



TUGAS AKHIR - SS091324

ANALISIS FAKTOR - FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERSENTASE PENDUDUK MISKIN DAN PENGELUARAN PERKAPITA MAKANAN DI JAWA TIMUR MENGUNAKAN REGRESI NONPARAMETRIK BIRESPO N SPLINE

I DEWA AYU MADE ISTRI WULANDARI
NRP 1310 100 009

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si

JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



TUGAS AKHIR - SS091324

**ANALISIS FAKTOR - FAKTOR YANG MEMPENGARUHI
PERSENTASE PENDUDUK MISKIN DAN PENGELUARAN
PERKAPITA MAKANAN DI JAWA TIMUR DENGAN
METODE REGRESI NONPARAMETRIK BIRESPO
N SPLINE**

**I DEWA AYU MADE ISTRI WULANDARI
NRP 1310 100 009**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si.**

**JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



FINAL PROJECT - SS091324

**ANALYSIS OF FACTORS THAT INFLUENCE THE
PERCENTAGE OF POOR POPULATION AND
PERCAPITA FOOD EXPENDITURE IN EAST JAVA
USING NONPARAMETRIC BIRESPOON SPLINE
REGRESSION**

I DEWA AYU MADE ISTRI WULANDARI
NRP 1310 100 009

Supervisor
Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si.
NIP. 19650603 198903 1 003

DEPARTMENT OF STATISTICS
Faculty Of Mathematics and Natural Sciences
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI
PERSENTASE PENDUDUK MISKIN DAN
PENGELUARAN PERKAPITA MAKANAN DI JAWA
TIMUR MENGGUNAKAN REGRESI NONPARAMETRIK
BIRESPON SPLINE**

Nama : I Dewa Ayu Made Istri Wulandari
NRP : 1310 100 009
Jurusan : Statistika
Dosen Pembimbing : Prof.Dr.Drs.I Nyoman Budiantara, M.Si

ABSTRAK

Kemiskinan merupakan masalah utama yang ingin dituntaskan oleh berbagai negara di seluruh dunia. Negara Indonesia yang merupakan negara berkembang memiliki fokus untuk menurunkan kemiskinan. Dalam mengukur kemiskinan suatu wilayah dapat dilakukan dengan melihat dua indikator yang berkorelasi yakni persentase penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan. Penelitian ini menggunakan 4 faktor yang diduga mempengaruhi penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan di Jawa Timur yang meliputi tingkat kesempatan kerja, laju pertumbuhan ekonomi, tingkat pengangguran terbuka, dan tingkat partisipasi angkatan kerja. Metode yang digunakan untuk memodelkan penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan adalah regresi nonparametrik birespon Spline. Metode ini digunakan karena Spline memiliki kelebihan yang dapat menangani perilaku data yang berubah – ubah pada sub-sub interval yang berbeda. Model Spline terbaik yang dihasilkan dari penelitian ini adalah model Spline dengan satu titik knot optimal satu knot.

Kata kunci : Regresi, Nonparametrik Birespon, Spline, Penduduk Miskin, Pengeluaran Perkapita Makanan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**ANALYSIS OF FACTORS THAT INFLUENCE THE
PERCENTAGE OF POOR POPULATION AND
PERCAPITA FOOD EXPENDITURE IN EAST JAVA
USING NONPARAMETRIC BIRESPON SPLINE
REGRESSION**

Name : I Dewa Ayu Made Istri Wulandari
NRP : 1310 100 009
Department : Statistics
Lecturer Advisor : Prof.Dr.Drs.I Nyoman Budiantara, M.Si

ABSTRACT

Poverty is a major problem that needed to be solved by various countries around the world. Indonesia is a developing country which has a focus to reduce poverty. In measuring the poverty of an area can be done by observing at two indicators that correlated those are the percentage of poor population and percapita food expenditure. This research uses four factors thought to affect the percentage of poor population and percapita food expenditure in East Java, which include the level of employment, economic growth rate, unemployment rate, and the labor force participation rate. The method used to modelling the percentage of poor population and percapita food expenditure is nonparametric birespon Spline regression . This method is used because the Spline has the advantage that is Spline can handle the data's behaviour that change in special interval. The best model of Spline generated from this research is a model of Spline with a single point of optimal knot.

Keywords: *Regression, Nonparametric Birespon, Spline, Poor Population, Percapita Food Expenditure.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI
PERSENTASE PENDUDUK MISKIN DAN
PENGELUARAN PERKAPITA MAKANAN DI JAWA
TIMUR MENGGUNAKAN REGRESI NONPARAMETRIK
BIRESPON SPLINE**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains pada
Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Oleh :

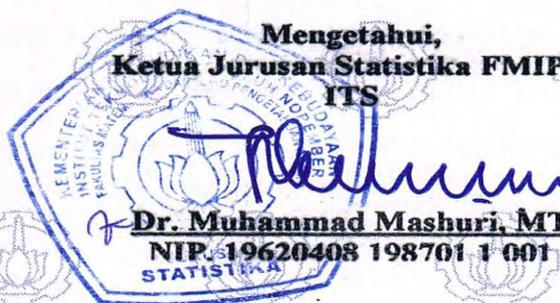
**I DEWA AYU MADE ISTRI WULANDARI
NRP 1310 100 009**

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si.
NIP. 19650603 198903 1 003**



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika FMIPA
ITS**



**Dr. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001**

SURABAYA, JANUARI 2014

KATA PENGANTAR

Om Swastiastu,

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Ida Sang Hyang Widhi Wasa/Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kelancaran yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul :

**“ANALISIS FAKTOR – FAKTOR YANG
MEMPENGARUHI PERSENTASE PENDUDUK MISKIN
DAN PENGELUARAN PERKAPITA MAKANAN DI JAWA
TIMUR DENGAN METODE REGRESI
NONPARAMETRIK BIRESPON SPLINE”**

Banyak pihak yang telah dan selalu memberikan saran, bantuan, kritik, semangat, dan motivasi dalam pembuatan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr.Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si selaku dosen pembimbing dan juga dosen wali saya, yang selalu sabar dan memotivasi saya selama berada di kampus ITS. Beliau sudah seperti sosok Bapak bagi saya di kampus ITS. Terima kasih atas segala bimbingan, bukan hanya di tugas akhir, tetapi juga untuk semuanya Bapak. Bapak adalah dosen wali terbaik. Terima kasih banyak Pak.
2. Ibu Dr. Vita Ratnasari, S.Si, M.Si dan Ibu Dr. Ismaini Zain, M.Si selaku dosen penguji, terima kasih atas bimbingannya selama proses penyelesaian tugas akhir.
3. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T selaku ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS
4. Ajik (I Dewa Made Oka Bawa), Ibu (I Dewa Ayu Nyoman Seriwati), serta saudara kandung (I Dewa Ayu Gede Istri Ratih dan I Dewa Ayu Nyoman Staridewi) untuk selalu menyemangati penulis selama pembuatan tugas akhir ini. Kalian keluarga terbaik dan tersayang bagi penulis. Terimakasih untuk semuanya.

5. Ngakan Gede Ananda Prawira, untuk segalanya. Untuk kasih sayang tulus dan kesetiaan yang telah diberikan. Terutama untuk selalu memberikan kepercayaan serta pencerahan hingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir.
6. Orang – orang spesial dalam hidup penulis, Weda, Malika, Budi, Yudhi, Nevrieda, Prahasta, Evadiani, Puji, dan Septiana. Kalian adalah saudara yang lupa diberikan Tuhan lewat orang tua penulis. Penulis sangat menyayangi kalian. Terimakasih untuk segalanya, untuk selalu menyemangati penulis, akan selalu penulis ingat di hati penulis.
7. Teman – teman seperjuangan penulis, Mega, Merly dan Ziza, terimakasih atas segala dukungan dan kerjasama dalam pembuatan tugas akhir ini.
8. Semua teman-teman Jurusan Statistika Angkatan 2010 dan TPKH ITS, *you all are irreplaceable*.
9. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu oleh penulis, terima kasih atas semua dukungan dan semangat moral yang diberikan.

Laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diperlukan bagi penulis. Diharapkan tugas akhir ini memberikan manfaat kepada masyarakat dan peneliti selanjutnya.

Om Shanti, Shanti, Shanti Om

Surabaya, Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Regresi Parametrik.....	7
2.2 Regresi Nonparametrik dan Spline dalam Regresi Nonparametrik	8
2.3 Regresi Nonparametrik Birespon Spline Multivariabel..	11
2.4 Korelasi antara Variabel – variabel Respon	13
2.5 Pemilihan Titik Knot Optimal	14
2.6 Kriteria Pemilihan Model terbaik.....	15
2.7 Definisi Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan	15
2.8 Faktor – Faktor yang Diduga Mempengaruhi Presentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan	17
2.9 Penelitian Sebelumnya.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	19
3.2 Variabel Penelitian	20
3.3 Langkah Analisis	20

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Faktor – Faktor yang Diduga Mempengaruhi	25
4.2	Hubungan Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi	30
4.2.1	Identifikasi <i>Scatterplot</i> Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Persentase Tingkat Kesempatan Kerja (TKK)	30
4.2.2	Identifikasi <i>Scatterplot</i> Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Persentase Laju Pertumbuhan Ekonomi (LPE)	31
4.2.3	Identifikasi <i>Scatterplot</i> Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Persentase Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)....	32
4.2.4	Identifikasi <i>Scatterplot</i> Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Persentase Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)	33
4.3	Model regresi Nonparametrik Birespon Spline.....	35
4.4	Model dengan Titik Knot Optimal	35
4.4.1	Model dengan Satu Titik Knot Optimal.....	36
4.4.2	Model dengan Dua Titik Knot Optimal	37
4.4.3	Model dengan Tiga Titik Knot Optimal	39
4.4.4	Model dengan Empat Titik Knot Optimal	42
4.4.5	Model dengan Lima Titik Knot Optimal	43
4.5	Pemilihan Model Terbaik	46
4.6	Interpretasi Model Regresi Nonparametrik Birespon Spline.....	48

BABV KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Alir langkah Penelitian	22
Gambar 4.1	Diagram Batang Penduduk Miskin Tiap Kota/Kabupaten di Jawa Timur Periode Tahun 2011	27
Gambar 4.2	Diagram Batang Pengeluaran Perkapita Makanan Tiap Kota/Kabupaten di Jawa Timur Periode Tahun 2011	28
Gambar 4.3	<i>Scatterplot</i> Variabel Respon y_1 dan y_2 dengan variabel Prediktor x_1	30
Gambar 4.4	<i>Scatterplot</i> Variabel Respon y_1 dan y_2 dengan variabel Prediktor x_2	31
Gambar 4.5	<i>Scatterplot</i> Variabel Respon y_1 dan y_2 dengan variabel Prediktor x_3	32
Gambar 4.6	<i>Scatterplot</i> Variabel Respon y_1 dan y_2 dengan variabel Prediktor x_4	33

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Variabel Penelitian.....	19
Tabel 4.1	Karakteristik Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan serta Faktor- faktor yang diduga Berpengaruh.....	24
Tabel 4.2	Posisi Titik Knot Optimal dengan 1 Titik Knot.....	35
Tabel 4.3	Estimasi Parameter Model dengan 1 Titik Knot.....	35
Tabel 4.4	Posisi Titik Knot Optimal dengan 2 Titik Knot.....	36
Tabel 4.5	Estimasi Parameter Model dengan 2 Titik Knot.....	37
Tabel 4.6	Posisi Titik Knot Optimal dengan 3 Titik Knot.....	38
Tabel 4.7	Estimasi Parameter Model dengan 3 Titik Knot.....	38
Tabel 4.8	Posisi Titik Knot Optimal dengan 4 Titik Knot.....	40
Tabel 4.9	Estimasi Parameter Model dengan 4 Titik Knot.....	40
Tabel 4.10	Posisi Titik Knot Optimal dengan 1 Titik Knot.....	42
Tabel 4.11	Estimasi Parameter Model dengan 1 Titik Knot.....	43
Tabel 4.2	Nilai GCV Minimum dan MSE Masing-masing Titik Knot.....	47

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara berkembang dengan jumlah penduduk terbanyak didunia yakni diantaranya adalah India dan Indonesia, tentu memiliki berbagai masalah dalam mengatur kehidupan sosialnya. Jumlah penduduk yang sangat besar dengan karakteristik penduduk yang sebagian besar memiliki tingkat pendidikan yang rendah akan membuat pemerintah sulit mengatur rakyatnya. Masalah yang sering dijumpai pemerintah adalah masalah sosial dari penduduknya. Jumlah penduduk yang banyak dengan sebagian besar penduduknya memiliki tingkat pendidikan yang rendah akan memicu adanya kesenjangan sosial dan terjadi kemiskinan. Salah satu negara yang memiliki masalah dengan persentase kemiskinan adalah Indonesia. Negara Indonesia merupakan negara berkembang dengan jumlah penduduk yang sangat besar. Dengan jumlah penduduk terbanyak keempat didunia dengan sebagian besar penduduknya memiliki tingkat pendidikan rendah, Indonesia tentunya memiliki berbagai masalah dalam mewujudkan kesejahteraan masyarakatnya secara merata. Tujuan dari pembangunan milenium yang telah disepakati oleh anggota Perserikatan Bangsa – Bangsa (PBB) dan Konferensi Tingkat Tinggi adalah *Millenium Development Goals* (MDGs). MDGs yang disepakati sejak tahun 1990 hingga 2015 memiliki tujuan untuk mempercepat pembangunan manusia dan pengentasan kemiskinan. Fokus yang tersirat dari deklarasi ini adalah meningkatkan kesejahteraan manusia dalam berbagai aspek. Salah satu aspek dari kesejahteraan manusia adalah kemiskinan penduduk.

Meskipun Indonesia adalah negara yang kaya akan hasil buminya, namun itu tidak membuat sebagian besar penduduk Indonesia mendapat kehidupan yang layak. Kemiskinanpun terjadi di beberapa daerah yang tersebar di Indonesia.

Kemiskinan adalah suatu permasalahan yang memang bersifat kompleks, sehingga diharapkan pemerintah dapat mengentaskan kemiskinan di Indonesia.

Kemiskinan adalah suatu ketidakmampuan untuk memenuhi standar tertentu dari kebutuhan dasar, baik makanan maupun bukan makanan. Suatu ukuran untuk menyatakan standar tersebut adalah berupa garis kemiskinan. Garis kemiskinan merupakan nilai pengeluaran konsumsi kebutuhan dasar makanan setara 2100 kalori energi perkapita perhari, ditambah dengan nilai pengeluaran untuk kebutuhan dasar bukan makanan yang paling pokok.

Sebagai pulau yang memiliki tingkat kepadatan tertinggi di Indonesia, Pulau Jawa memiliki peran penting dalam perkembangan ekonomi negara. Berdasarkan data BPS pada bulan Maret tahun 2013 jumlah penduduk miskin paling banyak berkumpul di Pulau Jawa dengan total 15,3 juta orang atau 10,92% dari total penduduk Jawa. Serta dalam pada bulan Maret 2011 – Maret 2012 Provinsi Jawa Timur dinobatkan sebagai provinsi yang memiliki jumlah penduduk miskin terbanyak kedua se-Indonesia oleh Badan Pusat Statistik. Provinsi Jawa Timur yang merupakan provinsi dengan jumlah penduduk terbesar kedua setelah Provinsi Jawa Barat memiliki ketimpangan terhadap jumlah penduduk miskin. Ketimpangan tersebut terjadi baik dipedesaan maupun di perkotaan, terutama dengan penduduk berstrata ekonomi serta memiliki tingkat pendidikan yang rendah.

Dalam mengukur kemiskinan, BPS menggunakan konsep dalam kemampuan memenuhi kebutuhan dasar. Dengan pendekatan tersebut, kemiskinan dipandang sebagai ketidakmampuan dari sisi ekonomi untuk memenuhi kebutuhan dasar makanan dan bukan makanan yang diukur dari sisi pengeluaran. Sehingga pengertian dari penduduk miskin adalah penduduk yang memiliki rata – rata pengeluaran perkapita perbulan dibawah garis kemiskinan. Dalam penelitian ini, yang akan diteliti adalah penduduk miskin dan pengeluaran perkapita

makanan. Pengeluaran Perkapita Makanan adalah nilai pengeluaran kebutuhan minimum makanan yang disetarakan dengan 2100 kilokalori perkapita perhari. Paket komoditi kebutuhan dasar makanan diwakili oleh 52 jenis. Pengeluaran Perkapita Makanan (PPM) merupakan suatu ukuran yang digunakan untuk mengukur penduduk miskin. Seiring dengan meningkatnya Penduduk Miskin maka Pengeluaran Perkapita Makanan juga akan mengalami peningkatan. Ini disebabkan karena Penduduk Miskin memiliki nilai korelasi positif terhadap Pengeluaran Perkapita Makanan. Pengukuran penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan yang memiliki korelasi positif ini disejajarkan untuk mengukur kemiskinan dengan pemilihan faktor – faktor yang berpengaruh secara langsung untuk kedua indikator. Identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penduduk miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dapat dilakukan dengan pemodelan terhadap kedua indikator tersebut.

