.5040071   0.04567014 11.03581    1.96815
teta[ 14 ]:  0.09941093  0.09575533  1.038176   1.96815


sumber keragaman  db   JK       KT    F hit F tabel
----------------------------------------------------
regresi     14   26.11158   1.865113  11.59419  1.725884
Residual   291   46.81205   0.1608661
----------------------------------------------------
Total      305   72.92362
----------------------------------------------------

GCV         0.1691582
R kuadrat   0.3580675
R kuadrat Adjusted  0.3271841
MSE        0.1529805
```

Lampiran 12. Program S-Plus 2000 Untuk Memilih satu titik *knot* pada *spline* kuadratik dengan Kriteria GCV Minimum

```
splinekuadratik<-function(y,x1,x2,k1)
{
n<-length(y)
trun<-function(data,knots,power)
{((data-knots)^power)*(data>=knots)}
D<-matrix(0,ncol=4,nrow=n)
D[,1]<-1
D[,2]<-z1
D[,3]<-z1^2
D[,4]<-trun(z1,k1,2)
A<-t(D)%*%D
B<-ginverse(A)
teta<-B%*%t(D)%*%y
yduga<-D%*%teta
Hknot<- D%*% B%*%t(D)
ia<-diag(n)-Hknot
bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
gcv<-agcv/bgcv
cat("\n GCV       ",format(gcv))

}
splinekuadratik<-function(y,x1,x2,k1)
```

Lampiran 13. Program S-Plus 2000 untuk pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik satu titik *knot*

```
splinesemi<-function(y,x1,x2,z1,z2,z3,k1,k2,k3)
{
n<-length(y)
trun<-function(data,knots,power)
{((data-knots)^power)*(data>=knots)}
D<-matrix(0,ncol=12,nrow=n)
D[,1]<-1
D[,2]<-z1
D[,3]<-z1^2
D[,4]<-trun(z1,k1,2)
D[,5]<-z2
D[,6]<-z2^2
D[,7]<-trun(z2,k2,2)
D[,8]<-z3
D[,9]<-z3^2
D[,10]<-trun(z3,k3,2)
D[,11]<-x1
D[,12]<-x2
A<-t(D)%*%D
B<-ginverse(A)
teta<-B%*%t(D)%*%y
yduga<-D%*%teta
Hknot<- D%*% B%*%t(D)
ia<-diag(n)-Hknot
bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
gcv<-agcv/bgcv
residual<-y-yduga
ybar<-sum(y)/n
sse<-t(y-yduga)%*%( y-yduga)
syy<- t(y-ybar)%*%( y-ybar)
ssr<- t(yduga-ybar)%*%( yduga-ybar)
koef.determinasi<-ssr/syy
I<-matrix(0, ncol=n, nrow=n)
for (i in 1:n)I[i,i]<-1
dbreg<-11
dbres<-n-12
dbtot<-n-1
mse<-as.vector(sse)/dbres
msr<- as.vector(ssr)/dbreg
covteta<-B*mse
SE<-matrix(0, ncol=1,nrow=12)
```

Lampiran 13. (lanjutan)

```
for(i in 1:12)
    SE[i]<-sqrt(covteta[i,i])
t hitung<-matrix(0, ncol=1, nrow=12)
for(i in 1:12)
    t hitung[i]<-teta[i]/SE[i]
    t tabel<-matrix(0, ncol=1, nrow=12)
for(i in 1:12)
t tabel[i]<-qt(0.975,n-12)
cat("n\  Koefisien estimasi  standar deviasi t hitung t
    tabel")
cat("\n-------------------------------------------------")
for(i in 1:12)
    cat("\n teta[",i-1,"]:"," ",format(teta[i]),"
    ",format(SE[i])," ",format(t hitung[i])," ",format(t
    tabel[i]))
    cat("\n","\n")
cat("\n sumber keragaman   db   JK  KT   ")
cat("\n----------------------------------------------")
cat("\n regresi", format(dbreg) ," ", format(ssr)," ",
    format(msr))
cat("\n residual", format(dbres)," ",format(sse),"
    ",format(mse))
cat("\n----------------------------------------------")
cat("\n Total ",format(dbtot)," ",format(syy))
cat("\n----------------------------------------","\n")
cat("\n GCV       ",format(gcv))
cat("\n R kuadrat ",format(koef.determinasi))
cat("\n MSE ",format(agcv))
}

splinesemi(y,x1,x2,z1,z2,z3,7.97, 9.28,  114.00)
```

Lampiran 14. Output pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik satu titik *knot*

