ESTIMASI MODEL REGRESI NONPARAMETRIK *BI-RESPONSE* PADA DATA LONGITUDINAL BERDASARKAN ESTIMATOR *WEIGHTED* SPLINE *TRUNCATED*

SKRIPSI

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SEBAGIAN PERSYARATAN DALAM MEMPEROLEH GELAR SARJANA SAINS BIDANG STATISTIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
PROGRAM STUDI STATISTIKA

DIAJUKAN OLEH:

RIA PERDANA SARI
NIM. 081211832004

PROGRAM STUDI S1 STATISTIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2016

ESTIMASI MODEL REGRESI NONPARAMETRIK *BI-RESPONSE* PADA DATA LONGITUDINAL BERDASARKAN ESTIMATOR *WEIGHTED* SPLINE *TRUNCATED*

SKRIPSI

RIA PERDANA SARI

PROGRAM STUDI S1 STATISTIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2016

ESTIMASI MODEL REGRESI NONPARAMETRIK *BI-RESPONSE* PADA DATA LONGITUDINAL BERDASARKAN ESTIMATOR *WEIGHTED* SPLINE *TRUNCATED*

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Bidang Statistika di Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Tanggal Lulus : 13 Januari 2016

Disetujui oleh:

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Nur Chamidah, M.Si.	Ir. Elly Ana, M.Si.
NIP. 19720602 199802 2 001	NIP. 19620412 198903 2 001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : **Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Longitudinal Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated***

Penyusun : **Ria Perdana Sari**

NIM : **081211832004**

Tanggal Ujian : **13 Januari 2016**

Disetujui oleh :

Pembimbing I	**Pembimbing II**
Dr. Nur Chamidah, M.Si.	**Ir. Elly Ana, M.Si.**
NIP. 19720602 199802 2 001	**NIP. 19620412 198903 2 001**

Mengetahui :

Ketua Departemen Matematika	**Koordinator Program Studi S-1 Statistika**
Fakultas Sains dan Teknologi	**Fakultas Sains dan Teknologi**
Universitas Airlangga	**Universitas Airlangga**
Badrus Zaman, S.Kom., M.Cs.	**Drs. EkoTjahjono, M.Si.**
NIP. 197801262006041001	**NIP. 19600706 198601 1 001**

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Ria Perdana Sari

NIM : 081211832004

Program Studi : Statistika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Longitudinal Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated*

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 29 Januari 2016

Ria Perdana Sari

NIM. 081211832004

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Longitudinal Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated*". Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu sepantasnya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tersayang: Ibu Yeti Erawati dan Bapak Subakir, serta keluarga besar penulis yang tak henti-hentinya mendoakan dan telah memberikan semangat, kepercayaan, dan dukungan baik secara materiil maupun moril.
2. Dr. Nur Chamidah, S.Si., M.Si. dan Ir. Elly Ana, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan pembimbing II yang telah banyak memberikan penjelasan, pengarahan, bimbingan, masukan, saran, dan motivasi kepada penulis untuk terus belajar.
3. Drs. Suliyanto, M.Si. selaku dosen wali selama menjadi mahasiswa Statistika Universitas Airlangga yang telah selalu memberikan nasehat, arahan, dukungan, saran, dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan studi dengan baik serta seluruh dosen statistika yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama perkuliahan.

4. Keluarga besar “Statistika UNAIR 2012” yang telah selalu ada untuk memberikan dukungan, keceriaan dan semangat baru kepada penulis.
5. Saudara perempuan penulis : Fitrotus Kholifah, Mutiara Puspita Sari, Anggi Puspa W., Lauda Mutia, Zulfanita Dien R., dan Lailatu Fauziah yang dari awal hingga akhir selalu memberikan do’a, dukungan, semangat, penghiburan dikala susah dan sedih, bantuan yang tak ternilai, dan kenangan yang tidak akan terlupakan dalam kebersamaan selama menjadi mahasiswa statistika Universitas Airlangga.
6. Teman-teman seperjuangan : Umi Tri Ruhana, Zahrotul Azizah, dan Bayyinah yang telah memberikan semangat, dukungan, bantuan, dan kenangan yang tidak akan terlupakan dalam kebersamaan mengerjakan skripsi.
7. Serta pihak-pihak yang telah berjasa dalam membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini namun tidak dapat disebutkan satu per satu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa di dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran dari semua pihak. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Surabaya, 14 Oktober 2015