Berbagai usaha juga telah dilakukan untuk melakukan penanggulangan terhadap kemiskinan. Pemerintah telah melakukan pengentasan kemiskinan, baik dengan melakukan pemberdayaan manusia, pemberdayaan usaha, serta pemberdayaan lingkungan. Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji bagaimanakah pemodelan penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan berdasarkan faktor – faktor yang mempengaruhinya.

Penelitian mengenai pemodelan penduduk miskin di Jawa Timur juga pernah dilakukan oleh Yuanita (2013) dengan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR). Surya (2013) juga meneliti mengenai persentase penduduk miskin di Jawa Timur menggunakan regresi Semiparametrik Spline. Namun dalam penelitian ini metode yang digunakan berbeda dengan faktor yang mempengaruhi jumlah penduduk miskin di Jawa Timur juga berbeda. Penelitian mengenai jumlah penduduk miskin di Jawa Timur pernah dilakukan oleh Fadillah (2010). Metode yang digunakan adalah metode analisis regresi linier berganda.

Suatu metode yang digunakan untuk memodelkan suatu permasalahan salah satunya adalah analisis regresi yakni dengan mengetahui pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor. Menurut Budiantara (2005) ada tiga pendekatan dalam metode analisis regresi yakni pendekatan parametrik, pendekatan semiparametrik, dan pendekatan nonparametrik. Apabila suatu data yang kurva regresinya membentuk pola yang diketahui (bentuk linear, kuadratik, kubik, atau *polynomial* derajat k) maka pendekatan yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan regresi parametrik. Pendekatan regresi nonparametrik dilakukan apabila suatu data yang kurva regresinya membentuk pola yang tidak diketahui. Sementara itu, pendekatan regresi semiparametrik merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor yang mana kurva regresi diklasifikasikan menjadi 2 komponen yakni komponen parametrik (bentuk fungsi diketahui) dan komponen nonparametrik (bentuk fungsi tidak diketahui).

Dalam penelitian ini digunakan pendekatan regresi nonparametrik Spline karena bentuk kurva regresinya adalah tidak diketahui. Beberapa pendekatan regresi nonparametrik lainnya yang terkenal yakni Spline MARS, Deret Fourier, Wavelets, Kernel, dan lain – lain. Spline adalah suatu metode dalam analisis regresi yang merupakan potongan – potongan *polynomial* yang memiliki sifat tersegmen. Pendekatan Spline memiliki kelebihan antara lain adalah model cenderung mencari sendiri estimasinya kemanapun data tersebut bergerak. Karena didalam Spline terdapat titik knot yang merupakan titik perpaduan bersama yang menunjukkan perubahan pola perilaku data (Budiantara,2009). Korelasi antara persentase penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan adalah sebesar 0,78289. Nilai korelasi dari kedua variabel yang tinggi ini menyebabkan dua variabel tersebut dipergunakan sebagai variabel respon pada penelitian ini. Dua respon ini dijadikan penelitian untuk melihat kemiskinan di suatu wilayah. Regresi

nonparametrik Birespon Spline akan dilakukan pemodelan terhadap penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur dengan empat variabel prediktor.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana deskripsi penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan di Jawa Timur serta faktor – faktor yang diduga mempengaruhinya?
2. Bagaimana hubungan antara variabel – variabel yang diduga berpengaruh terhadap penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan di Jawa Timur dengan menggunakan regresi nonparametrik Birespon Spline?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan di Jawa Timur serta faktor – faktor yang diduga mempengaruhinya.
2. Mendapatkan model regresi nonparametrik Birespon Spline terbaik yang dapat menjelaskan hubungan antara variabel – variabel yang diduga berpengaruh terhadap penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan di Jawa Timur.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan pemahaman dan informasi kepada pemerintah Jawa Timur mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi persentase penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan di Jawa Timur sehingga pemerintah dapat merencanakan program penanggulangan kemiskinan serta pembangunan sosial ekonomi yang lebih baik.

2. Memberikan pengetahuan baru mengenai penggunaan metode regresi nonparametrik Birespon Spline untuk data yang polanya tidak diketahui.
3. Penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam penelitian selanjutnya sebagai sumber informasi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder persentase penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan tahun 2011 dengan empat variabel prediktor yang diduga mempengaruhi.
2. Metode yang digunakan dalam permasalahan ini adalah menggunakan regresi nonparametrik Birespon Spline.
3. Pemilihan titik knot optimal menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV).
4. Penelitian ini juga dibatasi hanya sampai dengan pembentukan model penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan beserta interpretasi dari model yang terbentuk. Hal ini dikarenakan adanya keterbatasan teori mengenai uji signifikansi parameter dan uji asumsi residual dari model respon yang lebih dari satu.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Regresi Parametrik

Dalam ilmu statistika ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisa pola hubungan antar variabel. Salah satu metode statistika yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara satu atau lebih variable adalah analisis regresi. Terdapat 2 jenis variabel dalam analisis regresi yakni variabel yang dilambangkan dengan x merupakan variabel independen serta variabel yang dilambangkan dengan y yakni variabel dependen. Variabel x dan variabel y tersebut merupakan dua variabel yang saling berkorelasi. Misalkan terdapat sekumpulan data berpasangan (x_i, y_i) yang secara umum pola hubungan antara x_i dan y_i mengikuti model regresi sebagai berikut.

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

dengan :

y_i : respon ke - i

$f(x_i)$: kurva regresi

ε_i : *error* yang diasumsikan identik, independen, dan berdistribusi normal

Regresi parametrik adalah metode yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor dimana bentuk kurva regresi diketahui. Model regresi parametrik linear dengan variabel prediktor x_1, x_2, \dots, x_m secara umum dapat dituliskan pada Persamaan (2.2).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_m x_{im} + \varepsilon_i \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

Model regresi parametrik dapat pula disajikan dalam bentuk matrik yang dituliskan pada Persamaan (2.3).

(2.3)

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

dengan \mathbf{y} adalah vektor kolom berukuran $n \times 1$, \mathbf{X} merupakan matrik berukuran $n \times (m+1)$, dan $\boldsymbol{\varepsilon}$ ialah vektor kolom berukuran $n \times 1$.

2.2 Regresi Nonparametrik dan Spline dalam Regresi Nonparametrik

Tidak seperti regresi parametrik, pada regresi nonparametrik bentuk kurva regresi diasumsikan tidak diketahui. Kurva regresi nonparametrik diasumsikan termuat dalam suatu ruang fungsi tertentu. Adapun model regresi nonparametrik yang sering digunakan antara lain Spline, Kernel, Deret Fourier, dan MARS.

Regresi nonparametrik merupakan suatu metode untuk mempolakan perilaku data ketika hanya sedikit ketersediaan informasi mengenai bentuk kurva (Altman dalam Ryan, 1997). Salah satu contoh regresi nonparametrik ialah regresi nonparametrik Spline *truncated*. Model regresi nonparametrik Spline *truncated* secara umum dapat ditulis sebagai berikut

$$y_i = f(t_i) + \varepsilon_i \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

dengan $f(t_i)$ merupakan fungsi Spline berorde p dengan titik knot k_1, k_2, \dots, k_r yang dapat dituliskan dengan persamaan berikut.

$$f(t_i) = \sum_{j=0}^p \gamma_j t_i^j + \sum_{l=1}^r \gamma_{p+l} (t_i - k_l)_+^p \quad (2.5)$$

$(t_i - k_l)_+^p$ merupakan fungsi *truncated* (potongan) yang dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$(t_i - k_l)_+^p = \begin{cases} (t_i - k_l)^p & , t_i \geq k_l \\ 0 & , t_i < k_l \end{cases} \quad (2.6)$$

Bila Persamaan (2.5) disubstitusikan ke Persamaan (2.4) akan menghasilkan model regresi nonparametrik Spline sebagai berikut.

$$y_i = \sum_{j=0}^p \gamma_j t_i^j + \sum_{l=1}^r \gamma_{p+l} (t_i - k_l)_+^p + \varepsilon_i \quad ; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.7)$$

Estimator *Spline* dalam regresi nonparametrik dapat menangani fungsi yang bersifat *smooth* (Budiantara, 2009). Estimasi regresi nonparametrik *Spline truncated* dapat diperoleh dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Apabila pada Persamaan (2.4) diasumsikan *error* berdistribusi normal ($\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$) maka y_i juga berdistribusi normal dengan *mean* $f(t_i)$ dan *varians* σ^2 . Sehingga diperoleh fungsi Likelihood sebagai berikut.

$$\begin{aligned} L(y, f) &= \prod_{i=1}^n f(y_i) = \prod_{i=1}^n \frac{\exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(y_i - f(t_i))^2\right)}{(2\pi\sigma^2)} \\ &= (2\pi\sigma^2)^{-\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(y_i - f(t_i))^2\right) \end{aligned} \quad (2.8)$$

Estimasi titik untuk fungsi f didapatkan dengan memaksimumkan fungsi Likelihood $L(y, f)$ yang dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \max_f \{L(y, f)\} &= \max_{\gamma \in \mathbb{R}^{p+r}} \left\{ (2\pi\sigma^2)^{-\frac{n}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \left(y_i - \sum_{j=0}^p \gamma_j t_i^j + \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \sum_{l=1}^r \gamma_{p+l} (t_i - k_l)_+^p \right)^2 \right\} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Kemudian menerapkan transformasi logaritma sehingga menghasilkan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \log L(y, \gamma) &= -\frac{n}{2} (2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \left(y_i - \sum_{j=0}^p \gamma_j t_i^j + \right. \\ &\quad \left. - \sum_{l=1}^r \gamma_{p+l} (t_i - k_l)_+^p \right)^2 \end{aligned}$$

$$\log L(y, \gamma) = -\frac{n}{2}(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2}(\mathbf{y} - \mathbf{X}(\mathbf{k})\gamma)'(\mathbf{y} - \mathbf{X}(\mathbf{k})\gamma) \quad (2.10)$$

dengan $\mathbf{k} = (k_1, k_2, \dots, k_r)'$.

Bila Persamaan (2.9) diturunkan secara parsial terhadap γ dan disamakan dengan nol pada sisi kanan akan mendapatkan hasil yang dijabarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\log(y, \gamma))}{\partial\gamma} &= \frac{\partial\left(-\frac{n}{2}(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2}(\mathbf{y} - \mathbf{X}(\mathbf{k})\gamma)'(\mathbf{y} - \mathbf{X}(\mathbf{k})\gamma)\right)}{\partial\gamma} = 0 \\ \frac{\partial\left(-\frac{n}{2}(2\pi\sigma^2)\right)}{\partial\gamma} - \frac{\partial\left(\frac{1}{2\sigma^2}(\mathbf{y} - \mathbf{X}(\mathbf{k})\gamma)'(\mathbf{y} - \mathbf{X}(\mathbf{k})\gamma)\right)}{\partial\gamma} &= 0 \\ \frac{\partial}{\partial\gamma}\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(\mathbf{y} - \mathbf{X}(\mathbf{k})\gamma)'(\mathbf{y} - \mathbf{X}(\mathbf{k})\gamma)\right) &= 0 \quad (2.11) \end{aligned}$$

Estimasi Likelihood untuk $\gamma(\mathbf{k})$ didapatkan dengan melakukan penjabaran kembali pada Persamaan (2.11). Hasil estimasi parameter $\hat{\gamma}(\mathbf{k})$ dapat dilihat pada Persamaan (2.12) sebagai berikut.

$$\hat{\gamma}(\mathbf{k}) = \mathbf{X}(\mathbf{k})\left(\mathbf{X}(\mathbf{k})'\mathbf{X}(\mathbf{k})\right)^{-1}\mathbf{X}(\mathbf{k})'\mathbf{y} \quad (2.12)$$

2.3 Regresi Nonparametrik Birespon Spline Multivariabel

Pada analisis regresi nonparametrik *Spline* jika terdapat satu variabel respon dan satu variabel prediktor, maka dinamakan regresi nonparametrik *Spline* univariabel. Jika dalam analisis regresi terdapat satu variabel respon dengan variabel prediktor lebih dari satu, maka regresi tersebut dinamakan regresi nonparametrik *Spline* multivariabel. Sedangkan regresi birespon didefinisikan sebagai salah satu model regresi yang memiliki variabel respon lebih dari satu dan diantara variabel-variabel tersebut terdapat korelasi atau hubungan yang kuat, baik secara

logika maupun matematis (Simila dan Tikka, 2007). Jika regresi birespon memiliki bentuk kurva regresi yang tidak diketahui bentuk polanya, maka pendekatan yang digunakan adalah regresi nonparametrik birespon. Fungsi yang digunakan dalam pendekatan regresi nonparametrik adalah fungsi *Spline* dengan melibatkan banyak variabel prediktor, maka model tersebut dinamakan model regresi nonparametrik Birespon Spline multivariabel. Model untuk regresi nonparametrik Birespon Spline dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y_{1i} = \sum_{j=1}^p f(x_{ji}) + \varepsilon_{1i} \quad (2.13)$$

$$y_{2i} = \sum_{j=1}^p g(x_{ji}) + \varepsilon_{2i} \quad (2.14)$$

Dimana fungsi f dan g adalah kurva regresi yang tidak diketahui bentuknya dan dihipotesis dengan fungsi *Spline* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f(x_{ji}) &= \sum_{h=1}^p \alpha_{hj} x_{ji}^h + \sum_{l=1}^m \beta_{lj} (t_{ji} - k_{lj})_+^p \text{ dan} \\ g(x_{ji}) &= \sum_{h=1}^p \lambda_{hj} x_{ji}^h + \sum_{l=1}^m \varphi_{lj} (t_{ji} - \lambda_{lj})_+^p \end{aligned} \quad (2.15)$$

dimana α_{hj} dan β_{lj} merupakan untuk parameter variabel respon pertama sedangkan λ_{hj} dan φ_{lj} merupakan parameter variabel respon kedua.

Untuk mendapatkan estimasi parameter β pada regresi nonparametrik Birespon Spline dapat dilakukan dengan melakukan optimasi *Weighted Least Square* (WLS). Penentuan matrik pembobot \mathbf{W} dalam kasus ini yaitu dengan perhitungan nilai varian kovarian dari respon pertama dan respon kedua. Adapun tahapan dalam menyusun matriks \mathbf{W} sebagai berikut.

1. Menentukan variabel respon y_1 dan y_2
2. Menghitung nilai varians dari variabel y_1 dan varians dari variabel y_2
3. Menghitung nilai kovarians antara variabel respon y_1 dengan variabel respon y_2

4. Menghitung nilai kovarians antara variabel respon y_2 dengan variabel respon y_1
5. Membentuk matriks varians kovarians dari data
6. Mendefinisikan matriks varians kovarians sebagai pembobot (\mathbf{W}).

Berikut adalah penyelesaian optimasi parameter dengan WLS:

$$\min_{\beta} \{\varepsilon' W \varepsilon\} = \min_{\beta} \{(y - X\beta)' W (y - X\beta)\} \quad (2.16)$$

Untuk menyelesaikan persamaan 2.16, dilakukan penurunan secara parsial dengan memisalkan fungsi berikut.

$$\begin{aligned} \psi(\beta) &= (y - X\beta)' W (y - X\beta) \\ &= (y' - X' \beta') W (y - X\beta) \\ &= (y' - X' \beta') (W y - W X \beta) \\ &= y' W y - y' W X \beta - X' \beta' W y + X' \beta' W X \beta \\ &= y' W y - 2\beta' X' W y + \beta' X' W X \beta \end{aligned}$$

Selanjutnya persamaan yang diperoleh diturunkan terhadap β diperoleh hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi(\beta)}{\partial \beta} &= \frac{\partial (y' W y - 2\beta' X' W y + \beta' X' W X \beta)}{\partial \beta} \\ &= -2X' W y + 2X' W X \beta \end{aligned}$$

Setelah dilakukan penurunan terhadap β , hasil penurunan disamakan dengan nol dan didapatkan estimasi parameter sebagai berikut.

$$\begin{aligned} -2X' W y + 2X' W X \hat{\beta} &= 0 \\ X' W X \hat{\beta} &= X' W y \\ \hat{\beta} &= (X' W X)^{-1} X' W y \quad (2.17) \end{aligned}$$

Sehingga bentuk estimasi model *Spline* dalam regresi nonparametrik birespons menjadi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{y} &= X\hat{\beta} \\ &= X(X'WX)^{-1}X'Wy \\ &= A(k)y\end{aligned}\quad (2.18)$$

dengan $A(k) = X(X'WX)^{-1}X'W$.