```
n  Koefisien estimasi  standar deviasi t hitung t tabel
-------------------------------------------------------
teta[ 0 ]: 0.002297123  0.0002644478   8.686489   1.968066
teta[ 1 ]: 0.01019788   0.001153425    8.841396   1.968066
teta[ 2 ]: 0.002950757  0.003560419    0.8287667  1.968066
teta[ 3 ]:-0.01376084   0.001731401   -7.947807   1.968066
teta[ 4 ]: 0.01020734   0.0008498285  12.01106    1.968066
teta[ 5 ]: 0.001237346  0.008322743    0.1486704  1.968066
teta[ 6 ]:-0.00012125   0.00001982645 -6.115473   1.968066
teta[ 7 ]: 0.1230261    0.01416489     8.685282   1.968066
teta[ 8 ]:-0.00052937   0.00009473481 -5.587861   1.968066
teta[ 9 ]:-0.00436355   0.0005480054  -7.962605   1.968066
teta[ 10 ]:0.01153914   0.001267401    9.104569   1.968066
teta[ 11 ]:0.0143282    0.001600618    8.951652   1.968066
```

```
 sumber keragaman   db      JK            KT
--------------------------------------------------
 regresi           11     0.6137946   0.05579951
 residual          294   71.04596     0.2416529
--------------------------------------------------
 Total             305   72.92362
--------------------------------------------------

 GCV        0.2383675
 R kuadrat  0.008416951
 MSE  0.2321764
```

Lampiran 15. Program S-Plus 2000 Untuk Memilih dua titik *knot* pada *spline* kuadratik dengan Kriteria GCV Minimum

```
splinekuadratik<-function(y,z,k1,k2)
{
    n<-length(y)
    trun<-function(data,knots,power)
    {((data-knots)^power)*(data>=knots)}
    D<-matrix(0,ncol=5,nrow=n)
    D[,1]<-1
    D[,2]<-z
    D[,3]<-z^2
    D[,4]<-trun(z,k1,2)
    D[,5]<-trun(z,k2,2)
    A<-t(D)%*%D
    B<-ginverse(A)
    teta<-B%*%t(D)%*%y
    ytopi<-D%*%teta
    alamda<-D%*%B%*%t(D)
    ia<-diag(n)-alamda
    bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
    agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
    gcv<-agcv/bgcv
    cat("\n GCV             " ,format(gcv))
}
splinekuadratik (y,z,k1,k2)
```

Lampiran 16. Program S-Plus 2000 untuk pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik dua titik *knot*

```
splinesemi<function(y,x1,x2,z1,z2,z3,k1,k2,k3,k4,k5,
k6)
{
n<-length(y)
trun<-function(data,knots,power)
{((data-knots)^power)*(data>=knots)}
D<-matrix(0,ncol=15,nrow=n)
D[,1]<-1
D[,2]<-z1
D[,3]<-z1^2
D[,4]<-trun(z1,k1,2)
D[,5]<-trun(z1,k2,2)
D[,6]<-z2
D[,7]<-z2^2
D[,8]<-trun(z2,k3,2)
D[,9]<-trun(z2,k4,2)
D[,10]<-z3
D[,11]<-z3^2
D[,12]<-trun(z3,k5,2)
D[,13]<-trun(z3,k6,2)
D[,14]<-x1
D[,15]<-x2
A<-t(D)%*%D
B<-ginverse(A)
teta<-B%*%t(D)%*%y
yduga<-D%*%teta
Hknot<- D%*% B%*%t(D)
ia<-diag(n)-Hknot
bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
gcv<-agcv/bgcv
residual<-y-yduga
ybar<-sum(y)/n
sse<-t(y-yduga)%*%( y-yduga)
syy<- t(y-ybar)%*%( y-ybar)
ssr<- t(yduga-ybar)%*%( yduga-ybar)
koef.determinasi<-ssr/syy
I<-matrix(0, ncol=n, nrow=n)
for (i in 1:n)I[i,i]<-1
dbreg<-14
dbres<-n-15
dbtot<-n-1
mse<-as.vector(sse)/dbres
```

Lampiran 16. (lanjutan)