Ria Perdana Sari

Ria Perdana Sari, 2016. **Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Longitudinal Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated***. Skripsi dibawah bimbingan Dr. Nur Chamidah, M.Si. dan Ir. Elly Ana, M.Si., Program Studi S-1 Statistika, Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Analisis regresi yang melibatkan dua variabel respon dan diantara keduanya terdapat korelasi yang kuat disebut regresi *bi-response*. Penggunaan data longitudinal pada suatu penelitian lebih mampu menjelaskan dinamika perubahan kondisi dari populasi yang diamati. Estimator spline *truncated* merupakan model *polynomial* tersegmen karena digunakan pada data yang memiliki karakteristik berbeda antara interval satu dengan interval lainnya. Dalam skripsi ini akan dibahas mengenai estimasi model regresi nonparametrik *bi-response* pada data longitudinal berdasarkan estimator *weighted* spline *truncated* kemudian menerapkannya pada data berat badan dan tinggi badan balita laki-laki dan perempuan di Surabaya berdasarkan usia 0 – 24 bulan. Penerapan algoritma dan program memberikan hasil bahwa model tersebut sudah sesuai yang ditunjukkan dengan nilai *R-square* untuk balita laki-laki dan perempuan berturut-turut sebesar 99,415% dan 99,444%. Selain itu, diperoleh hasil bahwa kurva pertumbuhan balita perempuan lebih rendah daripada balita laki-laki dengan rata-rata selisih berat badan dan tinggi badan berturut-turut sebesar 0,521 kg dan 2,042 cm. Perbandingan antara kurva pertumbuhan balita usia 0 – 24 bulan di Surabaya dengan kurva pertumbuhan *World Health Organization* (WHO) 2005 memberikan hasil bahwa kurva pertumbuhan balita di Surabaya lebih rendah daripada kurva pertumbuhan WHO dengan rata-rata selisih berat badan dan tinggi badan untuk balita laki-laki berturut-turut adalah 0,748 kg dan 1,169 cm, sedangkan rata-rata selisih berat badan dan tinggi badan untuk balita perempuan berturut-turut sebesar 0,637 kg dan 1,635 cm.

Kata Kunci: *Regresi Nonparametrik Bi-response, Weighted Spline Truncated, Data Longitudinal*

Ria Perdana Sari, 2016. **Bi-response Nonparametric Regression Model Estimation on Longitudinal Data Based on Weighted Spline Truncated Estimator**. This *skripsi* is under supervised by Dr. Nur Chamidah, M.Si. and Ir. Elly Ana, M.Si., S-1 Statistics Courses, Mathematics Department, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRACT

Regression analysis that involving two response variables and between them there is strong correlation is called bi-response regression. The use of longitudinal data in a study more able to explain the dynamics of changing conditions of the population was observed. Spline truncated estimator is piecewise polynomial model due to used on data that has different characteristics from one interval to other intervals. This *skripsi* will be discussed about bi-response nonparametric regression model estimation on longitudinal data based on weighted spline truncated estimator, then apply them on the data of weight and height of boys and girl baby from birth up to 24 months in Surabaya based on age. The implementation of algorithms and programs gives the results that the model is fit and supported by the *R-square* value for boys and girls i.e. 99.415% and 99.444% respectively. In addition, the results showed that the growth chart of girls baby from birth up to 24 month are lower than boys with an average difference of weight and height i.e. 0.521 kg and 2.042 cm respectively. Comparison of the growth chart of baby from birth up to 24 months in Surabaya with the World Health Organization (WHO) 2005 growth chart, we conclude that the infant growth chart in Surabaya lower than the WHO standard growth chart with an average difference of weight and height for boys i.e. 0.748 kg and 1.169 cm respectively, while an average difference in weight and height of girls i.e. 0.637 kg and 1.635 cm respectively.

Keywords: *Bi-response Nonparametric Regression, Weighted Spline Truncated, Longitudinal Data*

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL i
LEMBAR PERNYATAAN ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS v
KATA PENGANTAR vi
ABSTRAK viii
ABSTRACT ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 6
1.3 Tujuan 6
1.4 Manfaat 7
1.5 Batasan Masalah 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8
2.1 Analisis Regresi Linier 8
2.2 Regresi Nonparametrik 9

