



**TUGAS AKHIR - SS 091324**

**PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI  
ANGKA KEMATIAN BAYI DENGAN MENGGUNAKAN REGRESI  
NONPARAMETRIK SPLINE DI SUMATERA UTARA**

**ANDEREAS GINTING  
NRP 1310 100 081**

**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 - SS 091324**

**MODELING FACTORS AFFECTING THE INFANT MORTALITY  
RATE USING SPLINE NONPARAMETRIC REGRESSION IN  
NORTH SUMATERA**

**ANDEREAS GINTING  
NRP 1310 100 081**

**Lecture Advisor  
Prof.Dr.Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si**

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

## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI ANGKA KEMATIAN BAYI DENGAN MENGUNAKAN REGRESI NONPARAMETRIK SPLINE DI SUMATERA UTARA

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada

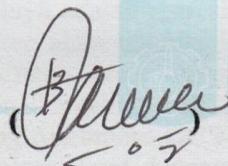
Program Studi S-1 Jurusan Statistika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ANDEREAS GINTING**  
NRP. 1310 100 081

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, JULI 2014

# PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI ANGKA KEMATIAN BAYI DENGAN MENGUNAKAN REGRESI NONPARAMETRIK *SPLINE* DI SUMATERA UTARA

Nama Mahasiswa : Andreas Ginting  
NRP : 1310 100 081  
Jurusan : Statistika  
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si

## ABSTRAK

Salah satu dari 8 butir target MDGs nasional adalah angka kematian bayi. Angka kematian bayi merupakan salah satu tolok ukur penilaian kinerja pemerintah daerah khususnya departemen kesehatan dalam usaha memperbaiki derajat kesehatan masyarakat. Angka kematian bayi adalah banyaknya kematian bayi berusia dibawah satu tahun per 1000 kelahiran hidup pada satu tahun tertentu. Pada penelitian ini, ada enam faktor yang diduga mempengaruhi angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara. Metode yang digunakan untuk memodelkan angka kematian bayi dan faktor yang diduga mempengaruhinya adalah regresi nonparametrik spline. Metode ini dipilih karena *spline* akan membagi kurva regresi berdasarkan titik knot optimal sehingga error yang dihasilkan akan kecil. Pemilihan titik knot dilakukan dengan memilih nilai *Generalized Cross Validation (GCV)* yang paling minimum. *GCV* minimum pada penelitian ini adalah *GCV* dari kombinasi knot dengan knot untuk keenam variabel secara berturut-turut adalah 2,3,3,3,3, dan 3. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, 6 variabel yang berpengaruh signifikan terhadap AKB adalah presentase wanita berkeluarga di bawah umur 17 tahun, presentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI, presentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis, presentase penduduk golongan sosial ekonomi menengah kebawah, rasio fasilitas kesehatan, rasio tenaga kesehatan. Model regresi nonparametrik *Spline* yang dihasilkan memiliki koefisien determinasi sebesar 98,314.

**Kata kunci** : angka kematian bayi, regresi nonparametrik, *spline*



# MODELING FACTORS AFFECTING THE INFANT MORTALITY RATE USING SPLINE NONPARAMETRIC REGRESSION IN NORTH SUMATERA

Name : Andreas Ginting  
NRP : 1310 100 081  
Department : Statistics  
Lecture advisor : Prof.Dr.Drs.INyomanBudiantara,M.Si

## ABSTRACT

One of the 8 points of the national MDG target is the infant mortality rate. The infant mortality rate is one measure of performance assessment, especially local government health departments in improving the health of society. The infant mortality rate is the number of infant deaths under one year old per 1,000 live births in a given year. In this study, there are six factors thought to affect the infant mortality rate in the province of North Sumatra. The method which is used to model the infant mortality rate and the factors that is suspected influencing is spline nonparametric regression. This method was chosen because it would split the spline regression curve based on the point of optimal knots so that the error will be small. The selection is done by selecting the most minimum knots point value of the Generalized Cross Validation (GCV). The minimum GCV in this study were from a combination of knots to six knots with consecutive variables are 2,3,3,3,3, and 3. Based on the analysis conducted, 6 variables that significantly influence the IMR is the percentage of married women under the age of 17 years, the percentage of women who had not been to school or did not complete elementary school / MI, the percentage of births using non-medical personnel, the percentage of the population of middle socioeconomic class, the ratio of health facilities, health personnel ratio. Spline nonparametric regression models which is produced has a coefficient of determination equal to 98.314.

**keywords** : infant mortality rate, nonparametric regression, *spline*



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Statistika Deskriptif.....	7
2.2 Analisis Regresi.....	7
2.3 Analisis Regresi Nonparametrik Spline.....	8
2.4 Estimasi Parameter.....	9
2.5 Pemilihan Titik Knot Optimal.....	10
2.6 Pengujian Parameter Model.....	10
2.6.1 Uji Serentak.....	12
2.6.2 Uji Parsial.....	12
2.7 Uji Asumsi Residual.....	13
2.7.1 Uji Identik.....	14
2.7.2 Uji Independen.....	14
2.7.3 Uji Distribusi Normal.....	15
2.8 Angka Kematian Bayi.....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Sumber Data.....	19
3.2 Variabel Penelitian.....	19

3.3	Langkah-Langkah Penelitian.....	21
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Karakteristik Angka Kematian Bayi Provinsi Sumatera Utara dan Faktor yang Berpengaruh.....	25
4.2	Pola Hubungan AKB Provinsi Sumatera Utara Dengan faktor-faktor yang Berpengaruh.....	30
4.2.1	Pola Hubungan Antara AKB dengan Presentase Wanita Berkeluarga dibawah 17 Tahun .....	30
4.2.2	Pola Hubungan Antara AKB dengan Presentase Wanita yang Tidak Pernah Sekolah atau Tidak Tamat SD/MI.....	31
4.2.3	Pola Hubungan Antara AKB dengan Presentase Persalinan yang Menggunakan Tenaga Non Medis .....	32
4.2.4	Pola Hubungan Antara AKB dengan Presentase Penduduk Golongan Sosial Ekonomi Menengah kebawah .....	33
4.2.5	Pola Hubungan Antara AKB dengan Rasio Fasilitas Kesehatan .....	34
4.2.6	Pola Hubungan Antara AKB dengan Rasio Tenaga Kesehatan.....	35
4.3	Pemilihan Titik Knot Optimal .....	36
4.3.1	Pemilihan Titik Knot Optimal dengan Satu Titik Knot .....	36
4.3.2	Pemilihan Titik Knot Optimal dengan Dua Titik Knot .....	38
4.3.3	Pemilihan Titik Knot Optimal dengan Tiga Titik Knot .....	40
4.3.4	Pemilihan Titik Knot Optimal dengan Kombinasi Knot.....	42
4.4	Estimasi Parameter Model Regresi Nonparametrik Spline .....	44
4.5	Pengujian Signifikansi Parameter Model Regresi Nonparametrik Spline .....	46
4.5.1	Pengujian Signifikansi Parameter Model Secara	

Serentak .....	46
4.5.2 Pengujian Signifikansi Parameter Model Secara Individu .....	47
4.6 Pengujian Asumsi Residual .....	48
4.6.1 Uji Identik .....	49
4.6.2 Uji Independen.....	49
4.6.3 Uji Distribusi Normal.....	50
4.7 Interpretasi Model Regresi Nonparametrik Spline ....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	63
<b>LAMPIRAN</b> .....	65



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan atas berkat dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **"PEMODELAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI ANGKA KEMATIAN BAYI DENGAN MENGGUNAKAN REGRESI NONPARAMETRIK SPLINE DI SUMATERA UTARA"**. Dalam penyelesaian tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan perhatian dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T selaku Ketua Jurusan Statistika ITS dan Ibu Dra. Lucia Aridinanti, M.T selaku kaprodi S1 Jurusan Statistika.
2. Seluruh dosen Statistika ITS yang telah membagi ilmu kepada penulis selama kuliah di Statistika ITS
3. Orang Tua, kak Vera, abang Siswanta, abang Merlin, kak Karlina dan abang Yuda yang selalu mendoakan, memberikan semangat, bimbingan dan perhatian demi kesuksesan penulis.
4. Bapak Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberikan ilmu dan nasehat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Dr. Ismaini Zain, M.Si dan Dra. Madu Ratna. M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, kritik dan masukan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Dra. Destri Susilaningrum. M.si selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama mengikuti kuliah di Statistika ITS
7. Teman-teman seperjuangan Tugas Akhir Syaiful, Sulis, Citra serta teman-teman semasa perkuliahan Mega, Ziza, Merli, Haris, Candra, Arifin, Rori, Muktar, Bayu, Surya, Arga dan teman-teman angkatan  $\Sigma 21$ .

8. Teman-teman TGF dan teman-teman PERMATA Surabaya terimakasih atas doa dan kebersamaannya.
9. Teman-teman SOSMA BEM FMIPA 2011/2012 terimakasih atas kebersamaannya.
10. Pihak-pihak lain yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

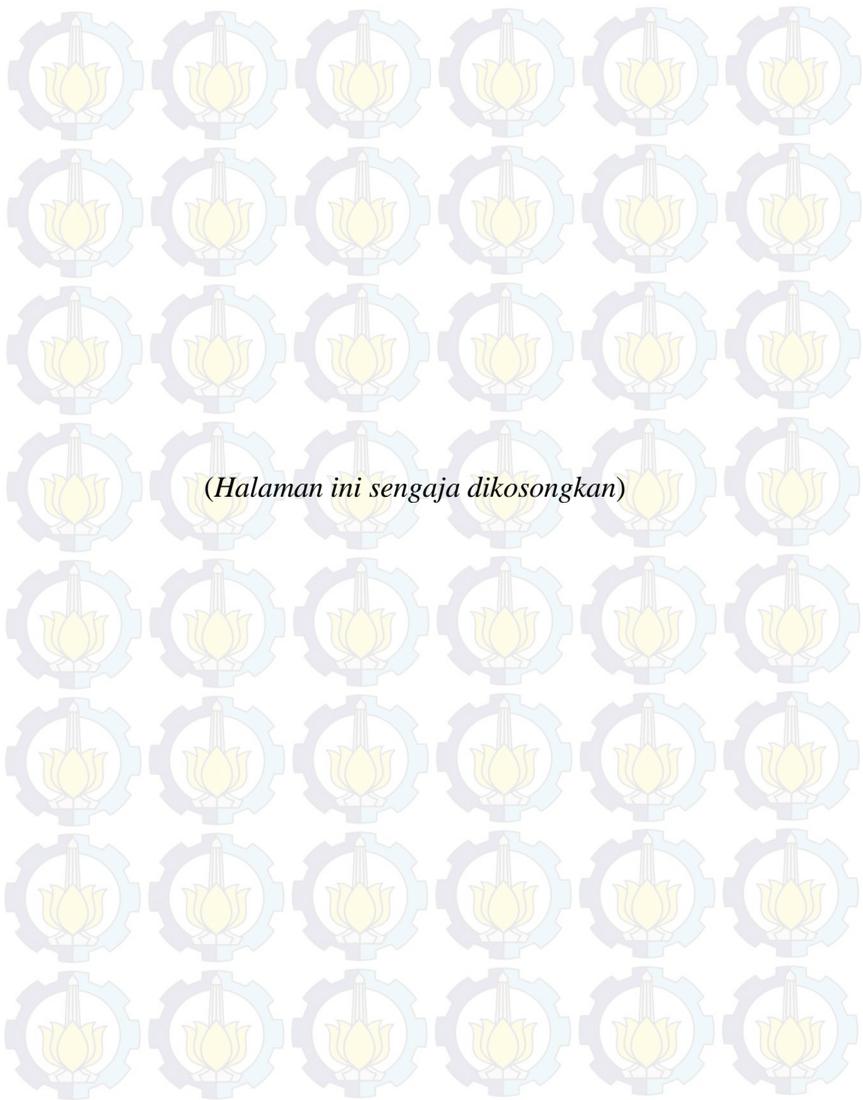
Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak.

Surabaya, Juli 2014

**Penulis**

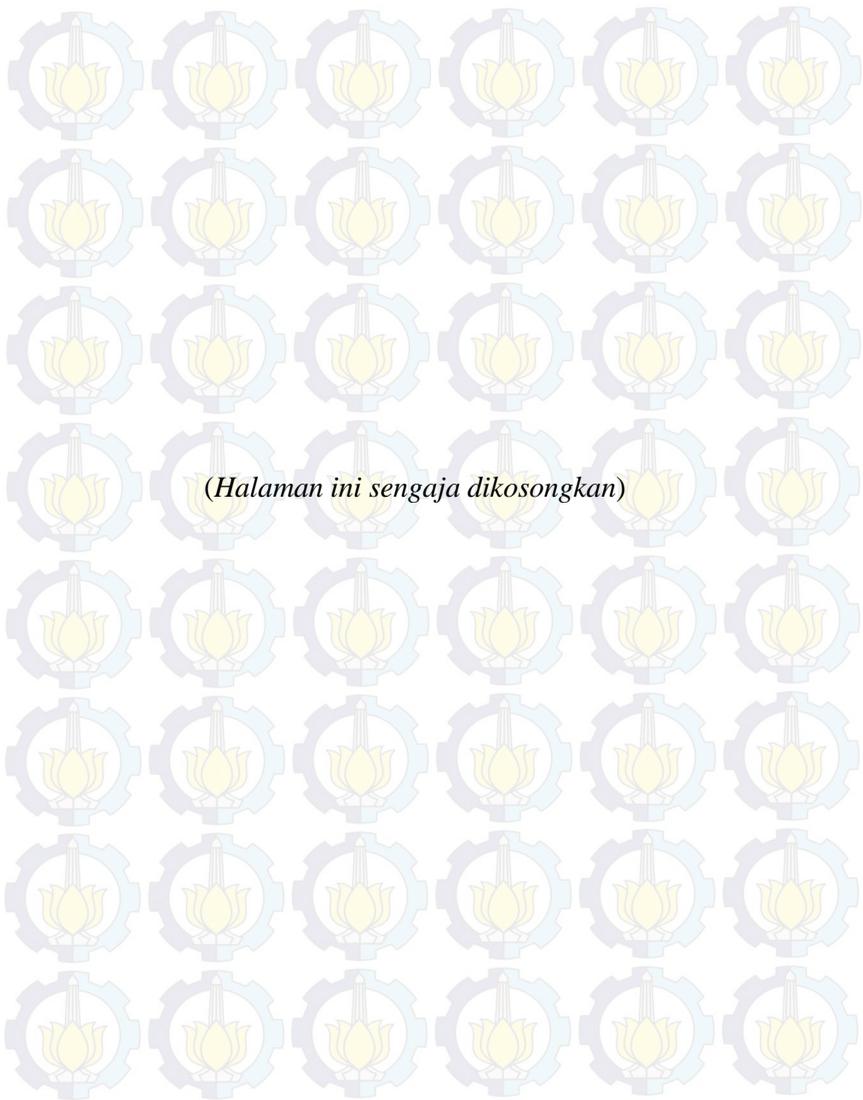
## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	23
Gambar 4.1 Diagram Batang AKB Kabupaten/Kota di Sumatera Utara.....	29
Gambar 4.2 <i>Scatterplot</i> Antara AKB dengan Presentase Wanita Berkeluarga Dibawah 17 Tahun .....	31
Gambar 4.3 <i>Scatterplot</i> Antara AKB dengan Presentase Wanita Tidak Pernah Sekolah atau Tidak Tamat SD .....	32
Gambar 4.4 <i>Scatterplot</i> Antara AKB dengan Presentase Persalinan Menggunakan Tenaga Non Medis .....	33
Gambar 4.5 <i>Scatterplot</i> Antara AKB dengan Presentase Penduduk Golongan Sosial Ekonomi Menengah Kebawah .....	34
Gambar 4.6 <i>Scatterplot</i> Antara AKB dengan Rasio Fasilitas Kesehatan.....	35
Gambar 4.7 <i>Scatterplot</i> Antara AKB dengan Rasio Tenaga Kesehatan.....	36
Gambar 4.8 Plot ACF Residual .....	50
Gambar 4.9 Plot Uji Distribusi Normal .....	51



