

**PENDEKATAN KERNEL UNTUK ESTIMASI KURVA
REGRESI NONPARAMETRIK**

SKRIPSI

oleh :
ALECTRICA ADY PRAMONO
0310950004-95

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

**PENDEKATAN KERNEL UNTUK ESTIMASI KURVA
REGRESI NONPARAMETRIK**

SKRIPSI

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

oleh :
ALECTRICA ADY PRAMONO
0310950004-95

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENDEKATAN KERNEL UNTUK ESTIMASI KURVA
REGRESI NONPARAMETRIK**

Oleh :
ALECTRICA ADY PRAMONO
0310950004-95

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
Pada tanggal 6 Februari 2008
Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang statistika

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Henny Pramodyo, MS
NIP. 130 935 808

Ir. Soepraptini, MSc
NIP. 130 518 968

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Drs. Agus Suryanto, MSc
NIP. 132 126 049

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alectrica Ady Pramono
NIM : 0310950004-95
Jurusan : Matematika
Penulis skripsi berjudul :
PENDEKATAN KERNEL UNTUK ESTIMASI KURVA
REGRESI NONPARAMETRIK

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka skripsi ini, semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila di kemudian hari diketahui bahwa isi skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran

Malang, 6 Februari 2008
Yang menyatakan,

(Alectrica Ady Pramono)
NIM. 0310950004-95

PENDEKATAN KERNEL UNTUK ESTIMASI KURVA REGRESI NONPARAMETRIK

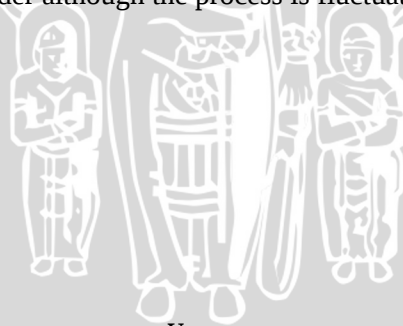
ABSTRAK

Analisis regresi merupakan salah satu metode statistika yang sering digunakan untuk mencari hubungan beberapa variabel. Analisis regresi mempunyai peranan penting dalam teori statistika dan aplikasinya, di mana permasalahan umum dari analisis regresi adalah menentukan bentuk estimasi dari kurva regresi. Untuk mengestimasi model pertumbuhan anak usia balita dapat digunakan regresi nonparametrik karena dapat menghasilkan model yang halus (*smooth*) dan lebih fleksibel artinya regresi nonparametrik dapat digunakan untuk estimasi model dari data asli. Ada beberapa macam metode regresi nonparametrik, salah satunya adalah dengan pendekatan Kernel. Kelebihan dari pendekatan Kernel adalah bentuknya lebih fleksibel dan lebih mudah perhitungan matematikanya. Estimasi dengan pendekatan Kernel tergantung pada dua parameter yaitu *Bandwith* dan fungsi Kernel. Ada 7 fungsi Kernel antara lain *Uniform*, *Triangle*, *Epanechnikov*, *Quartic*, *Triweight*, *Gaussian* dan *Cosinus*. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diambil dari Posyandu “Dewi Sartika” Malang yaitu berat badan balita laki-laki dan perempuan yang diukur setiap bulannya. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa estimasi model dengan *bandwidth* yang kecil diperoleh plot model pertumbuhan anak usia balita yang kasar dan dengan semakin besar nilai *bandwidth* maka diperoleh plot model pertumbuhan anak usia balita yang semakin halus (*smooth*). Untuk mendapatkan plot estimasi yang optimal digunakan *bandwidth* yang optimal pula dengan menggunakan metode GCV (*Generalized Cross Validation*). Model terbaik untuk balita Laki-laki adalah Kernel *Cosinus* dengan *bandwidth* sebesar 3 sedangkan untuk balita perempuan adalah Kernel *Uniform* dengan *bandwidth* sebesar 2. Dari estimasi model pertumbuhan yang optimal menunjukkan bahwa pertumbuhan berat badan anak usia balita baik laki-laki maupun perempuan adalah cenderung naik searah dengan bertambahnya umur walaupun terjadi fluktuatif.

KERNEL APPROACH IN ORDER TO ESTIMATE NONPARAMETRIC REGRESSION CURVE

ABSTRACT

Regression analysis is one of statistics methods that often used to find relation among variables. Regression analysis has an important role in the theory and application of statistics, whereas the general problem of regression analysis is to decide the form of estimate of regression curve. To estimate baby's growth model, nonparametric is able to use, since it results the smooth model and more flexible, in other words nonparametric regression can be used to estimate model from the original data. There are some nonparametric regression methods, one of them is using Kernel approach. The excess of Kernel Approach are has a flexible form and it has the easier mathematic. Estimation using Kernel approach depends on the two parameters those are bandwidth and Kernel function. There are 7 Kernel function, such as Uniform, Triangle, Epanechnikov, Quartic, Triweight, Gaussian and Cosinus. The data being used in this research is the secondary data taken from the "Posyandu Dewi Sartika" Malang, in which the weight of every baby boys and baby girls are measured every month. Analysis results show that the estimation model with small bandwidth is resulted by the growth model's plot of rough baby and the higher bandwidth value the smoother model's plot of growth is resulted. To get the optimal estimation plot is used to optimal bandwidth also by using the GCV method. The best model for baby boys is Kernel Cosinus with 3 bandwidth, meanwhile the best model for the baby girls is Kernel Uniform with 2 bandwidth. From the optimal growth model estimation shows that the growth of baby's weight tends to raise as the age is getting older although the process is fluctuative.



KATA PENGANTAR

Puji syukur *alhamdulillah* penulis persembahkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **'Pendekatan Kernel Untuk Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik'**.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan Skripsi ini sudah cukup banyak bantuan yang diberikan berbagai pihak, baik berupa bimbingan, saran dan bantuan. Oleh karena itu, penulis dalam kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Henny Pramodyo, MS. selaku dosen pembimbing I atas konsultasi, motivasi serta dukungan yang diberikan.
2. Ibu Ir. Soepraptini, MSc. selaku dosen pembimbing II atas konsultasi, motivasi serta dukungan yang diberikan.
3. Ibu Ir. Heni Kusdarwati, MS., Suci Astutik, SSi, MSi. dan Dra. Ani Budi Astuti, MSi. selaku dosen penguji.
4. Ayah, Ibu dan keluargaku tercinta. Terima kasih untuk doa dan kasih sayang yang tak pernah padam untuk penulis. Semoga kelak Allah akan membalas kasih sayang itu dengan surga.
5. Bapak Dr. Agus Suryanto, MSc selaku Ketua Jurusan Matematika.
6. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Matematika Universitas Brawijaya.
7. Teman-teman Statistika angkatan 2003 atas bantuan, motivasi dan dukungan yang diberikan.
8. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian penyusunan Skripsi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa apa yang tertulis dalam skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis berharap para pembaca dapat melakukan perbaikan di masa mendatang. Semoga apa yang tertulis di dalam skripsi ini menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi siapapun, walau mungkin sedikit.

Malang, Februari 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Regresi Nonparametrik.....	3
2.2. Fungsi Kernel.....	4
2.3. Estimator Nadaraya-Watson.....	5
2.4. Bandwidth.....	7
2.5. Pemilihan Bandwidth (h).....	8
2.6. Tinjauan Kesehatan.....	9
2.6.1 Pengertian Pertumbuhan.....	9
2.6.2 Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan.....	10
2.6.3 Antropometri Dan Interpretasinya.....	10
2.6.4 Pemantauan Pertumbuhan.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Sumber Data.....	13
3.2. Metode Analisis.....	13

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Estimasi Plot Model dengan Bandwidth 0.1, 1, 4, 8 dan 10.....	15
4.2. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Laki-laki dan Perempuan yang Optimal dengan Menggunakan Berbagai Macam Fungsi Kernel.....	15
4.3. Pemilihan Model Terbaik.....	16

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	21
5.2. Saran	21

DAFTAR PUSTAKA	23
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	25
-----------------------	-----------

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 3.1	Diagram alir metode estimasi model pertumbuhan anak usia balita.....	14
Gambar 4.1	Pendugaan Model Pertumbuhan Balita Laki-laki Dengan Fungsi Kernel <i>Cosinus</i> Dengan <i>Bandwidth</i> optimal 3.....	18
Gambar 4.2	Pendugaan Model Pertumbuhan Balita Perempuan Dengan Fungsi Kernel <i>Uniform</i> Dengan <i>Bandwidth</i> optimal 2.....	18

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Macam-macam Fungsi Kernel.....	5
Tabel 4.1 Bandwidth Optimal untuk Masing-masing Fungsi Kernel.....	16
Tabel 4.2 MSE Untuk Masing-masing Fungsi Kernel.....	17



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Berat Badan menurut Umur.....	25
Lampiran 2. Makro Program dari Software MATLAB.....	29
Lampiran 3. Plot Estimasi Model Pertumbuhan Anak Usia Balita dengan Berbagai Macam Fungsi Kernel.....	32
Lampiran 4. Running Program GCV untuk Balita Laki- laki.....	36
Lampiran 5. Running Program GCV untuk Balita Perempuan.....	43
Lampiran 6. Running Program Plot Estimasi Model Pertumbuhan Untuk Balita Laki-laki.....	50
Lampiran 7. Running Program Plot Estimasi Model Pertumbuhan Untuk Balita Perempuan.....	55



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Analisis regresi merupakan salah satu metode statistika yang sering digunakan untuk mencari hubungan beberapa variabel. Analisis regresi mempunyai peranan penting dalam teori statistika dan aplikasinya, di mana permasalahan umum dari analisis regresi adalah menentukan bentuk estimasi dari kurva regresi. Berkaitan dengan estimasi kurva regresi ini terdapat dua model pendekatan regresi yang dapat digunakan yaitu model pendekatan parametrik dan model pendekatan nonparametrik (Sprenst, 1991).

Jika asumsi kita terhadap sebuah model parametrik dibenarkan, kurva regresi dapat diestimasi dengan cara yang lebih efisien daripada dengan menggunakan sebuah metode nonparametrik. Namun demikian jika asumsi terhadap model parametrik ini salah, maka hasilnya akan memberikan kesimpulan yang salah (Halim, 2006).

Ada beberapa model pendekatan kurva nonparametrik, antara lain *K-Nearest Neighbour*, Kernel, Spline dan lain-lain. Salah satu model pendekatan kurva nonparametrik tersebut adalah Kernel. Regresi Kernel merupakan sebuah teknik estimasi yang populer dalam penelitian. Teknik ini muncul sebagai bagian untuk mendapatkan estimator yang fleksibel, di mana estimator Kernel mengasumsikan kurva regresi dapat dinyatakan sebagai kombinasi linier terbobot dari observasi $y_1, y_2, \dots, y_n$ dengan koefisien bobot fungsi Kernel (Hardle, 1989).

Jika ada pasangan data (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$ maka model umum yang digunakan untuk melihat regresi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$y = m(x) + \varepsilon \quad (1.1)$$

Di mana x merupakan variabel prediktor dan y merupakan variabel respon. Sedangkan $m(x)$ disebut dengan estimator Kernel karena diestimasi dengan pendekatan Kernel dan ε merupakan galat atau *error* (Anonymous, 2006).

Ada 7 macam fungsi Kernel yaitu *Uniform*, *Triangel*, *Epanechnikov*, *Quartic*, *Triweight*, *Gaussian* dan *Cosinus*.

Penghalusan dengan pendekatan fungsi Kernel merupakan metode yang paling mudah perhitungannya dibandingkan regresi nonparametrik lainnya (Hardle, 1990). Agar lebih memahami tentang regresi nonparametrik dengan pendekatan Kernel digunakan kasus estimasi model pertumbuhan anak usia balita.

Pertumbuhan dan perkembangan anak dari usia balita adalah sangat penting karena akan menentukan masa depan anak tersebut. Ketidakmampuan seorang anak untuk tumbuh layak pada umumnya mengindikasikan kekurangan gizi dan protein (Awal, 1999). Oleh karena itu diperlukan suatu estimasi model pertumbuhan anak usia balita yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pemantauan pertumbuhan anak usia balita.

1.2. Rumusan Masalah

1. Fungsi Kernel apa yang sesuai untuk mengestimasi model pertumbuhan anak usia balita dan bagaimana memperoleh nilai parameter penghalusan yang optimal.
2. Bagaimana mengestimasi pertumbuhan anak usia balita menggunakan regresi nonparametrik dengan pendekatan fungsi Kernel.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menentukan fungsi Kernel yang sesuai untuk estimasi model pertumbuhan anak usia balita dan parameter penghalusan yang optimal.
2. Mengetahui estimasi model pertumbuhan anak usia balita menggunakan regresi nonparametrik dengan pendekatan fungsi Kernel.

1.4. Manfaat Penelitian

Fungsi Kernel yang diperoleh dapat digunakan untuk mengestimasi model pertumbuhan anak usia balita sehingga diperoleh gambaran sebagai acuan dalam pemantuan pertumbuhan anak usia balita.

1.5. Batasan Masalah

Pada penelitian ini estimasi model pertumbuhan anak usia balita lebih dibatasi pada pengukuran berat badan menurut umur.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Regresi Nonparametrik

Tujuan pengepasan kurva regresi adalah untuk mengetahui hubungan antara variabel independen x dan variabel respon y . Jika ada n pengamatan independen $\{x_i, y_i\}_{i=1}^n$, secara umum hubungannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$y_i = m(x_i) + \varepsilon_i, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

Dimana ε adalah peubah acak yang menunjukkan variasi Y di sekitar $m(x_i)$ dan mean kurva regresi $E[Y | X = x]$. Sedangkan $m(x_i)$ adalah fungsi atau kurva regresi yang bentuknya tidak diketahui.

Ada dua pendekatan untuk mengestimasi $m(x_i)$, yaitu pendekatan parametrik dan pendekatan nonparametrik. Pendekatan parametrik digunakan jika ada informasi sebelumnya tentang bentuk $m(x_i)$ apakah linier atau nonlinier. Informasi tersebut diperoleh berdasarkan teori atau pengalaman masa lalu, sehingga dapat dikatakan bahwa estimasi $m(x_i)$ dengan cara ini equivalent dengan estimasi parameter dimana hasil estimasi mengikuti model tertentu. Sedangkan pendekatan nonparametrik digunakan jika tidak ada informasi tentang bentuk $m(x_i)$ (Moussa dan Cheena, 1992).

Regresi nonparametrik terdiri dari berbagai macam, di antaranya *k-Nearest Neighbour*, *Kernel* dan *Spline*. Dari beberapa metode tersebut yang paling mudah perhitungannya adalah regresi nonparametrik dengan pendekatan Kernel. Di samping itu fungsi Kernel merupakan fungsi kontinu yang menghasilkan taksiran yang halus (Hardle, 1989).

Fungsi regresi $m(x_i)$ pada model regresi nonparametrik diestimasi dengan pendekatan Kernel yang didasarkan pada fungsi kepadatan Kernel yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$m(x) = E[Y | X = x]$$

$$= \frac{\int_{-\infty}^{\infty} y f(x, y) dy}{f(x)} \quad (2.2)$$

Dimana $f(x, y)$ menunjukkan kepadatan bersama dari (X, Y) dan $f(x)$ merupakan kepadatan marginal X (Hardle, 1990).