2.4 Korelasi antara Variabel - Variabel Respon

Sebelum merakukan pemodelan, terlebih dahulu harus diketahui besar hubungan atau korelasi antar variabel-variabel tersebut. Ini sesuai dengan definisi regresi birespons yaitu regresi dengan variabel respon dua dan diantara variabel-variabel respon harus memiliki korelasi antara satu dengan yang lainnya. Untuk mengetahui nilai korelasinya dapat digunakan koefisien korelasi Pearson yang secara umum memiliki persamaan sebagai berikut.

$$r(\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2) = \frac{cov(\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2)}{\{Var(\mathbf{y}_1)Var(\mathbf{y}_2)\}^{\frac{1}{2}}}\quad (2.19)$$

atau dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$r(\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{1i} - \bar{y}_1)(y_{2i} - \bar{y}_2)}{\{\sum_{i=1}^n (y_{1i} - \bar{y}_1)^2\}^{\frac{1}{2}} \{\sum_{i=1}^n (y_{2i} - \bar{y}_2)^2\}^{\frac{1}{2}}}\quad (2.20)$$

Berdasarkan perhitungan dengan korelasi Pearson, maka akan diperoleh nilai koefisien korelasi. Berdasarkan nilai ini dapat diketahui kedekatan hubungan antara variabel-variabel respon yang digunakan. Nilai koefisien korelasi yang dihasilkan berkisar antara -1 sampai dengan 1. Apabila nilai koefisien korelasi mendekati -1 atau 1 maka hubungan atau korelasi antara variabel-variabel respon semakin kuat, sedangkan jika nilai koefisien korelasi mendekati 0 maka hubungan atau korelasi

antara variabel-variabel respon semakin lemah (Draper dan Smith, 1992).

2.5 Pemilihan Titik Knot Optimal

Dalam analisis regresi, salah satu tujuan yang ingin dicapai adalah mendapatkan model terbaik yang mampu menjelaskan hubungan antara variabel prediktor dengan variabel respon berdasarkan kriteria tertentu. Kriteria yang sering digunakan untuk menentukannya adalah dengan GCV. Model dengan nilai GCV paling minimum dikatakan model yang terbaik.

Estimator Spline terbaik diperoleh dengan menggunakan titik knot optimal. Titik knot merupakan titik perpaduan bersama dimana terdapat perubahan pola perilaku fungsi atau kurva. Titik knot optimal dapat diperoleh dengan menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV) (Wang, 1998).

$$GCV(k) = \frac{MSE(k)}{\left[n^{-1} \text{trace}(\mathbf{I} - \mathbf{A}(k)) \right]^2} \quad (2.21)$$

dengan:

$$MSE(k) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.22)$$

$$A(k) = X(k)(X'(k)WX(k))^{-1}X'(k)W \quad (2.23)$$

2.6 Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Salah satu tujuan dari analisis regresi adalah memperoleh pola hubungan yang signifikan atau nyata antara variabel respon dengan variabel prediktor. Beberapa kriteria yang digunakan untuk menentukan model regresi terbaik adalah dengan menggunakan *General Cross Validation* (GCV), *Cross Validation* (CV), *Mean Square Error* (MSE), dan lain sebagainya. Untuk penelitian ini membatasi menggunakan kriteria pemilihan model terbaik dengan menggunakan nilai GCV

minimum dan MSE minimum. Nilai MSE adalah nilai taksiran dari varians residual, sehingga model regresi terbaik adalah model dengan MSE minimum. Koefisien determinasi adalah nilai dari proporsi keragaman total disekitar nilai tengah \bar{y} yang dijelaskan dari model regresi (Draper and Smith, 1992).

2.7 Definisi Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) definisi dari penduduk miskin adalah penduduk yang memiliki pendapatan yang berada dibawah garis kemiskinan. Pengertian dari garis kemiskinan sendiri adalah suatu garis yang menunjukkan nilai pengeluaran makanan perorang untuk memenuhi kebutuhan dasar 2100 kkal perhari ditambah dengan pengeluaran nonmakanan selama 1 bulan. Perhitungan Garis Kemiskinan dilakukan dengan penjumlahan Garis Kemiskinan Makanan dan Garis Kemiskinan Non Makanan.

Penduduk miskin merupakan penduduk yang memiliki pengeluaran perkapita dalam satu bulannya yakni lebih kecil dari garis kemiskinan. Kemiskinan sendiri memiliki arti yakni suatu keadaan dimana terjadi ketidakmampuan untuk memenuhi kebutuhan dasar seperti makanan, pakaian, tempat berlindung, pendidikan, dan kesehatan. Kemiskinan dapat disebabkan oleh kelangkaan alat pemenuh kebutuhan dasar ataupun sulitnya akses terhadap pendidikan dan pekerjaan.

Sehubungan dengan penduduk miskin, indikator yang digunakan untuk mengukur kemiskinan salah satunya adalah Pengeluaran Perkapita Makanan. Pengeluaran perkapita makanan diukur dengan Garis Kemiskinan Makanan. Semakin meningkatnya penduduk miskin, meningkat pula garis kemiskinan makanan. Garis Kemiskinan Makanan adalah nilai pengeluaran kebutuhan minimum makanan yang disetarakan dengan 2100 kilokalori perkapita perhari. Paket komoditi kebutuhan dasar makanan diwakili oleh 52 jenis komoditi (padi-padian, umbi-umbian, ikan daging, telur dan susu, sayuran,

kacang – kacang, buah – buahan, minyak dan lemak, dan lain – lain). Penyetaraan nilai pengeluaran kebutuhan minimum makanan dilakukan dengan menghitung harga rata – rata kalori dari ke-52 komoditi tersebut. Menurut BPS, berikut ini adalah formula dasar dalam menghitung Garis Kemiskinan Makanan (GKM) yakni:

$$GKM_j = \sum_{k=1}^{52} P_{jk} Q_{jk} = \sum_{k=1}^{52} V_{jk} \quad (2.24)$$

dengan:

GKM_j = Garis Kemiskinan Makanan daerah j.

P_{jk} = Harga komoditi k yang dikonsumsi di daerah j.

Q_{jk} = Rata-rata kuantitas komoditi k yang dikonsumsi di daerah j

V_{jk} = Nilai pengeluaran konsumsi komoditi k di daerah j

j = Daerah (pedesaan atau perkotaan)

2.8 Faktor–Faktor yang Mempengaruhi Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan

Persentase penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan merupakan indikator yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesejahteraan penduduk di suatu wilayah. Kajian mengenai kemiskinan rumah tangga pernah dilakukan oleh Chernichovsky dan Meesok (1985) yang mengkaji rumah tangga miskin di Indonesia. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar rumah tangga dari penduduk di Indonesia memiliki berbagai karakteristik tersendiri. Karakteristik rumah tangga miskin tersebut antara lain yakni tingkat pendidikan kepala rumah tangga rendah, pekerjaan yang tidak tetap dari kepala rumah tangga sebagai tulang punggung, sebagian besar pendapatan rumah tangga adalah dari pertanian yang tanahnya dikuasai secara marginal, air bersih yang minim, ketersediaan listrik minim sebagai penerangan serta kondisi rumahnya yang memprihatinkan.

Menurut BPS, faktor – faktor yang diduga mempengaruhi penentuan penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan

antara lain pengeluaran rumah tangga, lapangan usaha rumah tangga, dan status pekerjaan kepala rumah tangga. Faktor – faktor tersebut akan menjadi acuan dalam penelitian ini untuk mengetahui faktor apa sajakah yang berpengaruh besar dalam penentuan penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur. Faktor – faktor yang mempengaruhi respon penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan yang memiliki keterkaitan ini antara lain Tingkat pengangguran Terbuka (TPT), Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK), Laju Pertumbuhan Ekonomi, serta Tingkat Kesempatan Kerja (TKK).

2.9 Penelitian Sebelumnya

Penelitian mengenai presentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur pernah juga dilakukan oleh Yuanita (2013) dengan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR). Dalam penelitian Yuanita menghasilkan model lebih baik dengan metode GWR dibandingkan regresi biasa secara global. Surya (2013) juga meneliti mengenai persentase penduduk miskin di Jawa Timur menggunakan regresi Semiparametrik Spline. Dalam penelitian Surya, variabel yang diduga berpengaruh terhadap penduduk miskin dibagi menjadi variabel parametrik dan nonparametrik. Riana (2012) pernah melakukan penelitian mengenai faktor – faktor yang mempengaruhi angka gizi buruk di Jawa Timur dengan pendekatan regresi nonparametrik Spline. Sementara itu, penelitian mengenai regresi Birespon Spline pernah dilakukan oleh Setyawan (2011) meneliti regresi nonparametrik Birespon Spline untuk pemodelan determinan tingkat pendidikan di Pulau Papua. Penelitian untuk memodelkan kadar gula darah penderita diabetes melitus dengan regresi birespon spline pernah dilakukan oleh Oktaviana (2010). Analisis faktor – faktor yang mempengaruhi jumlah penduduk miskin pernah dilakukan oleh Fadillah (2010). Metode yang digunakan adalah analisis regresi berganda untuk memodelkan jumlah penduduk miskin di Jawa Timur dan di Jawa Tengah.

Penelitian dengan menggunakan Birespon Spline ini dilakukan karena dua variabel memiliki keterkaitan yang erat. Pengeluaran Perkapita Makanan (PPM) merupakan fungsi dari respon persentase kemiskinan penduduk. Hal ini mengakibatkan dua respon ini dijadikan penelitian untuk dapat melihat derajat kesejahteraan suatu wilayah dengan melihat obyek penelitiannya yakni persentase penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini digunakan regresi nonparametrik Birespon Spline akan dilakukan pemodelan terhadap penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan di provinsi Jawa Timur dengan empat variabel prediktor yang diduga mempengaruhi.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yakni data tahun 2011 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur yakni pada Data Makro Sosial dan Ekonomi tahun 2007-2011 dan Survey Sosial Ekonomi Nasional Jawa Timur 2011 (SUSENAS). Unit observasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 38 Kabupaten/Kota atau 29 Kabupaten dan 9 Kota di provinsi Jawa Timur.

3.2 Variabel Penelitian

Adapun variabel penelitian yang digunakan yakni terdiri dari variabel respon (y) dan variabel prediktor yang ditunjukkan oleh Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1. Variabel Penelitian

Variabel	Nama Variabel	Skala Variabel	Definisi Operasional
y_1	Persentase Penduduk Miskin	Kontinu	Persentase penduduk yang berada dibawah Garis Kemiskinan
y_2	Pengeluaran Perkapita Makanan	Kontinu	Persentase penduduk yang pengeluaran minimum makanan disetarakan dengan 2100 kkal
x_1	Tingkat Kesempatan Kerja	Kontinu	Persentase penduduk usia kerja yang termasuk angkatan kerja yang bekerja terhadap jumlah angkatan kerja
x_2	Laju Pertumbuhan Ekonomi	Kontinu	Persentase pertumbuhan ekonomi dengan melihat perkembangan nilai dari PDRB

Tabel 3.1. Variabel Penelitian (Lanjutan)

x_3	Tingkat Pengangguran Terbuka	Kontinu	Persentase jumlah pengangguran terhadap jumlah angkatan kerja
x_4	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja	Kontinu	Persentase angkatan kerja terhadap jumlah penduduk usia kerja

3.3 Langkah Analisis

Langkah – langkah analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendefinisikan variabel respon dan variabel prediktor yang diduga mempengaruhi.
2. Membuat Statistika Deskriptif yang terdiri dari
 - a. Nilai rata-rata yang merupakan hasil bagi antara jumlah nilai setiap observasi dengan banyaknya data observasi, rumus perhitungan adalah sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- b. Selanjutnya adalah mencari nilai varians yang merupakan kuadrat dari simpangan nilai data observasi terhadap nilai rata-rata yang dituliskan dengan rumus berikut.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

- c. Nilai maksimum merupakan nilai tertinggi dari sekumpulan data observasi. Nilai minimum adalah nilai paling kecil yang terdapat pada sekumpulan data observasi.
 - d. Range merupakan ukuran sebaran data dalam statistic yang diperoleh dari selisih antara nilai maksimum dengan nilai minimum dari sekumpulan data observasi.
3. Membuat *scatter plot* antara variabel prediktor dengan variabel respon untuk mengetahui pola data.

4. Memodelkan Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan di Jawa Timur dengan *Spline* linear 1 knot, 2 knot dan 3 knot, 4 knot, dan 5 knot dengan tahapan sebagai berikut.

- a. Membuat model regresi nonparametrik birespon berikut.

$$y_{1i} = \sum_{j=1}^p f(t_{ji}) + \varepsilon_{1i}$$

$$y_{2i} = \sum_{j=1}^p g(t_{ji}) + \varepsilon_{2i}$$

- b. Mengubah fungsi regresi nonparametrik birespon kedalam bentuk fungsi *Spline*, sehingga didapatkan matrik sebagai berikut:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

- c. Menentukan matrik varian-kovarian (\mathbf{W}) yang digunakan sebagai pembobot dalam perhitungan.
 d. Menyelesaikan optimasi *Weighted Least Square* (WLS), sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = \min_{\boldsymbol{\beta}} \{(\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})' \mathbf{W} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})\}$$

- e. Mendapatkan estimator $\hat{\boldsymbol{\beta}}$

- f. Mendapatkan estimasi untuk kurva regresi yaitu:

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}$$

5. Memilih titik knot optimal dengan menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV) dimana nilai GCV terkecil berkaitan dengan titik knot optimal dengan tahapan sebagai berikut.

- a. Mencari matrik $\mathbf{A}(\mathbf{k})$ yang memenuhi persamaan berikut

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{A}(\mathbf{k})\mathbf{y}$$

- b. Mendefinisikan nilai MSE

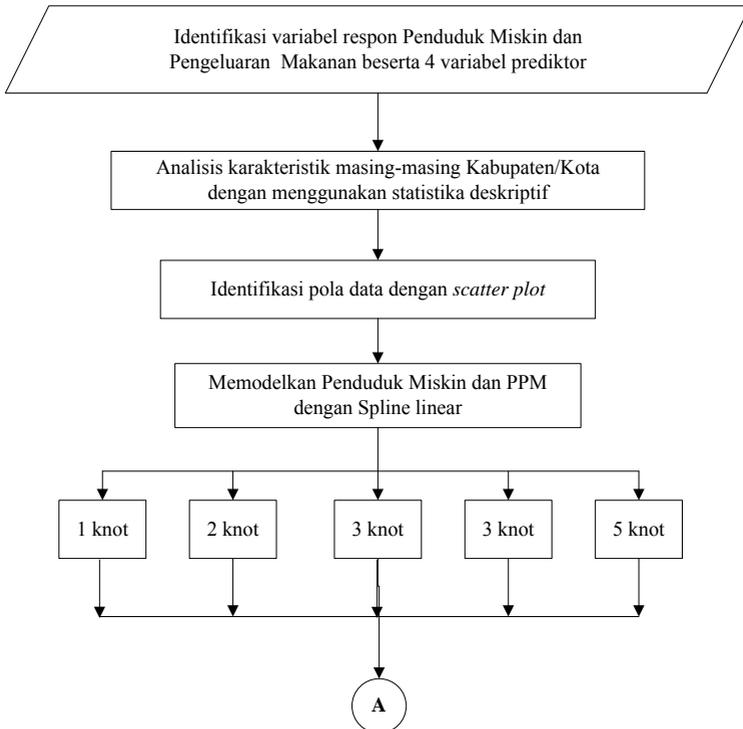
$$MSE(k) = n^{-1}(\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})'(\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})$$

- c. Mencari titik knot optimal yang meminimumkan fungsi GCV

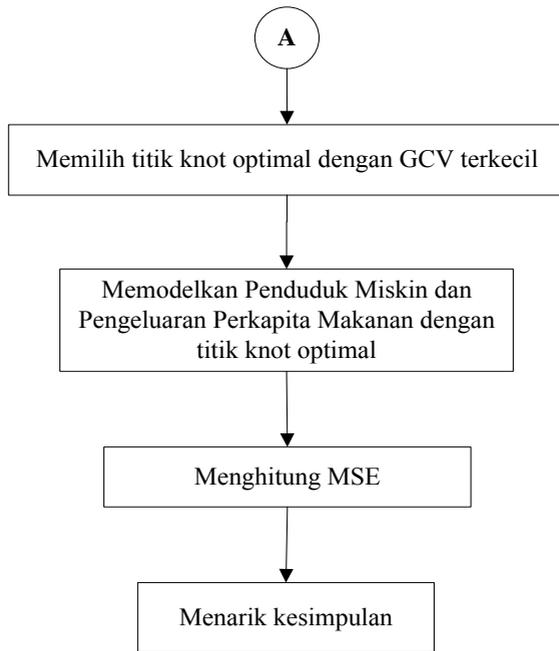
$$GCV(k) = \frac{MSE(k)}{[n^{-1}trace(I - A(k))]^2}$$

6. Menghitung nilai MSE minimum dari model dengan titik knot optimal yang dihasilkan.
7. Memodelkan Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan di Jawa Timur menggunakan *Spline* dengan titik knot optimal.
8. Melakukan interpretasi model dan menarik kesimpulan.