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Analisis of Varians (ANOVA) .....	12
Tabel 3.1 Variabel Penelitian .....	19
Tabel 4.1 Karakteristik AKB dan Faktor yang diduga Berpengaruh .....	25
Tabel 4.2 Nilai GCV dengan Satu Titik Knot .....	37
Tabel 4.3 Nilai GCV dengan Dua Titik Knot.....	39
Tabel 4.4 Nilai GCV dengan Tiga Titik Knot.....	41
Tabel 4.5 Nilai GCV dengan Kombinasi Knot.....	42
Tabel 4.6 Estimasi Parameter .....	44
Tabel 4.7 ANOVA Model Regresi Secara Serentak.....	46
Tabel 4.8 Pengujian Parameter Model Secara Individu .....	47
Tabel 4.10 ANOVA untuk Uji Glejser.....	49



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Setiap negara berusaha meningkatkan kesejahteraan dan memberikan kehidupan yang layak untuk setiap warga negaranya. Selain pendapatan dan pendidikan yang layak, derajat kesehatan masyarakat merupakan faktor penting dalam peningkatan kesejahteraan masyarakat. Derajat kesehatan masyarakat adalah tingkat keadaan kesehatan masyarakat disuatu daerah. Indikator untuk mengukur tingkat kesehatan masyarakat adalah Status gizi, Angka Kesakitan (Morbiditas) dan Angka Kematian (Mortalitas) (Departemen Kesehatan RI, 2007)

Angka Kematian Bayi (AKB) adalah salah satu tolok ukur penilaian terhadap kinerja pemerintah daerah khususnya departemen kesehatan dalam usaha memperbaiki derajat kesehatan masyarakat. Hingga saat ini Angka Kematian Bayi (AKB) di Indonesia belum mencapai target *Millennium Development Goals* (MDGs). MDGs adalah tujuan yang ingin dicapai oleh berbagai bangsa pada tahun 2015 untuk menjawab tantangan-tantangan utama pembangunan di negara maju dan berkembang dalam menangani permasalahan utama pembangunan seperti kemiskinan, ketimpangan kesejahteraan dan hak asasi manusia. MDGs dideklarasikan pada bulan september tahun 2000, disepakati oleh 189 negara dan ditandatangani oleh 147 kepala pemerintahan dan kepala negara dalam Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Milenium Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) di New York, Amerika Serikat. Negara-negara berkembang berkewajiban melaksanakan MDGs termasuk Indonesia. Sedangkan negara maju berkewajiban mendukung dan memberikan bantuan terhadap upaya keberhasilan setiap tujuan dan target MDGS. MDGs memiliki 8 butir tujuan dengan 18 target dan 48 indikator untuk mengukur pencapaian tujuan pembangunan masyarakat dan kesejahteraan rakyat pada tahun 2015 (Bappenas, 2011).

Salah satu indikator dari 8 tujuan MDGs yaitu Angka Kematian Bayi (AKB) dimana pada tahun 2015 angka kematian bayi di Indonesia harus mencapai 23/1.000 kelahiran hidup. AKB di Indonesia pada tahun 2011 adalah 37 kematian per 1.000 kelahiran hidup (Kurniawan, 2013). Jadi Indonesia harus mengurangi angka kematian bayi sebesar 14/1.000 kelahiran hidup untuk mencapai target MDGs. Oleh karena itu diperlukan kerja keras, komitmen dan kerja sama dari semua elemen pemerintahan dari pemerintah pusat hingga pemerintah daerah baik provinsi, maupun kota/kabupaten.

Provinsi Sumatera Utara merupakan salah satu dari 5 provinsi yang menjadi menyumbang terbanyak Angka Kematian Bayi (AKB) di Indonesia. Menurut Direktur bina gizi kesehatan ibu dan anak, kelima provinsi penyumbang AKB terbanyak di Indonesia adalah Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sumatera Utara dan Banten. Hal ini disebabkan kelima provinsi tersebut memiliki jumlah penduduk yang besar. Oleh karena itu perlu diteliti keadaan angka kematian bayi di Sumatera Utara. Menurut Badan Pusat Statistika (BPS) Sumatera Utara, Angka Kematian Bayi (AKB) di Sumatera Utara pada tahun 2010 adalah 26 kematian per 1000 kelahiran. Angka ini masih berada dibawah target MDGs pada tahun 2015. Oleh karena itu pemerintah Sumatera Utara khususnya dinas kesehatan perlu melakukan evaluasi. Salah satu langkah awal dalam mengevaluasi angka kematian bayi adalah dengan mengetahui penyebab kematian bayi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi di Sumatera Utara.

Penelitian sebelumnya mengenai Angka Kematian Bayi (AKB) dilakukan oleh Lestari (2007) dan Fitriana (2003). Lestari (2007) melakukan penelitian dengan menggunakan Regresi Nonparametrik Spline menyimpulkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap AKB Jatim adalah persentase persalinan dengan bantuan tenaga non medis, persentase wanita berumah tangga di bawah umur 17 tahun, persentase penduduk yang

mengonsumsi garam beryodium cukup, persentase penduduk golongan sosial ekonomi menengah kebawah, persentase bayi yang tidak diberi ASI, persentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI, jumlah fasilitas kesehatan, dan jumlah tenaga kesehatan. Fitriana (2003) melakukan penelitian dengan menggunakan uji Chi-square menyimpulkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi di Rumah Sakit Umum Pringadi Medan adalah pendidikan ibu, berat badan lahir, dan penyakit pada masa neonatal.

Penelitian faktor-faktor yang mempengaruhi AKB dapat dilakukan dengan banyak metode. Fitriana (2003) melakukan analisis faktor-faktor angka kematian bayi dengan menggunakan uji Chi-square. Namun Uji Chi-square tepat digunakan jika skala data nominal. Fitriana (2007) melakukan analisis faktor faktor yang mempengaruhi AKB secara individu untuk setiap faktornya. Oleh karena itu pada penelitian ini, peneliti ingin melakukan analisis secara serentak dengan menggunakan metode analisis regresi. Analisis regresi sering digunakan karena regresi dapat menjelaskan hubungan antara faktor respon dan variabel prediktor. Sehingga analisis regresi sesuai digunakan jika ingin melakukan penelitian faktor-faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi di Sumatera Utara. Metode regresi berdasarkan pola kurva regresi antara variabel respon dan prediktor dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu parametrik, nonparametrik, dan semiparametrik. Regresi Parametrik digunakan jika kurva regresi membentuk pola data tertentu seperti kubik linier atau kuadrat. Regresi Nonparametrik digunakan jika kurva regresi tidak membentuk pola data yang tertentu sedangkan regresi Semiparametrik digunakan jika ada faktor penyebab memiliki kurva regresi yang membentuk pola dan ada juga yang tidak membentuk pola. Batasan masalah yang sering terjadi pada penggunaan regresi parametrik adalah peneliti harus memiliki informasi yang detail tentang masa lalu agar diperoleh pemodelan yang baik (Budiantara, 2009). Pada kenyataannya, pola regresi yang dihasilkan tidak selalu membentuk pola tertentu (regresi

parametrik). Oleh karena itu, jika pola kurva regresinya tidak membentuk pola maka metode yang sesuai adalah metode regresi nonparametrik dan semiparametrik. Ada beberapa metode yang dapat digunakan jika kurva regresi nonparametrik seperti Spline, Kernel, MARS, dan lain-lain.

Pada penelitian ini, secara matematis dan logika perorangan maka variabel prediktor yang mempengaruhi angka kematian bayi di Sumatera Utara memiliki pola data yang linier. Pola data yang linier karena secara sistematis dan logika jika variabel prediktor seperti rasio fasilitas kesehatan dan rasio tenaga kesehatan semakin besar maka angka kematian bayi di Sumatera utara semakin menurun. Namun teori ini tidak bisa digunakan pada penelitian ini karena ruang lingkup penelitian adalah kabupaten/kota di Sumatera Utara. Sehingga sumber variasi datanya adalah wilayah yaitu berupa kabupaten/kota. Oleh karena itu, bentuk pola data akan acak dan tidak membentuk pola, sehingga analisis yang sesuai adalah regresi nonparametrik Spline. Penggunaan Spline dikarenakan Spline akan membagi kurva regresi berdasarkan titik knot optimal sehingga error yang dihasilkan pada model akan kecil dibandingkan dengan metode lain. Selain itu Penggunaan analisis regresi Nonparametrik Spline dikarenakan regresi nonparametrik spline sangat baik digunakan untuk mengatasi pola data yang memiliki perubahan perilaku pada sub-sub interval tertentu Spline juga mempunyai kemampuan yang sangat baik untuk digeneralisasikan pada pemodelan Statistika yang kompleks dan rumit (Budiantara, 2009). Sehingga Regresi Nonparametrik Spline dapat digunakan untuk mendapatkan model faktor-faktor yang mempengaruhi Angka Kematian Bayi (AKB) di Provinsi Sumatera Utara.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik angka kematian bayi dan faktor-faktor yang mempengaruhi di Sumatera Utara berdasarkan analisa deskriptif?

2. Bagaimana pemodelan variabel-variabel yang mempengaruhi angka kematian bayi di Sumatera Utara menggunakan pendekatan regresi nonparametrik spline?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang ingin dicapai berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan adalah sebagai berikut.

1. Mendeksripsikan karakteristik angka kematian bayi dan faktor-faktor penyebabnya di Sumatera Utara.
2. Memodelkan variabel-variabel yang mempengaruhi angka kematian bayi di Sumatera Utara menggunakan pendekatan regresi nonparametrik spline.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu memberikan informasi faktor-faktor utama yang mempengaruhi Angka Kematian Bayi (AKB) di Provinsi Sumatera Utara dan dapat menjadi evaluasi bagi pemerintah Provinsi Sumatera Utara terutama dinas kesehatan. Sehingga Pemerintah Provinsi Sumatera Utara dapat menentukan kebijakan untuk menekan Angka Kematian Bayi di Provinsi Sumatera Utara agar tahun 2015 Indonesia khususnya Provinsi Sumatera Utara dapat mencapai target MDGs.

### **1.5 Batasan Penelitian**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada data yang terdaftar dan diambil dari Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatera Utara.
2. Pemilihan titik knot optimal menggunakan metode GCV (*Generalized Cross Validation*).



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Statistika Deskriptif

Statistika Deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu gugus data sehingga memberikan informasi yang berguna (Walpole, 1995). Pada penelitian ini, statistika deskriptif yang digunakan adalah mean, varian, nilai maksimum dan minimum.

### 2.2 Analisis Regresi

Menurut Drapper dan Smith (1992) analisis regresi merupakan sebuah metode Statistika yang memberikan penjelasan tentang pola hubungan antara dua variabel atau lebih. Variabel tersebut terdiri dari dua jenis yaitu variabel yang dipengaruhi (variabel respon) dan variabel yang mempengaruhi (variabel prediktor). Jika dimisalkan variabel respon adalah  $y$  dan variabel prediktor adalah  $x$  maka model untuk regresi adalah sebagai berikut :

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

Dengan  $f$  adalah kurva regresi dan  $\varepsilon_i$  adalah error yang diasumsikan berdistribusi normal, independen dengan mean nol dan variansi  $\sigma^2$  (Budiantara, 2009). Dalam analisis regresi seringkali didahului dengan mempelajari pola hubungan antar variabel respon dan variabel prediktor menggunakan *scatter plot*. Berdasarkan plot tersebut, bentuk kurva dapat diketahui polanya apakah itu linier, kuadratik, atau kubik, tetapi bisa juga kurva yang dihasilkan tidak dapat ditentukan bentuk polanya secara visual. Oleh karena itu dalam analisis regresi terdapat tiga pendekatan yaitu regresi parametrik, nonparametrik, dan semiparametrik. Analisis regresi parametrik digunakan apabila pola hubungan antara variabel respon dan semua variabel prediktor yang dihasilkan membentuk suatu pola. Analisis regresi Non parametrik digunakan apabila pola hubungan antara variabel respon dan semua variabel prediktor yang dihasilkan tidak

membentuk suatu pola. Analisis Semiparametrik digunakan apabila pola hubungan antara variabel respon dan semua variabel prediktor ada yang membentuk pola dan ada yang tidak membentuk pola.

### 2.3 Analisis Regresi Nonparametrik Spline

Metode regresi nonparametrik digunakan ketika pola kurva regresi antara variabel respon dan variabel prediktor tidak diketahui bentuknya. Pemodelan data dalam statistika diharapkan memiliki model yang sederhana seperti regresi parametrik. Namun pada kenyataannya, model yang didapatkan untuk sebuah regresi biasanya memiliki pola yang kompleks. Sehingga jika model statistik sederhana dipaksakan maka akan memiliki bias dan error yang besar (Budiantara, 2009). Untuk mengatasi hal ini, perlu digunakan pendekatan dengan regresi nonparametrik. Regresi nonparametrik bersifat fleksibel yang artinya data dapat mencari sendiri bentuk estimasi kurva regresinya tanpa dipengaruhi oleh subjektivitas penelitiannya (Eubank, 1988). Model regresi nonparametrik secara umum dapat disajikan sebagai berikut.