2.2. Fungsi Kernel

Ide estimasi Kernel diperkenalkan oleh Rosenblatt pada tahun 1956. Rosenblatt memberi bobot pada setiap pengamatan. Kelebihan estimasi Kernel adalah bentuknya lebih fleksibel dan bentuk matematisnya mudah disesuaikan (Hardle, 1990).

Estimasi kepadatan Kernel bergantung pada dua parameter yaitu :

1. *Bandwidth* (h)
2. Fungsi Kernel (K)

Bandwidth (h) adalah derajat penghalusan Kernel yang berperan untuk mengontrol penyebaran atau lebar dari fungsi regresi $\hat{m}_h(x)$.



Macam-macam fungsi Kernel dapat dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Macam-macam fungsi Kernel

No.	Kernel	K(u)
1.	<i>Uniform</i>	$\frac{1}{2} I (u \leq 1)$
2.	<i>Triangle</i>	$(1 - u) I (u \leq 1)$
3.	<i>Epanechnikov</i>	$\frac{3}{4} (1 - u^2) I (u \leq 1)$
4.	<i>Quartic</i>	$\frac{15}{16} (1 - u^2)^2 I (u \leq 1)$
5.	<i>Triweight</i>	$\frac{35}{22} (1 - u^2)^3 I (u \leq 1)$
6.	<i>Gaussian</i>	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{1}{2} u^2 \right) I (u \leq \infty)$
7.	<i>Cosinus</i>	$\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} u \right) I (u \leq 1)$

Sumber : Hardle, 1990

Di mana $u = \frac{x - x_i}{h}$, $i = 1, 2, \dots, n$

dengan x adalah variabel prediktor, x_i adalah data pengamatan umur ke i , dan h adalah *bandwidth*.

2.3. Estimator Nadaraya-Watson

Estimator Kernel yang terkenal dan sering digunakan adalah estimator *Nadaraya-Watson*.

Persamaan regresi (2.1) dapat ditulis dalam bentuk :

$$y = E(Y|X) + \varepsilon \text{ dengan } E(Y|X) = m(x)$$

Untuk menghitung $E(Y|X)$ diperoleh dari penjabaran persamaan (2.2) sebagai berikut :

$$E(Y|X) = m(x) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} y f(x, y) dy}{f(x)} \quad (2.3)$$

Di mana $f(x, y)$ menunjukkan kepadatan bersama dari (X, Y) yang dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$f(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right) K\left(\frac{y - y_i}{h}\right)$$

dan $f(x)$ merupakan kepadatan marjinal X .

Pertama-tama dilakukan estimasi distribusi marjinal, yaitu penyebut dari rasio persamaan (2.3) yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

Kemudian pembilang dari rasio persamaan (2.3) yaitu $\int_{-\infty}^{\infty} y f(x, y) dy$

dapat dihitung dengan :

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

maka rasio dari pembilang dan penyebut pada persamaan (2.3) dinamakan estimator *Nadaraya-Watson*.

Menurut Hardle (1990) menyatakan bahwa mean bersyarat diestimasi dengan estimator Kernel *Nadaraya-Watson*, dilambangkan dengan $\hat{m}_h(x)$ dan diberikan oleh persamaan :

$$\hat{m}_h(x) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right) Y_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)} \quad (2.4)$$

Di mana h adalah *bandwidth* dan n adalah ukuran sampel.

$\hat{m}_h(x)$ tergantung pada nilai *bandwidth* (h). Jika nilai h sangat kecil maka estimator akan menuju ke data dan akan diperoleh model yang kasar. Sedangkan jika nilai h sangat besar mengakibatkan estimator yang halus dan menuju rata-rata dari variabel respon (Hardle, 1990).

2.4. Bandwidth (h)

Masalah terpenting yang berhubungan dengan penggunaan taksiran kepadatan Kernel adalah pemilihan *Bandwidth* yang optimal (Silverman, 1986).

Nilai optimal dari h tergantung pada kriteria yang digunakan untuk mengukur keseluruhan akurasi dari $\hat{m}_h(x)$. Kriteria yang biasa digunakan adalah *Mean Square Error* (MSE). $MSE(\hat{m}_h(x))$ merupakan alat ukur yang tepat untuk mengukur *goodness of fit* dari model dalam dependensinya terhadap parameter penghalus (*bandwidth*) (Anonymous, 2007). $MSE(\hat{m}_h(x))$ didefinisikan sebagai berikut :

$$MSE(\hat{m}_h(x)) = E\{\hat{m}_h(x) - m_h(x)\}^2 \quad (2.5)$$

Dengan penjabaran didapat :

$$\begin{aligned} MSE(\hat{m}_h(x)) &= E\{\hat{m}_h(x) - m_h(x)\}^2 \\ &= E[(\hat{m}_h(x) - E(\hat{m}_h(x))) + (E(\hat{m}_h(x)) - m_h(x))]^2 \\ &= E[\hat{m}_h(x) - E(\hat{m}_h(x))]^2 + [E(\hat{m}_h(x)) - m_h(x)]^2 + \\ &\quad 2E[(\hat{m}_h(x) - E(\hat{m}_h(x)))(E(\hat{m}_h(x)) - m_h(x))] \\ &= E[\hat{m}_h(x) - E(\hat{m}_h(x))]^2 + [E(\hat{m}_h(x)) - m_h(x)]^2 \\ &= Var(\hat{m}_h(x)) + [Bias(\hat{m}_h(x))]^2 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Di mana $Var(\hat{m}_h(x)) = E[\hat{m}_h(x) - E(\hat{m}_h(x))]^2$ dan

$$Bias(\hat{m}_h(x)) = E[\hat{m}_h(x) - m_h(x)]$$

Menurut Hardle (1990) menyatakan bahwa varians pada persamaan (2.6) mendekati proporsional pada $\frac{1}{nh}$, sehingga h dipilih yang besar. Sedangkan Bias pada persamaan (2.6) terjadi pada saat h kuadrat, sehingga h dipilih yang kecil. Dapat juga dilihat dari definisi sebagai berikut :

$$Var(\hat{m}_h(x)) \approx \frac{1}{nh} \text{ dan } Bias(\hat{m}_h(x)) \approx h^2$$

Hal ini berarti bahwa :

1. Nilai bandwidth h yang kecil memberikan bias yang kecil tetapi varians menjadi besar.
2. Nilai bandwidth h yang besar memberikan bias yang besar tetapi varians menjadi kecil.

Untuk mengkomposisikan kedua efek di atas digunakan $MSE(\hat{m}_h(x))$ seperti pada persamaan (2.5).

$MSE(\hat{m}_h(x)) \rightarrow 0$ jika $h \rightarrow 0$ dan $nh \rightarrow \infty$, sehingga fungsi kepadatan Kernel konstan (Hardle, 1990).

2.5. Pemilihan Bandwidth h

Ada beberapa cara dalam pemilihan bandwidth h , diantaranya adalah :

1. Mencoba beberapa nilai h . Misal $h_1, h_2, \dots$ dan kemudian diperoleh $\hat{m}_h(x)$ untuk masing-masing nilai h . Kemudian dipilih bentuk $\hat{m}_h(x)$ yang kelihatan sebagai bentuk yang paling bagus.
(Asumsikan bahwa diketahui dengan baik manakah kehalusan (*smooth*) dari $\hat{m}_h(x)$).
2. Menggunakan metode *Cross Validation*.
Bandwidth yang optimal diperoleh dengan meminimumkan MSE, MSE didefinisikan seperti pada persamaan (2.5) sebagai berikut :

$$MSE(\hat{m}_h(x)) = E\{\hat{m}_h(x) - m(x)\}^2$$

Definisi dari MSE mengandung fungsi yang tidak diketahui yaitu $m(x)$, sehingga untuk mengatasi hal ini digunakan metode *Cross Validation*. Dalam metode *Cross Validation* dilakukan *leave one out estimates* $\hat{m}(x)$, dan didefinisikan sebagai berikut :

$$CV(h) = n^{-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - \hat{m}_h(x)}{1 - H(h)} \right)^2 \quad (2.7)$$

$$\text{Dengan } H(h) = \frac{K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)}$$

Namun metode *Cross Validation* mempunyai kelemahan. Jika nilai y_i mempunyai pengaruh yang kuat terhadap taksiran $\hat{m}_h(x)$, maka pengeluaran (*leave one out*) nilai y_i akan besar pengaruhnya terhadap nilai $CV(h)$. Untuk mengatasi hal ini maka persamaan $CV(h)$ diberi bobot, persamaan (2.7) yang diberi bobot disebut sebagai GCV (*Generalized Cross Validation*).

Metode GCV didefinisikan sebagai berikut :

$$GCV(h) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{m}_h(x))^2}{\left(1 - \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x-x_i)}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x-x_i)}\right)^2} \quad (2.8)$$

Di mana K_h merupakan fungsi Kernel yang bergantung pada parameter bandwidth h .

Bandwidth optimal diperoleh dari bandwidth yang menghasilkan GCV yang terkecil dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$h_{opt} = \min GCV(h) \quad (2.9)$$

Di mana h_{opt} merupakan nilai *bandwidth* yang optimal.

2.6. Tinjauan Kesehatan

2.6.1. Pengertian Pertumbuhan

Pertumbuhan berarti bertambah besar dalam ukuran fisik, akibat berlipat gandanya sel dan bertambah banyaknya jumlah zat antarsel (Aritonang, 2000). Pola pertumbuhan itu terbatas karena bentuk dan ukuran tubuh dibatasi oleh pemenuhan kebutuhan energi

dan zat gizi esensial dibandingkan dengan kecukupannya, kehadiran zat beracun, dan rasio antara luas permukaan dengan volume tubuh. Dimensi fisik sebagai ukuran pertumbuhan sangat dipengaruhi zat gizi.

Pertumbuhan yang dimanifestasikan oleh bertambahnya berat badan, tinggi badan, dan lingkaran kepala terjadi secara cepat pada waktu lahir hingga umur 5 tahun (Aritonang, 2000). Pertumbuhan berat badan seiring dengan bertambahnya umur, maka penambahan berat badan mengikuti perkembangan berbagai jaringan dan organ tubuh manusia. Artinya, penambahan berat badan keseluruhan mengikuti berat masing-masing organ dan jaringan tersebut.

2.6.2. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan

Menurut Soetjiningsih (1995), pertumbuhan dipengaruhi oleh determinan biologis, faktor lingkungan terutama infeksi penyakit parasit, kelainan psikologis, dan masukan gizi.

2.6.3. Antropometri dan Interpretasinya

Variabel yang diukur untuk menilai pertumbuhan adalah berat badan (BB), panjang badan (PB) atau tinggi badan (TB), lingkaran lengan atas (LILA), lingkaran kepala (LK), lingkaran dada (LD), dan lapisan lemak bawah kulit (LLBK).

Antropometri yang sering digunakan adalah BB dan TB, sedangkan antropometri yang lain hanya digunakan untuk keperluan khusus. Secara umum, berat badan menurut umur merupakan indikator global keadaan gizi saat ini, sedangkan panjang badan menurut umur merefleksikan riwayat gizi masa lalu. Penggunaan keduanya merupakan upaya yang baik untuk menaksir keadaan gizi masa kini dan masa lalu. Namun pengukuran badan menurut umur memiliki beberapa keuntungan yaitu :

1. Sensitif terhadap perubahan keadaan gizi yang kecil.
2. Pengukuran objektif dan bila diulang memberikan hasil yang sama.
3. Peralatan dapat dibawa kemana-mana dan relatif murah.
4. Pengukuran mudah dilaksanakan dan diteliti.
5. Pengukuran tidak memakan waktu lama.

2.6.4. Pemantauan Pertumbuhan

Pemantauan pertumbuhan anak dengan mengikuti secara teratur pertumbuhan berat badannya. Pemantauan pertumbuhan merupakan kegiatan praktis berdaya guna dalam mengevaluasi kesehatan anak. Pemantauan pertumbuhan merupakan strategi operasional yang memberikan kesempatan pada ibu-ibu untuk mengetahui secara visual keadaan pertumbuhan anaknya, termasuk gangguan yang ada di dalamnya, sehingga dapat dilakukan tindakan untuk menjaga kesehatan dan pertumbuhannya. Pada mulanya pengukuran pertumbuhan khususnya berat badan hanya terbatas di lingkungan pakar gizi, kedokteran, dan kesehatan masyarakat. Akan tetapi, saat ini pengukuran berat badan dengan kartu pertumbuhan sudah dikenal umum, termasuk di Indonesia yang disebut dengan KMS (Kartu Menuju Sehat).

Dengan KMS dapat diketahui kondisi pertumbuhan anak Balita, apakah normal atau kurang gizi dan protein. Tanda-tanda kurang energi protein pada tingkat dini adalah sebagai berikut :

1. Berat badan rendah menurut umurnya.
2. Tinggi badan rendah menurut umurnya.
3. Lingkar lengan atas yang kecil menurut umurnya.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam skripsi ini adalah data sekunder yang diambil dari Posyandu "Dewi Sartika" Malang pada tanggal 3 Oktober 2007. Dari data dapat diketahui berat badan balita yang diukur setiap bulannya yaitu untuk anak usia 3 sampai 60 bulan. Untuk balita laki-laki berjumlah 489 amatan sedangkan untuk balita perempuan berjumlah 483 amatan. Keseluruhan data dapat dilihat pada Lampiran 1. Variabel yang digunakan adalah berat badan menurut umur. Dalam penelitian ini, berat badan sebagai variabel respon (y) dan umur sebagai variabel prediktor (x).

3.2. Metode Analisis

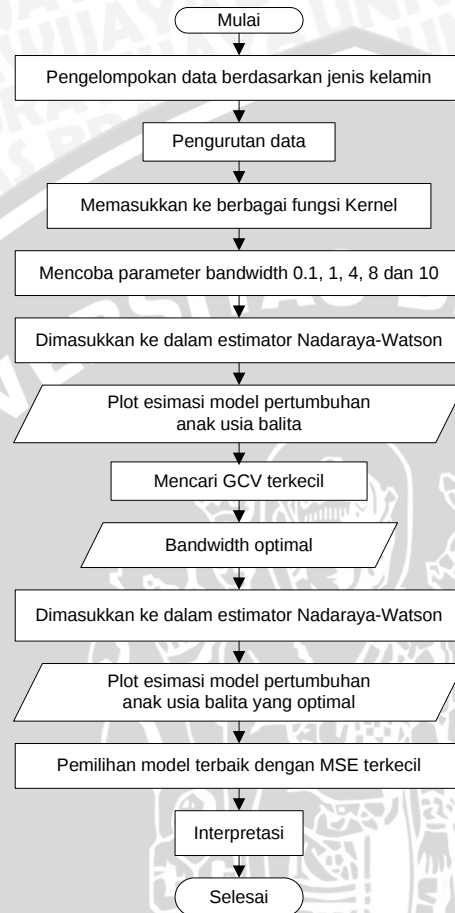
Metode analisis yang digunakan adalah regresi nonparametrik dengan pendekatan Kernel. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB.