Untuk mempermudah pemahaman alur analisis, maka langkah-langkah analisis dibuat dalam bentuk diagram alir seperti berikut.



Gambar 3.1. Diagram Alir Langkah Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Langkah Penelitian (Lanjutan)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi

Pada penelitian ini akan diteliti dua variabel indikator yakni penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan yang kemudian akan dilakukan pemodelan terhadap kedua variabel tersebut. Sebelum melakukan pemodelan, maka dilakukan tinjauan karakteristik dari variabel penduduk miskin (y_1) dan pengeluaran perkapita makanan (y_2), beserta variabel – variabel yang diduga mempengaruhi. Variabel – variabel yang diduga mempengaruhi tersebut adalah Tingkat Kesempatan Kerja (x_1), Laju Pertumbuhan Ekonomi (x_2), Tingkat Pengangguran Terbuka (x_3), dan Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (x_4). Tabel berikut ini menunjukkan karakteristik dari hasil statistika deskriptif dari variabel – variabel tersebut.

Tabel 4.1 Karakteristik Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan serta Faktor-faktor yang Diduga Berpengaruh

Variabel	Rata-rata	Variansi	Minimum	Maksimum	Selisih
y_1	18,56	69,27	6,30	44,30	38,00
y_2	52,05	35,88	40,49	62,89	22,40
x_1	95,60	3,64	85,08	97,30	12,22
x_2	6,88	0,39	6,14	9,24	3,10
x_3	4,14	0,59	2,70	5,86	3,16
x_4	69,12	3,48	70,91	70,91	10,91

Tabel 4.1 menunjukkan karakteristik penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan yakni nilai rata – rata, variansi, minimum, maksimum, dan selisih. Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat bahwa rata – rata penduduk miskin di provinsi Jawa Timur yang tersebar pada 38 Kabupaten/Kota tiap 1000 penduduk adalah

sebanyak 18 atau 19 dengan keragaman sebesar 69,27. Terlihat dari nilai minimum dan maksimum pada Tabel 4.1, mengindikasikan bahwa persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur tertinggi sebesar 44,30% dan terendah sebesar 6,30% dengan selisih sebesar 38%. Sementara itu, rata – rata pengeluaran perkapita makanan di provinsi Jawa Timur yang tersebar pada 38 Kabupaten/Kota berarti konsumsi rumah tangga jenis makanan yang dikeluarkan penduduk dalam waktu sebulan adalah sebesar 52,05% dengan keragaman sebesar 35,88. Pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur tertinggi sebesar 62,89% dan terendah sebesar 40,49% dengan selisih sebesar 22,40%.

Variabel pertama (x_1) yang diduga mempengaruhi yakni Tingkat Kesempatan Kerja (TKK) memiliki rata – rata sebesar 95,60% yang berarti bahwa rata – rata penduduk yang berusia kerja atau sementara tidak bekerja tiap 1000 penduduk adalah sebanyak 95 atau 96 penduduk yang tersebar pada 38 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur pada periode tahun 2011 dengan keragaman sebesar 3,64. Nilai minimum sebesar 85,08% artinya ada sebesar 85 atau 86 diantara 1000 penduduk yang berada pada usia kerja atau sementara tidak bekerja. Demikian juga dengan nilai tertinggi yakni 97,30% artinya ada sebesar 97 atau 98 diantara 1000 penduduk yang berada pada usia kerja atau sementara tidak bekerja. Selisih maksimum dan minimum sebesar 12,22% artinya sebesar 12 atau 13 dari 1000 penduduk yang berada pada usia kerja atau sementara tidak bekerja. Sehingga dapat dinyatakan bahwa tingkat kesempatan kerja penduduk di 38 Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur adalah berada pada kisaran 851 sampai dengan 973 penduduk.

Variabel kedua (x_2) yang diduga mempengaruhi yakni Laju Pertumbuhan Ekonomi (LPE) memiliki rata – rata sebesar 6,88% yang berarti bahwa terdapat proses kenaikan kapasitas produksi suatu perekonomian yang diwujudkan dalam kenaikan pendapatan nasional rata – rata pada 38 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur pada periode tahun 2011 dengan keragaman

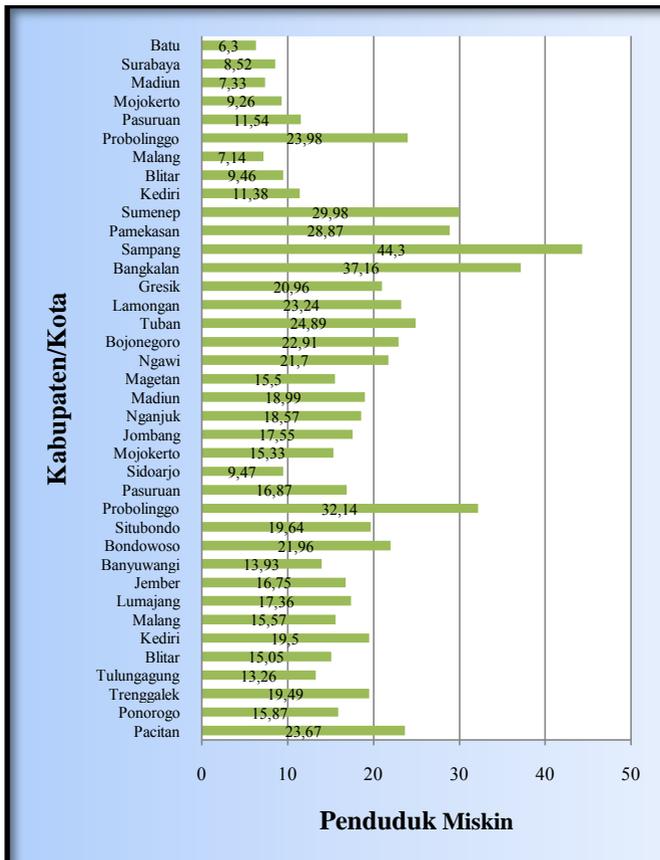
sebesar 0,39. Nilai minimum sebesar 6,14% artinya terdapat proses kenaikan kapasitas produksi suatu perekonomian yang diwujudkan dalam kenaikan pendapatan nasional sebesar 6,14% dan tertinggi sebesar 9,24%. Selisih proses kenaikan kapasitas produksi suatu perekonomian yang diwujudkan dalam kenaikan pendapatan nasional di Provinsi Jawa Timur sebesar 3,10%. Sehingga dapat dinyatakan bahwa laju pertumbuhan ekonomi penduduk di 38 Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur adalah berada pada kisaran 6,14% sampai dengan 9,24%.

Variabel ketiga (x_3) yang diduga mempengaruhi yakni Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) memiliki rata – rata sebesar 4,14% yang berarti bahwa rata –rata penduduk pada 38 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur yang berada pada usia 15 tahun ke atas tiap 1000 penduduk memiliki tingkat pengangguran terbuka sebesar 41 pada periode tahun 2011 dengan keragaman sebesar 0,59. Nilai minimum sebesar 2,70% artinya terdapat tingkat pengangguran terbuka sebesar 27 penduduk dari tiap 1000 penduduk dan tertinggi sebesar 5,86% artinya terdapat tingkat pengangguran terbuka sebesar 59 penduduk dari tiap 1000 penduduk. Selisih tingkat pengangguran terbuka adalah sebesar 3,16% atau sebesar 32 penduduk tiap 1000 penduduk. Sehingga dapat dinyatakan bahwa tingkat pengangguran terbuka di 38 Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur adalah berada pada kisaran 27 sampai 59 penduduk dari tiap 1000 penduduk.

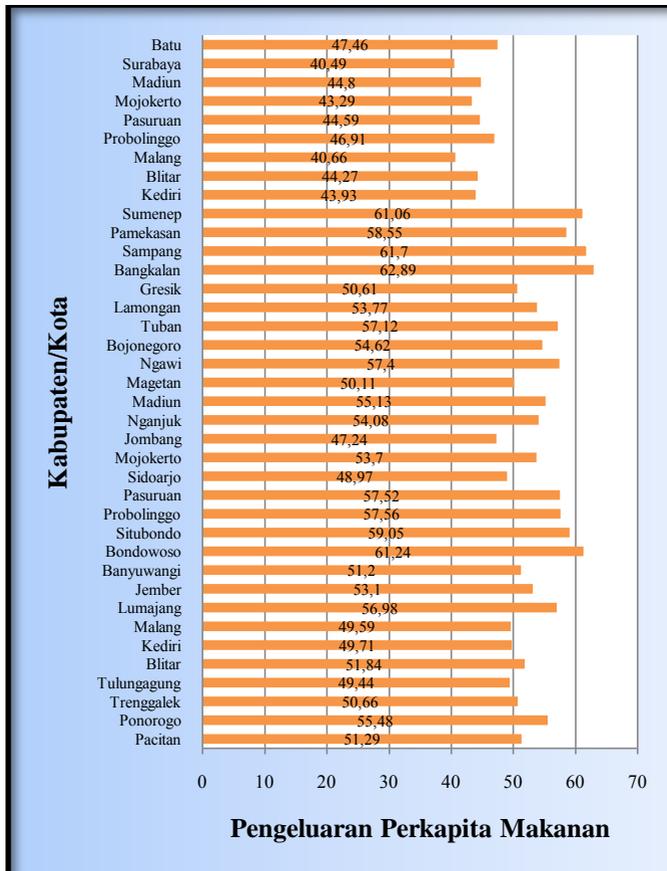
Variabel keempat (x_4) yang diduga mempengaruhi yakni Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) memiliki rata – rata sebesar 69,12% artinya bila terdapat 1000 penduduk usia kerja maka terdapat 691 atau 692 orang angkatan kerja pada periode tahun 2011 dengan keragaman sebesar 3,48. Nilai minimum sebesar 60,00% artinya tingkat partisipasi angkatan kerja pada periode tahun 2011 di Provinsi Jawa Timur adalah sebesar 600 dari tiap 1000 penduduk dan tertinggi sebesar 70,91% artinya sebesar 600 dari tiap 1000 penduduk. Selisih tingkat pengangguran terbuka adalah sebesar 10,91% atau 101 dari tiap

1000 penduduk. Sehingga dapat dinyatakan bahwa tingkat pengangguran terbuka di 38 Kabupaten/Kota Provinsi Jawa Timur adalah berada pada kisaran 600 sampai dengan 701 orang tiap 1000 penduduk pada periode tahun 2011.

Karakteristik penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan disajikan dalam bentuk diagram batang pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.1 Diagram Batang Penduduk Miskin Tiap Kabupaten/Kota di Jawa Timur Periode Tahun 2011



Gambar 4.2 Diagram Batang Pengeluaran Perkapita Makanan Tiap Kabupaten/Kota di Jawa Timur Periode Tahun 2011

Berdasarkan Gambar 4.1 terlihat bahwa persentase penduduk miskin terendah dari tiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur adalah Kota Batu yakni sebesar 6,3% dan penduduk miskin tertinggi adalah Kabupaten Sampang sebesar 44,3%. Sementara itu untuk variabel respon kedua yakni pengeluaran perkapita makanan yang dapat dilihat pada Gambar 4.2, persentase terendah dimiliki oleh Kota Surabaya yakni sebesar

40,49% dan tertinggi ada pada Kabupaten Bangkalan sebesar 62,89%.

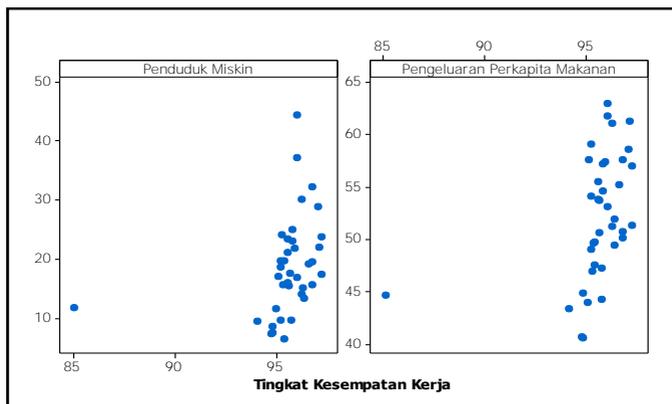
4.2 Hubungan Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi

Dalam melakukan pemodelan penduduk miskin dengan pengeluaran perkapita makanan harus diketahui pola data dari kedua variabel tersebut. Pola dari suatu data dapat berbentuk linear, kuadratik, kubik, polinear derajat k, dan lain sebagainya. Data yang memiliki suatu pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktornya adalah diketahui bentuknya maka analisis dari data tersebut dapat dilakukan menggunakan model regresi dengan pendekatan parametrik. Sebaliknya, apabila pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor tidak dapat diketahui maka pendekatan yang dilakukan adalah dengan pendekatan regresi nonparametrik. Namun, jika hubungan data dari satu atau sebagian diantara variabel respon dan variabel prediktor diketahui dan sebagian lagi tidak, maka dilakukan pendekatan regresi semiparametrik. Berikut akan dilakukan analisa terhadap pola data antara variabel respon penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan dengan masing – masing variabel – variabel prediktor yakni Tingkat Kesempatan Kerja (TKK), Laju Pertumbuhan Ekonomi (LPE), Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), dan Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK).

4.2.1 *Scatterplot* Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Persentase Tingkat Kesempatan Kerja (TKK)

Identifikasi menggunakan *scatterplot* akan dapat diketahui pola hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor. Faktor pertama yang diduga mempengaruhi variabel respon penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan adalah Tingkat Kesempatan Kerja (TKK). Berikut ini adalah gambar

yang menunjukkan pola hubungan dari kedua variabel respon dengan variabel TKK.

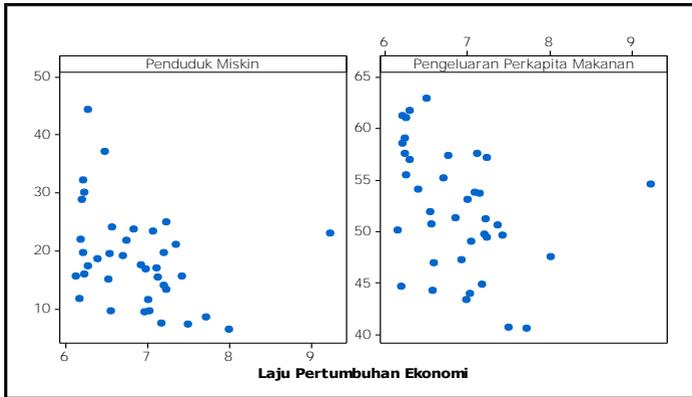


Gambar 4.3 *Scatterplot* Variabel Respon y_1 dan y_2 dengan Variabel Prediktor x_1

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat bahwa dari *scatterplot* variabel respon penduduk miskin dengan variabel prediktor tingkat kesempatan kerja menunjukkan pola hubungan yang tidak mengikuti suatu pola tertentu. Demikian pula dengan variabel respon pengeluaran perkapita makanan dengan variabel prediktor tingkat kesempatan kerja yang tidak mengikuti suatu pola tertentu. Pola hubungan yang tidak diketahui polanya inilah menjadikan penyelesaian masalah ini dengan pendekatan regresi nonparametrik.

4.2.2 *Scatterplot* Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Persentase Laju Pertumbuhan Ekonomi (LPE)

Faktor kedua yang diduga mempengaruhi variabel respon penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan adalah Laju Pertumbuhan Ekonomi (LPE). Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan pola hubungan dari kedua variabel respon dengan variabel LPE.