2.3 Kuantil 10
2.4 Estimator Spline *Truncated* 11
2.4.1 Estimasi Parameter Regresi Spline *Truncated* 11
2.4.2 *Generalized Cross Validation* (GCV) 12
2.4.3 Pemilihan Titik Knot Optimal 13
2.5 Matriks 14
2.6 Data Longitudinal 16
2.7 Homoskedastisitas dan Heteroskedastisitas 18
2.8 Uji Box's M 19
2.9 Uji Korelasi Pearson 20
2.10 Regresi Nonparametrik *Bi-response* Spline *Truncated* 21
2.11 *Weighted Least Square* (WLS) 22
2.12 Pertumbuhan Balita 23
2.13 *Open Source Software* (OSS)-R 24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 28
3.1 Mengestimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Longitudinal Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated* 28
3.2 Merancang Algoritma Program pada OSS-R untuk Mengestimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Longitudinal Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated* 29
3.3 Mengaplikasikan Algoritma dan Program yang Telah Dibuat pada Data Pertumbuhan Balita 33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 36

4.1 Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Longitudinal Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated* 36

4.2 Algoritma dan Program untuk Mengestimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Longitudinal Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated* 42

4.3 Penerapan Algoritma dan Program pada Data Berat Badan dan Tinggi Badan Balita di Surabaya 50

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 67

5.1 Kesimpulan 67

5.2 Saran 69

DAFTAR PUSTAKA 70

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Struktur Data Longitudinal	17
3.1	Variabel-variabel Penelitian	33
4.1	Pemilihan Orde Optimum Berdasarkan Jumlah Knot Optimum pada Data Berat Badan dan Tinggi Badan Balita Laki-laki	52
4.2	Pemilihan Orde Optimum Berdasarkan Jumlah Knot Optimum pada Data Berat dan Tinggi Badan Balita Perempuan	53

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
3.1	*Flowchart* Membuat Algoritma dan Program	32
4.1	Plot Observasi dan Estimasi Data Berat Badan Balita Laki-laki	58
4.2	Plot Observasi dan Estimasi Data Tinggi Badan Balita Laki-laki	59
4.3	Plot Observasi dan Estimasi Data Berat Badan Balita Perempuan	59
4.4	Plot Observasi dan Estimasi Data Tinggi Badan Balita Perempuan	60
4.5	Perbandingan Estimasi Berat Badan Balita Laki-laki dan Perempuan	61
4.6	Perbandingan Estimasi Tinggi Badan Balita Laki-laki dan Perempuan	62
4.7	Perbandingan Kurva Pertumbuhan Berat Badan Balita Laki-laki dengan Kuva Pertumbuhan WHO	63
4.8	Perbandingan Kurva Pertumbuhan Tinggi Badan Balita Laki-laki dengan Kuva Pertumbuhan WHO	64
4.9	Perbandingan Kurva Pertumbuhan Berat Badan Balita Perempuan dengan Kuva Pertumbuhan WHO	65
4.10	Perbandingan Kurva Pertumbuhan Tinggi Badan Balita Perempuan dengan Kuva Pertumbuhan WHO	66

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul
1	Data Pertumbuhan Berat Badan dan Tinggi Badan Balita Laki-laki
2	Data Pertumbuhan Berat Badan dan Tinggi Badan Balita Perempuan
3	Program Uji Korelasi antara *Response* 1 dan *Response* 2
4	Output Program Uji Korelasi antara *Response* 1 dan *Response* 2 untuk Data Balita Laki-laki dan Perempuan
5	Program Penentuan Kombinasi Orde dan Jumlah Pengamatan untuk Setiap Subyek pada Data Balita Laki-laki dan Perempuan
6	Output Program Penentuan Kombinasi Orde dan Jumlah Pengamatan untuk Setiap Subyek pada Data Balita Laki-laki dan Perempuan
7	Program Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Longitudinal Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated* (Tanpa Pembobot)
8	Output Program Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Balita Laki-laki Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated* (Tanpa Pembobot)
9	Output Program Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Balita Perempuan Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated* (Tanpa Pembobot)
10	Program Uji Box's M dan Penentuan Matriks Pembobot pada Data Balita Laki-laki dan Perempuan
11	Output Program Uji Box's M dan Penentuan Matriks Pembobot pada Data Balita Laki-laki dan Perempuan
12	Program Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Longitudinal Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated* (dengan Pembobot)
13	Output Program Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Balita Laki-laki Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated* (dengan Pembobot)

Nomor	Judul
14	Output Program Estimasi Model Regresi Nonparametrik *Bi-response* pada Data Balita Perempuan Berdasarkan Estimator *Weighted* Spline *Truncated* (dengan Pembobot)