Langkah-langkah analisis yang diterapkan pada data adalah sebagai berikut :

1. Plot data dengan cara mengurutkan dan mengelompokkan data berat badan balita menurut umur sesuai dengan jenis kelamin dari yang terendah sampai yang tertinggi.
2. Memasukkan ke berbagai fungsi Kernel (K) yang akan digunakan seperti pada Tabel 2.1.
3. Mencoba parameter *bandwidth* (h) sebesar 0.1, 1, 4, 8 dan 10 yang kemudian dimasukkan kedalam estimator *Nadaraya-watson* (persamaan (2.4)) untuk mengestimasi model pertumbuhan anak usia balita untuk masing-masing fungsi Kernel.
4. Membuat plot estimasi model pertumbuhan balita dengan *bandwidth* 0.1, 1, 4, 8 dan 10.
5. Mendapatkan nilai *bandwith* optimal dengan metode *Generalized Cross Validation* (persamaan (2.8)) untuk masing-masing fungsi Kernel.
6. Memasukkan *bandwidth* optimal ke dalam estimator *Nadaraya-watson* (persamaan (2.4)).

7. Membuat plot estimasi model pertumbuhan anak usia balita yang optimal dengan *bandwidth* optimal.
8. Pemilihan model terbaik berdasarkan MSE (persamaan (2.5)).
9. Interpretasi.

Analisis terhadap data dilakukan dengan bantuan *software* MATLAB versi 6. Diagram alir prosedur analisis disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir metode estimasi model pertumbuhan anak usia balita

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Estimasi Plot Model dengan *Bandwidth* 0.1, 1, 4, 8 dan 10

Pada penelitian ini, untuk mengestimasi model pertumbuhan balita laki-laki dan perempuan akan digunakan berbagai macam fungsi Kernel seperti yang telah disebutkan pada Tabel 2.1. Dapat dilihat pada Lampiran 3 bahwa dengan *bandwidth* yang kecil diperoleh plot model pertumbuhan anak usia balita yang kasar dan dengan semakin besar nilai *bandwidth* maka diperoleh plot model pertumbuhan anak usia balita yang semakin halus (*smooth*). Hal itu berlaku untuk semua fungsi Kernel baik untuk balita laki-laki maupun perempuan.

Nilai *bandwidth* (*h*) yang kecil menghasilkan estimasi model yang kasar sedangkan untuk nilai *bandwidth* yang besar menghasilkan estimasi model yang halus. Oleh karena itu untuk mendapatkan plot estimasi yang optimal digunakan *bandwidth* yang optimal pula.

4.2. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Laki-laki dan Perempuan yang Optimal dengan Menggunakan Berbagai Macam Fungsi Kernel

Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa estimasi model pertumbuhan anak usia balita, baik balita laki-laki maupun perempuan dapat menggunakan berbagai macam fungsi Kernel seperti pada Tabel 2.1. Untuk memperoleh estimasi model yang optimal digunakan nilai parameter *bandwidth* yang optimal pula. Dari hasil *running* program GCV dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB diperoleh plot antara *bandwidth* dan GCV untuk masing-masing fungsi Kernel yang dapat dilihat pada Lampiran 4 untuk balita laki-laki dan Lampiran 5 untuk balita perempuan. *Bandwidth* optimal diperoleh dari *bandwidth* yang menghasilkan nilai GCV terkecil. *Bandwidth* optimal untuk masing-masing fungsi Kernel dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. *Bandwidth* optimal untuk masing-masing fungsi Kernel

Balita Laki-laki		Balita Perempuan	
Fungsi Kernel	<i>Bandwidth</i> Optimal	Fungsi Kernel	<i>Bandwidth</i> Optimal
<i>Uniform</i>	2	<i>Uniform</i>	2
<i>Triangle</i>	4.6	<i>Triangle</i>	4.6
<i>Epanechnikov</i>	3	<i>Epanechnikov</i>	3.4
<i>Quartic</i>	3.8	<i>Quartic</i>	4.5
<i>Triweight</i>	5	<i>Triweight</i>	5
<i>Gaussian</i>	2	<i>Gaussian</i>	2
<i>Cosinus</i>	3	<i>Cosinus</i>	3.7

Dari Tabel 4.1. dapat diketahui bahwa masing-masing fungsi Kernel mempunyai *bandwidth* optimal masing-masing. Dengan demikian terbukti bahwa estimasi dengan pendekatan Kernel bergantung pada dua parameter yaitu *bandwidth* dan fungsi Kernel.

Selain itu, dari hasil analisis dapat diketahui bahwa estimasi model pertumbuhan anak usia balita baik laki-laki maupun perempuan untuk masing-masing fungsi Kernel dengan *bandwidth* optimalnya masing-masing adalah cenderung sama seperti yang dapat dilihat pada Lampiran 7 untuk balita laki-laki dan Lampiran 8 untuk balita perempuan.

Dari plot model terlihat bahwa pertumbuhan berat badan balita baik laki-laki maupun perempuan adalah cenderung naik searah dengan bertambahnya umur walaupun terjadi fluktuatif. Hal ini sesuai dengan teori pertumbuhan yang menyatakan bahwa pertumbuhan yang dimanifestasikan oleh bertambahnya berat badan, tinggi badan, dan lingkaran kepala terjadi secara cepat pada waktu lahir hingga umur 5 tahun.

4.3. Pemilihan Model Terbaik

Analisis pemilihan model yang terbaik, dilakukan dengan cara memperlihatkan hubungan antara bias $\hat{m}_h(x)$ dan varians $\hat{m}_h(x)$ yaitu *Mean Square Error* (MSE), karena dengan MSE maka permasalahan antara bias $\hat{m}_h(x)$ dan varians $\hat{m}_h(x)$ dapat diminimumkan juga.

Dari hasil running program plot estimasi dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB diperoleh MSE untuk masing-masing fungsi Kernel seperti yang dapat dilihat pada Lampiran 7 untuk balita laki-laki dan Lampiran 8 untuk balita perempuan. MSE untuk masing-masing fungsi Kernel dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. MSE untuk masing-masing fungsi Kernel

Balita Laki-laki		Balita Perempuan	
Fungsi Kernel	MSE	Fungsi Kernel	MSE
<i>Uniform</i>	3.4989	<i>Uniform</i>	3.3024
<i>Triangle</i>	3.4871	<i>Triangle</i>	3.3230
<i>Epanechnikov</i>	3.4487	<i>Epanechnikov</i>	3.3042
<i>Quartic</i>	3.4581	<i>Quartic</i>	3.3152
<i>Triweight</i>	3.4802	<i>Triweight</i>	3.3086
<i>Gaussian</i>	3.4962	<i>Gaussian</i>	3.3266
<i>Cosinus</i>	3.4408	<i>Cosinus</i>	3.3113

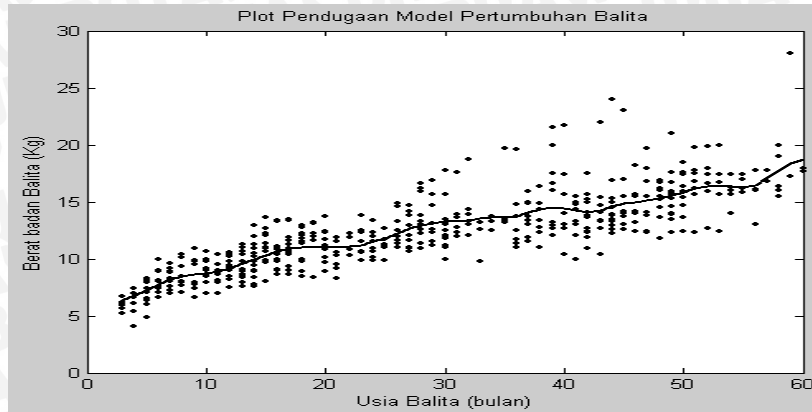
Dari Tabel 4.2. dapat dilihat bahwa fungsi Kernel yang memiliki nilai MSE terkecil untuk balita laki-laki adalah Kernel *Cosinus* dengan nilai *bandwidth* sebesar 3 sehingga diperoleh persamaan regresi sebagai berikut :

$$y = \frac{\frac{1}{489} \left\{ \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-3}{3} \right) 5.2 \right) \right] + \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-3}{3} \right) 5.7 \right) \right] + \dots + \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-60}{3} \right) 17.9 \right) \right] \right\}}{\frac{1}{489} \left\{ \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-3}{3} \right) \right) \right] + \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-3}{3} \right) \right) \right] + \dots + \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-60}{3} \right) \right) \right] \right\}}$$

sedangkan untuk balita perempuan adalah Kernel *Uniform* dengan nilai *bandwidth* sebesar 2 sehingga diperoleh persamaan regresi sebagai berikut :

$$y = \frac{\frac{1}{483} \left\{ \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-3}{2} \right) 4.7 \right] + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-3}{2} \right) 4.9 \right] + \dots + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-60}{2} \right) 16 \right] \right\}}{\frac{1}{483} \left\{ \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-3}{2} \right) \right] + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-3}{2} \right) \right] + \dots + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-60}{2} \right) \right] \right\}}$$

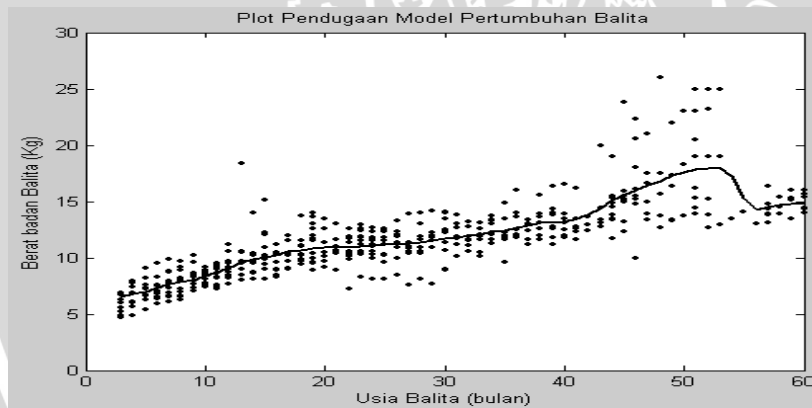
Untuk plot estimasi model pertumbuhan balita laki-laki dengan menggunakan fungsi *Cosinus* dan dengan *bandwidth* optimal sebesar 3 dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Estimasi model pertumbuhan balita laki-laki dengan fungsi Kernel *cosinus* dengan *bandwidth* optimal 3

Dari Gambar 4.1. dapat dilihat bahwa untuk balita laki-laki pertumbuhan berat badannya naik searah dengan bertambahnya umur. Namun pada sekitar umur 30 bulan sampai 40 bulan pertumbuhan berat badannya terlihat sedikit mengarah ke konstan dan sekitar pada umur 55 bulan sampai 60 bulan pertumbuhan berat badannya naik secara drastis.

Untuk plot estimasi model pertumbuhan balita perempuan dengan menggunakan fungsi *Uniform* dan dengan *bandwidth* optimal sebesar 2 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Estimasi model pertumbuhan balita perempuan dengan fungsi Kernel *uniform* dengan *bandwidth* optimal 2

Dari Gambar 4.2. dapat dilihat bahwa untuk balita perempuan pertumbuhan berat badannya naik terus mengalami peningkatan. Namun pada sekitar umur 40 bulan sampai 50 bulan terjadi peningkatan berat badan yang drastis tetapi mengalami stagnasi pada sekitar umur 55 bulan sampai 60 bulan.

The logo of Universitas Brawijaya is a large, light gray shield shape. Inside the shield, the text "UNIVERSITAS BRAWIJAYA" is written in a bold, white, sans-serif font, following the upper curve of the shield. Below the text is a white line-art illustration of a central figure, likely a deity or historical figure, seated and holding multiple objects. Two smaller figures stand on either side of the central figure. The entire logo is centered on the page.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Model terbaik untuk balita laki-laki adalah Kernel *Cosinus* dengan *bandwidth* 3 dengan persamaan regresi sebagai berikut :

$$y = \frac{\frac{1}{489} \left\{ \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-3}{3} \right) 5.2 \right) \right] + \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-3}{3} \right) 5.7 \right) \right] + \dots + \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-60}{3} \right) 17.9 \right) \right] \right\}}{\frac{1}{489} \left\{ \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-3}{3} \right) \right) \right] + \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{4} \left(\frac{x-3}{3} \right) \right) \right] + \dots + \left[\frac{\pi}{4} \cos \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{x-60}{3} \right) \right) \right] \right\}}$$

sedangkan untuk balita perempuan adalah Kernel *Uniform* dengan *bandwidth* 2 dengan persamaan regresi sebagai berikut :

$$y = \frac{\frac{1}{483} \left\{ \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-3}{2} \right) 4.7 \right] + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-3}{2} \right) 4.9 \right] + \dots + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-60}{2} \right) 16 \right] \right\}}{\frac{1}{483} \left\{ \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-3}{2} \right) \right] + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-3}{2} \right) \right] + \dots + \left[\frac{1}{2} \left(\frac{x-60}{2} \right) \right] \right\}}$$

2. Dari estimasi model pertumbuhan yang optimal menunjukkan bahwa pertumbuhan berat badan anak usia balita adalah cenderung naik searah dengan bertambahnya umur walaupun terjadi fluktuatif. Namun untuk balita laki-laki pertumbuhan berat badannya pada umur 30 bulan sampai 40 bulan terlihat sedikit mengarah ke konstan dan sekitar pada umur 50 bulan sampai 60 bulan pertumbuhan berat badannya naik secara drastis. Sedangkan untuk balita perempuan terus mengalami peningkatan berat badan dan sekitar pada umur 40 bulan sampai 50 bulan terjadi peningkatan berat badan yang drastis tetapi mengalami stagnasi sekitar pada umur 55 bulan sampai 60 bulan.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebaiknya para ibu yang memiliki balita laki-laki supaya lebih memperhatikan pertumbuhan berat badan anaknya pada umur 30

bulan sampai 40 bulan. Sedangkan bagi para ibu yang memiliki balita perempuan supaya lebih memperhatikan pertumbuhan berat badan anaknya pada umur 55 bulan sampai 60 bulan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2006. Non-Parametric Kernel Regression. <http://www.econ.uiuc.edu/roger/courses/476/lectures/L16.pdf>. tanggal akses : 30 Oktober 2007
- _____. 2007. Nonparametric Regression Analysis. http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-6198-13595/unrestricted/ch_3.pdf. tanggal akses : 30 Oktober 2007
- Aritonang, I. 2000. Pemantauan Pertumbuhan Balita (Petunjuk Praktis Menilai Status Gizi Dan Kesehatan). Kanisius. Yogyakarta.
- Awal, I. 1999. Kajian Metode Spline Kuadrat Terkecil Dan Metode Regresi Polinomial Pada Regresi Nonparametrik Dalam Penaksir Model Pertumbuhan. Program Pasca Sarjana UNAIR. Surabaya. (Tidak Dipublikasikan).
- Hardle, W. 1989. Applied Nonparametric Regression. Cambridge University Press. New York.
- _____. 1990. Smoothing Techniques With Implementation In S. Springer-Verlag. New York.
- Halim. 2006. Jurnal Teknik Industri Vol.8 No.1. <http://www.google.co/kernel.html>. tanggal akses : 14 April 2007
- Moussa, M.A.A dan M.Y. Cheena. 1992. Nonparametric Regression In Curve Fitting. The Statistician. Boston.
- Silverman, B. W. 1986. Density Estimation For Statistics And Data Analysis. Chapman and Hall. London.
- Soetjiningsih. 1995. Tumbuh Kembang Anak. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.