```
msr<- as.vector(ssr)/dbreg
covteta<-B*mse
SE<-matrix(0, ncol=1,nrow=15)
for(i in 1:15)
    SE[i]<-sqrt(covteta[i,i])
t hitung<-matrix(0, ncol=1, nrow=15)
for(i in 1:15)
    t hitung[i]<-teta[i]/SE[i]
    t tabel<-matrix(0, ncol=1, nrow=15)
for(i in 1:15)
t tabel[i]<-qt(0.975,n-15)
cat("n\  Koefisien estimasi  standar deviasi t hitung ")
cat("\n----------------------------------------------")
for(i in 1:15)
    cat("\n teta[",i-1,"]:"," ",format(teta[i]),"
    ",format(SE[i])," ",format(t hitung[i])," ",format(t
    tabel[i]))
    cat("\n","\n")
cat("\n sumber keragaman   db   JK  KT  )
cat("\n-------------------------------------------")
cat("\n regresi", format(dbreg) ," ", format(ssr)," ",
    format(msr))
cat("\n residual", format(dbres)," ",format(sse),"
    ",format(mse))
cat("\n-------------------------------------------")
cat("\n Total ",format(dbtot)," ",format(syy))
cat("\n---------------------------------------","\n")
cat("\n GCV       ",format(gcv))
cat("\n R kuadrat ",format(koef.determinasi))
cat("\n MSE ",format(agcv))
}

splinesemi(y,x1,x2,z1,z2,z3,7.54,7.81,  8.28,  9.53,
107.00,109.00)
```

Lampiran 17. Output pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik dua titik *knot*

```
n  Koefisien estimasi  standar deviasi t hitung
---------------------------------------------------------
teta[ 0 ]:  0.001544922   0.0002016278   7.662245   1.96815
teta[ 1 ]:  0.007118488   0.0009052605   7.86347    1.96815
teta[ 2 ]:  0.005849982   0.003476935    1.682511   1.96815
teta[ 3 ]: -0.01366643    0.001993822   -6.854389   1.96815
teta[ 4 ]: -0.01109879    0.001617791   -6.860457   1.96815
teta[ 5 ]:  0.007081395   0.0007220208   9.807743   1.96815
teta[ 6 ]:  0.004759685   0.007841906    0.6069552  1.96815
teta[ 7 ]: -0.006946065   0.00131257    -5.291959   1.96815
teta[ 8 ]: -3.494973e-006 6.909586e-007 -5.058151   1.96815
teta[ 9 ]:  0.0815573     0.01064848     7.659057   1.96815
teta[ 10 ]:-0.000164503   0.0000815123  -2.018137   1.96815
teta[ 11 ]:-0.03490875    0.004210889   -8.290114   1.96815
teta[ 12 ]: 0.05551361    0.008787892    6.317057   1.96815
teta[ 13 ]: 0.00847527    0.001092362    7.758667   1.96815
teta[ 14 ]: 0.008475008   0.001053213    8.046815   1.96815


 sumber keragaman   db   JK         KT
 ------------------------------------------------
 regresi            14   3.177439   0.22696
 residual          291   70.36599   0.2418075
-----------------------------------------------
 Total             305   72.92362
------------------------------------------

 GCV         0.23765730
 R kuadrat   0.04357215
 MSE   0.2299542
```

Lampiran 18. Program S-Plus 2000 Untuk Memilih tiga titik *knot* pada *spline* kuadratik dengan Kriteria GCV Minimum

```
splinekuadratik<-function(y,z,k1,k2,k3)
{
    n<-length(y)
    trun<-function(data,knots,power)
    {((data-knots)^power)*(data>=knots)}
    D<-matrix(0,ncol=6,nrow=n)
    D[,1]<-1
    D[,2]<-z
    D[,3]<-z^2
    D[,4]<-trun(z,k1,2)
    D[,5]<-trun(z,k2,2)
    D[,6]<-trun(z,k3,2)
    A<-t(D)%*%D
    B<-ginverse(A)
    teta<-B%*%t(D)%*%y
    ytopi<-D%*%teta
    alamda<-D%*%B%*%t(D)
    ia<-diag(n)-alamda
    bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
    agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
    gcv<-agcv/bgcv
    cat("\n GCV             " ,format(gcv))
}

splinekuadratik(y,z,k1,k2,k3)
```

Lampiran 19. Program S-Plus 2000 untuk pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik tiga titik *knot*