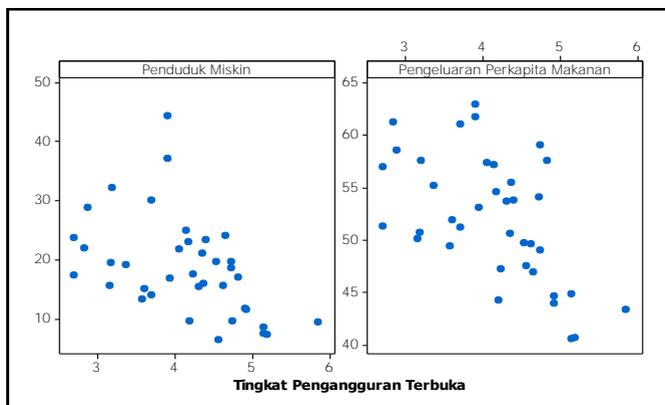


Gambar 4.4 *Scatterplot* Variabel Respon y_1 dan y_2 dengan Variabel Prediktor x_2

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat bahwa dari *scatterplot* variabel respon penduduk miskin dengan variabel prediktor laju pertumbuhan ekonomi menunjukkan pola hubungan yang tidak mengikuti suatu pola tertentu. Pola tidak tertentu juga ditunjukkan oleh variabel respon kedua yakni pengeluaran perkapita makanan. Sehingga penyelesaian masalah ini dapat menggunakan pendekatan regresi nonparametrik.

4.2.3 *Scatterplot* Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Persentase Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT)

Faktor ketigayang diduga mempengaruhi variabel respon penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan adalah Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT). Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan pola hubungan dari kedua variabel respon dengan variabel TPT.

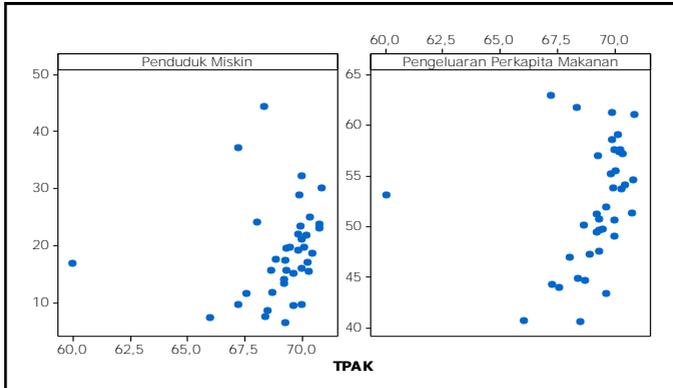


Gambar 4.5 Scatterplot Variabel Respon y_1 dan y_2 dengan Variabel Prediktor x_3

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat bahwa dari *scatterplot* variabel respon penduduk miskin dengan variabel prediktor tingkat pengangguran terbuka menunjukkan pola hubungan yang tidak mengikuti suatu pola tertentu. Sama halnya dengan variabel respon pengeluaran perkapita makanan dengan variabel prediktor tingkat pengangguran terbuka yang tidak mengikuti suatu pola tertentu. Sehingga dari pola hubungan yang tidak diketahui bentuknya inilah menjadikan penyelesaian masalah ini dengan pendekatan regresi nonparametrik.

4.2.4 Scatterplot Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan dengan Persentase Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)

Faktor kedua yang diduga mempengaruhi variabel respon penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan adalah Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja. Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan pola hubungan dari kedua variabel respon dengan variabel TPAK.



Gambar 4. *Scatterplot* Variabel Respon y_1 dan y_2 dengan Variabel Prediktor x_4

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat bahwa dari *scatterplot* variabel respon penduduk miskin dengan variabel prediktor tingkat partisipasi angkatan kerja menunjukkan pola hubungan yang tidak mengikuti suatu pola tertentu. Demikian pula dengan variabel respon pengeluaran perkapita makanan dengan variabel prediktor tingkat partisipasi angkatan kerja yang tidak mengikuti suatu pola tertentu. Penyelesaian masalah ini dengan pendekatan nonparametrik. Keempat faktor yang diduga mempengaruhi memiliki pola data yang tidak diketahui polanya sehingga penyelesaiannya menggunakan pendekatan regresi nonparametrik. Pada penelitian ini akan digunakan pendekatan nonparametrik menggunakan regresi birespon spline.

4.3 Model Regresi Nonparametrik Birespon Spline

Hasil dari identifikasi pola hubungan kedua variabel respon dan variabel – variabel prediktor menggunakan *scatterplot* maka pemodelan penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan beserta faktor – faktor yang diduga mempengaruhi dilakukan dengan menggunakan pendekatan regresi nonparametrik. Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan regresi nonparametrik birespon spline.

Pendekatan regresi nonparametrik birespon spline linear ini yakni menggunakan 1 titik knot, 2 titik knot, 3 titik knot, 4 titik knot dan 5 titik knot. Model regresi nonparametrik birespon spline linear dengan empat variabel prediktor dapat dituliskan dalam persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \alpha^{(1)}x_1 + \beta^{(1)}(x_1 - k_1^{(1)})_+ + \alpha^{(2)}x_1 + \beta^{(2)}(x_2 - k_1^{(2)})_+ + \\
 &\quad + \dots + \alpha^{(4)}x_1 + \beta^{(4)}(x_4 - k_1^{(4)})_+ \\
 y_2 &= \lambda^{(1)}x_1 + \varphi^{(1)}(x_1 - k_1^{(1)})_+ + \lambda^{(2)}x_1 + \varphi^{(2)}(x_2 - k_1^{(2)})_+ + \\
 &\quad + \dots + \lambda^{(4)}x_1 + \varphi^{(4)}(x_4 - k_1^{(4)})_+
 \end{aligned}$$

Setelah membuat model umum dari regresi nonparametrik birespon spline maka kemudian akan dilakukan pembuatan model dengan pendekatan regresi nonparametrik birespon spline dengan melakukan pemilihan titik knot optimal. Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 1 titik knot, 2 titik knot, 3 titik knot, 4 titik knot dan 5 titik knot.

4.4 Model dengan Titik Knot Optimal

Model regresi nonparametrik birespon spline dilakukan dengan mendapatkan estimasi parameter. Titik knot adalah suatu titik yang penting digunakan dalam mendapatkan estimator dari fungsi spline. Memilih titik knot optimum dapat dilakukan dengan memilih nilai GCV yang paling minimum. Berikut ini akan dibahas mengenai perhitungan nilai GCV dengan menggunakan titik knot yang dibatasi dari 1 titik knot sampai dengan 5 titik knot untuk keempat prediktor.

4.4.1 Model dengan Satu Titik Knot Optimal

Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan titik knot optimal untuk masing – masing variabel prediktor dengan model birespon spline linear dengan 1 titik knot.

Tabel 4.2 Posisi Titik Knot Optimal dengan 1 Titik Knot

Variabel Prediktor	Titik Knot Respon 1	Titik Knot Respon 2
x_1	87,91575	87,91575
x_2	6,85192	6,85192
x_3	3,42589	3,42589
x_4	62,53068	62,53068

Hasil dari proses pengolahan menggunakan orde 1 (linear dengan 1 titik knot) diperoleh estimasi parameter dari model regresi nonparametrik birespon spline dengan 1 titik knot. Banyaknya parameter yang dihasilkan dari model adalah sejumlah 8 parameter untuk respon pertama dan 8 parameter juga untuk respon kedua. Jumlah parameter yang dihasilkan sesuai dengan jumlah orde ditambah dengan banyaknya knot yang digunakan. Tabel dibawah ini menunjukkan estimasi parameter model linear dengan 1 titik knot.

Tabel 4.3 Estimasi Parameter Model dengan 1 Titik Knot

Prediktor	Respon 1		Respon 2	
	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	$\hat{\lambda}$	$\hat{\phi}$
x_1	1,204352	-8,251871	-1,188518	14,25863
x_2	-24,62748	106,6044	-6,170518	142,0741
x_3	-13,33751	-27,91474	-29,69175	18,97163
x_4	0,8843728	10,92527	1,251463	21,24396

Setelah memperoleh posisi dari titik knot untuk masing – masing variabel serta estimasi parameter dari model linear 1 knot yang ditunjukkan pada Tabel 4.3, maka dapat dituliskan model birespon Spline dengan satu titik knot sebagai berikut.

Untuk variabel respon pertama (penduduk miskin) sebagai berikut.

$$y_1 = 1,204352x_1 - 8,251871(x_1 - 87,91575)_+ - 24,62748x_2 + \\ + 106,6044(x_2 - 6,85192)_+ - 13,33751x_3 + \\ - 27,91474(x_3 - 3,42589)_+ + 0,8843728x_4 + \\ + 10,92527(x_4 - 62,53068)_+$$

Untuk variabel respon kedua (pengeluaran perkapita makanan) sebagai berikut

$$y_2 = -1,188518x_1 - 14,25863(x_1 - 87,91575)_+ - 6,170518x_2 + \\ +142,0741(x_2 - 6,85192)_+ - 29,69175x_3 + \\ +18,97163(x_3 - 3,42589)_+ + 1,251463x_4 + \\ +21,24396(x_4 - 62,53068)_+$$

4.4.2 Model dengan Dua Titik Knot Optimal

Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan titik knot optimal untuk masing – masing variabel prediktor dengan model birespon spline linear dengan 2 titik knot.

Tabel 4.4 Posisi Titik Knot Optimal dengan 2 Titik Knot

Variabel Prediktor	Titik Knot Respon 1	Titik Knot Respon 2
x_1	86,63667	86,63667
	91,33667	91,33667
x_2	6,52744	6,52744
	7,71974	7,71974
x_3	3,09513	3,09513
	4,31051	4,31051
x_4	61,38872	61,38872
	65,58487	65,58487

Tabel 4.4 menunjukkan titik knot optimal untuk model birespon Spline dengan dua titik knot. Selain itu juga diperoleh nilai estimasi parameter untuk model birespon Spline dengan dua titik knot. Tabel 4.5 dibawah adalah estimasi parameter yang diperoleh untuk model birespon Spline dengan dua titik knot sebagai berikut.

Tabel 4.5 Estimasi Parameter Model dengan 2 Titik Knot

Prediktor	Respon 1		Respon 2	
	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	$\hat{\lambda}$	$\hat{\phi}$
x_1	-0,4584016	-4,893201 -0,1422823	0,5166639	-1,065757 17,04484
x_2	18,50882	-158,5560 -90,69970	8,536430	54,14442 -222,5508

Tabel 4.5 Estimasi Parameter Model dengan 2 Titik Knot (Lanjutan)

x_3	2,933043	-25,49604 39,76814	-5,195567	-36,98007 17,1771
x_4	1,304264	-5,965649 21,34648	-3,654015	-5,071139 -1,598780

Kemudian berdasarkan hasil estimasi parameter pada Tabel 4.5 maka dapat dituliskan model birespon Spline sebagai persamaan berikut.

Untuk variabel respon pertama (penduduk miskin) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 y_1 = & -0,4584016x_1 - 4,893201(x_1 - 86,63667)_+ + \\
 & -0,1422823(x_1 - 91,33667)_+ + 18,50882x_2 + \\
 & -158,5560(x_2 - 6,52744)_+ - 90,69970(x_2 - 7,71974)_+ + \\
 & +2,933043x_3 - 25,496044(x_3 - 3,09513)_+ + \\
 & +39,76814(x_3 - 4,31051)_+ + 1,304264x_4 + \\
 & -5,965649(x_4 - 61,38872)_+ + 21,34648(x_4 - 65,58487)_+
 \end{aligned}$$

Untuk variabel respon kedua (pengeluaran perkapita makanan) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 y_2 = & 0,5166639x_1 - 1,065757(x_1 - 86,63667)_+ + \\
 & +17,04484(x_1 - 91,33667)_+ + 8,536430x_2 + \\
 & + 54,14442(x_2 - 6,52744)_+ - 222,5508(x_2 - 7,71974)_+ + \\
 & -5,195567x_3 - 36,98007(x_3 - 3,09513)_+ + \\
 & +17,1771(x_3 - 4,31051)_+ - 3,654015x_4 + \\
 & -5,071139(x_4 - 61,38872)_+ - 1,598780(x_4 - 65,58487)_+
 \end{aligned}$$

4.4.3 Model dengan Tiga Titik Knot Optimal

Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan titik knot optimal untuk masing – masing variabel prediktor dengan model birespon spline linear dengan 3 titik knot.

Tabel 4.6 Posisi Titik Knot Optimal dengan 3 Titik Knot

Variabel Prediktor	Titik Knot Respon 1	Titik Knot Respon 2
x_j	92,78789	92,78789
	94,07421	94,07421
	97,29000	97,29000

Tabel 4.6 Posisi Titik Knot Optimal dengan 3 Titik Knot (Lanjutan)

x_2	8,08789	8,08789
	8,41421	8,41421
	9,23000	9,23000
x_3	4,68579	4,68579
	5,01842	5,01842
	5,85000	5,85000
x_4	66,88053	66,88053
	68,02895	68,02895
	70,90000	70,90000

Tabel 4.6 menunjukkan titik knot optimal untuk model birespon Spline dengan tiga titik knot. Selain itu juga diperoleh nilai estimasi parameter untuk model birespon Spline dengan tiga titik knot. Berikut ini adalah estimasi parameter yang diperoleh.

Tabel 4.7 Estimasi Parameter Model dengan 3 Titik Knot

Prediktor	Respon 1		Respon 2	
	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	$\hat{\lambda}$	$\hat{\varphi}$
x_1	-0,01613462	4,320372	-0,02286927	2,315562
		4,904902		70,75461
		93789,98		1640,440
x_2	-10,07940	-608,1081	7,923484	698,3968
		-1450,168		-4927,659
		134234,9		47879,96
x_3	-6,263085	-254,5932	5,522531	65,75360
		-148,1041		73,25079
		2457,945		-72929,49
x_4	0,3944142	-41,72758	-1,452472	8,520332
		29,31043		-59,32571
		1872,980		2544,354

Berdasarkan hasil estimasi parameter pada Tabel 4.7 maka dapat dituliskan model birespon Spline sebagai persamaan berikut.

Untuk variabel respon pertama (penduduk miskin) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
y_1 = & -0,01613462x_1 + 4,320372(x_1 - 92,78789)_+ + \\
& +4,904902(x_1 - 94,07421)_+ + 93789,98(x_1 - 97,29000)_+ + \\
& -10,07940x_2 - 608,1081(x_2 - 8,08789)_+ + \\
& -1450,168(x_2 - 8,41421)_+ + 134234,9(x_2 - 9,23000)_+ + \\
& -6,263085x_3 - 254,5932(x_3 - 4,68579)_+ + \\
& -148,1041(x_3 - 5,01842)_+ + 2457,945(x_3 - 5,85000)_+ + \\
& +0,3944142x_4 - 41,72758(x_4 - 66,88053)_+ + \\
& +29,31043(x_4 - 68,02895)_+ + 1872,980(x_4 - 70,90000)_+
\end{aligned}$$

Untuk variabel respon kedua (pengeluaran perkapita makanan) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
y_2 = & -0,02286927x_1 + 2,315562(x_1 - 92,78789)_+ + \\
& +70,75461(x_1 - 94,07421)_+ + 1640,440(x_1 - 97,29000)_+ + \\
& +7,923484x_2 + 698,3968(x_2 - 8,08789)_+ + \\
& -4927,659(x_2 - 8,41421)_+ + 47879,96(x_2 - 9,23000)_+ + \\
& +5,522531x_3 + 65,75360(x_3 - 4,68579)_+ + \\
& +73,25079(x_3 - 5,01842)_+ - 72929,49(x_3 - 5,85000)_+ + \\
& -1,452472x_4 + 8,520332(x_4 - 66,88053)_+ + \\
& -59,32571(x_4 - 68,02895)_+ + 2544,354(x_4 - 70,90000)_+
\end{aligned}$$

4.4.4 Model dengan Empat Titik Knot Optimal

Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan titik knot optimal untuk masing – masing variabel prediktor dengan model birespon spline linear dengan 4 titik knot.

Tabel 4.8 Posisi Titik Knot Optimal dengan 4 Titik Knot

Variabel Prediktor	Titik Knot Respon 1	Titik Knot Respon 2
x_1	85,07000	85,07000
	90,50111	90,50111
	94,57444	94,57444
	95,93222	95,93222
x_2	6,13000	6,13000
	7,50778	7,50778
	8,54111	8,54111
	8,88556	8,88556

Tabel 4.8 Posisi Titik Knot Optimal dengan 4 Titik Knot (Lanjutan)

x_3	2,69000	2,69000
	4,09444	4,09444
	5,14778	5,14778
	5,49889	5,49889
x_4	59,99000	59,99000
	64,83889	64,83889
	68,47556	68,47556
	69,68778	69,68778

Tabel 4.8 menunjukkan titik knot optimal untuk model birespon Spline dengan empat titik knot. Selain itu juga diperoleh nilai estimasi parameter untuk model birespon Spline dengan empat titik knot. Berikut ini adalah estimasi parameter yang diperoleh.