Sprenth, P. 1991. Metode Statistik Nonparametrik Terapan. UI-Press.
Jakarta.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 1. Data Berat Badan menurut Umur

Untuk Balita Laki-laki

Umur (bulan)	Berat Badan (kg)
3	5.2 ; 5.7 ; 5.9 ; 6 ; 6.1 ; 6.2 ; 6.7
4	4.1 ; 5.4 ; 6.1 ; 6.6 ; 7 ; 7.4 ; 7.4
5	4.9 ; 6 ; 6.4 ; 6.5 ; 7.1 ; 7.4 ; 7.9 ; 8.1 ; 8.3
6	6.6 ; 7.1 ; 7.4 ; 7.6 ; 8 ; 8 ; 8.1 ; 8.9 ; 9 ; 10
7	7 ; 7.2 ; 7.6 ; 8 ; 8 ; 8.2 ; 8.3 ; 8.8 ; 8.9 ; 9.2 ; 9.6
8	7.1 ; 7.7 ; 7.9 ; 7.9 ; 8 ; 8.5 ; 9.3 ; 10.1 ; 10.4
9	6.6 ; 7.4 ; 7.8 ; 7.9 ; 9.5 ; 9.5 ; 9.8 ; 9.9 ; 10.9
10	7 ; 7.9 ; 7.9 ; 7.9 ; 8.5 ; 8.6 ; 8.6 ; 9 ; 9.2 ; 9.8 ; 10 ; 10.7
11	7 ; 7 ; 7.9 ; 8.1 ; 8.6 ; 8.8 ; 9 ; 9.5 ; 10.4
12	7.5 ; 8.2 ; 8.5 ; 8.5 ; 9 ; 9 ; 9.2 ; 9.3 ; 9.4 ; 9.8 ; 10.2 ; 10.4 ; 10.6
13	7.6 ; 7.9 ; 8.4 ; 8.4 ; 8.5 ; 8.6 ; 8.9 ; 9.1 ; 9.8 ; 10.4 ; 10.7 ; 11 ; 11 ; 11.3
14	7.6 ; 7.8 ; 8.4 ; 8.4 ; 8.9 ; 8.9 ; 9 ; 9.4 ; 9.8 ; 10.2 ; 10.5 ; 10.9 ; 11.3 ; 12 ; 12.9
15	8 ; 9.7 ; 9.7 ; 9.9 ; 10.7 ; 10.7 ; 10.9 ; 10.9 ; 11 ; 11.4 ; 12.1 ; 12.2 ; 12.7 ; 13.6
16	8.6 ; 9 ; 9 ; 9.1 ; 9.8 ; 10 ; 10.4 ; 10.6 ; 10.6 ; 10.8 ; 10.9 ; 11 ; 11.1 ; 13.3 ; 13.4
17	8.6 ; 9 ; 9.3 ; 10.4 ; 10.6 ; 10.7 ; 10.8 ; 10.9 ; 11.3 ; 11.6 ; 11.9 ; 13.4 ; 13.5
18	8.5 ; 8.9 ; 9.8 ; 10 ; 10 ; 11.4 ; 11.5 ; 11.8 ; 11.8 ; 12.1 ; 12.2 ; 12.8 ; 12.9
19	8.4 ; 11.6 ; 12 ; 12.2 ; 13.1 ; 13.2
20	8.9 ; 9.7 ; 10.1 ; 10.8 ; 10.8 ; 11.2 ; 11.7 ; 12.3 ; 12.4 ; 13.7
21	8.3 ; 9.2 ; 9.5 ; 10.3 ; 10.6 ; 11.5 ; 11.9
22	10.3 ; 10.3 ; 10.8 ; 11.9 ; 12.2
23	9.9 ; 10.6 ; 10.7 ; 11.5 ; 11.5 ; 12.3 ; 12.5 ; 13.8
24	9.9 ; 10.1 ; 10.7 ; 10.9 ; 11.5 ; 12 ; 12.3 ; 13.4
25	9.9 ; 11 ; 11 ; 11.2 ; 11.3 ; 11.7 ; 12.7
26	11 ; 11.4 ; 11.6 ; 12 ; 12.5 ; 13.3 ; 14.6 ; 14.9
27	10.7 ; 10.9 ; 10.9 ; 11 ; 11.6 ; 12.1 ; 12.9 ; 13.8 ; 14.2 ; 14.7
28	10.9 ; 10.9 ; 11.4 ; 12.2 ; 12.6 ; 13 ; 13.3 ; 13.8 ; 15.9 ; 16.2 ; 16.6

Lampiran 1. (Lanjutan)

29	11.2 ; 11.5 ; 11.5 ; 12.3 ; 12.6 ; 13.1 ; 14.7 ; 15.7 ; 16.9
30	10 ; 11 ; 11.2 ; 11.8 ; 12 ; 12.1 ; 12.5 ; 13 ; 13 ; 13.2 ; 13.5 ; 13.5 ; 15.7 ; 17.8
31	12 ; 12.3 ; 12.8 ; 13.6 ; 13.9 ; 17.6
32	12.1 ; 13 ; 13.3 ; 13.9 ; 14.3 ; 18.7
33	9.8 ; 12.6 ; 13.2
34	12.5 ; 13.3 ; 13.7 ; 13.7
35	13.2 ; 13.3 ; 13.5 ; 19.7
36	11 ; 11.4 ; 11.7 ; 12.5 ; 13.7 ; 14.8 ; 19.6
37	11.5 ; 11.9 ; 13 ; 13.4 ; 13.7 ; 14.9 ; 15 ; 15.9
38	11 ; 12.3 ; 12.8 ; 13.4 ; 14.3 ; 14.9 ; 16.4
39	12.1 ; 12.7 ; 12.9 ; 13.2 ; 16 ; 16.6 ; 17.5 ; 20 ; 21.5
40	10.4 ; 12.7 ; 13 ; 14 ; 14 ; 15.7 ; 17.4 ; 21.7
41	10 ; 12.1 ; 13 ; 13.3 ; 14.3 ; 14.8 ; 14.8 ; 15 ; 15.5
42	10.9 ; 11.9 ; 12.3 ; 12.4 ; 12.7 ; 13.6 ; 13.7 ; 13.8 ; 13.8 ; 14.1 ; 15 ; 15.2 ; 15.7 ; 17.5
43	10.4 ; 12.7 ; 12.7 ; 13.3 ; 13.4 ; 14.1 ; 14.7 ; 15.4 ; 22
44	12.2 ; 12.6 ; 12.9 ; 13.3 ; 13.5 ; 13.8 ; 13.9 ; 14.5 ; 15 ; 15.3 ; 16.9 ; 24
45	12.6 ; 12.6 ; 13 ; 13.7 ; 14 ; 14.2 ; 15.5 ; 17 ; 23
46	12.4 ; 13.2 ; 14 ; 14.2 ; 15.5 ; 15.7 ; 18.2
47	12.3 ; 12.4 ; 13.8 ; 14.1 ; 15.5 ; 16.8 ; 17.9 ; 19.7
48	11.8 ; 13.6 ; 14.5 ; 15.2 ; 15.5 ; 16 ; 16.2 ; 16.7 ; 16.9
49	12.3 ; 13.5 ; 13.9 ; 14 ; 14.6 ; 15.3 ; 15.7 ; 15.8 ; 15.9 ; 16.7 ; 17.6 ; 21
50	12.4 ; 13.6 ; 14.7 ; 15.4 ; 15.8 ; 15.9 ; 16.4 ; 17.4 ; 17.6 ; 18.5
51	12.3 ; 15.7 ; 16.2 ; 16.8 ; 17.5 ; 17.8 ; 19.8
52	12.7 ; 15.9 ; 16.6 ; 17.4 ; 17.9 ; 19.9
53	12.4 ; 15.7 ; 16.7 ; 17.4 ; 20
54	14 ; 15.7 ; 16 ; 16.3 ; 17.4
55	15.8 ; 16.2 ; 17 ; 17.4 ; 17.4
56	13 ; 16 ; 16.1 ; 17.8
57	16.8 ; 17.8
58	15.5 ; 16 ; 16 ; 16.4 ; 19 ; 20
59	17.2 ; 28
60	17.7 ; 17.9

Lampiran 1. (Lanjutan)

Untuk Balita Perempuan

Umur (bulan)	Berat Badan (kg)
3	4.7 ; 4.9 ; 5.2 ; 5.6 ; 5.6 ; 6 ; 6.3 ; 6.7 ; 6.9
4	4.9 ; 5.7 ; 5.7 ; 6 ; 6.1 ; 6.9 ; 6.9 ; 6.9 ; 7.4 ; 7.8 ; 7.9 ; 7.9
5	5.4 ; 6.3 ; 6.6 ; 6.7 ; 7.2 ; 7.3 ; 7.6 ; 8.2 ; 9.1
6	5.9 ; 6.4 ; 6.5 ; 6.8 ; 6.9 ; 7.1 ; 7.5 ; 7.5 ; 7.5 ; 7.6 ; 7.6 ; 8.3 ; 9.5
7	6.1 ; 6.5 ; 6.6 ; 6.9 ; 7.3 ; 7.3 ; 7.7 ; 7.7 ; 7.8 ; 7.9 ; 8.7 ; 8.8 ; 8.9
8	6.3 ; 6.5 ; 6.6 ; 7 ; 7.2 ; 7.9 ; 7.9 ; 8 ; 8 ; 8.1 ; 8.2 ; 8.2 ; 8.9 ; 9.2 ; 9.7
9	7.1 ; 7.1 ; 7.3 ; 7.3 ; 7.3 ; 7.7 ; 7.9 ; 8.3 ; 8.5 ; 8.5 ; 8.5 ; 8.6 ; 8.6 ; 9.6 ; 9.6 ; 10.2
10	7.4 ; 7.4 ; 7.6 ; 7.7 ; 7.8 ; 7.8 ; 8.1 ; 8.5 ; 8.6 ; 8.7 ; 8.8 ; 8.9 ; 9.2
11	7.2 ; 7.4 ; 7.6 ; 8.2 ; 8.2 ; 8.2 ; 8.3 ; 8.3 ; 8.6 ; 9 ; 9.2 ; 9.3 ; 9.5
12	7.7 ; 8.2 ; 8.2 ; 8.4 ; 8.5 ; 8.7 ; 9 ; 9.2 ; 9.5 ; 9.6 ; 9.7 ; 10.6 ; 11.2
13	8 ; 8.5 ; 9 ; 9 ; 9.5 ; 9.5 ; 9.6 ; 9.7 ; 10.5 ; 10.6 ; 18.4
14	8.1 ; 8.6 ; 8.7 ; 9.5 ; 9.7 ; 9.7 ; 10.2 ; 10.2 ; 10.3 ; 10.4 ; 14
15	8.1 ; 8.1 ; 9 ; 9.4 ; 9.9 ; 10.1 ; 10.1 ; 10.2 ; 10.9 ; 12.1 ; 12.2 ; 15.1
16	8.3 ; 8.5 ; 8.9 ; 9 ; 9.6 ; 10.3 ; 10.5 ; 11.2
17	9 ; 9.1 ; 9.1 ; 9.7 ; 10.2 ; 10.4 ; 11.5 ; 12
18	9.4 ; 9.7 ; 9.9 ; 10.2 ; 10.3 ; 11 ; 11.1 ; 11.5 ; 13.7
19	8.9 ; 9.5 ; 9.6 ; 10 ; 10.4 ; 11.5 ; 11.7 ; 12 ; 12 ; 12.6 ; 13 ; 13.6 ; 14
20	9.2 ; 9.7 ; 10.1 ; 10.12 ; 10.5 ; 10.5 11.4 ; 12.6 ; 13.5
21	8.9 ; 10.4 ; 10.5 ; 10.7 ; 10.7 ; 11 ; 11.6 ; 13
22	7.2 ; 9.9 ; 10.1 ; 10.2 ; 10.4 ; 10.4 ; 10.6 ; 10.6 ; 11.4 ; 11.7 ; 11.9 ; 12.6
23	8.3;10.3 ; 10.5; 10.6; 11.2;11.5 ; 11.8;11.9;12.4 ; 12.6;12.9
24	8.1 ; 10 ; 10.3 ; 10.6 ; 11 ; 11.2 ; 11.5; 11.6 ; 11.8;12.3; 12.7
25	8.1 ; 9.6 ; 10.2 ; 10.3 ; 11.2 ; 11.5 ; 11.8 ; 11.8 ; 12.3 ; 12.4 ; 12.5 ; 12.6 ; 12.6
26	8.5 ; 10 ; 10.9 ; 10.9 ; 11.4 ; 11.9 ; 12.1 ; 12.1 ; 12.3 ; 13.3

Lampiran 1. (Lanjutan)

27	7.6 ; 10.4 ; 10.6 ; 10.8 ; 11 ; 11.3 ; 11.4 ; 11.4 ; 13.9
28	8.1 ; 10.4 ; 10.6 ; 10.9 ; 11.6 ; 11.9 ; 11.9 ; 13 ; 14
29	7.7 ; 10.9 ; 11.5 ; 11.8 ; 12 ; 12.2 ; 14.2
30	8.9 ; 9 ; 10.7 ; 11.4 ; 12.2 ; 12.3 ; 12.5 ; 13.5 ; 14 ; 14.1
31	10.1 ; 11.2 ; 11.7 ; 11.7 ; 11.9 ; 11.9 ; 12.7 ; 13 ; 13.8
32	10.6 ; 11.1 ; 11.5 ; 11.6 ; 11.9 ; 12.8 ; 13.2
33	10.1 ; 10.5 ; 11.6 ; 11.9 ; 12.1 ; 12.6 ; 13.1
34	11.3 ; 11.6 ; 12.1 ; 12.2 ; 13 ; 13.3 ; 13.4 ; 13.7
35	9.6 ; 11.6 ; 11.8 ; 12 ; 12.2 ; 13.5 ; 14.9
36	11.8 ; 11.9 ; 12.1 ; 12.5 ; 13.6 ; 14 ; 16
37	11.2 ; 11.6 ; 12.4 ; 12.9 ; 13 ; 13.4
38	11.6 ; 12 ; 12.6 ; 13.1 ; 13.6 ; 13.9 ; 15.6
39	11.2 ; 11.8 ; 12.6 ; 12.8 ; 13.8 ; 14 ; 14.3 ; 16.4
40	11.8 ; 12 ; 12.5 ; 13.1 ; 13.5 ; 13.9 ; 16.5
41	11.6 ; 12.3 ; 12.6 ; 12.8 ; 13.5 ; 16.2
42	12.4 ; 12.9 ; 13.6
43	12.8 ; 13.1 ; 13.1 ; 13.4 ; 14.4 ; 20
44	11.7 ; 13.4 ; 13.5 ; 13.8 ; 14.5 ; 14.9 ; 15.3 ; 15.5 ; 19
45	12.3 ; 13.2 ; 13.2 ; 15 ; 15.1 ; 15.2 ; 15.5 ; 15.9 ; 23.8
46	10 ; 14.8 ; 15.2 ; 15.5 ; 16.1 ; 18 ; 20.6 ; 22.3
47	13.4 ; 13.9 ; 15 ; 16.6 ; 17.5 ; 21 ; 21
48	12.7 ; 13.7 ; 15 ; 15.7 ; 17.5 ; 26
49	13.3 ; 13.4 ; 16.4 ; 17.3 ; 22
50	13.7 ; 13.7 ; 18.3 ; 23
51	13.9 ; 14.4 ; 15.3 ; 16.2 ; 19 ; 20.5 ; 23 ; 25
52	12.7 ; 13.8 ; 15.2 ; 19 ; 23.2 ; 25
53	12.9 ; 19 ; 25
54	13.5
55	14.1
56	13
57	13.1 ; 13.8 ; 13.9 ; 14.3 ; 14.8 ; 16.4
58	13.9 ; 14.5 ; 14.5 ; 15.4
59	13.5 ; 15.1 ; 15.2 ; 15.3 ; 16
60	14 ; 14.3 ; 14.4 ; 15.4 ; 15.7 ; 16