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

dengan  $y_i$  adalah variabel respon, fungsi  $f(x_i)$  adalah kurva regresi yang tidak diketahui bentuknya, dan  $\varepsilon_i$  diasumsikan berdistribusi  $N(0, \sigma^2)$ . Nilai  $f(t_i)$  dengan fungsi spline berorde  $m$  dengan titik knot  $k_1, k_2, \dots, k_j$  yang dapat diberikan oleh persamaan :

$$f(x_i) = \sum_{j=0}^m \gamma_j x_i^j + \sum_{j=1}^J \gamma_{m+j} (x_i - k_j)_+^m \quad (2.3)$$

Apabila persamaan (2.3) disubstitusikan kedalam persamaan (2.2) maka akan diperoleh persamaan regresi nonparametrik spline sebagai berikut.

$$y_i = \sum_{j=0}^m \gamma_j x_i^j + \sum_{j=1}^J \gamma_{m+j} (x_i - k_j)_+^m + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

Fungsi  $(x_i - k_j)_+^m$  merupakan fungsi potongan yang diberikan oleh

$$(x_i - k_j)_+^m = \begin{cases} (x_i - k_j)^m, & x_i \geq k_j \\ 0, & x_i < k_j \end{cases} \quad (2.5)$$

## 2.4 Estimasi Parameter

Estimasi parameter bertujuan untuk mendapatkan parameter atau nilai taksiran dari sebuah model. Pada penelitian ini, estimasi parameter dilakukan untuk mendapatkan parameter model regresi nonparametrik *Spline*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi parameter model regresi nonparametrik *Spline* adalah *Ordinary Least Square* (OLS). Metode OLS mengestimasi parameter model regresi nonparametrik *Spline* dengan tujuan meminimumkan jumlah kuadrat error.

Matriks persamaan regresi nonparametrik *Spline* dapat ditulis seperti persamaan (2.6).

$$\tilde{\mathbf{Y}} = \tilde{\mathbf{X}}\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.6)$$

Berdasarkan persamaan (2.6), persamaan error dapat ditulis seperti persamaan (2.7)

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \tilde{\mathbf{Y}} - \tilde{\mathbf{X}}\boldsymbol{\gamma} \quad (2.7)$$

Jumlah kuadrat error dalam bentuk matriks didapatkan seperti persamaan berikut.

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.8)$$

Nilai error pada persamaan (2.8) didapatkan dari persamaan (2.7). Maka penyelesaian persamaan matriksnya akan seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \sum_i^n \varepsilon_i^2 &= \boldsymbol{\varepsilon}' \boldsymbol{\varepsilon} \\
 &= (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\gamma})' (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\gamma}) \\
 &= \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - \mathbf{Y}'\mathbf{X}\boldsymbol{\gamma} - \boldsymbol{\gamma}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} + \boldsymbol{\gamma}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\gamma} \\
 &= \mathbf{Y}'\mathbf{Y} - 2\boldsymbol{\gamma}'\mathbf{X}'\mathbf{Y} + \boldsymbol{\gamma}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\boldsymbol{\gamma}
 \end{aligned}$$

Metode estimasi persamaan yang digunakan pada penelitian ini adalah OLS. Agar nilai  $\boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon}$  minimum maka turunan pertamanya terhadap  $\boldsymbol{\gamma}$  harus sama dengan nol.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial(\boldsymbol{\varepsilon}'\boldsymbol{\varepsilon})}{\partial \boldsymbol{\gamma}} &= \mathbf{0} \\
 -2\mathbf{X}'\mathbf{Y} + 2\mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\gamma}} &= \mathbf{0} \\
 \mathbf{X}'\mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\gamma}} &= \mathbf{X}'\mathbf{Y} \\
 (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}(\mathbf{X}'\mathbf{X})\hat{\boldsymbol{\gamma}} &= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} \\
 \mathbf{I}\hat{\boldsymbol{\gamma}} &= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} \\
 \hat{\boldsymbol{\gamma}} &= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Y} \quad (2.9)
 \end{aligned}$$

Vektor  $\hat{\boldsymbol{\gamma}}$ , vektor  $\mathbf{Y}$  dan matriks  $\mathbf{X}$  masing-masing sebagai berikut.

$$\hat{\boldsymbol{\gamma}} = \begin{bmatrix} \hat{\gamma}_1 \\ \hat{\gamma}_2 \\ \vdots \\ \hat{\gamma}_{m+J} \end{bmatrix} \quad \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & (x_{11} - k_1)_+ & \cdots & x_{m1} & (x_{m1} - k_j)_+ \\ 1 & x_{12} & (x_{12} - k_1)_+ & \cdots & x_{m2} & (x_{m2} - k_j)_+ \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & (x_{1n} - k_1)_+ & \cdots & x_{mi} & (x_{mi} - k_j)_+ \end{bmatrix}$$

## 2.5 Pemilihan Titik Knot Optimal

Menurut Budiantara (2006), titik knot merupakan titik perpaduan bersama dimana terdapat perubahan perilaku fungsi pada interval yang berlainan. Oleh karena itu, untuk mendapatkan model regresi spline terbaik yang paling sesuai dengan data perlu dicari nilai knot optimal. Salah satu metode yang banyak dipakai untuk menentukan titik knot optimal adalah *Generalized Cross Validation* (GCV) (Wahba, 1990). GCV mempunyai sifat optimal asimtotik bila dibandingkan dengan metode *Cross Validation* (CV) dan metode *unbiased risk* (UBR). Titik knot optimal diperoleh dari nilai GCV yang paling kecil. Metode GCV secara umum didefinisikan sebagai berikut (Eubank, 1988).

$$GCV(K_1, K_2, \dots, K_j) = \frac{MSE(K_1, K_2, \dots, K_j)}{(n^{-1} \text{trace}[I - A(K_1, K_2, \dots, K_j)])^2} \quad (2.10)$$

Dimana  $n$  adalah jumlah pengamatan,  $I$  adalah matriks identitas,  $A(K_1, K_2, \dots, K_j)$  adalah matriks  $\mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'$  dan  $MSE(K_1, K_2, \dots, K_j)$  adalah sebagai berikut

$$MSE(k_1, k_2, k_3, \dots, k_j) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.11)$$

## 2.6 Pengujian Parameter Model

Setelah mendapatkan nilai GCV yang paling minimum, maka selanjutnya dilakukan pengujian parameter model regresi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nyata atau tidaknya pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon. Terdapat dua tahap pada pengujian parameter model regresi yaitu pengujian secara serentak dan secara parsial (individu).

### 2.6.1 Uji Serentak

Uji serentak dilakukan untuk mengetahui signifikansi parameter model secara bersama-sama. Uji serentak dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan uji parsial. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_{m+J} = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \gamma_p \neq 0 ,$$

$$p = 1, 2, \dots, m, m + 1, m + 2, \dots, m + J.$$

Nilai  $m + J$  adalah jumlah parameter dalam model regresi, dan  $n$  adalah jumlah observasi.

**Tabel 2.1.** Analisis of Varians (ANOVA)

Sumber Variasi	DerajatBebas (df)	JumlahKuadrat (SS)	RataanKuadrat (MS)	F <sub>hitung</sub>
Regresi	$m + J$	$\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$	$\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{m + J}$	$\frac{MS_{regresi}}{MS_{residual}}$
Residual	$n - m + J - 1$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$	$\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - m + J - 1}$	
Total (terkoreksi)	$n - 1$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	-	

Sumber : *Draper and Smith (1992)*

Daerah penolakan  $H_0$  apabila nilai  $F_{hitung} > F_{\alpha(m+J, n-m+J-1)}$  atau tolak  $H_0$  jika  $P_{value} < \alpha$ . Jika  $H_0$  ditolak, maka dapat disimpulkan bahwa minimal terdapat satu parameter pada model regresi spline yang signifikan, atau minimal terdapat satu variabel prediktor yang berpengaruh terhadap respon. Nilai koefisien determinasi didapatkan dari formula :

$$R^2 = \frac{SS_{Regresi}}{SS_{Total}} \quad (2.12)$$

### 2.6.2 Uji Parsial

Setelah dilakukan pengujian parameter model secara serentak dan didapatkan minimal satu parameter yang signifikan,

maka langkah selanjutnya melakukan pengujian parameter model secara parsial. Pengujian parameter secara parsial dilakukan untuk mengetahui variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon secara individu. Hipotesis yang digunakan pada pengujian parameter model secara individu adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \gamma_p = 0$$

$$H_1 : \gamma_p \neq 0, \quad p = 1, 2, \dots, m, m + 1, m + 2, \dots, m + J.$$

Statistik uji sebagai berikut.

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\gamma}_p}{SE(\hat{\gamma}_p)} \quad (2.13)$$

dengan

$$SE(\hat{\gamma}_p) = \sqrt{Var(\hat{\gamma}_p)} \quad (2.14)$$

$se(\hat{\gamma}_p)$  adalah *standart error* dari  $\hat{\gamma}_p$  dan  $Var(\hat{\gamma}_p)$  didapatkan seperti berikut.

$$\begin{aligned} Var(\hat{\gamma}_p) &= \mathbf{Var}\left[(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}(\mathbf{X}'\mathbf{Y})\right] \\ &= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Var}(\mathbf{Y})\left[(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\right]' \\ &= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'(\sigma^2\mathbf{I})\mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \\ &= \sigma^2(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \\ &= \sigma^2(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \end{aligned}$$

Nilai  $\sigma^2$  didapatkan dari pendekatan nilai MSE. Daerah penolakan  $H_0$  adalah  $|t_{hitung}| > t_{(\alpha/2, n-(m+J)-1)}$  atau Tolak  $H_0$  jika  $P_{value} < \alpha$ .

## 2.7 Uji Asumsi Residual

Uji asumsi residual dilakukan untuk mengetahui kelayakan suatu model regresi yang dihasilkan. Uji asumsi dilakukan terhadap residual yang dihasilkan dari model regresi. Uji Asumsi

yang harus dipenuhi adalah uji asumsi identik, independen, dan berdistribusi normal.

### 2.7.1 Uji Identik

Uji identik dilakukan untuk mengetahui varians residual model regresi. Apabila residual model regresi memiliki varians yang tidak sama (homogen) maka terjadi heteroskedaksitas. Heteroskedaksitas dapat dideteksi secara visual yaitu apabila plot antara residual dan estimasi respon ( $\hat{y}$ ) menunjukkan sebaran data membentuk suatu pola tertentu. Mengatasinya dengan transformasi variabel menggunakan *Weighted Least Square* (WLS) (Gujarati, 1992) . Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, \dots, n .$$

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$F_{hitung} = \frac{[\sum_{i=1}^n (|\hat{e}_i| - |\bar{e}|)^2] / (w-1)}{[\sum_{i=1}^n (|e_i| - |\bar{e}_i|)^2] / (n-w)} \quad (2.15)$$

w adalah banyaknya parameter uji glejser. Statistik uji nya adalah adalah apabila  $F_{hitung} > F_{tabel} (F_{\alpha; (w-1, n-w)})$  atau Tolak  $H_0$  apabila  $P_{value} < \alpha$  .

### 2.7.2 Uji Independen

Uji independensi digunakan untuk mengetahui hubungan antar dua variabel (Agesti, 1990). Menurut Mubarak (2012) uji independen dilakukan untuk mengetahui apakah korelasi antar residual bernilai nol atau tidak. Korelasi antar residual yaitu korelasi antara residual pada pengamatan ke- $i$  dengan pengamatan ke  $i-1$ . Asumsi independen terpenuhi apabila tidak terdapat korelasi antar residual atau yang disebut autokorelasi. Pengujian asumsi Independen dapat dilihat dari plot Autocorrelation Function (ACF). Residual dikatakan sudah independen apabila pada plot ACF, autokorelasi pada semua lag tidak melebihi batas signifikansi dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0: \rho_i = 0$  (tidak ada korelasi antar residual)

$H_1: \rho_i \neq 0$  (ada korelasi antar residual)

Statistik uji yang digunakan adalah fungsi autokorelasi (ACF) dengan tingkat kepercayaan 95%. Persamaan mencari autokorelasi pada ACF adalah sebagai berikut (Wei, 2006).

$$\rho_v = \frac{\sum_{t=v+1}^n (e_t - \bar{e})(e_{t-v} - \bar{e})}{\sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^2} \quad (2.16)$$

Batas signifikansi atas dan batas signifikansi bawah diberikan oleh persamaan berikut.

$$-t_{n-1; \frac{\alpha}{2}} SE(\rho_v) < \rho_v < t_{n-1; \frac{\alpha}{2}} SE(\rho_v) \quad (2.17)$$

$$\text{dimana } SE(\rho_v) = \sqrt{\frac{1 + 2 \sum_{l=1}^{v-1} \rho_l^2}{n}}$$

Asumsi Independen terpenuhi apabila tidak terdapat nilai autokorelasi yang keluar dari batas signifikansi.

### 2.7.3 Uji Distribusi Normal

Uji distribusi normal dilakukan untuk mengetahui apakah residual model regresi berdistribusi normal atau tidak. Secara visual pengujian distribusi normal bisa dilakukan dengan *normal probability plot residual*. Residual berdistribusi normal apabila plot cenderung mengikuti garis lurus  $45^0$ . Cara lain dapat dilakukan dengan uji *Shapiro Wilk* dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0$ : Residual berdistribusi Normal

$H_1$ : Residual tidak berdistribusi Normal

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$T = \frac{1}{D} \left[ \sum_{i=1}^k a_i (x_{n-i+1} - x_i)^2 \right] ; D = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.18)$$

$a_i$  adalah koefisien test Shapiro Wilk.  $X_{n-i+1}$  adalah angka ke  $n-i+1$  pada data. Daerah penolakan  $H_0$  jika  $|T| > q_{(\alpha,n)}$  dimana nilai  $q_{(\alpha,n)}$  berdasarkan tabel *Shapiro Wilk*.