Tabel 4.9 Estimasi Parameter Model dengan 4 Titik Knot

Prediktor	Respon 1		Respon 2	
	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	$\hat{\lambda}$	$\hat{\varphi}$
x_1	-2,359594	1,971832 16,69821 -57,03715 36,93055	0,2538362	-2,629551 36,49993 15,29037 -31,02270
x_2	2,364287	87,77489 -584,0766 -7824,393 13240,77	7,846937	76,57484 2535,383 -446,1013 -2,106,975
x_3	13,20655	47,72666 -37,22627 -2617,708 -3463,588	3,954253	21,22860 58,19551 -380,6317 598,7287
x_4	-3,455880	4,508594 15,36573 -140,0052 -189,8286	0,8118451	-12,94300 5,693776 44,03130 -84,91516

Berdasarkan hasil estimasi parameter pada Tabel 4.9 maka dapat dituliskan model birespon Spline sebagai persamaan berikut.

Untuk variabel respon pertama (penduduk miskin) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 y_1 = & -2,359594x_1 + 1,971832(x_1 - 85,07000)_+ + \\
 & +16,69821(x_1 - 90,5011)_+ - 57,03715(x_1 - 94,07421)_+ + \\
 & +36,93055(x_1 - 95,93222)_+ + 2,364287x_2 + \\
 & +87,77489(x_2 - 6,13000)_+ - 584,0766(x_2 - 7,50778)_+ + \\
 & -7824,393(x_2 - 8,54111)_+ + 13240,77(x_2 - 8,88556)_+ + \\
 & +13,20655x_3 + 47,72666(x_3 - 2,69000)_+ + \\
 & -37,22627(x_3 - 4,09444)_+ - 2617,708(x_3 - 5,14778)_+ + \\
 & -3463,588(x_3 - 5,49889)_+ - 3,45588x_4 + \\
 & +4,508594(x_4 - 59,99000)_+ + 15,36573(x_4 - 64,83889)_+ + \\
 & -140,0052(x_4 - 68,47556)_+ - 189,8286(x_4 - 69,68778)_+
 \end{aligned}$$

Untuk variabel respon kedua (pengeluaran perkapita makanan) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 y_2 = & 0,2538362x_1 - 2,629551(x_1 - 85,07000)_+ + \\
 & +36,49993(x_1 - 90,5011)_+ + 15,29037(x_1 - 94,07421)_+ + \\
 & -31,0227(x_1 - 95,93222)_+ + 7,846937x_2 + \\
 & +76,57484(x_2 - 6,13000)_+ + 2535,383(x_2 - 7,50778)_+ + \\
 & -446,1013(x_2 - 8,54111)_+ - 2106,975(x_2 - 8,88556)_+ + \\
 & +3,954253x_3 + 21,2286(x_3 - 2,69000)_+ + \\
 & +58,19551(x_3 - 4,09444)_+ - 380,6317(x_3 - 5,14778)_+ + \\
 & +598,7287(x_3 - 5,49889)_+ + 0,8118451x_4 + \\
 & -12,943(x_4 - 59,99000)_+ + 5,693776(x_4 - 64,83889)_+ + \\
 & +44,0313(x_4 - 68,47556)_+ - 84,91516(x_4 - 69,68778)_+
 \end{aligned}$$

4.4.5 Model dengan Lima Titik Knot Optimal

Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan titik knot optimal untuk masing – masing variabel prediktor dengan model birespon splinelinear dengan 5 titik knot.

Tabel 4.10 Posisi Titik Knot Optimal dengan 5 Titik Knot

Variabel Prediktor	Titik Knot Respon 1	Titik Knot Respon 2
x_1	85,07000	85,07000
	86,42778	86,42778
	89,14333	89,14333
	91,85889	91,85889
	97,29000	97,29000
x_2	6,13000	6,13000
	6,47444	6,47444
	7,16333	7,16333
	7,85222	7,85222
	9,23000	9,23000
x_3	2,69000	2,69000
	3,04111	3,04111
	3,74333	3,74333
	4,44556	4,44556
	5,85000	5,85000
x_4	59,99000	59,99000
	61,20222	61,20222
	63,62667	63,62667
	66,05111	66,05111
	70,90000	70,90000

Tabel 4.10 menunjukkan titik knot optimal untuk model birespon Spline dengan lima titik knot. Selain itu juga diperoleh nilai estimasi parameter untuk model birespon Spline dengan lima titik knot. Berikut ini adalah estimasi parameter yang diperoleh.

Tabel 4.11 Estimasi Parameter Model dengan 5 Titik Knot

Prediktor	Respon 1		Respon 2	
	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	$\hat{\lambda}$	$\hat{\phi}$
x_1	1,408710	-1,258605	0,1106942	1127,423
		-6,825487		-1,545449
		0,6129811		-8,163661
		7,346132		-4,412502
		-28996,99		-4391,189

Tabel 4.11 Estimasi Parameter Model dengan 5 Titik Knot (Lanjutan)

Prediktor	Respon 1		Respon 2	
	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	$\hat{\lambda}$	$\hat{\varphi}$
x_2	-5,050827	-51,43940 155,8178 198,1056 149,6044 27241,59	3,460321	-65,96864 93,31247 -41,57090 2482,580 -79316,90
x_3	5,232776	17,85603 27,49131 49,88977 -76,11730 1505,596	21,99245	34,55164 -43,19902 -39,13480 37,16095 19286,17
x_4	2,688098	4,220007 22,95645 -9,526319 4,770563 -1980,716	0,1368568	8,484619 5,357087 9,503413 11,17349 22646,04

Berdasarkan hasil estimasi parameter pada Tabel 4.11 maka dapat dituliskan model birespon Spline sebagai persamaan berikut.

Untuk variabel respon pertama (penduduk miskin) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 y_1 = & 1,40871x_1 - 1,258605(x_1 - 85,07000)_+ + \\
 & -6,825487(x_1 - 86,42778)_+ + 0,612981(x_1 - 89,1433)_+ + \\
 & +7,346132(x_1 - 91,85889)_+ - 28996,99(x_1 - 97,2900)_+ + \\
 & -5,050827x_2 - 51,4394(x_2 - 6,13000)_+ + \\
 & +155,8178(x_2 - 6,47444)_+ + 198,1056(x_2 - 7,16333)_+ + \\
 & +149,6044(x_2 - 7,85222)_+ + 27241,59(x_2 - 9,2300)_+ + \\
 & +5,232776x_3 + 17,85603(x_3 - 2,69000)_+ + \\
 & +27,49131(x_3 - 3,04111)_+ + 49,88977(x_3 - 3,74333)_+ + \\
 & -76,1173(x_3 - 4,44556)_+ + 1505,596(x_3 - 5,85000)_+ + \\
 & +2,688098x_4 + 4,220007(x_4 - 59,99000)_+ + \\
 & +22,95645(x_4 - 61,20222)_+ - 9,526319(x_4 - 63,62667)_+ + \\
 & +4,770563(x_4 - 66,05111)_+ - 1980,716(x_4 - 70,90000)_+
 \end{aligned}$$

Untuk variabel respon kedua (pengeluaran perkapita makanan) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 y_2 = & 0,01613462x_1 + 1127,423(x_1 - 85,07000)_+ + \\
 & -1,545449(x_1 - 86,42778)_+ - 8,163661(x_1 - 89,1433)_+ + \\
 & -4,412502(x_1 - 91,85889)_+ - 4391,189(x_1 - 97,2900)_+ + \\
 & +3,460321x_2 - 65,96864(x_2 - 6,13000)_+ + \\
 & +93,31247(x_2 - 6,47444)_+ - 41,5709(x_2 - 7,16333)_+ + \\
 & +2482,58(x_2 - 7,85222)_+ - 79316,9(x_2 - 9,2300)_+ + \\
 & +21,99245x_3 + 34,55164(x_3 - 2,69000)_+ + \\
 & -43,19902(x_3 - 3,04111)_+ - 39,1348(x_3 - 3,74333)_+ + \\
 & +37,16095(x_3 - 4,44556)_+ + 19286,17(x_3 - 5,85000)_+ + \\
 & +0,1368568x_4 + 8,484619(x_4 - 59,99000)_+ + \\
 & +5,357087(x_4 - 61,20222)_+ + 9,503413(x_4 - 63,62667)_+ + \\
 & +11,17349(x_4 - 66,05111)_+ + 22646,04(x_4 - 70,90000)_+
 \end{aligned}$$

4.5 Pemilihan Model Terbaik

Dalam memilih model terbaik dari regresi birespon spline maka dilihat dari nilai GCV yang paling minimum. Model terbaik adalah model yang memiliki nilai GCV paling minimum. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan nilai GCV dan MSE yang didapat dari tiap knot.

Tabel 4.12 Nilai GCV Minimum dan MSE Masing-masing Titik Knot

Variabel Prediktor	GCV Minimum	MSE
1 Titik knot	0,048652	0,040296
2 Titik knot	0,171215	0,134702
3 Titik knot	0,091143	0,064261
4 Titik knot	13,212153	9,945436
5 Titik knot	0,586604	0,385051

Pemilihan model terbaik adalah dengan kriteria model yang memiliki nilai GCV paling minimum dan MSE paling minimum pula. Berdasarkan Tabel 4.12 maka dapat diketahui bahwa nilai GCV minimum dan MSE minimum ada pada titik knot satu. Sehingga pemilihan untuk model terbaik dari persentase penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan

di Provinsi Jawa Timur adalah menggunakan satu titik knot optimal. Berikut ini adalah persamaan model regresi nonparametrik birespon Spline untuk satu titik knot optimal.

Untuk variabel respon pertama (penduduk miskin) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{y}_1 = & 1,204352x_1 - 8,251871(x_1 - 87,91575)_+ - 24,62748x_2 \\ & + 106,6044(x_2 - 6,85192)_+ - 13,33751x_3 \\ & - 27,91474(x_3 - 3,42589)_+ + 0,8843728x_4 \\ & + 10,92527(x_4 - 62,53068)_+\end{aligned}$$

Untuk variabel respon kedua (pengeluaran perkapita makanan) sebagai berikut

$$\begin{aligned}\hat{y}_2 = & -1,188518x_1 - 14,25863(x_1 - 87,91575)_+ - 6,170518x_2 \\ & + 142,0741(x_2 - 6,85192)_+ - 29,69175x_3 \\ & + 18,97163(x_3 - 3,42589)_+ + 1,251463x_4 \\ & + 21,24396(x_4 - 62,53068)_+\end{aligned}$$

4.6 Interpretasi Model Regresi Nonparametrik Birespon Spline

Model terbaik penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur menggunakan pendekatan regresi nonparametrik birespon spline yaitu dengan satu titik knot. Berikut ini adalah interpretasi dari model Spline untuk respon pertama yakni penduduk miskin sebagai berikut.

1. Jika variabel x_2 , x_3 , dan x_4 konstan, maka pengaruh dari Tingkat Kesempatan Kerja (x_1) terhadap penduduk miskin (y_1) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{y}_1 = & 1,204352x_1 - 8,251871(x_1 - 87,91575)_+ \\ \hat{y}_1 = & \begin{cases} 1,204352x_1 & ; x_1 < 87,91575 \\ -7,047339x_1 + 725,4694 & ; x_1 \geq 87,91575 \end{cases}\end{aligned}$$

Berdasarkan model yang terbentuk diatas dapat menjelaskan bahwa pada saat persentase tingkat kesempatan kerja kurang dari 87,91575 artinya adalah jika persentase tingkat kesempatan kerja naik sebesar satu persen, maka persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa

Timur akan naik sebesar 1,204352 persen. Sedangkan apabila persentase tingkat kesempatan kerja lebih besar atau sama dengan 89,91575 artinya adalah jika persentase tingkat kesempatan kerja meningkat sebesar satu persen, maka persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur cenderung menurun sebesar 7,047339 persen. Kabupaten/Kota yang berada di Provinsi Jawa Timur yang memiliki persentase tingkat kesempatan kerja kurang dari 87,91575 adalah Kota Pasuruan dan yang lebih besar atau sama dengan dari 87,91575 adalah Kabupaten/Kota diluar Kota Pasuruan yakni 37 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur.

Untuk interpretasi dari model Spline terbaik respon kedua yakni pengeluaran perkapita makanan dengan variabel prediktor pertama akan dijelaskan sebagai berikut.

Jika variabel x_2 , x_3 , dan x_4 konstan, maka pengaruh dari Tingkat Kesempatan Kerja (x_1) terhadap pengeluaran perkapita makanan (y_2) adalah sebagai berikut.

$$\hat{y}_2 = -1,188518x_1 - 14,25863(x_1 - 87,91575)_+ \\ \hat{y}_2 = \begin{cases} -1,188518x_1 & ; x_1 < 87,91575 \\ -15,447148x_1 + 1253,5581 & ; x_1 \geq 87,91575 \end{cases}$$

Berdasarkan model yang terbentuk diatas dapat menjelaskan bahwa pada saat persentase tingkat kesempatan kerja kurang dari 87,91575 artinya adalah jika persentase tingkat kesempatan kerja naik sebesar satu persen, maka persentase pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur akan turun sebesar 1,188518 persen. Sedangkan apabila persentase tingkat kesempatan kerja lebih besar atau sama dengan 89,91575 artinya adalah jika persentase tingkat kesempatan kerja meningkat sebesar satu persen, maka persentase pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur juga cenderung menurun sebesar 15,447148 persen. Kabupaten/Kota yang berada di Provinsi Jawa Timur yang memiliki persentase tingkat kesempatan kerja kurang dari 87,91575 adalah Kota

Pasuruan dan yang lebih besar atau sama dengan dari 87,91575 adalah Kabupaten/Kota diluar Kota Pasuruan yakni 37 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur.

2. Jika variabel x_2, x_3 , dan x_4 konstan, maka pengaruh dari Laju Pertumbuhan Ekonomi (x_2) terhadap penduduk miskin (y_1) adalah sebagai berikut.

$$\hat{y}_1 = -24,62748x_2 + 106,6044(x_2 - 6,85192)_+$$

$$\hat{y}_1 = \begin{cases} -24,62748x_2 & ; x_2 < 6,85192 \\ 81,97692x_2 - 730,4448 & ; x_2 \geq 6,85192 \end{cases}$$

Berdasarkan model yang terbentuk diatas dapat menjelaskan bahwa pada saat persentase laju pertumbuhan ekonomi kurang dari 6,85192 artinya adalah jika persentase laju pertumbuhan ekonomi naik sebesar satu persen, maka persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur akan menurun sebesar 24,62748 persen. Sedangkan apabila persentase laju pertumbuhan ekonomi lebih besar atau sama dengan 6,85192 artinya adalah jika persentase laju pertumbuhan ekonomi meningkat sebesar satu persen, maka persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur cenderung meningkat sebesar 81,97692 persen. Kabupaten/Kota yang berada di Provinsi Jawa Timur yang memiliki persentase laju pertumbuhan ekonomi kurang dari 6,85192 adalah 18 Kabupaten/Kota yakni Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Blitar, Kabupaten Lumajang, Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Situbondo, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Madiun, Kabupaten Magetan, Kabupaten Ngawi, Kabupaten Bangkalan, Kabupaten Sampang, Kabupaten Pamekasan, Kabupaten Sumenep, Kota Blitar, Kota Probolinggo, dan Kota Pasuruan. Sementara itu terdapat 20 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur yang memiliki persentase laju pertumbuhan ekonomi kurang dari 6,85192.

Untuk interpretasi dari model Spline terbaik respon kedua yakni pengeluaran perkapita makanan dengan variabel prediktor kedua akan dijelaskan sebagai berikut.