Lampiran 2. Makro Program dari *Software* MATLABProgram GCV Untuk Mencari *Bandwidth* Optimal

```

function [input,output] = gcv2 (x,y,h) ;
m = length (x) ;
m1 = diag (x) ;
m2 = diag (y) ;
ybar = sum (y) / m ;
m3 = (ones(size(m1)) * m1) ;
m4 = (ones(size(m3)) * m2) ;
n = length (h) ;
m5 = m3' - m3 ;
for I=1:n,
    m6 = m5/h(I,1) ;
    m7 = (ones(size(m1))) ;
    for j=1:m
        for k=1:m
            if (abs(m6(j,k))<=1)
                m8(j,k) = (0.5) ;      %{masukkan fungsi Kernel di
                                        sini selain Kernel
                                        Gaussian (misal untuk
                                        Kernel Uniform (0.5))}
            else
                m8(j,k) = 0;
            end
        end
    end
    end
    %m8 = exp (m6.^2/-2) / sqrt (2*pi) ;  %{untuk Kernel Gaussian
                                        (aktifkan baris ini)}

    m9 = (ones(size(x))) ;
    m10 = m8*m9 ;
    m11 = m8.*m4 ;
    m12 = m11*m9 ;
    m13 = m12./m10 ;
    m14 = y-m13 ;
    m15 = diag (m10) ;
    m16 = m7*m15 ;
    m17 = m8./m16 ;

```

Lampiran 2. (Lanjutan)

```

m18 = diag (m9) - m17 ;
atas = (m14'*m14)/m ;
bawah = (sum(diag(m18))/m)^2 ;
g(l) = atas/bawah ;
end ;
gt = g' ;
disp ('Nilai GCV = ') ; disp (gt) ;
k = min(gt) ;
plot (h,gt) ;
xlabel('Bandwidth (h)');
ylabel('GCV');
for i=1:n
    if gt(i) == k
        h1 = h(i)
    end ;
end ;

```

Program Plot Pendugaan Model Pertumbuhan Balita

```

function [mh,err] = modelcosin (x,y,h)
m = length (x) ;
m1 = diag (x) ;
m2 = diag (y) ;
ybar = sum (y) / m ;
m3 = (ones(size(m1)) * m1) ;
m4 = (ones(size(m3)) * m2) ;
m5 = (m3' - m3) / h ;
for j=1:m
    for k=1:m
        if(abs(m5(j,k))<=1)
            m6(j,k) = (0.5) ; %{masukkan fungsi Kernel di
                                sini selain Kernel Gaussian
                                (misal untuk Kernel
                                Uniform (0.5))}
        else
            m6(j,k) = 0 ;
        end
    end
end

```

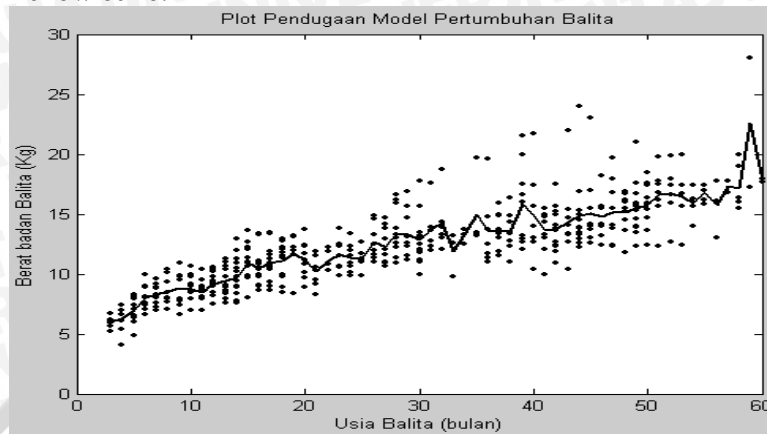
Lampiran 2. (Lanjutan)

```
end
end
% $m_6 = \exp(m_5.^2/2) / \sqrt{2\pi}$ ; %{untuk Kernel Gaussian
                                         (aktifkan baris ini)}

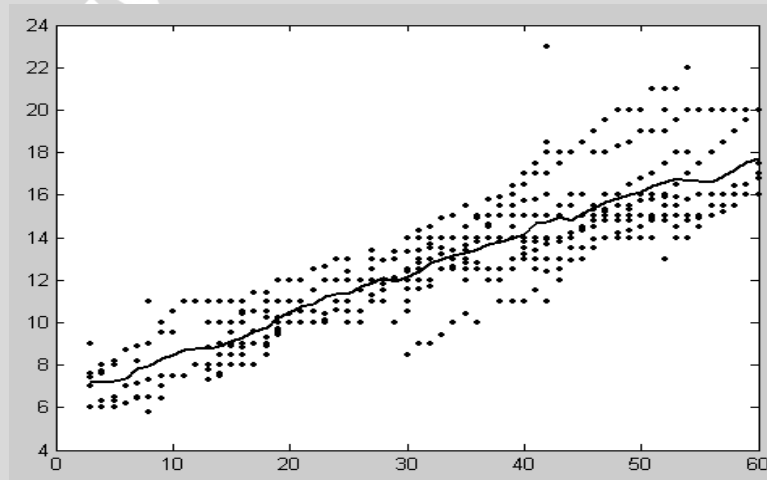
m7 = (ones(size(x))) ;
m8 = m6*m7 ;
m9 = m6.*m4 ;
m10 = m9*m7 ;
mh = m10./m8 ;
err = (y-mh);
res = (y-mh)' * (y-mh) ;
jum = sum (res) ;
mse = jum/m ;
reg = (mh-ybar)' * (mh-ybar) ;
tot = (y-ybar)' * (y-ybar) ;
ssreg = sum (reg) ;
sstot = sum (tot) ;
RSquare = ssreg/sstot ;
disp ('RSquare = ') ; disp (RSquare) ;
disp ('MSE = ') ; disp (mse) ;
disp (ybar) ;
plot (x, mh, 'k', x, y, 'k.') ;
xlabel('Usia Balita (bulan)');
ylabel('Berat badan Balita (Kg)');
title('Plot Pendugaan Model Pertumbuhan Balita')
```

Lampiran 3. Plot Estimasi Model Pertumbuhan Anak Usia Balita dengan Berbagai Macam Fungsi Kernel

1. Uniform untuk balita laki-laki
Bandwidth 0.1

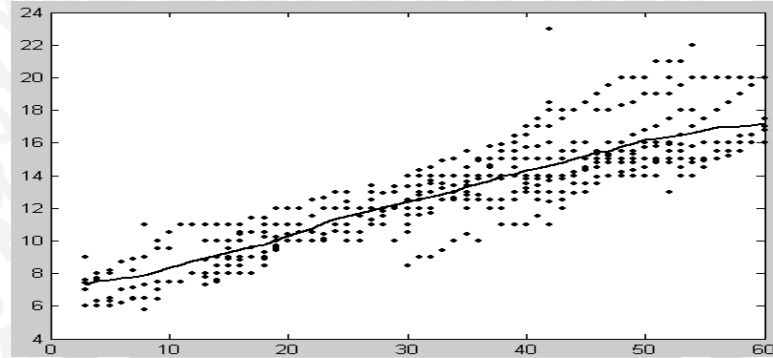


Bandwidth 1

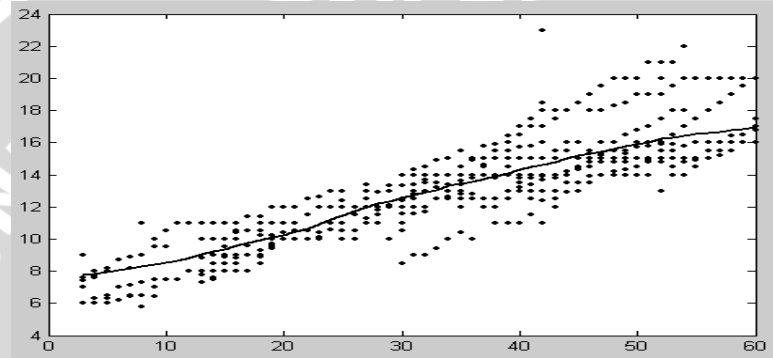


Lampiran 3. (Lanjutan)

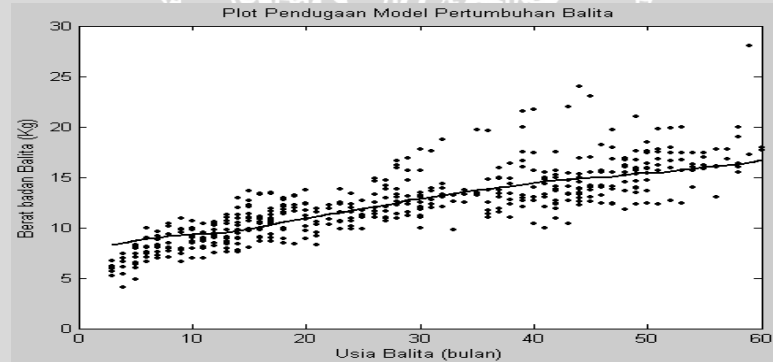
Bandwidth 4



Bandwidth 8



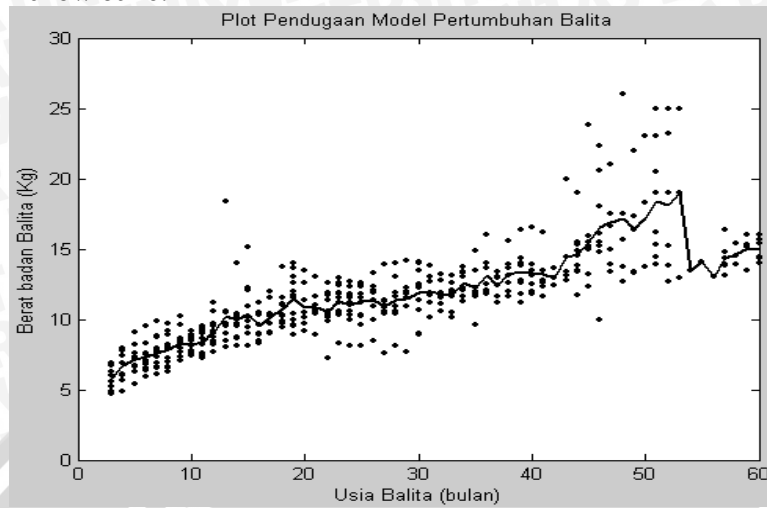
Bandwidth 10



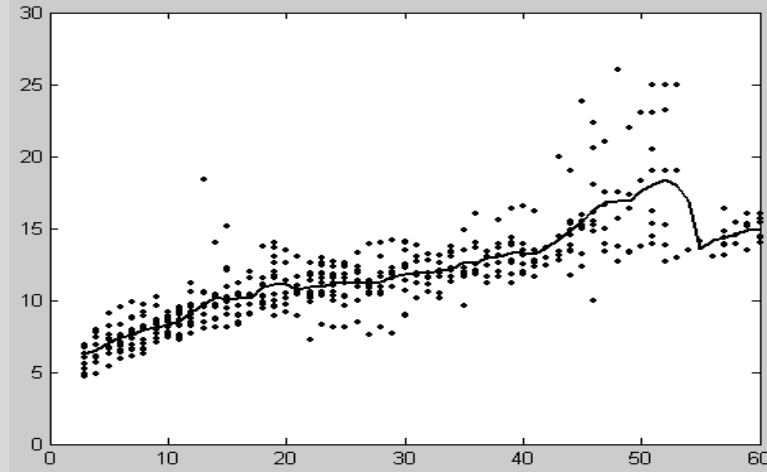
Lampiran 3. (Lanjutan)

2. Uniform untuk balita perempuan

Bandwidth 0.1

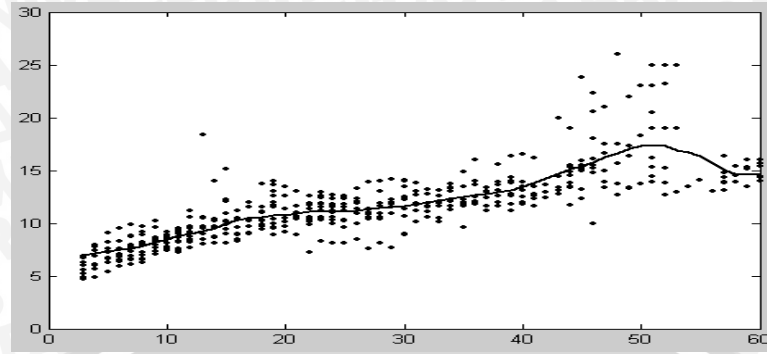


Bandwidth 1

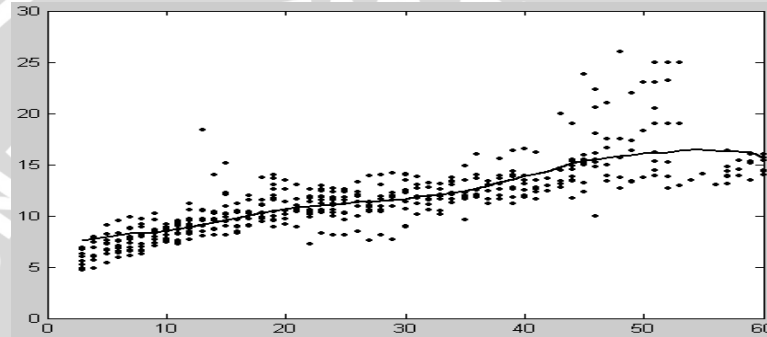


Lampiran 3. (Lanjutan)

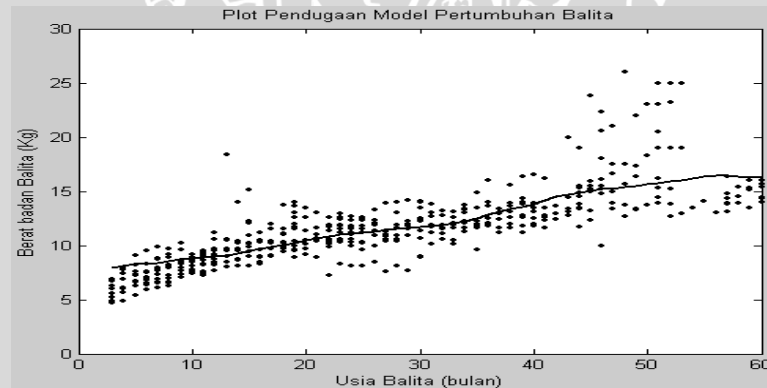
Bandwidth 4



Bandwidth 8



Bandwidth 10



Lampiran 4. *Running* Program GCV untuk Balita Laki-laki

Uniform

```
>> data = load ('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');  
>> x = data (:,1) ;  
>> y = data (:,2) ;  
>> h=[1:10];  
>> gcv2 (x,y,h')
```