## 2.8 Angka Kematian Bayi

Angka Kematian Bayi (AKB) adalah banyaknya kematian bayi berusia dibawah satu tahun, per 1.000 kelahiran hidup pada satu tahun tertentu. Kematian bayi adalah kematian yang terjadi antara saat setelah bayi lahir sampai bayi belum berusia tepat satu tahun. Banyak faktor yang dikaitkan dengan kematian bayi. Secara garis besar, dari sisi penyebabnya, kematian bayi ada dua macam yaitu endogen dan eksogen. Kematian bayi endogen atau yang sering disebut dengan kematian neonatal adalah kematian bayi yang terjadi pada bulan pertama setelah dilahirkan, dan umumnya disebabkan oleh faktor-faktor yang dibawa anak sejak lahir, yang diperoleh dari orang tuanya pada saat konsepsi atau didapat selama kehamilan. Kematian bayi eksogen atau kematian post neo-natal adalah kematian bayi yang terjadi setelah usia satu bulan sampai menjelang usia satu tahun yang disebabkan oleh faktor-faktor yang bertalian dengan pengaruh lingkungan luar.

Angka Kematian Bayi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$AKB = \frac{D_{0-<1th}}{\sum \text{Lahir Hidup}} \times K \quad (2.19)$$

dimana :

AKB : Angka Kematian Bayi

$D_{0-<1th}$ : Jumlah Kematian Bayi (berumur kurang dari 1 tahun), pada satu tahun tertentu di daerah tertentu

$\sum$  Lahir Hidup : Jumlah Kelahiran Hidup, pada satu tahun tertentu di daerah tertentu

K : 1000

Angka kematian bayi menggambarkan keadaan sosial ekonomi dimana angka kematian itu dihitung. Data mengenai jumlah anak yang lahir jarang tersedia dari pencatatan atau registrasi kependudukan, sehingga sering dibuat

perhitungan/estimasi tidak langsung dengan program "Mortpak 4". Program ini menghitung AKB berdasarkan data mengenai jumlah Anak yang Lahirkan Hidup dan Jumlah Anak Yang Masih Hidup (BPS, 2013). AKB merupakan indikator yang lazim digunakan untuk menentukan derajat kesehatan masyarakat baik pada tataran provinsi maupun nasional. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi AKB di Sumatera utara antara lain tersedianya berbagai fasilitas atau faktor aksesibilitas dan pelayanan kesehatan, norma kehidupan masyarakat dibidang kesehatan, gizi, pendapatan masyarakat dan daya tahan tubuh terhadap serangan masyarakat (Dinas Kesehatan SUMUT, 2009). Tersedianya fasilitas atau faktor aksesibilitas dan pelayanan kesehatan pada penelitian ini di diwakili oleh rasio fasilitas kesehatan dan rasio tenaga kesehatan. Menurut dinas kesehatan Sumatera Utara, salah satu faktor mempengaruhi angka kematian bayi di Provinsi Sumut adalah rasio fasilitas dan tenaga kesehatan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*  
Norma kehidupan masyarakat dibidang kesehatan diwakili oleh variabel presentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis. Penggunaan variabel persalinan yang menggunakan tenaga non medis juga didukung oleh pendapat Menteri kesehatan yang mengatakan variabel ini berpengaruh terhadap angka kematian bayi. Pendapatan masyarakat diwakili oleh presentase penduduk golongan sosial ekonomi menengah kebawah. Status sosial ekonomi menengah kebawah akan mempengaruhi pemberian gizi anak baik ketika masih di kandungan maupun ketika sudah lahir. Ketersediaan gizi mempengaruhi daya tahan tubuh bayi terhadap serangan penyakit (Dinas Kesehatan Sumatera Utara). Selain itu ada juga variabel presentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tamat SD/MI dan presentase wanita berkeluarga di bawah umur 17 tahun yang mewakili faktor pendidikan dan pola pikir masyarakat. Variabel wanita tidak pernah sekolah atau tamat SD/MI didukung oleh pendapat UNICEF yang menyatakan bahwa variabel ini mempengaruhi angka kematian bayi.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Sumber Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari buku Statistik Kesejahteraan Rakyat Provinsi Sumatera Utara Tahun 2011, Sumatera Utara Dalam Angka 2011 dan Beberapa Data Pokok Kondisi Kesejahteraan Rakyat dan Ekonomi Provinsi Sumatera Utara 2007-2012 yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel respon dan variabel prediktor di 33 Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara tahun 2010 yang disajikan pada Tabel 3.1. Variabel prediktor yang digunakan pada penelitian ini diambil dari variabel yang signifikan mempengaruhi AKB pada penelitian sebelumnya dan pendapat para ahli seperti yang telah diuraikan pada bab sebelumnya.

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian

<b>Variabel</b>	<b>Keterangan</b>
Y	AngkaKematianBayi
X <sub>1</sub>	Persentasewanitaberkeuarga dibawahumur 17 tahun
X <sub>2</sub>	Persentasewanita yang tidakpernahsekolahatauidiktamat SD/MI
X <sub>3</sub>	Persentasepersalinan yang menggunakantenaganonmedis
X <sub>4</sub>	Presentase penduduk golongan sosial ekonomi menengah kebawah
X <sub>5</sub>	Rasio Fasilitas Kesehatan
X <sub>6</sub>	Rasio Tenaga Kesehatan

Definisi operasional dari variabel prediktor yang diduga berpengaruh terhadap Angka Kematian Bayi Kabupaten/Kota di Sumatera Utara adalah sebagai berikut.

- a. Persentase wanita berkeluarga di bawah umur 17 tahun ( $X_1$ ).  
Persentase wanita berkeluarga di bawah umur 17 tahun adalah jumlah penduduk wanita Sumatera Utara usia 10 tahun ke atas yang pernah kawin pada masing-masing kabupaten/kota dimana umur kawin pertama di bawah umur 17 tahun dibagi dengan jumlah penduduk perempuan usia 10 tahun ke atas di kabupaten/kota tersebut dikalikan 100%. Menurut Menteri kesehatan, salah satu faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi adalah wanita berkeluarga di bawah umur 17 tahun.
- b. Persentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI ( $X_2$ ).  
Persentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI adalah jumlah penduduk wanita di Sumatera Utara usia 10 tahun ke atas pada masing-masing kabupaten/kota dibagi dengan jumlah penduduk wanita di kabupaten/kota tersebut dikalikan 100%. Menurut United Nations Children's Fund (UNICEF) Indonesia salah satu faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi adalah ibu yang berpendidikan rendah.
- c. Persentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis ( $X_3$ ).  
Persentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis adalah jumlah ibu melahirkan dengan tenaga non medis pada masing-masing kabupaten/kota dibagi dengan jumlah ibu yang melahirkan di kabupaten/kota tersebut dikalikan 100%. Menurut Menteri kesehatan, salah satu faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi adalah penolong kelahiran.
- d. Persentase penduduk golongan sosial ekonomi menengah kebawah ( $X_4$ ).

Presentase penduduk golongan sosial ekonomi menengah kebawah adalah jumlah penduduk yang termasuk golongan sosial ekonomi menengah kebawah dibagi dengan jumlah penduduk di kabupaten/kota tersebut dikalikan 100%. Pendapatan masyarakat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi di Sumatera Utara (Dinas Kesehatan SUMUT, 2009)

e. Rasio Fasilitas Kesehatan ( $X_5$ ).

Rasio fasilitas kesehatan adalah jumlah fasilitas kesehatan yang ada di kabupaten/kota dibagi dengan jumlah penduduk di kabupaten/kota tersebut. Menurut kepala dinas kesehatan Sumatera Utara, salah satu faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi adalah keberadaan fasilitas kesehatan.

f. Rasio Tenaga Kesehatan ( $X_6$ ).

Rasio tenaga kesehatan adalah jumlah tenaga kesehatan yang ada di kabupaten/kota dibagi dengan jumlah penduduk di kabupaten/kota tersebut. Menurut kepala dinas kesehatan Sumatera Utara, salah satu faktor yang mempengaruhi angka kematian bayi adalah keberadaan tenaga kesehatan.

### 3.3 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah analisis yang dilakukan berdasarkan tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan analisis statistika deskriptif tentang karakteristik Angka Kematian Bayi di Sumatera Utara dan 6 variabel yang mempengaruhi AKB.
2. Membuat *scatter plot* antara Angka Kematian Bayi di Sumatera Utara dengan masing-masing variabel yang diduga berpengaruh untuk mengetahui bentuk pola data. Apabila semua kurva regresi tidak membentuk pola tertentu maka digunakan regresi nonparametrik. Namun

apabila kurva regresi sebagian membentuk pola dan sebagian tidak, maka menggunakan regresi semiparametrik.

3. Memilih titik knot optimal berdasarkan nilai GCV yang paling minimum.
4. Mendapatkan model regresi Spline dengan titik knot optimal.
5. Menguji signifikansi parameter regresi Spline secara serentak dan parsial.
6. Menguji asumsi residual.
7. Menghitung nilai koefisien determinasi  $R^2$  dan MSE.
8. Menginterpretasikan model dan menarik kesimpulan.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat diagram alir pada Gambar 3.1 berikut :

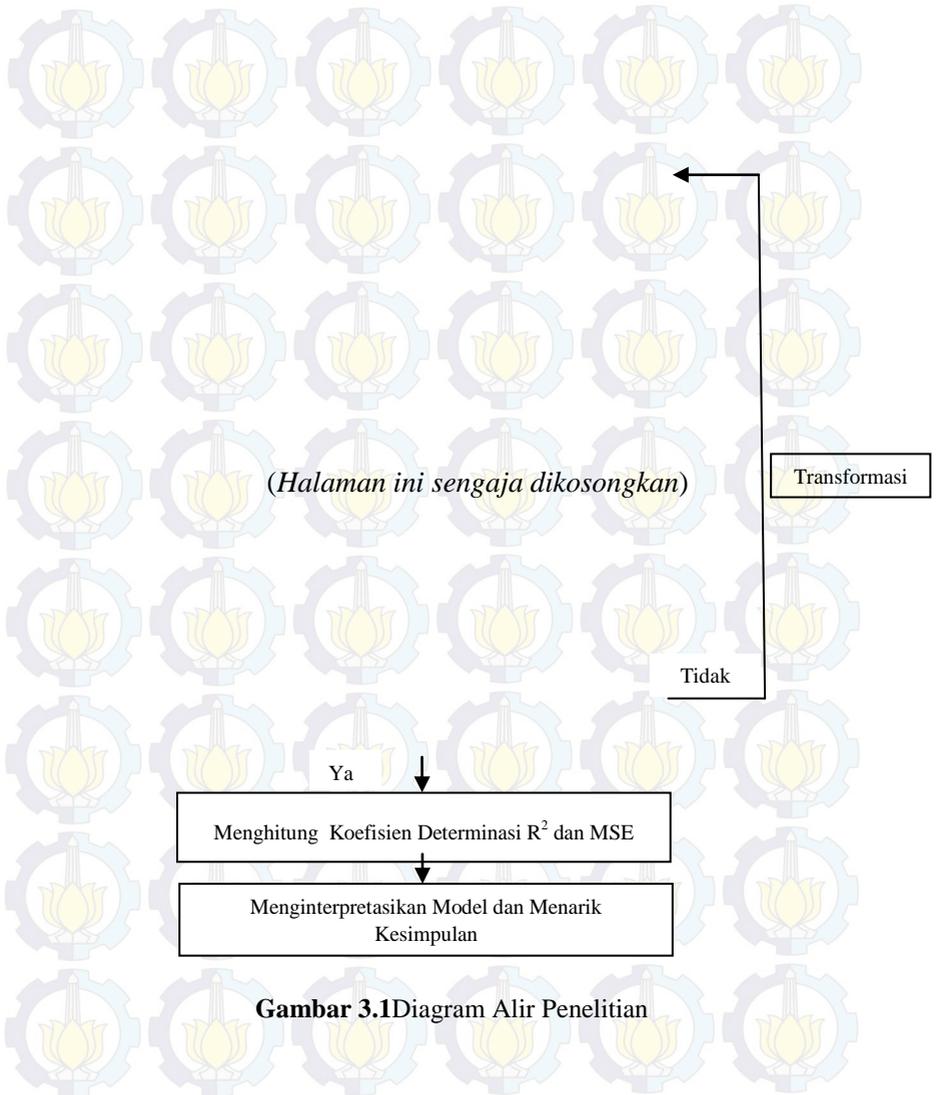


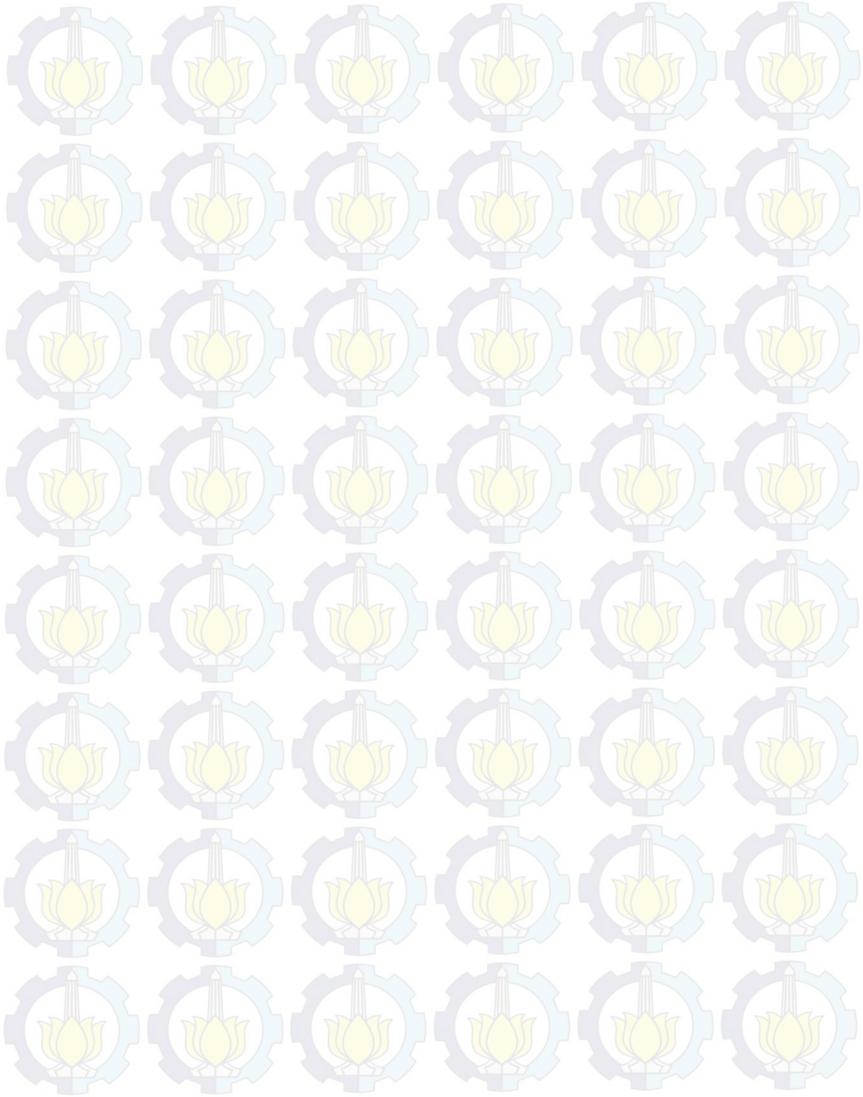
Data AKB di Sumatera Utara dan Faktor-Faktor yang mempengaruhinya



Melakukan analisis Statistika Deskriptif







## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini akan membahas mengenai karakteristik AKB provinsi Sumatera Utara dan faktor-faktor yang mempengaruhinya menggunakan statistika deskriptif. Selain itu, dilakukan pemilihan model terbaik dengan menggunakan analisis regresi nonparametrik spline sehingga dapat diketahui faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap AKB provinsi Sumatera Utara.