```
splinesemi<-
    function(y,x1,x2,z1,z2,z3,k1,k2,k3,k4,k5,k6,k7,k8,k9)
{
n<-length(y)
trun<-function(data,knots,power)
{((data-knots)^power)*(data>=knots)}
D<-matrix(0,ncol=18,nrow=n)
D[,1]<-1
D[,2]<-z1
D[,3]<-z1^2
D[,4]<-trun(z1,k1,2)
D[,5]<-trun(z1,k2,2)
D[,6]<-trun(z1,k3,2)
D[,7]<-z2
D[,8]<-z2^2
D[,9]<-trun(z2,k4,2)
D[,10]<-trun(z2,k5,2)
D[,11]<-trun(z1,k6,2)
D[,12]<-z3
D[,13]<-z3^2
D[,14]<-trun(z3,k7,2)
D[,15]<-trun(z3,k8,2)
D[,16]<-trun(z1,k9,2)
D[,17]<-x1
D[,18]<-x2
A<-t(D)%*%D
B<-ginverse(A)
teta<-B%*%t(D)%*%y
yduga<-D%*%teta
Hknot<- D%*% B%*%t(D)
ia<-diag(n)-Hknot
bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
gcv<-agcv/bgcv
residual<-y-yduga
ybar<-sum(y)/n
sse<-t(y-yduga)%*%( y-yduga)
syy<- t(y-ybar)%*%( y-ybar)
ssr<- t(yduga-ybar)%*%( yduga-ybar)
koef.determinasi<-ssr/syy
I<-matrix(0, ncol=n, nrow=n)
for (i in 1:n)I[i,i]<-1
```

Lampiran 19.(lanjutan)

```
dbreg<-17
dbres<-n-18
dbtot<-n-1
mse<-as.vector(sse)/dbres
msr<- as.vector(ssr)/dbreg
covteta<-B*mse
SE<-matrix(0, ncol=1,nrow=18)
for(i in 1:18)
   SE[i]<-sqrt(covteta[i,i])
t hitung<-matrix(0, ncol=1, nrow=18)
for(i in 1:18)
   t hitung[i]<-teta[i]/SE[i]
   t tabel<-matrix(0, ncol=1, nrow=18)
for(i in 1:18)
t tabel[i]<-qt(0.975,n-18)
cat("n\  Koefisien estimasi  standar deviasi t hitung t
   tabel")
cat("\n-------------------------------------------")
for(i in 1:18)
   cat("\n teta[",i-1,"]:"," ",format(teta[i]),"
   ",format(SE[i])," ",format(t hitung[i])," ",format(t
   tabel[i]))
   cat("\n","\n")
cat("\n sumber keragaman   db   JK  KT   )
cat("\n-------------------------------------------")
cat("\n regresi", format(dbreg) ," ", format(ssr)," ",
   format(msr) ," ",  )
cat("\n residual", format(dbres)," ",format(sse),"
   ",format(mse))
cat("\n-------------------------------------------")
cat("\n Total ",format(dbtot)," ",format(syy))
cat("\n----------------------------------------","\n")
cat("\n GCV       ",format(gcv))
cat("\n R kuadrat ",format(koef.determinasi))
cat("\n MSE ",format(agcv))
}
splinesemi(y,x1,x2,z1,z2,z3,7.47,7.81,  9.50,  8.00,
       8.28,  9.30,  105.00,   107.00,   114.00)
```

Lampiran 20. Output pembentukan model semiparametrik dengan pendekatan *spline* kuadratik tiga titik *knot*

n	Koefisien estimasi	standar deviasi	t hitung	t tabel
teta[0]:	0.000870536	0.0001310419	6.643189	1.968235
teta[1]:	0.004167513	0.0006085422	6.848356	1.968235
teta[2]:	0.005488796	0.003491907	1.571862	1.968235
teta[3]:	-0.008197339	0.001493695	-5.487959	1.968235
teta[4]:	-0.006498961	0.001173962	-5.535922	1.968235
teta[5]:	-0.0000264489	4.662959e-006	-5.672128	1.968235
teta[6]:	0.004231745	0.0005466391	7.741387	1.968235
teta[7]:	0.00695358	0.007660231	0.9077506	1.968235
teta[8]:	-0.005090957	0.001350735	-3.769028	1.968235
teta[9]:	-0.003618221	0.0009433552	-3.835481	1.968235
teta[10]:	-0.00003057692	8.794356e-006	-3.476879	1.968235
teta[11]:	0.04554532	0.006860152	6.639112	1.968235
teta[12]:	0.0001828923	0.00006245684	2.928299	1.968235
teta[13]:	-0.03976983	0.005450326	-7.296781	1.968235
teta[14]:	0.04998517	0.009164823	5.454025	1.968235
teta[15]:	0.003852453	0.0006400089	6.019374	1.968235
teta[16]:	0.0039964	0.0005713986	6.994067	1.968235
teta[17]:	0.004392924	0.0006075099	7.231032	1.968235

sumber keragaman	db	JK	KT
regresi	17	3.906541	0.2297965
residual	288	70.49749	0.244783
Total	305	72.92362	

GCV 0.2381015
R kuadrat 0.05357031
MSE 0.230384

Lampiran 21. Program S-Plus 2000 untuk pembentukan model semiparametrik setelah parameter yang tidak signifikan dihilangkan