Nilai GCV =

3.7144

3.6727

3.7044

3.7073

3.7448

3.7757

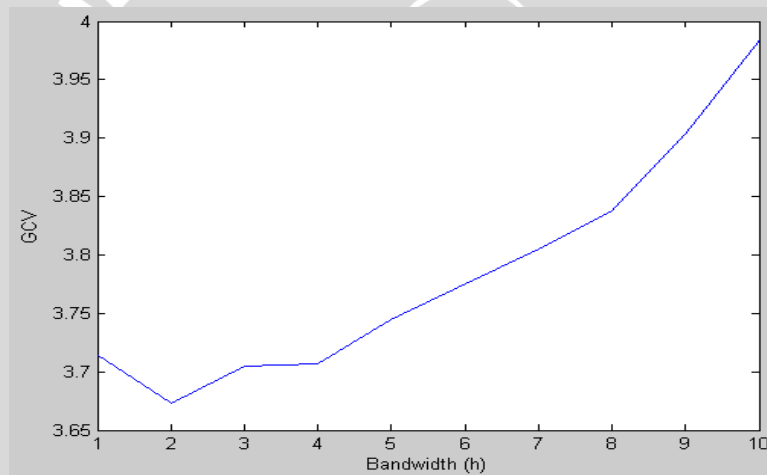
3.8051

3.8373

3.9037

3.9846

h1 = 2



Gambar 1. Plot antara Bandwith dengan GCV Kernel *Uniform*

Lampiran 4. (Lanjutan)

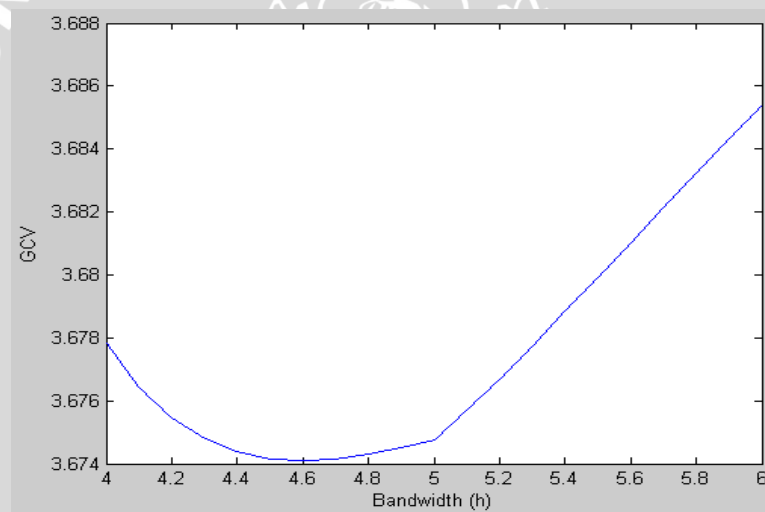
Triangle

```
>> data = load ('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');
>> x = data (:,1);
>> y = data (:,2);
>> h=[4:0.1:6];
>> gcv2 (x,y,h')
```

Nilai GCV =

3.6778	3.6757
3.6764	3.6767
3.6754	3.6777
3.6748	3.6788
3.6744	3.6799
3.6742	3.6810
3.6741	3.6821
3.6741	3.6832
3.6743	3.6843
3.6745	3.6854
3.6748	

h1 = 4.6000



Gambar 2. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *Triangle*

Lampiran 4. (Lanjutan)

Epanechnikov

```
>> data = load ('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');  
>> x = data (:,1);  
>> y = data (:,2);  
>> h=[1:10];  
>> gcv2 (x,y,h')
```

Nilai GCV =

4.0888

3.7264

3.6708

3.6788

3.6823

3.7007

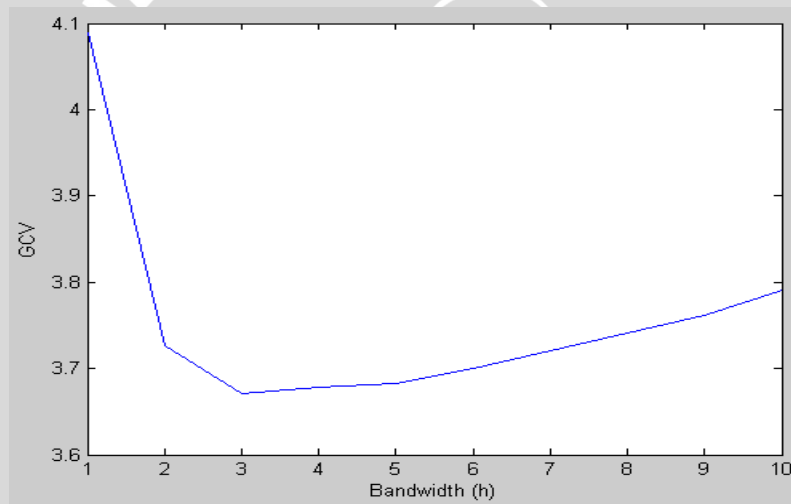
3.7211

3.7411

3.7613

3.7908

h1 = 3



Gambar 3. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *Epanechnikov*

Lampiran 4. (Lanjutan)

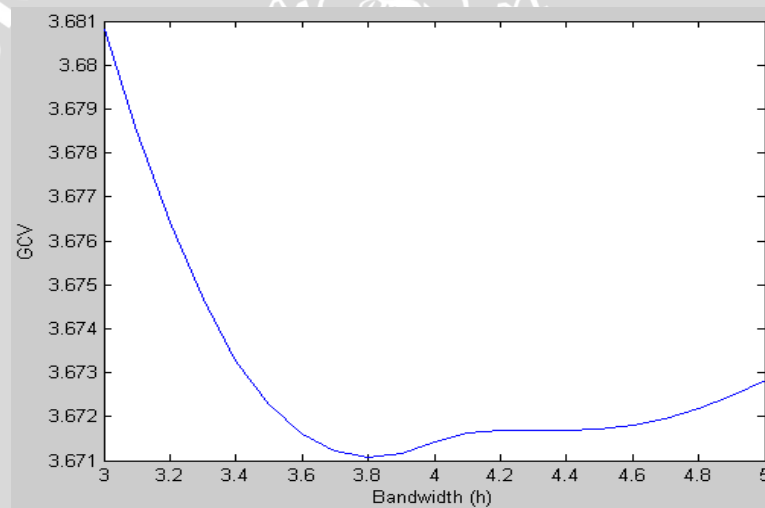
Quartic

```
>> data = load('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');
>> x = data(:,1);
>> y = data(:,2);
>> h=[3:0.1:5];
>> gcv2(x,y,h)
```

Nilai GCV =

3.6808	3.6716
3.6785	3.6717
3.6764	3.6717
3.6747	3.6717
3.6733	3.6717
3.6723	3.6718
3.6716	3.6720
3.6712	3.6722
3.6711	3.6725
3.6712	3.6728
3.6714	

h1 = 3.8000



Gambar 4. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel Quartic

Lampiran 4. (Lanjutan)

Triweight

```
>> data = load ('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');  
>> x = data (:,1) ;  
>> y = data (:,2) ;  
>> h=[1:10];  
>> gcv2 (x,y,h)
```

Nilai GCV =

4.0888

3.7692

3.6966

3.6733

3.6701

3.6732

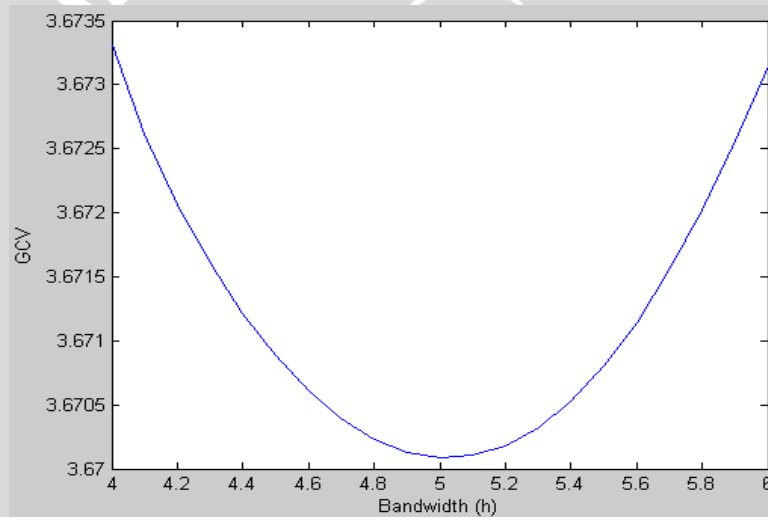
3.6817

3.6932

3.7060

3.7196

h1 = 5



Gambar 5. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *Triweight*

Lampiran 4. (Lanjutan)

Gaussian

```
>> data = load('c:\data balita laki-laki.txt','_ascii');  
>> x = data(:,1);  
>> y = data(:,2);  
>> h=[1:10];  
>> gcv2(x,y,h)
```

Nilai GCV =

3.7065

3.6699

3.6977

3.7454

3.8122

3.8932

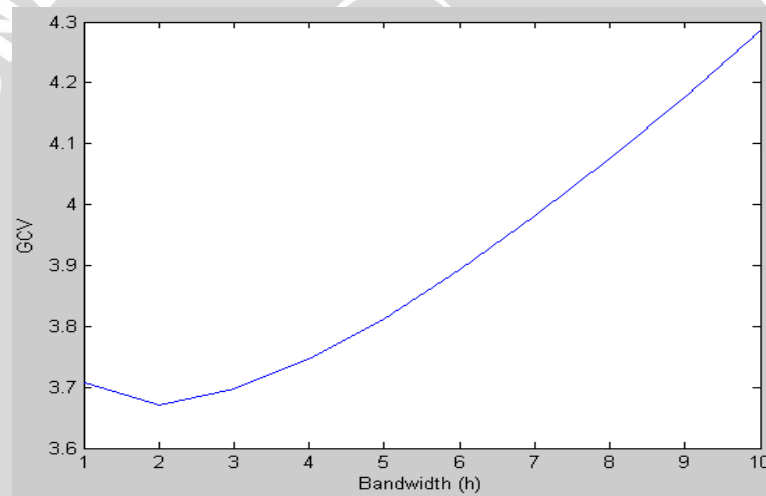
3.9821

4.0765

4.1770

4.2865

h1 = 2

Gambar 6. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *Gaussian*

Lampiran 4. (Lanjutan)

Cosinus

```
>> data = load ('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');  
>> x = data (:,1);  
>> y = data (:,2);  
>> h=[1:10];  
>> gcv2 (x,y,h)
```

Nilai GCV =

4.0888

3.7296

3.6721

3.6767

3.6796

3.6962

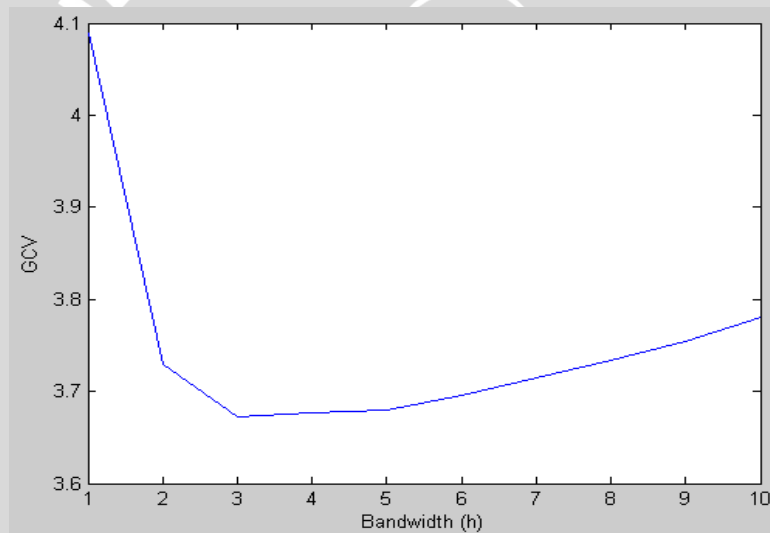
3.7153

3.7343

3.7535

3.7807

h1 = 3



Gambar 7. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *Cosinus*

Lampiran 5. *Running* Program GCV untuk Balita Perempuan

Uniform

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii') ;  
>> x = data (:,1) ;  
>> y = data (:,2) ;  
>> h=[1:10];  
>> gcv2 (x,y,h)
```

Nilai GCV =

3.5338

3.4704

3.5015

3.5296

3.5728

3.6567

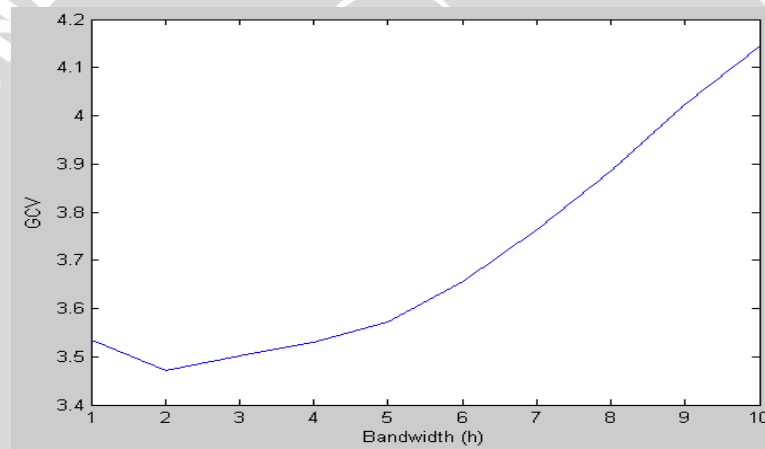
3.7647

3.8865

4.0230

4.1449

h1 = 2



Gambar 8. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *Uniform*

Lampiran 5. (Lanjutan)

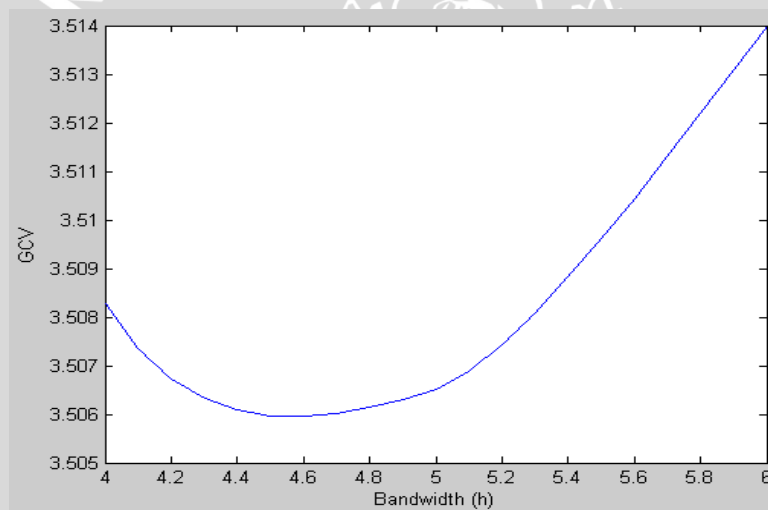
Triangle

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii');
>> x = data (:,1);
>> y = data (:,2);
>> h=[4:0.1:6];
>> gcv2 (x,y,h)
```