#### **4.1 Karakteristik Angka Kematian Bayi Provinsi Sumatera Utara dan Faktor yang Berpengaruh**

Provinsi Sumatera Utara terdiri dari 33 Kabupaten/Kota. 33 provinsi Kabupaten/Kota tersebut tidak hanya berada di pulau Sumatera. Namun juga berasal dari pulau samosir dan pulau nias. Selain itu masih terdapat 417 pulau-pulau kecil lain yang ada di Sumatera Utara. Karakteristik Angka kematian bayi di Sumatera Utara dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya disajikan dalam bentuk data mean, varians, nilai minimum dan nilai maksimum yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Karakteristik AKB dan Faktor yang diduga berpengaruh

Variabel	Mean	Varians	Maksimum	Minimum
<b>Y</b>	27,62	54,89	45,70	14,70
$x_1$	6,99	10,12	13,48	1,76
$x_2$	5,02	59,90	34,11	0,56
$x_3$	16,76	348,80	67,14	0,41
$x_4$	14,19	43,39	33,87	5,34
$x_5$	25,72	134,68	47,58	11,32
$x_6$	19,02	44,35	43,20	9,63

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata angka kematian bayi (Y) di Sumatera Utara pada tahun 2010 sebesar 27,62 per 1000 kelahiran hidup. Varians AKB sumut adalah 54,89. Angka

kematian bayi terbesar di Sumatera Utara sebesar 45,7 per 1000 kelahiran hidup dan angka kematian bayi terkecil sebesar 14,7 per 1000 kelahiran hidup dari 33 kabupaten/kota di Sumatera Utara. Hal ini menunjukkan bahwa rentang antara kabupaten/kota yang memiliki angka kematian bayi terbesar dengan kabupaten/kota yang memiliki angka kematian bayi terkecil cukup jauh yakni sebesar 31. Ini mengindikasikan masih adanya kesenjangan nilai angka kematian bayi antar kabupaten/kota. Sehingga ini dapat mengindikasikan tidak meratanya perhatian pemerintah terhadap upaya penurunan angka kematian bayi pada seluruh kabupaten/kota di Sumatera Utara. Selain itu, ini dapat menjadi indikasi bedanya fasilitas maupun kualitas hidup terutama pada bidang kesehatan antar kabupaten/kota di Sumatera Utara.

Karakteristik variabel  $x_1$  yang diduga mempengaruhi angka kematian bayi yaitu presentase wanita yang berkeluarga di bawah umur 17 tahun memiliki rata-rata sebesar 6,99 persen dengan varians sebesar 10,12. Nilai presentase wanita yang berkeluarga di bawah umur 17 tahun tertinggi di provinsi Sumatera Utara berada di Kabupaten Mandailing Natal dengan presentase sebesar 13,48 %. Presentase terkecil dari presentase wanita yang berkeluarga di bawah umur 17 tahun ada di Kabupaten Humbang Hasundutan dengan nilai presentase sebesar 1,76%. Variabel  $x_2$  yaitu presentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI di Sumatera Utara memiliki rata-rata sebesar 5,02 dengan varians sebesar 59,9. Nilai varians pada variabel  $x_2$  cukup tinggi. Ini mengindikasikan rentang data pada variabel  $x_2$  cukup besar dan data memiliki keragaman yang cukup besar. Nilai presentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI terbesar adalah kabupaten Nias Selatan dengan nilai presentase sebesar 34,11 dan yang terkecil adalah kabupaten Padang Lawas Utara dengan nilai presentase sebesar 0,56.

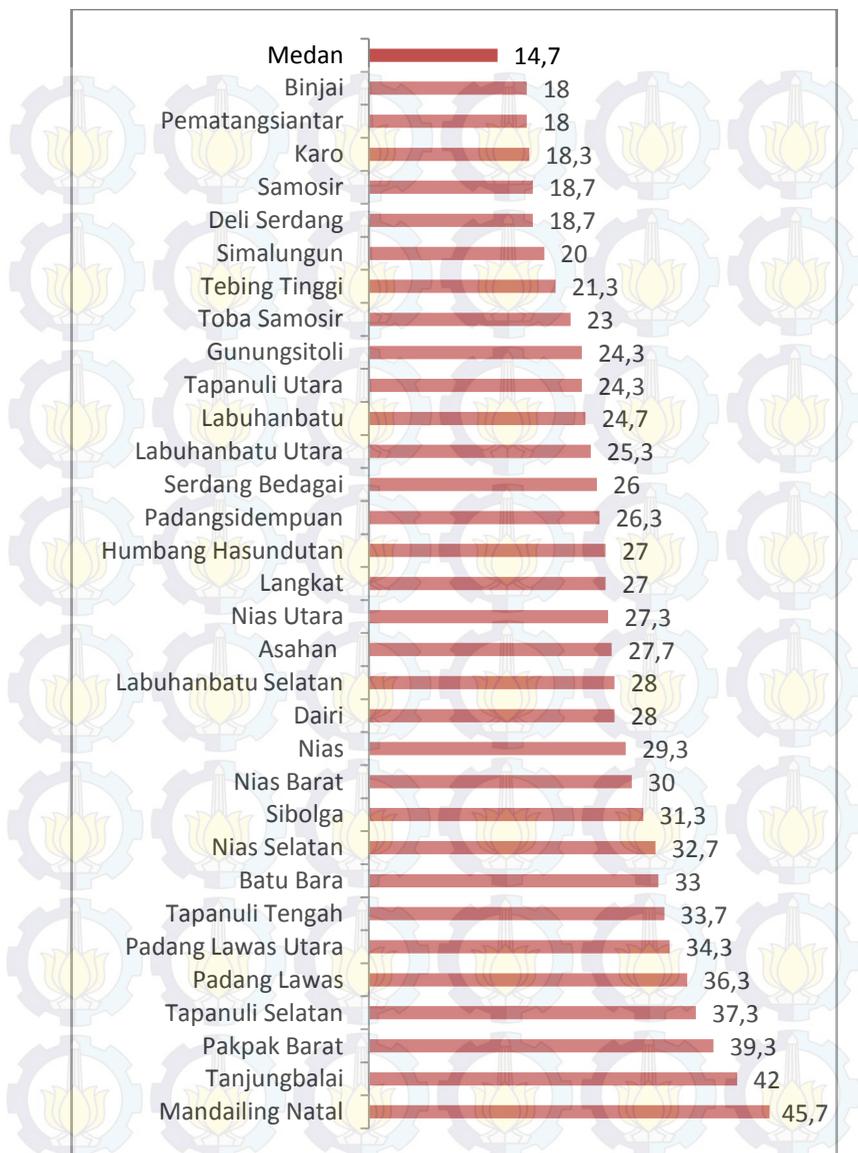
Variabel  $x_3$  adalah presentase persalian yang menggunakan tenaga non medis dengan rata-rata sebesar 16,76 dan varians sebesar 348,8. Nilai varians yang cukup besar

mengindikasikan perbedaan nilai maksimum dan nilai minimum variabel  $x_3$  yang besar. Sehingga ini mengindikasikan presentase persalian yang menggunakan tenaga non medis antar kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara memiliki kesenjangan yang sangat besar. Kabupaten/kota dengan nilai presentase persalian yang menggunakan tenaga non medis terbesar adalah kabupaten Nias Selatan dengan presentase sebesar 67,14 dan yang terkecil adalah kota Tebing Tinggi dengan nilai presentase sebesar 0,41. Variabel  $x_4$  adalah presentase penduduk golongan sosial ekonomi menengah kebawah dengan rata-rata sebesar 14,19 dan varians sebesar 43,39. Kabupaten/kota dengan nilai variabel  $x_4$  terbesar adalah kabupaten Gunungsitoli dengan nilai presentase sebesar 33,87 dan yang terkecil adalah kabupaten Dairi dengan nilai presentase sebesar 5,34.

Variabel  $x_5$  adalah rasio fasilitas kesehatan dengan rata-rata sebesar 25,72 dan varians sebesar 134,68. Kabupaten/kota dengan nilai rasio fasilitas kesehatan terbesar adalah Kota Sibolga dengan rasio sebesar 47,58 dan nilai rasio terkecil adalah kabupaten Nias Utara dengan nilai rasio sebesar 11,32. Variabel  $x_6$  adalah rasio tenaga kesehatan dengan nilai rata-rata sebesar 19,02 dan besar variansnya adalah 44,35. Kabupaten Pakpak Barat memiliki rasio tenaga kesehatan terbesar yaitu 43,2 dan kota Medan memiliki rasio tenaga kesehatan terkecil yaitu sebesar 9,63. Berdasarkan keenam faktor, kabupaten Nias Utara membutuhkan perhatian lebih dari pemerintah Sumatera Utara karena dari 6 faktor tersebut, Nias utara memiliki 2 faktor yaitu presentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI dan presentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis yang merupakan kabupaten dengan nilai faktor tertinggi. Pada variabel  $x_3$ , Nias utara memiliki jarak yang sangat besar dengan nilai yang paling kecil yaitu 66,73, bahkan dengan nilai Variabel  $x_3$  yang terbesar kedua yaitu Kabupaten Nias memiliki jarak sebesar 14,85 %. Sedangkan kabupaten/kota lain yang juga membutuhkan perhatian lebih terutama ditinjau dari 6 faktor diatas adalah kabupaten Mandailing natal yang memiliki nilai

presentase tertinggi wanita berkeluarga dibawah 17 tahun, kabupaten Gunung Sitoli yang memiliki presentase penduduk miskin tertinggi, Kabupaten Nias Utara dan Kota medan yang masing-masing memiliki rasio yang rendah untuk fasilitas dan tenaga kesehatan.

Diagram batang pada Gambar 4.1 menampilkan angka kematian bayi tiap kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara yang diurutkan dari kabupaten/kota dengan nilai AKB terkecil hingga nilai AKB terbesar. Gambar 4.1 menunjukkan angka kematian bayi terkecil di provinsi sumatera utara adalah kota Medan dengan nilai AKB sebesar 14,7 per 1000 kelahiran hidup. Kota medan merupakan ibukota dari provinsi Sumatera Utara. Oleh karena itu sosialisasi dan perhatian pemerintah akan lebih banyak di kota medan. Angka kematian bayi terbesar di Provinsi Sumatera Utara adalah kabupaten Mandailing Natal dengan nilai AKB sebesar 45,7 per 1000 kelahiran hidup. Kabupaten mandailing natal memiliki jumlah tenaga medis yang sedikit jika dibandingkan dengan kabupaten dan kota yang lain. Selain itu sosialisai yang jarang dilakukan dan banyak nya wanita yang berkeluarga di bawah umur 17 tahun merupakan alasan lain tingginya AKB di mandailing natal. Terdapat 13 dari 33 kabupaten/kota yang memiliki nilai AKB di bawah rata-rata nilai AKB provinsi yaitu Medan, Binjai, Pematangsiantar, Karo, Samosir, Deli Serdang, Simalungun, Tebing Tinggi, Toba Samosir, Gunung Sitoli, Tapanuli Utara, Labuhanbatu, Labuhanbatu Utara. 20 provinsi yang lain berada diatas rata-rata nilai AKB provinsi Sumatera Utara. Jika ditinjau dari Target MDGs yang harus di capai Indonesia pada tahun 2015 yaitu sebesar 23/1000 kelahiran hidup, maka terdapat 8 kabupaten/kota yang sudah mencapai target yaitu Medan, Binjai, Pematangsiantar, Karo, Samosir, Deli Serdang, Simalungun, Tebing Tinggi. Sedangkan 25 kabupaten/kota lainnya belum mencapai target MDGs.



**Gambar 4.1** Diagram Batang AKB Kabupaten/Kota di Sumatera Utara

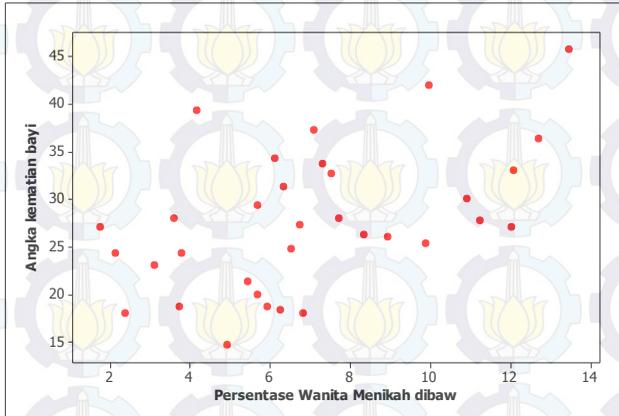
## **4.2 Pola Hubungan AKB Provinsi Sumatera Utara dengan Faktor-Faktor yang berpengaruh**

Sebelum melakukan pemodelan maka perlu melihat terlebih dahulu pola hubungan dari AKB dengan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya. Pola hubungan ini bertujuan untuk melihat metode yang sesuai untuk memodelkan AKB di provinsi Sumatera Utara. Kemungkinan pola hubungan adalah hubungan yang membentuk pola tertentu atau hubungan yang tidak membentuk pola tertentu. Pola hubungan yang terbentuk dapat berupa linier, kuadratik, kubik atau pola lainnya. Jika hubungan antara AKB dengan semua faktor yang diduga mempengaruhinya membentuk pola tertentu maka metode yang sesuai digunakan adalah regresi parametrik. Jika hubungan antara AKB dengan semua faktor yang diduga mempengaruhinya tidak membentuk pola tertentu maka metode yang sesuai adalah regresi nonparametrik. Jika sebagian pola hubungan yang tidak membentuk pola tertentu dan sebagian membentuk pola tertentu maka metode yang sesuai adalah regresi semiparametrik. Pola hubungan antara AKB dengan masing-masing variabel dilihat dari pola Scatterplot. Penelitian ini terdiri dari 6 variabel yang diduga mempengaruhi AKB di provinsi Sumatera Utara. Oleh karena itu, akan dihasilkan enam scatterplot yang dihasilkan dari masing-masing pola hubungan antara AKB dengan variabel-variabel yang diduga mempengaruhinya.