```
splinesemi<-
   function(y,x1,x2,z1,z2,z3,k2,k3,k4,k5,k6,k7,k8,k9)
{
n<-length(y)
trun<-function(data,knots,power)
{((data-knots)^power)*(data>=knots)}
D<-matrix(0,ncol=10,nrow=n)
D[,1]<-1
D[,2]<-trun(z1,k2,1)
D[,3]<-trun(z1,k3,1)
D[,4]<-trun(z2,k4,1)
D[,5]<-trun(z2,k5,1)
D[,6]<-trun(z2,k6,1)
D[,7]<-trun(z3,k7,1)
D[,8]<-trun(z3,k8,1)
D[,9]<-trun(z3,k9,1)
D[,10]<-x1
teta<-solve(t(D)%*%D)%*%t(D)%*%y
yduga<-D%*%teta
Hknot<- D%*% solve(t(D)%*%D)%*%t(D)
ia<-diag(n)-Hknot
bgcv<-(sum(diag(ia))/n)^2
agcv<-t(ia%*%y)%*%(ia%*%y)/n
gcv<-agcv/bgcv
residual<-y-yduga
ybar<-sum(y)/n
sse<-t(y-yduga)%*%( y-yduga)
syy<- t(y-ybar)%*%( y-ybar)
ssr<- t(yduga-ybar)%*%( yduga-ybar)
koef.determinasi<-ssr/syy
I<-matrix(0, ncol=n, nrow=n)
for (i in 1:n)I[i,i]<-1
dbreg<-9
dbres<-n-10
dbtot<-n-1
mse<-as.vector(sse)/dbres
msr<- as.vector(ssr)/dbreg
koef.determinasi<-ssr/syy
koef.determinasi Adjusted<-1-(1-
   koef.determinasi)%*%(dbtot/dbres)
f hitung<-msr/mse
f tabel<-qf(0.95,dbreg,dbres)
covteta<-solve(t(D)%*%D)*mse
```

Lampiran 21. (lanjutan)