Nilai GCV =

3.5083	3.5069
3.5074	3.5074
3.5067	3.5081
3.5063	3.5088
3.5061	3.5096
3.5060	3.5104
3.5060	3.5113
3.5060	3.5122
3.5061	3.5131
3.5063	3.5140
3.5065	

h1 = 4.6000



Gambar 9. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *Triangle*

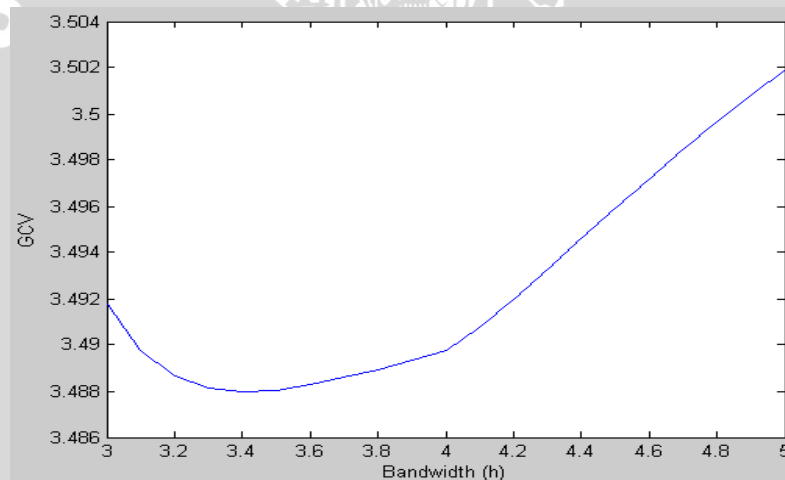
Lampiran 5. (Lanjutan)

Epanechnikov

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii') ;
>> x = data (:,1) ;
>> y = data (:,2) ;
>> h=[3:0.1:5];
>> gcv2 (x,y,h')
Nilai GCV =
```

3.4918	3.4908
3.4897	3.4920
3.4886	3.4933
3.4881	3.4946
3.4880	3.4959
3.4881	3.4972
3.4883	3.4984
3.4886	3.4997
3.4889	3.5008
3.4893	3.5019
3.4897	

h1 = 3.4000



Gambar 10. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *epanechnikov*

Lampiran 5. (Lanjutan)

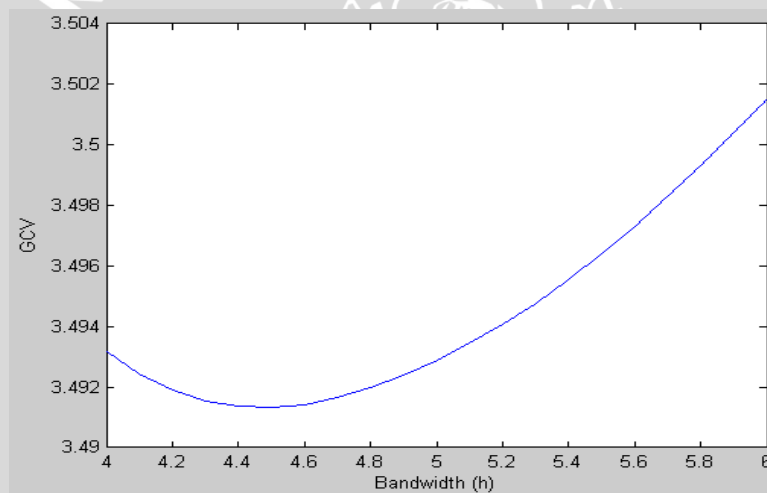
Quartic

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii');  
>> x = data (:,1);  
>> y = data (:,2);  
>> h=[4:0.1:6];  
>> gcv2 (x,y,h')
```

Nilai GCV =

3.4932	3.4934
3.4925	3.4941
3.4919	3.4948
3.4915	3.4955
3.4914	3.4964
3.4913	3.4973
3.4914	3.4983
3.4916	3.4993
3.4920	3.5004
3.4924	3.5015
3.4929	

h1 = 4.5000



Gambar 11. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel Quartic

Lampiran 5. (Lanjutan)

Triweight

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii') ;  
>> x = data (:,1) ;  
>> y = data (:,2) ;  
>> h=[1:10];  
>> gcv2 (x,y,h')
```

Nilai GCV =

4.0739

3.6657

3.5475

3.5043

3.4931

3.4947

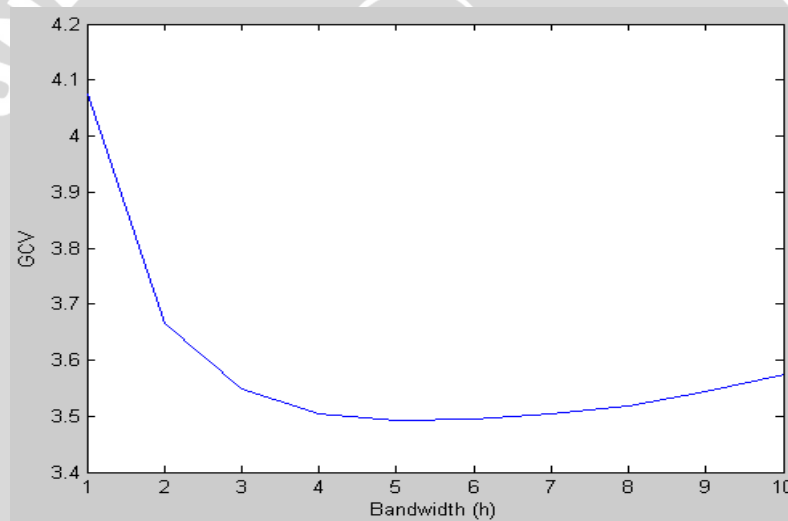
3.5033

3.5193

3.5429

3.5734

h1 = 5

Gambar 12. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *Triweight*

Lampiran 5. (Lanjutan)

Gaussian

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii');  
>> x = data (:,1);  
>> y = data (:,2);  
>> h=[1:10];  
>> gcv2 (x,y,h)
```

Nilai GCV =

3.5695

3.4963

3.5368

3.6295

3.7531

3.8905

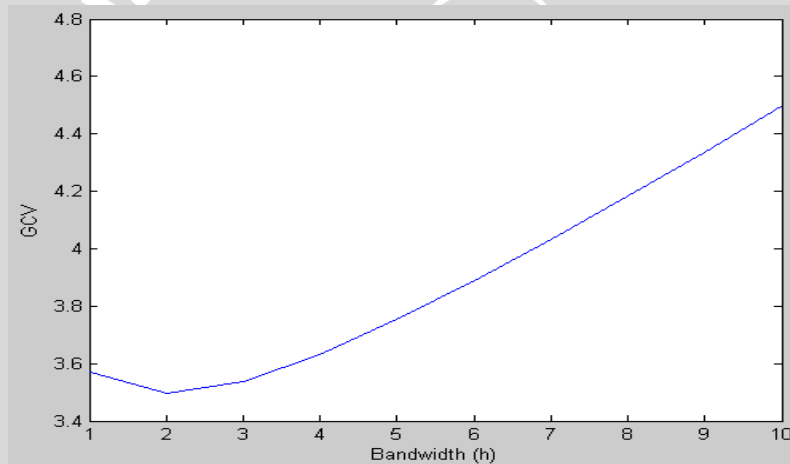
4.0343

4.1829

4.3372

4.4988

h1 = 2



Gambar 13. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *Gaussian*

Lampiran 5. (Lanjutan)

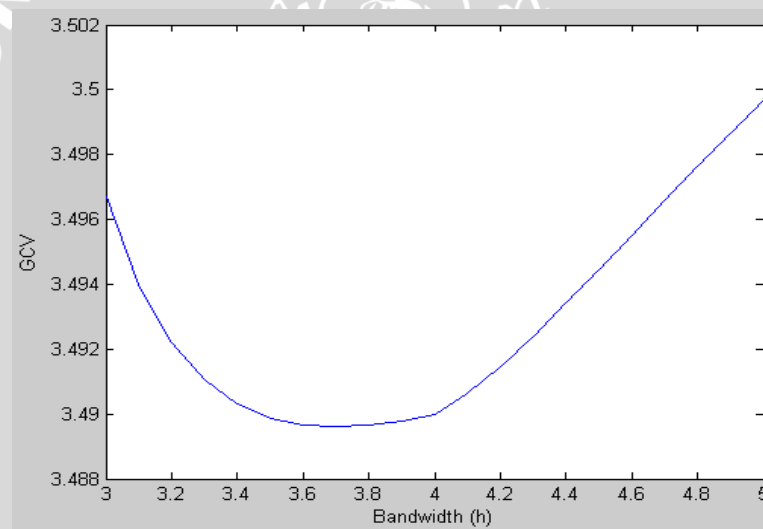
Cosinus

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii');
>> x = data (:,1);
>> y = data (:,2);
>> h=[3:0.1:5];
>> gcv2 (x,y,h)
```

Nilai GCV =

3.4967	3.4906
3.4940	3.4914
3.4922	3.4924
3.4910	3.4934
3.4903	3.4945
3.4899	3.4955
3.4897	3.4966
3.4896	3.4976
3.4897	3.4987
3.4898	3.4997
3.4900	

h1 = 3.7000

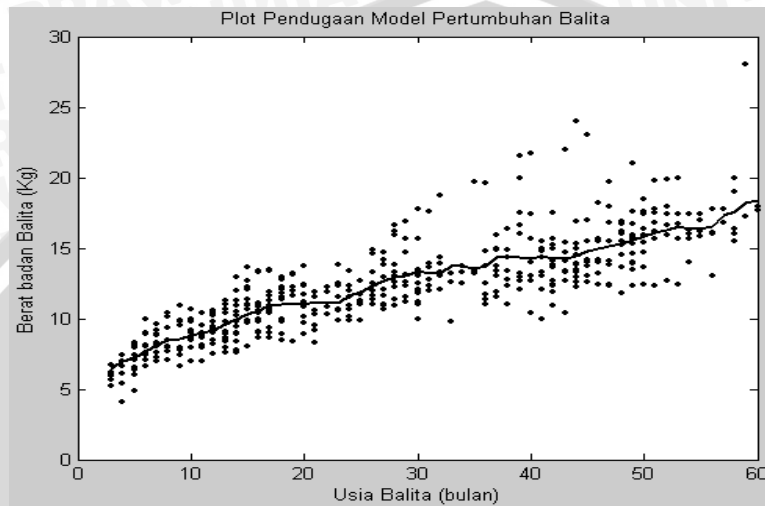


Gambar 14. Plot antara *Bandwith* dengan GCV Kernel *Cosinus*

Lampiran 6. *Running* Program Plot Estimasi Model Pertumbuhan
Untuk Balita Laki-laki

Uniform

```
>> data = load ('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');  
>> x = data (:,1);  
>> y = data (:,2);  
>> modelcosin (x,y,2)  
MSE = 3.4989
```

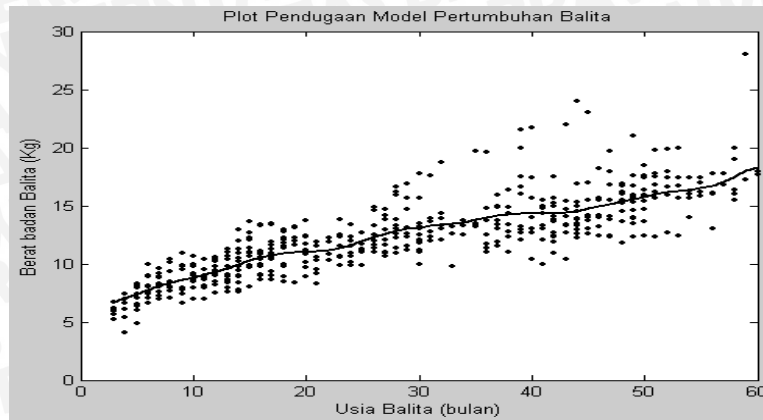


Gambar 15. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Laki-laki
dengan Fungsi Kernel *Uniform* dengan *Bandwidth*
Optimal 6

Triangle

```
>> data = load ('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');  
>> x = data (:,1);  
>> y = data (:,2);  
>> modelcosin (x,y,4.6)  
MSE = 3.4871
```

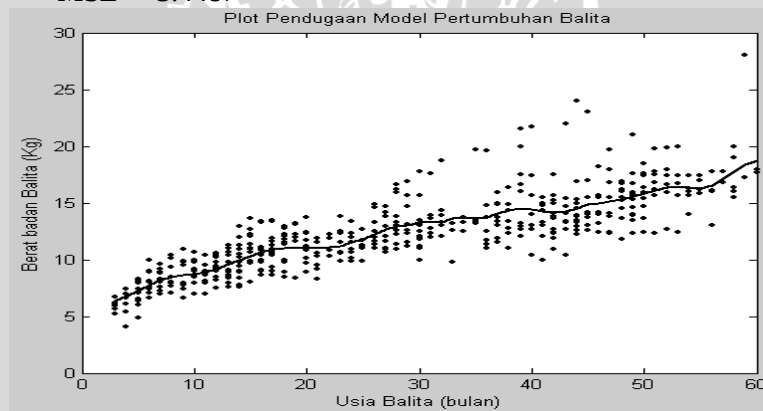
Lampiran 6. (Lanjutan)



Gambar 16. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Laki-laki dengan Fungsi Kernel *Triangle* dengan *Bandwidth* Optimal 4.6

Epanechnikov

```
>> data = load('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');
>> x = data(:,1);
>> y = data(:,2);
>> modelcosin(x,y,3)
MSE = 3.4487
```

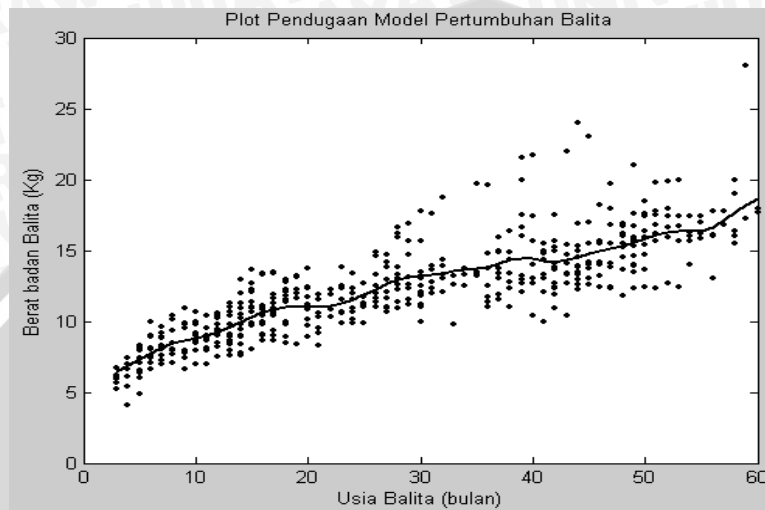


Gambar 17. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Laki-laki dengan Fungsi Kernel *Epanechnikov* dengan *Bandwidth* Optimal 3

Lampiran 6. (Lanjutan)

Quartic