Jika variabel x_2 , x_3 , dan x_4 konstan, maka pengaruh dari Laju Pertumbuhan Ekonomi (x_2) terhadap pengeluaran perkapita makanan (y_2) adalah sebagai berikut.

$$\hat{y}_2 = -6,170518x_2 + 142,0741(x_2 - 6,85192)_+$$

$$\hat{y}_2 = \begin{cases} -6,170518x_2 & ; x_2 < 6,85192 \\ 135,904x_2 - 973,48036 & ; x_2 \geq 6,85192 \end{cases}$$

Berdasarkan model yang terbentuk diatas dapat menjelaskan bahwa pada saat persentase laju pertumbuhan ekonomi kurang dari 6,85192 artinya adalah jika persentase laju pertumbuhan ekonomi naik sebesar satu persen, maka persentase pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur akan menurun sebesar 6,170518 persen. Sedangkan apabila persentase laju pertumbuhan ekonomi lebih besar atau sama dengan 6,85192 artinya adalah jika persentase laju pertumbuhan ekonomi meningkat sebesar satu persen, maka persentase pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur cenderung meningkat sebesar 135,904 persen. Kabupaten/Kota yang berada di Provinsi Jawa Timur yang memiliki persentase laju pertumbuhan ekonomi kurang dari 6,85192 adalah 18 Kabupaten/Kota yakni Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Blitar, Kabupaten Lumajang, Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Situbondo, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Madiun, Kabupaten Magetan, Kabupaten Ngawi, Kabupaten Bangkalan, Kabupaten Sampang, Kabupaten Pamekasan, Kabupaten Sumenep, Kota Blitar, Kota Probolinggo, dan Kota Pasuruan. Sementara itu terdapat 20 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur yang memiliki persentase laju pertumbuhan ekonomi kurang dari 6,85192.

3. Jika variabel x_1, x_2 , dan x_4 konstan, maka pengaruh dari Tingkat Pengangguran Terbuka (x_3) terhadap penduduk miskin (y_1) adalah sebagai berikut.

$$\hat{y}_1 = -13,33751x_3 - 27,91474(x_3 - 3,42589)_+$$

$$\hat{y}_1 = \begin{cases} -13,33751x_3 & ; x_3 < 3,42589 \\ -41,2523x_3 + 95,6328 & ; x_3 \geq 3,42589 \end{cases}$$

Berdasarkan model yang terbentuk diatas dapat menjelaskan bahwa pada saat persentase tingkat pengangguran terbuka kurang dari 3,42589 artinya adalah jika persentase tingkat pengangguran terbuka naik sebesar satu persen, maka persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur akan turun sebesar 13,33751 persen. Sedangkan apabila persentase tingkat pengangguran terbuka lebih besar atau sama dengan 3,42589 artinya adalah jika persentase tingkat pengangguran terbuka meningkat sebesar satu persen, maka persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur juga cenderung menurun sebesar 41,2523persen. Kabupaten/Kota yang berada di Provinsi Jawa Timur yang memiliki persentase tingkat pengangguran terbuka kurang dari 3,42589 terdapat sebanyak 6 Kabupaten/Kota. Kabupaten/Kota tersebut yakni Kabupaten Pacitan, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Lumajang, Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Probolinggo, dan Kabupaten Pamekasan. Jumlah Kabupaten/Kota yang lebih besar atau sama dengan dari 3,42589 adalah 32 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur.

Untuk interpretasi dari model Spline terbaik respon kedua yakni pengeluaran perkapita makanan dengan variabel prediktor ketiga akan dijelaskan sebagai berikut.

Jika variabel x_1, x_2 , dan x_4 konstan, maka pengaruh dari Tingkat Pengangguran Terbuka (x_3) terhadap pengeluaran perkapita makanan (y_2) adalah sebagai berikut.

$$\hat{y}_2 = -29,69175x_3 + 18,97163(x_3 - 3,42589)_+$$

$$\hat{y}_2 = \begin{cases} -29,69175x_3 & ; x_3 < 3,42589 \\ -10,7201x_3 - 64,99471 & ; x_3 \geq 3,42589 \end{cases}$$

Berdasarkan model yang terbentuk diatas dapat menjelaskan bahwa pada saat persentase tingkat pengangguran terbuka kurang dari 3,42589 artinya adalah jika persentase tingkat pengangguran terbuka naik sebesar satu persen, maka persentase pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur akan turun sebesar 29,69175 persen. Sedangkan apabila persentase tingkat pengangguran terbuka lebih besar atau sama dengan 3,42589 artinya adalah jika persentase tingkat pengangguran terbuka meningkat sebesar satu persen, maka persentase pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur juga cenderung menurun sebesar 10,7201 persen. Kabupaten/Kota yang berada di Provinsi Jawa Timur yang memiliki persentase tingkat pengangguran terbuka kurang dari 3,42589 terdapat sebanyak 6 Kabupaten/Kota. Kabupaten/Kota tersebut yakni Kabupaten Pacitan, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Lumajang, Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Probolinggo, dan Kabupaten Pamekasan. Jumlah Kabupaten/Kota yang lebih besar atau sama dengan dari 3,42589 adalah 32 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur.

4. Jika variabel x_1, x_2 , dan x_3 konstan, maka pengaruh dari Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (x_4) terhadap penduduk miskin (y_1) adalah sebagai berikut.

$$\hat{y}_1 = 0,8843728x_4 + 10,92527(x_4 - 62,53068)_+$$

$$\hat{y}_1 = \begin{cases} 0,8843728x_4 & ; x_4 < 62,53068 \\ 11,8096428x_4 - 683,16452 & ; x_4 \geq 62,53068 \end{cases}$$

Berdasarkan model yang terbentuk diatas dapat menjelaskan bahwa pada saat persentase tingkat partisipasi angkatan kerja kurang dari 62,53068 artinya adalah jika persentase tingkat partisipasi angkatan kerja naik sebesar

satu persen, maka persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur akan naik sebesar 0,8843728 persen. Sedangkan apabila persentase tingkat partisipasi angkatan kerja lebih besar atau sama dengan 62,53068 artinya adalah jika persentase tingkat partisipasi angkatan kerja meningkat sebesar satu persen, maka persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur juga meningkat sebesar 11,8096428 persen. Kabupaten/Kota yang berada di Provinsi Jawa Timur yang memiliki persentase tingkat partisipasi angkatan kerja kurang dari 62,53068 adalah Kabupaten Jember dan yang lebih besar atau sama dengan dari 62,53068 adalah Kabupaten/Kota diluar Kabupaten Jember yakni 37 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur.

Sementara itu, untuk interpretasi dari model Spline terbaik respon kedua yakni pengeluaran perkapita makanan dengan variabel prediktor keempat akan dijelaskan sebagai berikut.

Jika variabel x_1, x_2 , dan x_3 konstan, maka pengaruh dari Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (x_4) terhadap pengeluaran perkapita makanan (y_2) adalah sebagai berikut.

$$\hat{y}_2 = 1,251463x_4 + 21,24396(x_4 - 62,53068)_+$$

$$\hat{y}_2 = \begin{cases} 1,251463x_4 & ; x_4 < 62,53068 \\ 22,4954x_4 - 1328,3992 & ; x_4 \geq 62,53068 \end{cases}$$

Berdasarkan model yang terbentuk diatas dapat menjelaskan bahwa pada saat persentase tingkat partisipasi angkatan kerja kurang dari 62,53068 artinya adalah jika persentase tingkat partisipasi angkatan kerja naik sebesar satu persen, maka persentase pengeluaran perkapita makanan di Provinsi Jawa Timur akan naik sebesar 1,251463 persen. Sedangkan apabila persentase tingkat partisipasi angkatan kerja lebih besar atau sama dengan 62,53068 artinya adalah jika persentase tingkat partisipasi angkatan kerja meningkat sebesar satu persen, maka persentase pengeluaran perkapita makanan di Provinsi

Jawa Timur juga meningkat sebesar 22,4954 persen. Kabupaten/Kota yang berada di Provinsi Jawa Timur yang memiliki persentase tingkat partisipasi angkatan kerja kurang dari 62,53068 adalah Kabupaten Jember dan yang lebih besar atau sama dengan dari 62,53068 adalah Kabupaten/Kota diluar Kabupaten Jember yakni 37 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan pada Bab IV, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Persentase penduduk miskin tertinggi terdapat di Kabupaten Sampang yakni sebesar 44,3% pada tahun 2011, sedangkan persentase penduduk miskin terendah adalah Kota Batu yakni sebesar 6,3%. Persentase pengeluaran perkapita tertinggi terdapat di Kabupaten Bangkalan yakni sebesar 62,89% pada tahun 2011, sedangkan persentase pengeluaran perkapita makanan terendah adalah Kota Surabaya yakni sebesar 40,49%.
2. Model regresi nonparametrik birespon Spline terbaik adalah model Spline linear dengan satu titik knot. Nilai GCV yang dihasilkan adalah 0,048652 dengan nilai MSE sebesar 0,040296. Model regresi nonparametrik birespon Spline yang dihasilkan sebagai berikut.

Untuk variabel respon pertama (penduduk miskin) sebagai berikut.

$$\hat{y}_1 = 1,204352x_1 - 8,25187(x_1 - 87,91575)_+ - 24,62748x_2 + 106,6044(x_2 - 6,85192)_+ - 13,33751x_3 + 27,91474(x_3 - 3,42589)_+ + 0,8843728x_4 + 10,92527(x_4 - 62,53068)_+$$

Untuk variabel respon kedua (pengeluaran perkapita makanan) sebagai berikut

$$\hat{y}_2 = -1,18851x_1 - 14,2586(x_1 - 87,9157)_+ - 6,170518x_2 + 142,0741(x_2 - 6,85192)_+ - 29,69175x_3 + 18,97163(x_3 - 3,42589)_+ + 1,251463x_4 + 21,24396(x_4 - 62,53068)_+$$

5.2 Saran

Saran yang diberikan oleh penulis adalah sebagai berikut.

1. Bagi pemerintah Provinsi Jawa Timur diharapkan agar lebih memperhatikan variabel – variabel yang memberikan suatu nilai tambah untuk peningkatan derajat kesejahteraan yang dapat dilihat dari hasil penelitian ini yakni mengenai faktor penduduk miskin dan pengeluaran perkapita makanan.
2. Bagi pembaca, hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu dan menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya
3. Untuk penelitian selanjutnya, variabel – variabel yang digunakan pada penelitian ini bisa dicobakan pada pendekatan regresi nonparametrik birespon spline kuadratik dan kubik.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Jawa Timur, 2011, *PDRB Kabupaten/Kota Se-Jawa Timur 2006-2010*, Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur Surabaya.
- Badan Pusat Statistik Jawa Timur, 2011, *Data Makro Sosial Ekonomi Jawa Timur*, Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur Surabaya.
- Badan Pusat Statistik Jawa Timur, 2011, *Indikator Sosial dan Ekonomi Jawa Timur*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur Surabaya.
- Bhattacharyya, G.K. dan Johnson, R.A., 1985. *Statistical Concepts and Methods*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Budiantara, I.N., 2005, Model Keluarga Spline Polinomial *Truncated* dalam Regresi Semiparametrik, *Berkala MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*.
- Budiantara, I.N., 2009, *Spline dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik : Sebuah Pemodelan Statistika Masa Kini dan Masa Mendatang*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Daniel, W., Wayne, 1989, *Statistika Nonparametrik Terapan*, PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta.
- Chernichovsky, D. dan Meesok, O.A., 1985. *Urban-rural Food and Nutrition Consumption Pattern in Indonesia*, PHN Technical Note 85-5, July 1985, World Bank.
- Damayanti, Y. 2013. *Pemodelan Penduduk Miskin di Jawa Timur Menggunakan Metode Geographically Weighted Regression (GWR)*. Tugas Akhir, Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Draper, N.R., and Smith, H., 1992, *Analisis Regresi Terapan*, PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta.

- Eubank, R.L., 1991, *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*, MerceL Dekker, New York.
- Fadillah, 2010, *Analisis Regresi Jumlah Penduduk Miskin dengan Faktor – Faktor yang Mempengaruhinya di Jawa Timur*. Tugas Akhir, Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Gujarati,D. 1992. *Basic Econometrics* 4th edition, The Mc Graw Hil Companies, NewYork.
- Kurnia, R., 2012, *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Angka Gizi Buruk di Jawa Timur dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline*, Oktaviana,D., 2011, *Regresi Spline Birespon untuk Memodelkan kadar Gula Darah Penderita Diabetes Melitus*, Tugas Akhir, Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Oktaviana,D., 2011, *Regresi Spline Birespon untuk Memodelkan kadar Gula Darah Penderita Diabetes Melitus*, Tugas Akhir, Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ryan,T.P., 1997, *Modern Regression Methods*, John Willey and Sons,Inc., United States of America.
- Setyawan,N.A.D., 2011, *Pendekatan Regresi Nonparamterik Birespon Spline untuk Pemodelan Determinan Tingkat Pendidikan di Pulau Papua*, Thesis
- Similia,T. Dan Tikka, J., 2007, *Input Selection and Shrinkage in Multiresponse Linear Regression*, *Preprint Submitted to Elsevier*.
- Surya,L. 2013. *Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Persentase Penduduk Miskin di Jawa Timur Menggunakan Regresi Semiparametrik Spline*. Tugas Akhir, Jurusan Statistika,

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Tripena, A., 2011, Penentuan Model Regresi Spline Terbaik, *Prosiding Seminar Nasional Statistika, Universitas Diponegoro, Semarang.*

Walpole, R.E., 1995, *Pengantar Statistika*, PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta.

Wang, Y. 1998. Spline Smoothing Models With Correlated Error. *Journal of the American Statistical Association.* Vol 93, pp.341-348.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap I Dewa Ayu Made Istri Wulandari lahir di Denpasar pada tanggal 7 Januari 1993 dari pasangan I Dewa Made Oka Bawa dan I Dewa Ayu Nyoman Seriwati. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal yaitu di SD Negeri 3 Legian, SMP Negeri 2 Denpasar, dan SMA Negeri 4 Denpasar. Penulis diterima di Jurusan Statistika pada tahun 2010 melalui jalur PMDK Reguler dengan nrp 1310100009. Selama berada di bangku kuliah, penulis pernah mengikuti berbagai kegiatan pengembangan diri. Penulis pernah menjabat sebagai Wakil Direktur Divisi PST HIMASTA ITS 2012/2013 dan Bendahara Umum I TPKH ITS 2011/2012. Motto hidup dari penulis adalah *do it now or you'll regret*. Penulis dapat dihubungi melalui email idaistriwulandari@gmail.com.

LAMPIRAN 1. Data Persentase Penduduk Miskin dan Pengeluaran Perkapita Makanan beserta Faktor –faktor yang diduga mempengaruhi

y_1	y_2	x_1	x_2	x_3	x_4
23,67	51,29	97,3	6,85	2,7	70,81
15,87	55,48	95,63	6,25	4,37	70,05
19,49	50,66	96,82	6,55	3,18	69,37
13,26	49,44	96,42	7,24	3,58	69,26
15,05	51,84	96,39	6,54	3,61	69,68
19,5	49,71	95,46	7,21	4,54	69,5
15,57	49,59	95,37	7,43	4,63	69,37
17,36	56,98	97,3	6,29	2,7	69,3
16,75	53,1	96,05	7	3,95	60
13,93	51,2	96,29	7,22	3,71	69,24
21,96	61,24	97,16	6,2	2,84	69,89
19,64	59,05	95,26	6,23	4,74	70,15
32,14	57,56	96,8	6,23	3,2	70,02
16,87	57,52	95,17	7,12	4,83	70,26
9,47	48,97	95,25	7,04	4,75	70,01
15,33	53,7	95,69	7,14	4,31	70,34
17,55	47,24	95,76	6,93	4,24	68,92
18,57	54,08	95,27	6,4	4,73	70,48
18,99	55,13	96,63	6,71	3,37	69,87
15,5	50,11	96,84	6,14	3,16	68,68
21,7	57,4	95,94	6,76	4,06	70,22
22,91	54,62	95,82	9,24	4,18	70,82
24,89	57,12	95,85	7,24	4,15	70,36
23,24	53,77	95,6	7,08	4,4	69,95
20,96	50,61	95,64	7,36	4,36	70

y_1	y_2	x_1	x_2	x_3	x_4
37,16	62,89	96,09	6,5	3,91	67,23
44,3	61,7	96,09	6,29	3,91	68,39
28,87	58,55	97,11	6,21	2,89	69,94
29,98	61,06	96,29	6,24	3,71	70,91
11,38	43,93	95,07	7,02	4,93	67,62
9,46	44,27	95,8	6,57	4,2	67,27
7,14	40,66	94,81	7,5	5,19	66,03
23,98	46,91	95,34	6,58	4,66	68,08
11,54	44,59	85,08	6,19	4,92	68,72
9,26	43,29	94,14	6,98	5,86	69,64
7,33	44,8	94,85	7,18	5,15	68,42
8,52	40,49	94,85	7,72	5,15	68,52
6,3	47,46	95,43	8,01	4,57	69,33

Keterangan:

Variabel	Nama Variabel
y_1	Persentase Penduduk Miskin
y_2	Pengeluaran Perkapita Makanan
x_1	Tingkat Kesempatan Kerja
x_2	Laju Pertumbuhan Ekonomi
x_3	Tingkat Pengangguran Terbuka
x_4	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja

LAMPIRAN 2. Program Regresi Nonparametrik Birespon Spline Linear Menggunakan *Software* MATLAB

#Syntax Function Default Knot (knotident,m)

```
function knotident(x,y,nknot,rand)
clc;

[~,n]=size(x);
[~,p]=size(y);
ltot=n*p;
kr=1;

for dd=1:ltot
    if dd<=n
        gtot=dd;
    else
        gtot=dd-n;
    end

    z=x(:,gtot);
    tit=linspace((min(z))-0.01,max(z)-
0.01,rand);
    r=combntns(tit,nknot);

    kgabtot(:, kr:(kr + nknot - 1)) = r;
    kr = kr + nknot;
end

format bank
xlswrite('dataknot.xls', kgabtot);
```

#Syntac Function untuk Estimasi Parameter, Menghitung dan Memilih GCV dan MSE Optimum (matrixexcob,m)

```
function
[GCVplgmin,mseplgopt,ordeopt,knotplgopt,beta,y_f
```

```

itjadi,rsquaredplgopt] =
matrixexcob(k,w,mord,rand,kgabtot)

clc;
% tic;
[m,colum]=size(k);
[~,p]=size(w);

y1=w(:,1);
y2=w(:,2);
y=[y1;y2];
N=size(y,1);
nn=length(y1);
nknod=(size(kgabtot,2))/(colum*p);

%inialisasi bobot
format bank
vary1=((y1-mean(y1))*(y1-mean(y1))')/nn;
vary2=((y2-mean(y2))*(y2-mean(y2))')/nn;
covy12=((y1-mean(y1))*(y2-mean(y2))')/nn;
covy21=((y2-mean(y2))*(y1-mean(y1))')/nn;
W=[vary1 covy12;covy21 vary2];
% W=pinv(wb);

smord=sum(mord,1);
splusmord=vertcat(mord,smord);
splusmordac=splusmord';
urutsplus=sortrows(splusmordac,(size(mord,1))+1)
;
acagain=urutsplus';
morde=acagain((1:end-1),:);
[km,tp]=size(morde);

l=p*colum;
[~,uk2]=size(kgabtot);

%iterasi pada kombinasi orde

```

```

hasilsem=zeros(tp, (km+uk2+3));
% waith = waitbar2a(0, 'Tunggu Sebentar...',
'BarColor', 'g');

for ws=1:tp
    orde=morde(:,ws);
    lm=1;
    %membentuk matrix polynomial berdasarkan
orde
    for kl=1:l
        if kl<=column
            idks=kl;
        else
            idks=kl-column;
        end
        s=k(:,idks);
        d=orde(kl);
        if d==1
            ec=s;
        elseif d==2
            ec1=s;
            ec2=s.*s;
            ec=[ec1 ec2];
        else
            ec3=s;
            ec4=s.*s;
            ec5=s.*s.*s;
            ec=[ec3 ec4 ec5];
        end
        exgab(:, lm:(lm + d - 1)) = ec;
        lm = lm + d;
    end

    %iterasi penghitungan GCV pada berbagai
titik knot
    mseall=zeros(rand,1);
    rsquaredall=zeros(rand,1);
    GCV=zeros(rand,1);
    for tb=1:rand

```

```

%pembentukan matriks knot
v=1;
kngab=zeros(m, (nknot*1));
for b=1:l
    if b<=column
        g=b;
    else
        g=b-column;
    end
    kw=k(:,g);
    for h=1:nknot
        a=kgabtot(tb, ((b-1)*nknot)+h));
        for j=1:m
            td=kw(j);
            if td>=a
                knot(j,h)=(td-
a)^orde(b);
            else
                knot(j,h)=0;
            end
        end
    end
    kngab(:, v:(v + nknot - 1)) = knot;
    v = v + nknot;
end

%membentuk matriks T
A = exgab;
B = kngab;
ord = orde';
cd1 = mat2cell(A, size(A,1), ord);
cd2 =
mat2cell(B, size(B,1), ones(size(B,2)/nknot,1)*nknot);

out = cell(1, numel(cd1)*2);
out(1:2:end) = cd1;
out(2:2:end) = cd2;
out = cell2mat(out);

```

```

[row,~]=size(orde);
ordel=orde(1:row/2,1);
sordel=sum(ordel);
jnknot=nknot*(row/2);
jtotl=sordel+jnknot;
base1=out(:,1:jtotl);
base2=out(:,(jtotl+1):end);
basetot=blkdiag(base1,base2);

%membentuk matriks H(K)
mate=(basetot'*W*basetot);
matinv=eye(size(mate))/mate;
H=basetot*matinv*(basetot'*W);

%membentuk matriks yhat
yhat=H*y;

%menghitung MSE

sse = norm((y-yhat)'*W*(y-yhat));
mse = sse/(N-4);
sst = norm((y-(mean(y)))'*W*(y-
mean(y)));
rsq = 1 - sse/sst;

mseall(tb,1)= mse;
rsquaredall(tb,1)= rsq;

%menghitung GCV
pen= ((trace(speye(N)-H)/(N))^2);
GCV(tb,1)=mse/pen;

% Mencari GCV, MSE, beta dan knot yang
optimum dalam satu kombinasi orde
result=[kgabtot mseall rsquaredall GCV];
resultant=sortrows(result,(uk2+3));
format short
knot_opt=resultant(1,1:uk2);

```

```

        format long
        mseopt=resultant(1,uk2+1);
        rsquaredopt=resultant(1,uk2+2);
        GCV_min=resultant(1,end);
    end
    format long
    hasilsem(ws,:)=ord knot_opt mseopt
rsquaredopt GCV_min];
%     waitbar2a(ws/tp,waith);
    waith = progressbar(ws/tp,[0.18 0.15]);
    if (waith) break; end
end

% close(waith);

%mencari GCV, MSE, dan knot yang optimum dalam
keseluruhan kombinasi orde
uruthasil=sortrows(hasilsem,(km+uk2+3));
format bank
ordeopt=uruthasil(1,1:km);
knotplgopt=uruthasil(1,(km+1):(km+uk2));
mseplgopt=uruthasil(1,km+uk2+1);
rsquaredplgopt=uruthasil(1,km+uk2+2);
GCVplgmin=uruthasil(1,end);

%cari matrix beta
lmopt=1;
ordeoptim=ordeopt';
for klopt=1:l
    if klopt<=column
        idksopt=klopt;
    else
        idksopt=klopt-column;
    end
    sopt=k(:,idksopt);
    dopt=ordeoptim(klopt);

    if dopt==1

```

```

        ecopt=sopt;
    elseif dopt==2
        ec1opt=sopt;
        ec2opt=sopt.^2;
        ecopt=[ec1opt ec2opt];
    else
        ec3opt=sopt;
        ec4opt=sopt.^2;
        ec5opt=sopt.^3;
        ecopt=[ec3opt ec4opt ec5opt];
    end
    exgabopt(:, lmopt:(lmopt + dopt - 1)) =
ecopt;
    lmopt = lmopt + dopt;
end

wc=1;
for bopt=1:l
    if bopt<=colum
        gopt=bopt;
    else
        gopt=bopt-colum;
    end
    kwopt=k(:,gopt);
    for hopt=1:nknot
        aopt=knotplgopt(1,(((bopt-
1)*nknot)+hopt));
        for jopt=1:m
            tdopt=kwopt(jopt);
            if tdopt>=aopt

knotop(jopt,hopt)=(tdopt-aopt)^ordeopt(bopt);
                else
                    knotop(jopt,hopt)=0;
                end
            end
        end
    end
    kngabopt(:, wc:(wc + nknot - 1)) = knotop;
    wc = wc + nknot;

```

```
end
```

```
%bikin matrix T optimum
```

```
Aopt = exgabopt;
```

```
Bopt = kngabopt;
```

```
cd1opt = mat2cell(Aopt, size(Aopt,1), ordeopt);
```

```
cd2opt =
```

```
mat2cell(Bopt, size(Bopt,1), ones(size(Bopt,2)/nknot,  
ot,1)*nknot);
```

```
outopt = cell(1, numel(cd1opt)*2);
```

```
outopt(1:2:end) = cd1opt;
```

```
outopt(2:2:end) = cd2opt;
```

```
outopt = cell2mat(outopt);
```

```
[rowout,~]=size(ordeoptim);
```

```
ordelopt=ordeoptim(1:rowout/2,1);
```

```
sordelopt=sum(ordelopt);
```

```
jnknotopt=nknot*(rowout/2);
```

```
jtot1opt=sordelopt+jnknotopt;
```

```
base1opt=outopt(:,1:jtot1opt);
```

```
base2opt=outopt(:,(jtot1opt+1):end);
```

```
baseopt=blkdiag(base1opt,base2opt);
```

```
mateopt=(baseopt'*W*baseopt);
```

```
matinvopt=eye(size(mateopt))/mateopt;
```

```
Hopt=baseopt*matinvopt*(baseopt'*W);
```

```
format long
```

```
beta=matinvopt*(baseopt'*W)*y;
```

```
y_fit=Hopt*y;
```

```
yfit1 = y_fit(1:((size(y_fit,2))/2),1);
```

```
yfit2 = y_fit(((size(y_fit,2))/2)+1:end,1);
```

```
y_fitjadi = [yfit1 yfit2];
```

```
% toc;
```

```
% clc
```

LAMPIRAN 3. *Output* Program Matlab dengan 1 Titik Knot

HASIL REGRESI NONPARAMETRIK BIRESPOK SPLINE

Nilai Koefisien Korelasi Antar Variabel Respon
0.78289

Nilai Kebaikan model
Nilai GCV Optimal = 0.048652008205776
Nilai MSE = 0.040296852693198

Orde optimum

1
1
1
1
1
1
1
1
1

Knot Optimum

87.91575
6.85192
3.42589
62.53068
87.91575
6.85192
3.42589
62.53068

Nilai Beta

1.204352e+000
-8.251871e+000
-2.462748e+001
1.066044e+002
-1.333751e+001
-2.791474e+001

8.843728e-001
1.092527e+001
-1.188518e+000
1.425863e+001
-6.170518e+000
1.420741e+002
-2.969175e+001
1.897163e+001
1.251463e+000
2.124396e+001

Lama Proses (menit): 6.37
Tanggal diolah: 08-Dec-2013

LAMPIRAN 4. *Output* Program Matlab dengan 2 Titik Knot

HASIL REGRESI NONPARAMETRIK BIRESPOK SPLINE

Nilai Koefisien Korelasi Antar Variabel Respon
0.78289

Nilai Kebaikan model
Nilai GCV Optimal = 0.171215807115518
Nilai MSE = 0.134702177127034

Orde optimum

1
1
1
1
1
1
1
1
1

Knot Optimum

86.63667
91.33667
6.52744
7.71974
3.09513
4.31051
61.38872
65.58487
86.63667
91.33667
6.52744
7.71974
3.09513
4.31051
61.38872
65.58487

Nilai Beta

-4.584016e-001
-4.893201e+000
-1.422823e-001
1.850882e+001
-1.585560e+002
-9.069970e+001
2.933043e+000
-2.549604e+001
3.976814e+001
1.304264e+000
-5.965649e+000
2.134648e+001
5.166639e-001
-1.065757e+000
1.704484e+001
8.536430e+000
5.414442e+001
-2.225508e+002
-5.195567e+000
-3.698007e+001
1.171771e+002
-3.654015e+000
-5.071139e+000
-1.598780e+000

Lama Proses (menit): 15.93
Tanggal diolah: 13-Dec-2013

LAMPIRAN 5. *Output* Program Matlab dengan 3 Titik Knot

HASIL REGRESI NONPARAMETRIK BIRESPOK SPLINE

Nilai Koefisien Korelasi Antar Variabel Respon
0.78289

Nilai Kebaikan model
Nilai GCV Optimal = 0.091143081773467
Nilai MSE = 0.064261372496948

Orde optimum

1
1
1
1
1
1
1
1
1

Knot Optimum

92.78789
94.07421
97.29000
8.08789
8.41421
9.23000
4.68579
5.01842
5.85000
66.88053
68.02895
70.90000
92.78789
94.07421
97.29000
8.08789

8.41421
9.23000
4.68579
5.01842
5.85000
66.88053
68.02895
70.90000

Nilai Beta

-1.613462e-002
4.320372e+000
4.904902e+000
9.378998e+004
-1.007940e+001
-6.081081e+002
-1.450168e+003
1.342349e+005
-6.263085e+000
-2.545932e+002
-1.481041e+002
2.457945e+003
3.944142e-001
-4.172758e+001
2.931043e+001
1.872980e+003
-2.286927e-002
2.315562e+000
7.075461e+001
1.640440e+003
7.923484e+000
6.983968e+002
-4.927659e+003
4.787996e+004
5.522531e+000
6.575360e+001
7.325079e+001
-7.292949e+004
-1.452472e+000

8.520332e+000
-5.932571e+001
2.544354e+003

Lama Proses (menit): 13.73
Tanggal diolah: 07-Dec-2013

LAMPIRAN 6. *Output* Program Matlab dengan 4 Titik Knot

HASIL REGRESI NONPARAMETRIK BIRESPOK SPLINE

Nilai Koefisien Korelasi Antar Variabel Respon
0.78289

Nilai Kebaikan model
Nilai GCV Optimal = 13.212153485255811
Nilai MSE = 9.945436336787225

Orde optimum

1
1
1
1
1
1
1
1
1

Knot Optimum

85.07000
90.50111
94.57444
95.93222
6.13000
7.50778
8.54111
8.88556
2.69000
4.09444
5.14778
5.49889
59.99000
64.83889
68.47556
69.68778

85.07000
90.50111
94.57444
95.93222
6.13000
7.50778
8.54111
8.88556
2.69000
4.09444
5.14778
5.49889
59.99000
64.83889
68.47556
69.68778

Nilai Beta

-2.359594e+000
1.971832e+000
1.669821e+001
-5.703715e+001
3.693055e+001
2.364287e+000
8.777489e+001
-5.840766e+002
-7.824393e+003
1.324077e+004
1.320655e+001
4.772666e+001
-3.722627e+001
-2.617708e+003
-3.463588e+003
-3.455880e+000
4.508594e+000
1.536573e+001
-1.400052e+002
-1.898286e+002
2.538362e-001

-2.629551e+000
3.649993e+001
1.529037e+001
-3.102270e+001
7.846937e+000
7.657484e+001
2.535383e+003
-4.461013e+002
-2.106975e+003
3.954253e+000
2.122860e+001
5.819551e+001
-3.806317e+002
5.987287e+002
8.118451e-001
-1.294300e+001
5.693776e+000
4.403130e+001
-8.491516e+001

Lama Proses (menit): 4.88
Tanggal diolah: 08-Dec-2013

LAMPIRAN 7 . Output Program Matlab dengan 5 Titik Knot

HASIL REGRESI NONPARAMETRIK BIRESPOK SPLINE

Nilai Koefisien Korelasi Antar Variabel Respon
0.78289

Nilai Kebaikan model
Nilai GCV Optimal = 0.586604209286421
Nilai MSE = 0.385051122596502

Orde optimum

1
1
1
1
1
1
1
1
1

Knot Optimum

85.07000
86.42778
89.14333
91.85889
97.29000
6.13000
6.47444
7.16333
7.85222
9.23000
2.69000
3.04111
3.74333
4.44556
5.85000
59.99000

61.20222
63.62667
66.05111
70.90000
85.07000
86.42778
89.14333
91.85889
97.29000
6.13000
6.47444
7.16333
7.85222
9.23000
2.69000
3.04111
3.74333
4.44556
5.85000
59.99000
61.20222
63.62667
66.05111
70.90000

Nilai Beta

1.408710e+000
-1.258605e+000
-6.825487e+000
6.129811e-001
7.346132e+000
-2.899699e+004
-5.050827e+000
-5.143940e+001
1.558178e+002
1.981056e+002
1.496044e+002
2.724159e+004
5.232776e+000

1.785603e+001
2.749131e+001
4.988977e+001
-7.611730e+001
1.505596e+003
2.688098e+000
4.220007e+000
2.295645e+001
-9.526319e+000
4.770563e+000
-1.980716e+003
1.106942e-001
1.127423e+001
-1.545449e+000
-8.163661e+000
-4.412502e+000
-4.391189e+003
3.460321e+000
-6.596864e+001
9.331247e+001
-4.157090e+001
2.482580e+003
-7.931690e+004
2.199245e+001
3.455164e+001
-4.319902e+001
-3.913480e+001
3.716095e+001
1.928617e+004
1.368568e-001
8.484619e+000
5.357087e+000
9.503413e+000
1.117349e+001
2.264604e+004

Lama Proses (menit): 6.38
Tanggal diolah: 09-Dec-2013