```
SE<-matrix(0, ncol=1,nrow=10)
for(i in 1:10)
SE[i]<-sqrt(covteta[i,i])
t hitung<-matrix(0, ncol=1, nrow=10)
for(i in 1:10)
    t hitung[i]<-teta[i]/SE[i]
    t tabel<-matrix(0, ncol=1, nrow=10)
for(i in 1:10)
t tabel[i]<-qt(0.975,n-10)
cat("n\  Koefisien estimasi  standar deviasi t hitung ")
cat("\n----------------------------------------------")
for(i in 1:10)
    cat("\n teta[",i-1,"]:"," ",format(teta[i]),"
    ",format(SE[i])," ",format(t hitung[i])," ",format(t
    tabel[i]))
    cat("\n","\n")
cat("\n sumber keragaman   db   JK  KT   F hit F tabel")
cat("\n----------------------------------------------")
cat("\n regresi", format(dbreg) ," ", format(ssr)," ",
    format(msr) ," ",  format(f hitung) ," ", format(f
    tabel))
cat("\n residual", format(dbres)," ",format(sse),"
    ",format(mse))
cat("\n----------------------------------------------")
cat("\n Total ",format(dbtot)," ",format(syy))
cat("\n-----------------------------------------","\n")
cat("\n GCV       ",format(gcv))
cat("\n R kuadrat ",format(koef.determinasi))
cat("\n R kuadrat ",format(koef.determinasi))
cat("\n MSE ",format(mse))
return(residual)
}
splinesemi(y,x1,x2,z1,z2,z3,7.63,8.10,8.72,8.73,8.85,
101.00 ,102.00,109.00)
```

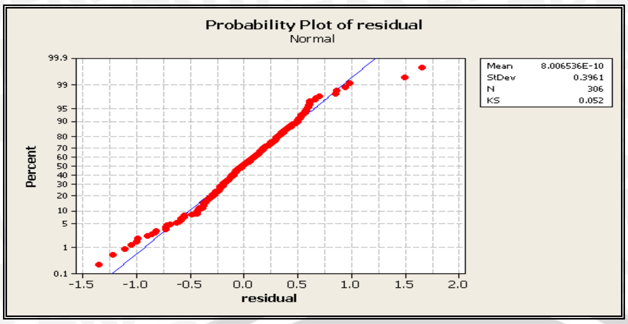
Lampiran 22. Output pembentukan model semiparametrik setelah parameter yang tidak signifikan dihilangkan

n	Koefisien estimasi	standar deviasi	t hitung	t tabel
teta[0]:	4.759193	0.290966	16.35653	1.968011
teta[1]:	-0.5161693	0.190947	-2.703207	1.968011
teta[2]:	0.5997138	0.21985	2.727832	1.968011
teta[3]:	-29.1553	12.44935	-2.341913	1.968011
teta[4]:	31.69559	13.46111	2.354604	1.968011
teta[5]:	-2.87693	1.264921	-2.274395	1.968011
teta[6]:	0.3072223	0.1346174	2.282188	1.968011
teta[7]:	-0.330793	0.1433907	-2.306935	1.968011
teta[8]:	0.06466076	0.03154397	2.049861	1.968011
teta[9]:	0.5123805	0.04537769	11.29146	1.968011

sumber keragaman	db	JK	KT	F hit	F tabel
regresi	9	25.08012	2.786681	17.24074	1.911576
residual	296	47.8435	0.1616334		
Total	305	72.92362			

GCV 0.167094
R kuadrat 0.3439232
MSE 0.1563513

Lampiran 23. Hasil pengujian asumsi kenormalan galat *Kolmogorov-Smirnov*.



Lampiran 24. Hasil Pengujian Asumsi Multikolinieritas

Regression Analysis: Y versus X1, X2, X3, X4, X5

The regression equation is
Y = 3.46 + 0.509 X1 + 0.0648 X2 - 0.0541 X3 - 0.046 X4 + 0.0148 X5

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	3.460	1.357	2.55	0.011	
X1	0.50909	0.04608	11.05	0.000	1.0
X2	0.06485	0.09640	0.67	0.502	1.6
X3	-0.05409	0.06237	-0.87	0.387	1.5
X4	-0.0457	0.1228	-0.37	0.710	1.0
X5	0.014831	0.007461	1.99	0.048	1.1

Lampiran 25. Program S-plus 2000 pengujian asumsi autokorelasi

```
uji Durbin Watson<-function(et,et1)
{
    m<-matrix(0,ncol=1,nrow=306)
    m[,1]<-residual
    D<-matrix(0,ncol=1,nrow=305)
    D[,1]<-residual1
    k<-matrix(0,ncol=1,nrow=305)
    k[,1]<-residual2
    A<-k[,1]-D[,1]
    Jk kuadrat<-t(A)%*%A
    kuadrat residual<-t(m[,1])%*%m[,1]
    Durbin watson<-Jk kuadrat/kuadrat residual
    cat("\n Durbin watson ",format(Durbin watson))

}
uji Durbin Watson(et,et1)

OUTPUT
Durbin watson  1.963236
```

Lampiran 26. Hasil Pengujian Asumsi Homogenitas ragam

```
The regression equation is
Absresidual = - 0.78 - 0.0112 X1 + 0.102 X2 - 0.0395 X3
+ 0.010 X4 + 0.00211 X5