### **4.2.1 Pola Hubungan Antara AKB dengan Presentase Wanita Berkeluarga dibawah 17 Tahun**

Angka kematian bayi di Sumatera Utara dipengaruhi oleh presentase wanita berkeluarga dibawah 17 tahun. Hubungan yang diharapkan adalah antara AKB dengan presentase wanita berkeluarga dibawah 17 tahun adalah hubungan yang linier. Hubungan yang linier artinya jika presentase wanita berkeluarga dibawah 17 tahun semakin meningkat maka angka kematian bayi akan semakin besar. Namun hal ini bisa saja tidak terjadi karena unit pada penelitian ini adalah kabupaten/kota. Pada Gambar 4.2

terlihat bahwa hubungan antara angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara dengan presentase wanita berkeluarga dibawah 17 tahun tidak membentuk pola tertentu. Oleh sebab itu metode yang digunakan untuk pemodelan angka kematian bayi di provinsi Sumatera utara dengan presentase wanita berkeluarga dibawah 17 tahun adalah regresi nonparametrik spline.

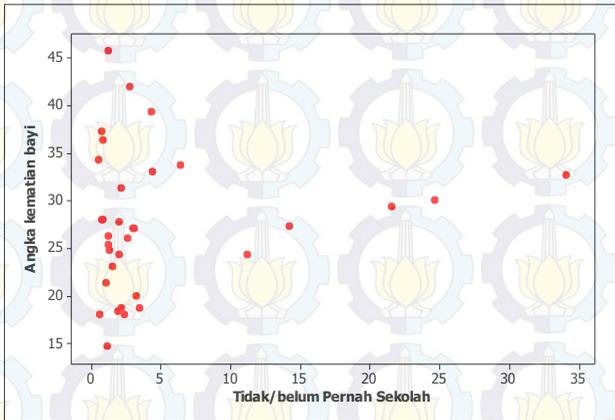


**Gambar 4.2** Scatterplot Antara AKB dengan Presentase Wanita Berkeluarga dibawah 17 Tahun

#### 4.2.2 Pola Hubungan Antara AKB dengan Presentase Wanita yang Tidak Pernah Sekolah atau Tidak Tamat SD/MI

Pendidikan merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pola pikir seorang ibu dalam memperlakukan anak. Jika pendidikan yang ditempuh seorang ibu tinggi maka kemungkinan ibu tersebut memperlakukan kehamilan dan anaknya setelah lahir dengan baik. Sehingga diharapkan jika seorang ibu memiliki riwayat pendidikan yang tinggi maka angka kematian bayi semakin rendah. Hubungan antara AKB dengan presentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI cenderung tidak membentuk pola tertentu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Sehingga metode yang digunakan

untuk memodelkan AKB dengan presentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI adalah regresi nonparametrik spline

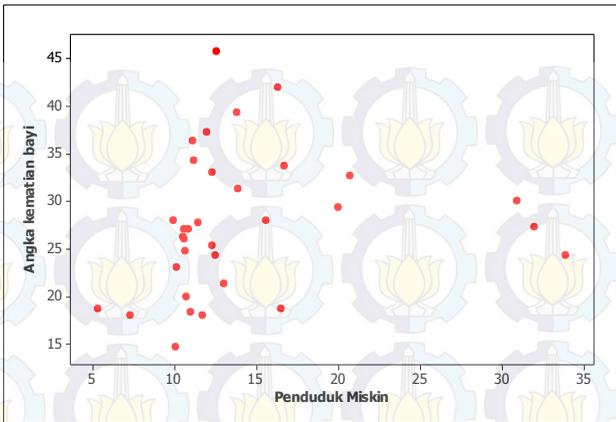


**Gambar 4.3** Scatterplot Antara AKB dengan Presentase Wanita yang Tidak Pernah Sekolah atau Tidak Tamat SD/MI

#### 4.2.3 Pola Hubungan Antara AKB dengan Presentase Persalinan yang Menggunakan Tenaga Non Medis

Persalinan yang sehat dan dibantu oleh orang yang berkompeten di bidang kesehatan merupakan salah satu cara untuk memperbesar peluang ibu dan bayi lahir dengan selamat. Persalinan dengan bantuan medis juga mempengaruhi kesehatan dari ibu dan juga bayi sehingga akan mempengaruhi angka kematian bayi. Semakin tingginya persalinan yang menggunakan tenaga non medis maka semakin tinggi pula angka kematian bayi yang terjadi. Hubungan antara angka kematian bayi di provinsi sumatera utara dengan presentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis tidak membentuk pola tertentu seperti terlihat pada Gambar 4.4. Oleh sebab itu metode yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara angka kematian bayi di provinsi sumatera utara dengan presentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis adalah regresi nonparametrik spline.

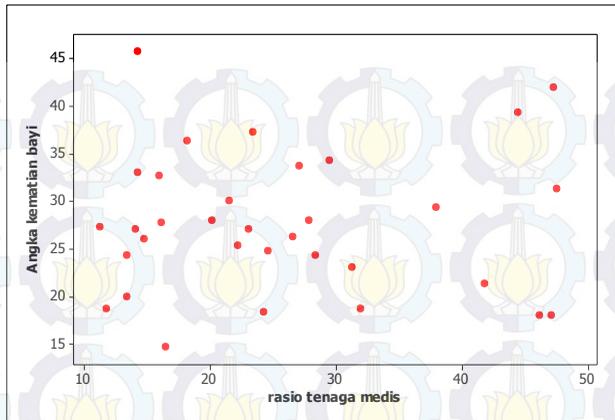




**Gambar 4.5** Scatterplot Antara AKB dengan Presentase Penduduk Golongan Sosial Ekonomi Menengah Kebawah

#### 4.2.5 Pola Hubungan Antara AKB dengan Rasio Fasilitas Kesehatan

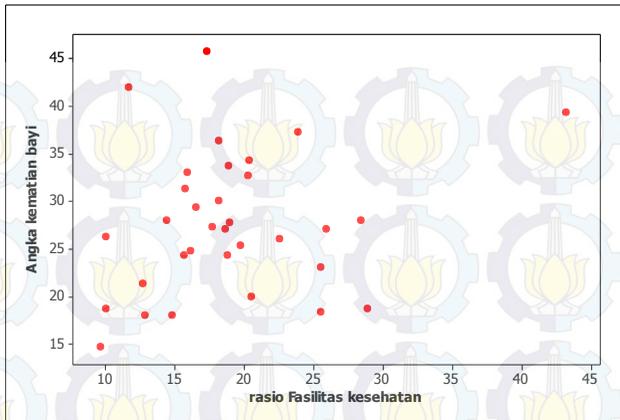
Fasilitas kesehatan seperti rumah sakit, puskesmas, posyandu dan tempat-tempat kesehatan lainnya berpengaruh terhadap angka kematian bayi. Semakin banyak fasilitas kesehatan, diharapkan semakin kecil kematian bayi yang terjadi. Sebaliknya jika fasilitas kesehatan sedikit, maka angka kematian bayi akan meningkat. Sehingga untuk memperkecil angka kematian bayi, pemerintah berusaha untuk menambah fasilitas kesehatan. Hubungan antara angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara dengan rasio fasilitas kesehatan tidak membentuk pola tertentu seperti pada Gambar 4.6. Sehingga metode yang sesuai untuk memodelkan hubungan antara angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara dengan rasio fasilitas kesehatan adalah regresi nonparametrik spline.



Gambar 4.6 Scatterplot Antara AKB dengan Rasio Fasilitas Kesehatan

#### 4.2.6 Pola Hubungan Antara AKB dengan Rasio Tenaga Kesehatan

Tenaga kesehatan seperti dokter, bidan, perawat dan petugas kesehatan lainnya berpengaruh terhadap angka kematian bayi. Semakin banyak tenaga kesehatan, diharapkan semakin banyak pula ibu hamil yang memeriksakan kandungannya ke tenaga kesehatan. Selain itu, dengan semakin banyaknya tenaga kesehatan diharapkan kesadaran ibu hamil untuk melakukan persalinan dengan bantuan tenaga medis semakin besar. Oleh karena itu, jika tenaga kesehatan sedikit, maka angka kematian bayi akan meningkat. Sebaliknya semakin banyak tenaga kesehatan, diharapkan semakin kecil kematian bayi yang terjadi. Sehingga untuk memperkecil angka kematian bayi, pemerintah berusaha untuk menambah tenaga kesehatan di provinsi Sumatera Utara. Hubungan antara angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara dengan rasio tenaga kesehatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 tidak membentuk pola tertentu. Sehingga metode yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara dengan rasio fasilitas kesehatan adalah regresi nonparametrik spline.



Gambar 4.7 Scatterplot Antara AKB dengan Rasio Tenaga Kesehatan

### 4.3 Pemilihan Titik Knot Optimal

Pemilihan Titik knot optimal didapatkan dengan mencari nilai GCV paling minimum dari GCV yang dihasilkan. Perhitungan GCV dibagi menjadi empat bagian yaitu GCV untuk satu titik knot, dua titik knot, tiga titik knot dan kombinasi antara satu, dua, dan tiga titik knot dari masing-masing prediktor.

#### 4.3.1 Pemilihan Titik Knot Optimal dengan Satu Titik Knot

Pemilihan titik knot optimal dimulai dengan pemilihan satu titik knot. Titik knot optimal untuk satu titik knot diharapkan dapat menghasilkan model Spline yang terbaik dan nilai GCV yang paling minimum. Berikut ini merupakan model regresi nonparametrik Spline dengan satu titik knot :

$$\hat{y} = \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 x_1 + \hat{\gamma}_2 (x_1 - K_1)_+ + \hat{\gamma}_3 x_2 + \hat{\gamma}_4 (x_2 - K_2)_+ + \hat{\gamma}_5 x_3 + \hat{\gamma}_6 (x_3 - K_3)_+ + \hat{\gamma}_7 x_4 + \hat{\gamma}_8 (x_4 - K_4)_+ + \hat{\gamma}_9 x_5 + \hat{\gamma}_{10} (x_5 - K_5)_+ + \hat{\gamma}_{11} x_6 + \hat{\gamma}_{12} (x_6 - K_6)_+$$

Pemodelan angka kematian bayi dengan titik knot optimal untuk satu titik knot diawali dengan memilih titik knot yang memiliki nilai GCV paling kecil. Berikut ini merupakan hasil

perhitungan GCV regresi nonparamtrik spline untuk satu titik knot.

**Tabel 4.2** Nilai GCV dengan Satu Titik Knot

NO	Knot						GCV
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	
1	4.152	7.407	14.028	11.162	18.720	16.481	36.371
2	4.391	8.092	15.390	11.745	19.460	17.166	35.512
3	4.630	8.776	16.752	12.327	20.200	17.851	35.169
4	4.869	9.461	18.114	12.909	20.940	18.536	34.201
5	<b>5.109</b>	<b>10.146</b>	<b>19.476</b>	<b>13.491</b>	<b>21.680</b>	<b>19.221</b>	<b>33.138</b>
6	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	33.390
7	5.587	11.515	22.199	14.656	23.160	20.592	34.861
8	5.826	12.200	23.561	15.238	23.900	21.277	35.647
9	6.065	12.884	24.923	15.820	24.640	21.962	36.238
10	6.304	13.569	26.285	16.403	25.380	22.647	36.886

Berdasarkan Tabel 4.2 diketahui bahwa nilai GCV paling kecil adalah 33,138 dengan titik knot optimum untuk keemam variabel adalah

$$K_1 = 5,109; K_2 = 10,146 ; K_3 = 19,476 ; K_4 = 13,491$$

$$K_5 = 21,68 ; K_6 = 19,221$$

Hasil ini merupakan titik knot optimal untuk satu knot. Namun sebelum melanjutkan penelitian dengan menggunakan satu knot, sebaiknya membandingkan nilai GCV mminimum satu knot dengan nilai GCV yang minimum untuk dua knot, tiga knot dan kombinasi antara satu, dua dan tiga knot. Nilai GCV yang paling minimum dari keempat kemungkinan tadi akan memberikan model spline terbaik.

### 4.3.2 Pemilihan Titik Knot Optimal dengan Dua Titik Knot

Langkah selanjutnya setelah mendapatkan titik knot optimum untuk satu titik knot adalah mencari titik knot optimum untuk dua titik knot. Titik knot optimum untuk dua titik knot akan dibandingkan dengan nilai titik knot optimal dengan satu titik knot. Perhitungan titik knot optimum untuk dua titik knot sama dengan satu titik knot yaitu mencari nilai GCV yang paling minimum. Berikut ini merupakan model regresi nonparametrik spline untuk dua titik knot.

$$\begin{aligned} \hat{y} = & \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 x_1 + \hat{\gamma}_2 (x_1 - K_1)_+ + \hat{\gamma}_3 (x_1 - K_2)_+ + \hat{\gamma}_4 x_2 \\ & + \hat{\gamma}_5 (x_2 - K_3)_+ + \hat{\gamma}_6 (x_2 - K_4)_+ + \hat{\gamma}_7 x_3 \\ & + \hat{\gamma}_8 (x_3 - K_5)_+ + \hat{\gamma}_9 (x_3 - K_6)_+ + \hat{\gamma}_{10} x_4 \\ & + \hat{\gamma}_{11} + \hat{\gamma}_{12} (x_4 - K_8)_+ + \hat{\gamma}_{13} x_5 \\ & + \hat{\gamma}_{14} (x_5 - K_9)_+ + \hat{\gamma}_{15} (x_5 - K_{10})_+ + \hat{\gamma}_{16} x_6 \\ & + \hat{\gamma}_{17} (x_6 - K_{11})_+ + \hat{\gamma}_{18} (x_6 - K_{12})_+ \end{aligned}$$

Perbedaan pemilihan titik knot optimal pada satu titik knot dengan titik knot optimal pada dua titik knot adalah pada dua titik knot masing-masing variabel akan mendapat dua titik knot. Sehingga ada dua titik knot/potongan pada kurva regresinya. Jumlah knot pada pemilihan titik knot optimal untuk dua titik knot adalah 12 titik knot. Tabel 4.3 berisi informasi hasil perhitungan nilai GCV untuk dua titik knot.