```
>> data = load ('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');
>> x = data (:,1);
>> y = data (:,2);
>> modelcosin (x,y,3.8)
MSE = 3.4581
```

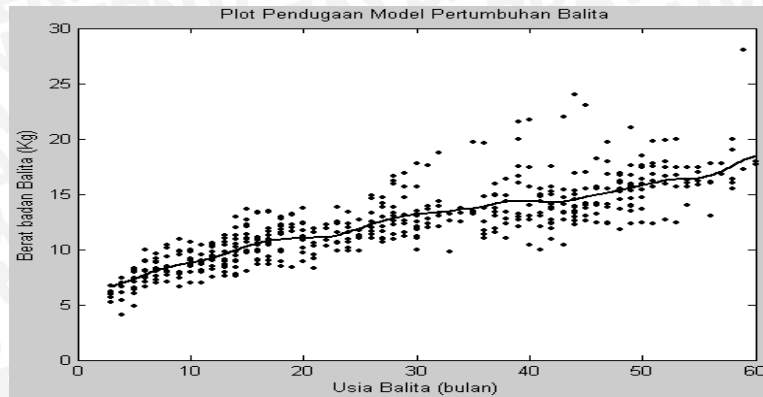


Gambar 18. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Laki-laki dengan Fungsi Kernel *Quartic* dengan *Bandwidth* Optimal 3.8

Triweight

```
>> data = load ('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');
>> x = data (:,1);
>> y = data (:,2);
>> modelcosin (x,y,5)
MSE = 3.4802
```

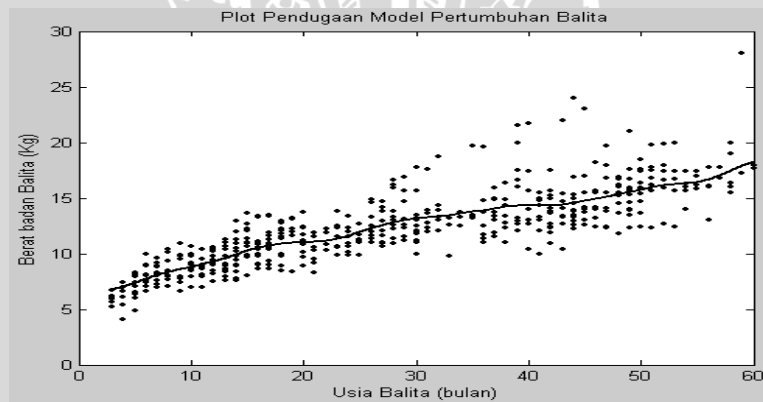
Lampiran 6. (Lanjutan)



Gambar 19. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Laki-laki dengan Fungsi Kernel *Triweight* dengan *Bandwidth* Optimal 5

Gaussian

```
>> data = load('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');
>> x = data(:,1);
>> y = data(:,2);
>> modelcosin(x,y,2)
MSE = 3.4962
```

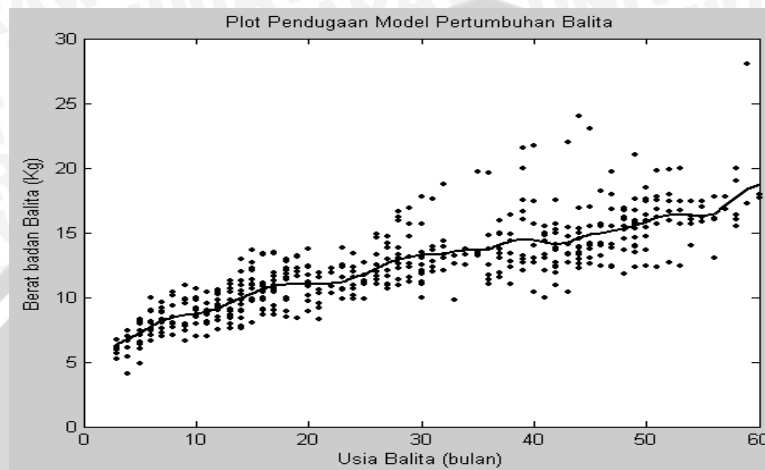


Gambar 20. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Laki-laki dengan Fungsi Kernel *Gaussian* dengan *Bandwidth* Optimal 2

Lampiran 6. (Lanjutan)

Cosinus

```
>> data = load ('c:\data balita laki-laki.txt', '_ascii');  
>> x = data (:,1);  
>> y = data (:,2);  
>> modelcosin (x,y,3)  
MSE = 3.4408
```

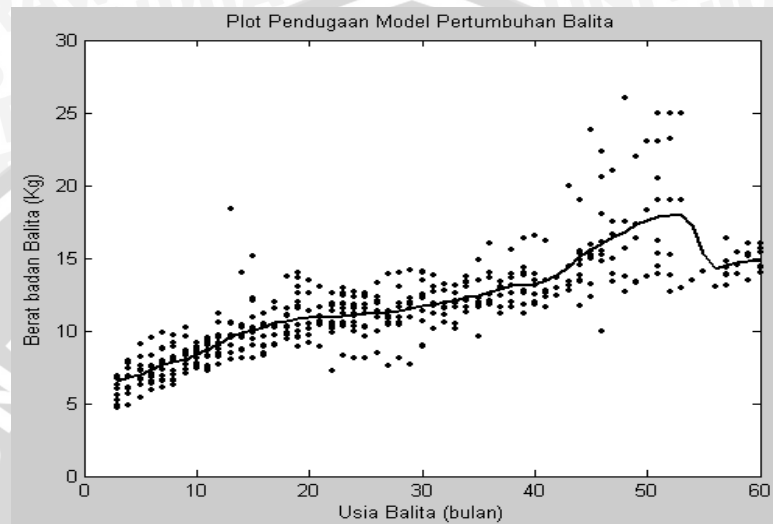


Gambar 21. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Laki-laki dengan Fungsi Kernel *Cosinus* dengan *Bandwidth* Optimal 3

Lampiran 7. *Running* Program Plot Estimasi Model Pertumbuhan Untuk Balita Perempuan

Uniform

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii');
>> x = data (:,1);
>> y = data (:,2);
>> modelcosin (x,y,2)
MSE = 3.3024
```

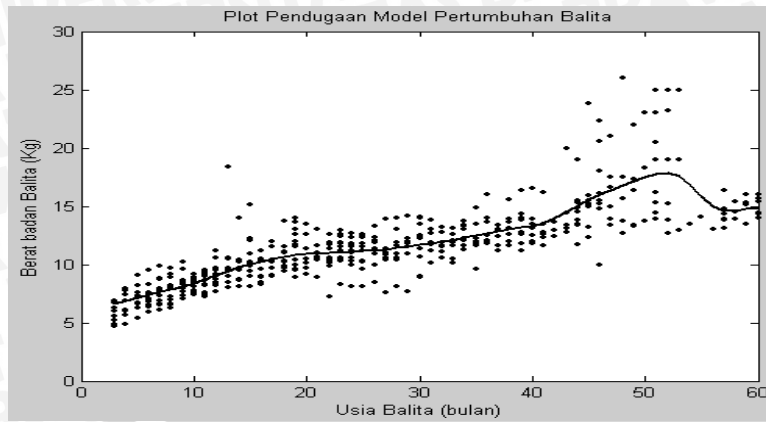


Gambar 22. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Perempuan dengan Fungsi Kernel *Uniform* dengan *Bandwidth* Optimal 2

Triangle

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii');
>> x = data (:,1);
>> y = data (:,2);
>> modelcosin (x,y,4.6)
MSE = 3.3230
```

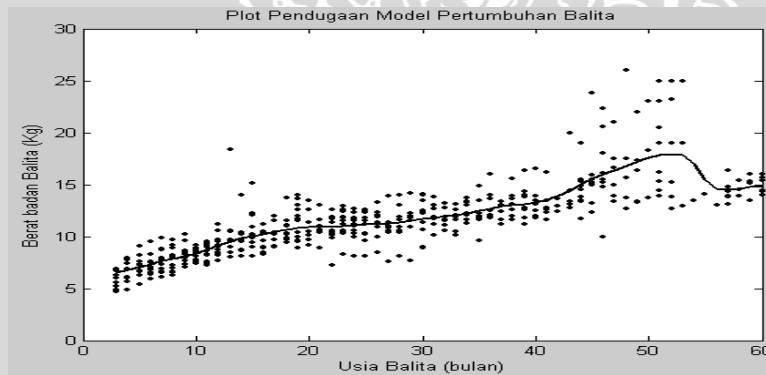
Lampiran 7. (Lanjutan)



Gambar 23. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Perempuan dengan Fungsi Kernel *Triangle* dengan *Bandwidth* Optimal 4.6

Epanechnikov

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii');
>> x = data (:,1);
>> y = data (:,2);
>> modelcosin (x,y,3.4)
MSE = 3.3042
```

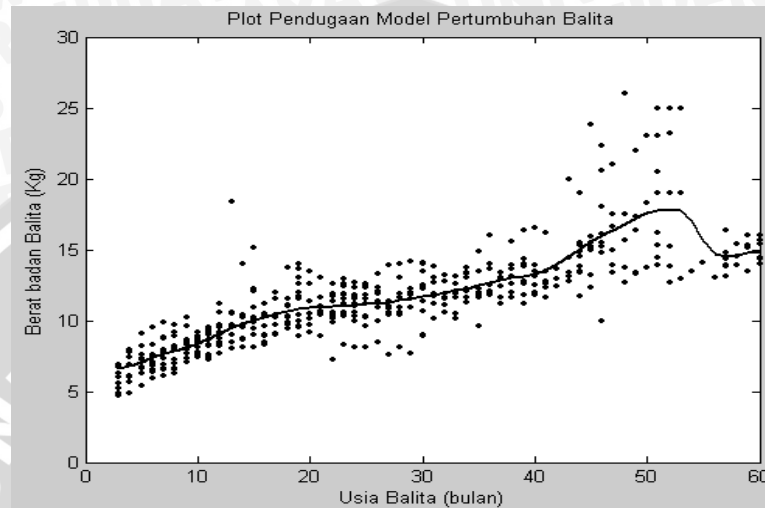


Gambar 24. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Perempuan dengan Fungsi Kernel *Epanechnikov* dengan *Bandwidth* Optimal 3.4

Lampiran 7. (Lanjutan)

Quartic

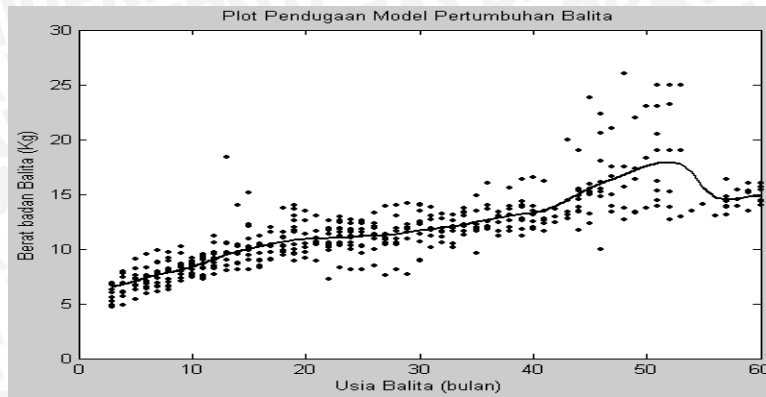
```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt','_ascii') ;
>> x = data (:,1) ;
>> y = data (:,2) ;
>> modelcosin (x,y,4.5)
MSE = 3.3152
```



Gambar 25. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Perempuan dengan Fungsi Kernel *Quartic* dengan *Bandwidth* Optimal 4.5

Triweight

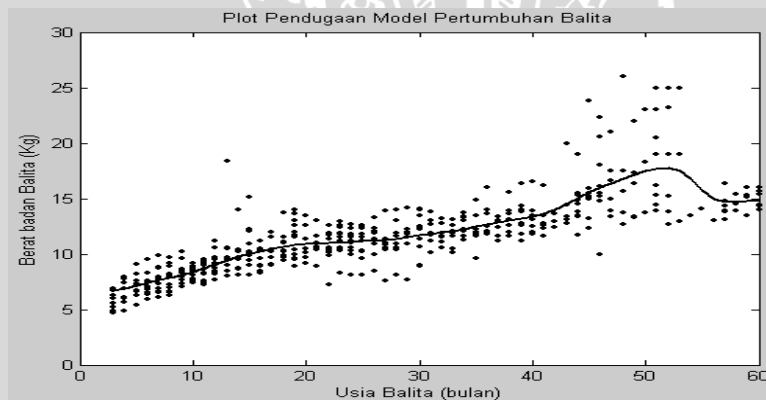
```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt','_ascii') ;
>> x = data (:,1) ;
>> y = data (:,2) ;
>> modelcosin (x,y,5)
MSE = 3.3086
```



Gambar 26. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Perempuan dengan Fungsi Kernel *Triweight* dengan *Bandwidth* optimal 5

Gaussian

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii') ;
>> x = data (:,1) ;
>> y = data (:,2) ;
>> modelcosin (x,y,2)
MSE = 3.3266
```

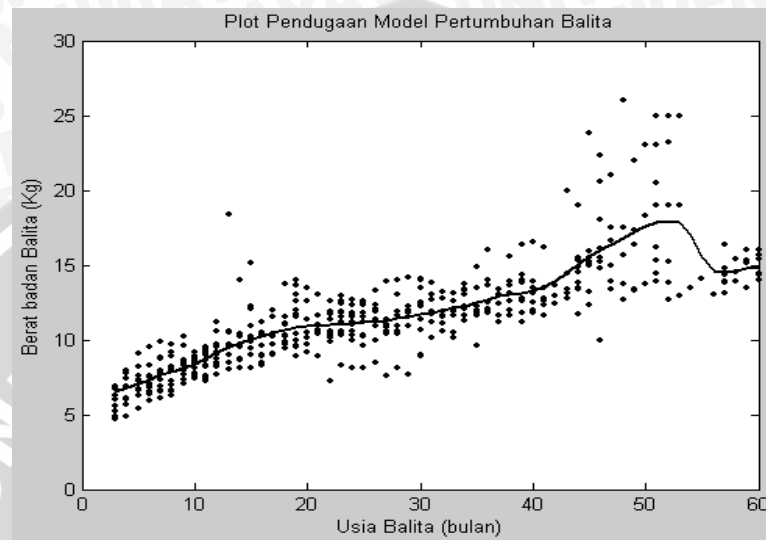


Gambar 27. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Perempuan dengan Fungsi Kernel *Gaussian* dengan *Bandwidth* Optimal 2

Lampiran 7. (lanjutan)

Cosinus

```
>> data = load ('c:\data balita perempuan.txt', '_ascii') ;  
>> x = data (:,1) ;  
>> y = data (:,2) ;  
>> modelcosin (x,y,3.7)  
MSE = 3.3113
```



Gambar 28. Estimasi Model Pertumbuhan Balita Perempuan dengan Fungsi Kernel *Cosinus* dengan *Bandwidth* Optimal 3.7