Analysis of Ragamce
```

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	0.2287	0.0457	0.29	0.919
Residual Error	300	47.6145	0.1587		
Total	305	47.8432			

Lampiran 27. Titik Kritis d_L dan d_U 5% pada Uji *Durbin-Watson*

n	*k* =1		*k*=2		*k*=3		*k*=4		*k*=5	
	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U
15	1.08	1.36	0.95	1.54	0.82	1.75	0.69	1.97	0.56	2.21
16	1.10	1.37	0.98	1.54	0.86	1.73	0.74	1.93	0.62	2.15
17	1.13	1.38	1.02	1.54	0.90	1.71	0.78	1.90	0.67	2.10
18	1.16	1.39	1.05	1.53	0.93	1.69	0.82	1.87	0.71	2.06
19	1.18	1.40	1.08	1.53	0.97	1.68	0.86	1.85	0.75	2.02
20	1.20	1.41	1.10	1.54	1.00	1.68	0.90	1.83	0.79	1.99
21	1.22	1.42	1.13	1.54	1.03	1.67	0.93	1.81	0.83	1.96
22	1.24	1.43	1.15	1.54	1.05	1.66	0.96	1.80	0.86	1.94
23	1.26	1.44	1.17	1.54	1.08	1.66	0.99	1.79	0.90	1.92
24	1.27	1.45	1.19	1.55	1.10	1.66	1.01	1.78	0.93	1.90
25	1.29	1.45	1.21	1.55	1.12	1.66	1.04	1.77	0.95	1.89
26	1.30	1.46	1.22	1.55	1.14	1.65	1.06	1.76	0.98	1.88
27	1.32	1.47	1.24	1.56	1.16	1.65	1.08	1.76	1.01	1.86
28	1.33	1.48	1.26	1.56	1.18	1.65	1.10	1.75	1.03	1.85
29	1.34	1.48	1.27	1.56	1.20	1.65	1.12	1.74	1.05	1.84
30	1.35	1.49	1.28	1.57	1.21	1.65	1.14	1.74	1.07	1.83
31	1.36	1.50	1.30	1.57	1.23	1.65	1.16	1.74	1.09	1.83
32	1.37	1.50	1.31	1.57	1.24	1.65	1.18	1.73	1.11	1.82
33	1.38	1.51	1.32	1.58	1.26	1.65	1.19	1.73	1.13	1.81
34	1.39	1.51	1.33	1.58	1.27	1.65	1.21	1.73	1.15	1.81
35	1.40	1.52	1.34	1.58	1.28	1.65	1.22	1.73	1.16	1.80
36	1.41	1.52	1.35	1.59	1.29	1.65	1.24	1.73	1.18	1.80
37	1.42	1.53	1.36	1.59	1.31	1.66	1.25	1.72	1.19	1.80
38	1.43	1.54	1.37	1.59	1.32	1.66	1.26	1.72	1.21	1.79
39	1.43	1.54	1.38	1.60	1.33	1.66	1.27	1.72	1.22	1.79
40	1.44	1.54	1.39	1.60	1.34	1.66	1.29	1.72	1.23	1.79
45	1.48	1.57	1.43	1.62	1.38	1.67	1.34	1.72	1.29	1.78
50	1.50	1.59	1.46	1.63	1.42	1.67	1.38	1.72	1.34	1.77
55	1.53	1.60	1.49	1.64	1.45	1.68	1.41	1.72	1.38	1.77
60	1.55	1.62	1.51	1.65	1.48	1.69	1.44	1.73	1.41	1.77
65	1.57	1.63	1.54	1.66	1.50	1.70	1.47	1.73	1.44	1.77

Lampiran 27. (lanjutan)

n	*k* =1		*k*=2		*k*=3		*k*=4		*k*=5	
	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L		d_L	d_U	d_L	d_U
70	1.58	1.64	1.55	1.67	1.52	1.70	1.49	1.74	1.46	1.77
75	1.60	1.65	1.57	1.68	1.54	1.71	1.51	1.74	1.49	1.77
80	1.61	1.66	1.59	1.69	1.56	1.72	1.53	1.74	1.51	1.77
85	1.62	1.67	1.60	1.70	1.57	1.72	1.55	1.75	1.52	1.77
90	1.63	1.68	1.61	1.70	1.59	1.73	1.57	1.75	1.54	1.78
95	1.64	1.69	1.62	1.71	1.60	1.73	1.58	1.75	1.56	1.78
100	1.65	1.69	1.63	1.72	1.61	1.74	1.59	1.76	1.57	1.78