**Tabel 4.3** Nilai GCV dengan Dua Titik Knot

NO	Knot						GCV
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	
1	5.109	10.146	19.476	13.491	21.680	19.221	41.214
	13.241	33.425	65.778	33.288	46.840	42.515	
2	5.109	10.146	19.476	13.491	21.680	19.221	33.138
	13.480	34.110	67.140	33.870	47.580	43.200	
3	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	29.746
	5.587	11.515	22.199	14.656	23.160	20.592	

**Tabel 4.3** Nilai GCV dengan Dua Titik Knot  
**Tabel 4.3** Nilai GCV dengan Dua Titik Knot (lanjutan)

NO	Knot						GCV
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	
4	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	23.019
	5.826	12.200	23.561	15.238	23.900	21.277	
5	<b>5.348</b>	<b>10.830</b>	<b>20.838</b>	<b>14.074</b>	<b>22.420</b>	<b>19.907</b>	<b>22.817</b>
	<b>6.065</b>	<b>12.884</b>	<b>24.923</b>	<b>15.820</b>	<b>24.640</b>	<b>21.962</b>	
6	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	23.371
	6.304	13.569	26.285	16.403	25.380	22.647	
7	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	24.827
	6.544	14.254	27.647	16.985	26.120	23.332	
8	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	28.561
	6.783	14.939	29.009	17.567	26.860	24.017	
9	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	30.912
	7.022	15.623	30.370	18.149	27.600	24.702	
10	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	33.971
	7.261	16.308	31.732	18.732	28.340	25.387	

Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui bahwa nilai GCV minimum untuk dua titik knot adalah 22,817 dengan nilai titik knot optimum untuk masing-masing variabel adalah sebagai berikut.

$$(K_1= 5,348 ; K_2= 6,065)(K_3= 10,83 ; K_4= 12,884)$$

$$(K_5= 20,838 ; K_6= 24,923)(K_7= 14,074; K_8= 15,82)$$

$$(K_9= 22,42; K_{10}= 24,64)(K_{11}= 19,907 ; K_{12}= 21,962)$$

Nilai GCV minimum dengan dua titik knot lebih kecil dari nilai GCV minimum dengan satu titik knot. Oleh karena itu, untuk memodelkan angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara lebih baik menggunakan titik knot optimal dengan dua titik knot daripada titik knot optimal dengan satu titik knot. Namun nilai GCV minimum dengan dua knot dibandingkan

terlebih dahulu dengan nilai GCV minimum untuk tiga knot dan kombinasi dari satu, dua, tiga knot.

### 4.3.3 Pemilihan Titik Knot Optimal dengan Tiga Titik Knot

Langkah selanjutnya setelah membandingkan hasil GCV satu titik knot dengan dua titik knot adalah mencari GCV minimum untuk tiga titik knot. Pemilihan titik knot optimal dengan tiga titik knot sama dengan pemilihan titik knot optimal pada satu titik knot dan dua titik knot. Pemilihan dilakukan dengan cara mencari nilai GCV minimum. Berikut ini merupakan model regresi nonparametrik spline untuk tiga titik knot.

$$\hat{y} = \hat{\gamma}_0 + \hat{\gamma}_1 x_1 + \hat{\gamma}_2 (x_1 - K_1)_+ + \hat{\gamma}_3 (x_1 - K_2)_+ + \hat{\gamma}_4 (x_1 - K_3)_+ + \hat{\gamma}_5 x_2 + \hat{\gamma}_6 (x_2 - K_4)_+ + \hat{\gamma}_7 (x_2 - K_5)_+ + \hat{\gamma}_8 (x_2 - K_6)_+ + \hat{\gamma}_9 x_3 + \hat{\gamma}_{10} (x_3 - K_7)_+ + \hat{\gamma}_{11} (x_3 - K_8)_+ + \hat{\gamma}_{12} (x_3 - K_9)_+ + \hat{\gamma}_{13} x_4 + \hat{\gamma}_{14} (x_4 - K_{10})_+ + \hat{\gamma}_{15} (x_4 - K_{11})_+ + \hat{\gamma}_{16} (x_4 - K_{12})_+ + \hat{\gamma}_{17} x_5 + \hat{\gamma}_{18} (x_5 - K_{13})_+ + \hat{\gamma}_{19} (x_5 - K_{14})_+ + \hat{\gamma}_{20} (x_5 - K_{15})_+ + \hat{\gamma}_{21} x_6 + \hat{\gamma}_{22} (x_6 - K_{16})_+ + \hat{\gamma}_{23} (x_6 - K_{17})_+ + \hat{\gamma}_{24} (x_6 - K_{18})_+$$

Pada pemilihan titik knot optimal dengan tiga titik knot, masing-masing variabel akan memiliki tiga titik knot. Jumlah titik knot untuk pemilihan titik knot optimal dengan tiga titik knot adalah 18 titik knot. Berikut ini merupakan hasil perhitungan nilai GCV untuk tiga titik knot.

**Tabel 4.4** Nilai GCV dengan Tiga Titik Knot

NO	Knot						GCV
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	
1	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	40.546
	7.022	15.623	30.370	18.149	27.600	24.702	
	12.284	30.687	60.331	30.959	43.880	39.774	
2	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	38.198
	7.022	15.623	30.370	18.149	27.600	24.702	
	12.523	31.371	61.693	31.541	44.620	40.460	

**Tabel 4.4** Nilai GCV dengan Tiga Titik Knot (lanjutan)

NO	Knot						GCV
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	
3	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	34.951
	7.022	15.623	30.370	18.149	27.600	24.702	
	12.762	32.056	63.054	32.123	45.360	41.145	
4	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	31.406
	7.022	15.623	30.370	18.149	27.600	24.702	
	13.002	32.741	64.416	32.706	46.100	41.830	
5	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	30.646
	7.022	15.623	30.370	18.149	27.600	24.702	
	13.241	33.425	65.778	33.288	46.840	42.515	
6	<b>5.348</b>	<b>10.830</b>	<b>20.838</b>	<b>14.074</b>	<b>22.420</b>	<b>19.907</b>	<b>19.392</b>
	<b>7.261</b>	<b>16.308</b>	<b>31.732</b>	<b>18.732</b>	<b>28.340</b>	<b>25.387</b>	
	<b>7.500</b>	<b>16.993</b>	<b>33.094</b>	<b>19.314</b>	<b>29.080</b>	<b>26.072</b>	
7	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	22.723
	7.261	16.308	31.732	18.732	28.340	25.387	
	7.740	17.677	34.456	19.896	29.820	26.758	
8	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	28.678
	7.261	16.308	31.732	18.732	28.340	25.387	
	7.979	18.362	35.818	20.478	30.560	27.443	
9	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	33.095
	7.261	16.308	31.732	18.732	28.340	25.387	
	8.218	19.047	37.180	21.061	31.300	28.128	
10	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	26.651
	7.261	16.308	31.732	18.732	28.340	25.387	
	8.457	19.731	38.541	21.643	32.040	28.813	

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai GCV paling minimum untuk tiga titik knot adalah 19,392. Titik knot yang dihasilkan dari pemilihan titik knot optimal dengan titik knot adalah 18 titik knot dengan masing-masing variabel memiliki tiga titik knot. Berikut ini merupakan nilai titik knot yang dihasilkan dari pemilihan titik knot optimal dengan tiga titik knot.

$$(K_1= 5,348 ; K_2= 7,261; K_3= 7,5)$$

$$(K_4= 10,830 ; K_5= 16,308 ; K_6= 16,993)$$

$$(K_7= 20,838; K_8= 31,732 ; K_9= 33,094 )$$

$$(K_{10}= 14,074 ;K_{11}= 18,732 ; K_{12}= 19,314)$$

( $K_{13} = 22,420$  ;  $K_{14} = 28,34$  ;  $K_{15} = 29,080$  )

( $K_{16} = 19,907$ ;  $K_{17} = 25,387$  ;  $K_{18} = 26,072$ )

Nilai GCV untuk tiga titik knot lebih kecil daripada nilai GCV untuk dua titik knot dan nilai GCV satu titik knot. Sehingga untuk melakukan pemodelan AKB di provinsi Sumatera Utara lebih baik menggunakan tiga titik knot dari pada satu maupun dua titik knot. Namun nilai GCV tiga titik knot dibandingkan terlebih dahulu dengan nilai GCV kombinasi satu, dua, dan tiga titik knot.

#### 4.3.4 Pemilihan Titik Knot Optimal dengan Kombinasi Knot

Setelah melakukan pemilihan titik knot optimal dengan satu titik knot, dua titik knot, dan tiga titik knot maka langkah selanjutnya adalah pemilihan titik knot optimal dengan kombinasi knot. Kombinasi knot merupakan pemilihan titik knot optimal yang menggabungkan satu titik knot, dua titik knot dan tiga titik knot. Pemilihan titik knot pada kombinasi knot dengan mencari nilai GCV paling minimum. Banyaknya titik knot yang dihasilkan akan disesuaikan dengan kombinasi knot yang didapatkan pada nilai GCV yang paling minimum. Berikut ini merupakan nilai GCV dengan kombinasi knot.

**Tabel 4.5** Nilai GCV dengan Kombinasi Knot

NO	Knot						GCV
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	
1	5.348	10.830	20.838	14.074	22.430	19.907	26.465
	6.065	16.308	31.732	18.732	24.640	25.387	
		16.993	33.094	19.314		26.072	
2	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.221	50.629
	6.065	16.308	31.732	18.732	28.340		
		16.993	33.094	19.314	29.080		
3	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	35.685
	6.065	16.308	31.732	18.732	28.340	21.962	
		16.993	33.094	19.314	29.080		

**Tabel 4.5** Nilai GCV dengan Kombinasi (lanjutan)

NO	Knot						GCV
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	
4	5.348	10.830	20.838	14.074	22.420	19.907	12.057
	6.065	16.308	31.732	18.732	28.340	25.387	
		16.993	33.094	19.314	29.080	26.072	
5	5.348	10.146	19.476	13.491	21.680	19.221	34.401
	7.261						
	7.500						
6	5.348	10.146	19.476	13.491	21.680	19.907	29.818
	7.261					21.962	
	7.500						
7	5.348	10.146	19.476	13.491	21.680	19.907	33.176
	7.261					25.387	
	7.500					26.072	
8	5.348	10.146	19.476	13.491	22.430	19.221	36.612
	7.261				24.640		
	7.500						
9	5.348	10.146	19.476	13.491	22.430	19.907	31.894
	7.261				24.640	21.962	
	7.500						
10	5.348	10.146	19.476	13.491	22.430	19.907	35.771
	7.261				24.640	25.387	
	7.500				26.072		

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai GCV paling minimum untuk kombinasi titik knot adalah 12,057. Titik knot yang dihasilkan dari pemilihan titik knot optimal dengan titik knot adalah 17 titik knot. Variabel  $x_1$  memiliki knot sebanyak 2 knot. Variabel  $x_2$  hingga variabel  $x_3$  memiliki knot sebanyak tiga knot. Titik knot optimum untuk masing-masing variabel untuk kombinasi knot sebagai berikut.

( $K_1= 5,348$ ;  $K_2= 6,065$ )

( $K_3= 10,830$  ;  $K_4= 16,308$  ;  $K_5= 16,993$ )

( $K_6 = 20,838$  ;  $K_7 = 31,732$  ;  $K_8 = 33,094$  )  
 ( $K_9 = 14,074$  ;  $K_{10} = 18,732$  ;  $K_{11} = 19,314$ )  
 ( $K_{12} = 22,420$  ;  $K_{13} = 28,34$  ;  $K_{14} = 29,080$  )  
 ( $K_{15} = 19,907$ ;  $K_{16} = 25,387$  ;  $K_{17} = 26,072$ )

Nilai GCV untuk kombinasi knot lebih kecil dari GCV dengan tiga titik knot, dua titik knot dan satu titik knot. Sehingga untuk melakukan pemodelan angka kematian bayi dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya di provinsi Sumatera Utara maka nilai GCV yang sesuai adalah nilai GCV dengan kombinasi knot.

#### 4.4 Estimasi Parameter Model Regresi Nonparametrik Spline

Pemodelan AKB dengan regresi nonparametrik spline didapatkan dengan menggunakan titik knot optimal. Pemilihan titik knot optimal yang sudah dilakukan sebelumnya menghasilkan pemodelan terbaik AKB dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya dilakukan dengan menggunakan titik knot kombinasi dengan knot masing-masing variabel secara berturut-turut adalah 2,3,3,3,3,3. Hasil estimasi parameter AKB dengan menggunakan kombinasi knot sebagai berikut.

**Tabel 4.6**Estimasi Parameter

Variabel	Parameter	Koefisien
	$\gamma_0$	39,316
$x_1$	$\gamma_1$	-0,456
	$\gamma_2$	13,030
	$\gamma_3$	-11,665
	$\gamma_4$	-1,853
$x_2$	$\gamma_5$	-212,042
	$\gamma_6$	80,713
	$\gamma_7$	55,681

**Tabel 4.6** Estimasi Parameter Regresi Nonparametrik Spline (lanjutan)

Variabel	Parameter	Koefisien
$x_3$	$\gamma_8$	1,104
	$\gamma_9$	-1,772
	$\gamma_{10}$	-229,29
	$\gamma_{11}$	297,321
$x_4$	$\gamma_{12}$	2,344
	$\gamma_{13}$	-1,382
	$\gamma_{14}$	1156,315
	$\gamma_{15}$	-1197,799
$x_5$	$\gamma_{16}$	-2,141
	$\gamma_{17}$	4,812
	$\gamma_{18}$	-11,968
	$\gamma_{19}$	9,858
$x_6$	$\gamma_{20}$	-1,069
	$\gamma_{21}$	3,3808
	$\gamma_{22}$	16,125
	$\gamma_{23}$	-26,502

Berdasarkan Tabel 4.6, estimasi parameter regresi nonparametrik spline untuk memodelkan AKB dan faktor-faktor yang mempengaruhinya dapat dijadikan dalam bentuk persamaan sebagai berikut.

$$\hat{y} = 39,316 - 0,456 x_1 + 13,030 (x_1 - 5,348)_+ + \\ - 11,665(x_1 - 6,065)_+ - 1,853 x_2 - 212,042 (x_2 - 10,83)_+ + \\ 80,713(x_2 - 16,308)_+ + 55,681 (x_2 - 16,993)_+ + \\ 1,104 x_3 - 1,772(x_3 - 20,838)_+ - 229,29 (x_3 - 31,732)_+ + 297,321 \\ (x_3 - 33,094)_+ + 2,344 x_4 - 1,382 (x_4 - 14,074)_+ + 1156,315 \\ (x_4 - 18,732)_+ - 1197,799 (x_4 - 19,314)_+ +$$

$$-2,141 x_5 + 4,812(x_5 - 22,420)_+ - 11,968 (x_5 - 28,34)_+ + 9,858(x_5 - 29,08)_+ - 1,069 x_6 + 3,3808 (x_6 - 19,907)_+ + 16,125(x_6 - 25,387)_+ - 26,502 (x_6 - 26,072)_+$$

Model regresi nonparametrik spline dengan menggunakan GCV kombinasi knot ini memiliki  $R^2$  sebesar 98,314%. Hal ini berarti bahwa keenam variabel prediktor (faktor yang diduga mempengaruhi AKB ) mampu menjelaskan variabilitas AKB sebesar 98,314%

#### 4.5 Pengujian Signifikansi Parameter Model Regresi Nonparametrik Spline

Pengujian signifikansi bertujuan untuk mengetahui apakah parameter model regresi nonparametrik spline berpengaruh signifikan terhadap AKB di provinsi Sumatera Utara. Pengujian signifikansi parameter dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama adalah pengujian serentak. Jika pengujian serentak sudah menghasilkan parameter yang signifikan maka dilanjutkan dengan pengujian signifikansi parameter secara individu.

##### 4.5.1 Pengujian Signifikansi Parameter Model Secara Serentak

Hipotesis untuk pengujian signifikansi parameter model regresi nonparametrik Spline secara serentak sebagai berikut.

$$H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = \dots = \gamma_{23} = 0$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \gamma_j \neq 0, \text{ dimana } j=1,2,\dots,23$$

Hasil ANOVA untuk model regresi nonparametrik Spline secara serentak sebagai berikut.

**Tabel 4.7** ANOVA Model Regresi Secara Serentak

Sumber	Df	Sum of Square	Mean Square	$F_{hitung}$	P-value
Regresi	23	1726,76	75,076	22,831	0,0000189
Error	9	29,594	3,288		
Total	32	1756,35			

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa p-value adalah sebesar 0,0000189 dan nilai ini kurang dari nilai  $\alpha$  (0,05) Sehingga dapat disimpulkan bahwa tolak  $H_0$ . Ini berarti minimal ada satu parameter yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Setelah didapatkan hasil yang signifikan pada pengujian parameter model secara serentak, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian parameter model secara individu.

#### 4.5.2 Pengujian Signifikansi Parameter Model Secara Individu

Pengujian signifikansi parameter model secara individu dilakukan untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Berikut ini merupakan hipotesis untuk melakukan pengujian signifikansi parameter model secara individu.

$$H_0 : \gamma_j = 0$$

$$H_1 : \gamma_j \neq 0, \text{ dimana } j=1,2,\dots,23$$

Hasil pengujian signifikansi parameter secara individu adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.8** Pengujian Parameter Model Regresi Secara Individu

Variabel	Parameter	Koefisien	p-value	Keputusan
	$\gamma_0$	39,316	7,98e-05	Signifikan
$x_1$	$\gamma_1$	-0,456	0,5880	Tidak Signifikan
	$\gamma_2$	13,030	0,0078	Signifikan
	$\gamma_3$	-11,665	0,0079	Signifikan
	$\gamma_4$	-1,853	0,0129	Signifikan
$x_2$	$\gamma_5$	-212,042	0,0050	Signifikan
	$\gamma_6$	80,713	0,0002	Signifikan
	$\gamma_7$	55,681	0,0826	Tidak Signifikan

**Tabel 4.8** Pengujian Parameter Model Regresi Secara Individu (lanjutan)

Variabel	Parameter	Koefisien	p-value	Keputusan
$x_3$	$\gamma_8$	1,104	5,34e-06	Signifikan
	$\gamma_9$	-1,772	0,0004	Signifikan
	$\gamma_{10}$	-229,29	0,0073	Signifikan
	$\gamma_{11}$	297,321	0,0069	Signifikan
$x_4$	$\gamma_{12}$	2,344	4,68e-05	Signifikan
	$\gamma_{13}$	-1,382	0,2525	Tidak Signifikan
	$\gamma_{14}$	1156,315	0,0062	Signifikan
	$\gamma_{15}$	-1197,799	0,0062	Signifikan
$x_5$	$\gamma_{16}$	-2,141	4,79e-05	Signifikan
	$\gamma_{17}$	4,812	6,14e-05	Signifikan
	$\gamma_{18}$	-11,968	0,0082	Signifikan
	$\gamma_{19}$	9,858	0,0220	Signifikan
$x_6$	$\gamma_{20}$	-1,069	0,0012	Signifikan
	$\gamma_{21}$	3,3808	0,0003	Signifikan
	$\gamma_{22}$	16,125	0,0978	Tidak Signifikan
	$\gamma_{23}$	-26,502	0,0297	Signifikan

Pengujian signifikansi dilakukan dengan cara perbandingan nilai p-value dengan nilai  $\alpha$ . Berdasarkan Tabel 4.8 dapat diketahui ada 4 dari 24 parameter yang tidak signifikan karena memiliki nilai p-value yang lebih besar dari 0,05. Namun secara keseluruhan dari 6 faktor yang diduga mempengaruhi AKB berpengaruh signifikan. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan keenam faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara.

#### 4.6 Pengujian Asumsi Residual

Analisis regresi nonparametrik Spline akan menghasilkan residu. Untuk memastikan model yang dihasilkan dari regresi nonparametrik layak untuk digunakan maka dilakukan pengujian

asumsi terhadap residual modelnya. Pengujian asumsi residu yang dilakukan untuk mengetahui apakah residual yang terbentuk sudah identik, independen dan normal.

#### 4.6.1 Uji Identik

Hipotesis untuk melakukan pengujian asumsi residual identik sebagai berikut.

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_{33}^2 = \sigma^2$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i=1,2,\dots,33$$

Uji yang digunakan dalam pengujian asumsi residual identik adalah uji Glejser. Berikut ini adalah hasil ANOVA pengujian asumsi residual identik dengan uji glejser.

**Tabel 4.9** ANOVA untuk Uji Glejser

Sumber	Df	Sum of Square	Mean Square	F <sub>hitung</sub>	P-value
Regresi	23	10,04195	0,4366	1,24355	0,38315
Error	9	3,159861	0,3510		
Total	32	13,20181			

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat diketahui bahwa p-value untuk pengujian asumsi residual identik adalah 0,38315. Berdasarkan nilai p-value yang lebih besar dari  $\alpha$  (0,05) maka kesimpulan yang dapat diambil adalah gagal tolak  $H_0$ . Ini artinya tidak terjadi kasus heteroskedikstas pada residu atau asumsi residual identik sudah terpenuhi.

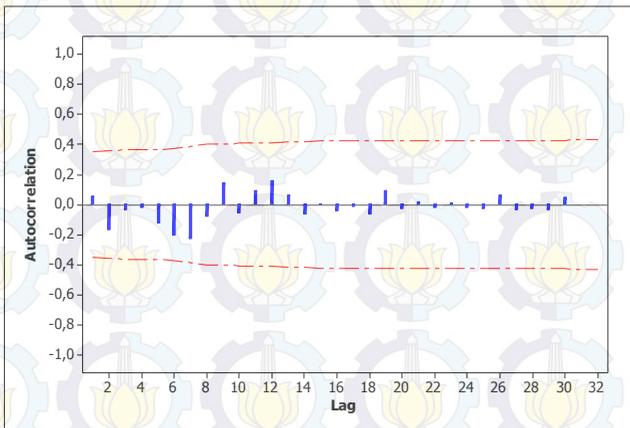
#### 4.6.2 Uji Independen

Hipotesis untuk melakukan pengujian asumsi residual independen adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \rho_k = 0 \text{ (residual independen)}$$

$$H_1 : \rho_k \neq 0 \text{ (residual tidak independen)}$$

Pengujian asumsi residual independen dilakukan untuk mengetahui apakah korelasi antar residual bernilai nol atau tidak. Salah satu cara untuk mengetahui korelasi antar residual bernilai nol atau tidak adalah dengan cara melihat plot ACF dari residual tersebut. Apabila terdapat minimal satu autokorelasi yang keluar dari batas signifikansi maka terdapat korelasi antar residual. Berikut ini merupakan plot ACF dari residual model AKB di Sumatera Utara.



**Gambar 4.8** Plot ACF Residual

Berdasarkan plot ACF pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa tidak ada satupun autokorelasi yang keluar dari batas signifikansi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  gagal tolak yang berarti residual model sudah memenuhi asumsi independen.

#### 4.6.3 Uji Distribusi Normal

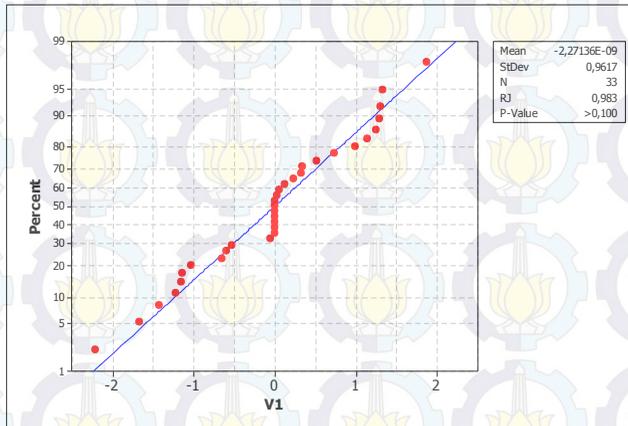
Hipotesis untuk melakukan pengujian asumsi residual berdistribusi normal adalah sebagai berikut.

$H_0$  : residual berdistribusi normal

$H_1$  : residual tidak berdistribusi normal

Pengujian asumsi residual berdistribusi normal dilakukan dengan melihat secara visual pada plot distribusi normal. Apabila

residual cenderung mengikuti garis  $45^\circ$  maka residual dapat dikatakan berdistribusi normal. Cara lain untuk melakukan uji distribusi normal adalah dengan melihat nilai p-value.



**Gambar 4.9** Plot Uji Distribusi Normal

Berdasarkan plot distribusi normal dapat dilihat titik-titik pengamatan cenderung mengikuti garis  $45^\circ$ . Jika dilihat dari nilai p-value maka dapat disimpulkan gagal tolak  $H_0$ . Hal ini disebabkan nilai p-value ( $>0,1$ ) lebih besar dari  $\alpha$  ( $0,05$ ). Sehingga dapat disimpulkan residual model sudah memenuhi asumsi berdistribusi normal.

#### 4.7 Interpretasi Model Regresi Nonparametrik Spline

Model regresi nonparametrik Spline terbaik adalah dengan titik knot kombinasi. Berikut ini merupakan model yang diperoleh dari titik knot kombinasi.

$$\hat{y} = 39,316 - 0,456 x_1 + 13,030 (x_1 - 5,348)_+ + \\ -11,665(x_1 - 6,065)_+ - 1,853 x_2 - 212,042 (x_2 - 10,83)_+ + \\ 80,713(x_2 - 16,308)_+ + 55,681 (x_2 - 16,993)_+ +$$

$$\begin{aligned}
& 1,104 x_3 - 1,772(x_3 - 20,838)_+ - 229,29 (x_3 - 31,732)_+ + \\
& 297,321 (x_3 - 33,094)_+ + 2,344 x_4 - 1,382 (x_4 - 14,074)_+ + \\
& 1156,315 (x_4 - 18,732)_+ - 1197,799 (x_4 - 19,314)_+ + \\
& -2,141 x_5 + 4,812(x_5 - 22,420)_+ - 11,968 (x_5 - 28,34)_+ + \\
& 9,858(x_5 - 29,08)_+ - 1,069 x_6 + 3,3808 (x_6 - 19,907)_+ + \\
& 16,125(x_6 - 25,387)_+ - 26,502 (x_6 - 26,072)_+
\end{aligned}$$

Model tersebut memiliki enam variabel dimana keenam variabel tersebut berpengaruh signifikan terhadap AKB. Interpretasi model bertujuan untuk mengetahui besar pengaruh masing-masing variabel terhadap AKB. Interpretasi dari model tersebut adalah sebagai berikut.

1. Jika variabel  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ ,  $x_5$  dan  $x_6$  dianggap konstan maka pengaruh persentase wanita berkeuarga dibawah umur 17 tahun ( $x_1$ ) terhadap AKB di provinsi Sumut sebagai berikut

$$\hat{y} = \begin{cases} -0,456x_1 & ; x_1 < 5,348 \\ -69,68 + 12,574x_1 & ; 5,348 \leq x_1 < 6,065 \\ 1,0556 + 0,909x_1 & ; x_1 \geq 6,065 \end{cases}$$

Berdasarkan model tersebut interpretasi yang diperoleh adalah apabila presentase wanita berkeuarga dibawah umur 17 tahun yang kurang dari 5,348 mengalami kenaikan presentase sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 0,00456 . Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Humbang Hasundutan, kabupaten Tapanuli Utara, kota Pematangsiantar, kabupaten Toba Samosir, kabupaten Dairi, kabupaten Samosir, kota Gunung Sitoli, kabupaten Pakpak Barat, kota Medan. Apabila presentase wanita berkeuarga dibawah umur 17 tahun yang berada antara 5,348 hingga kurang dari 6,065 mengalami kenaikan presentase sebesar 1% maka AKB cenderung naik sebesar 0,1257. Kabupaten/kota yang

termasuk pada interval ini adalah kota Tebing Tinggi, kabupaten Nias, kabupaten Simalungun, kabupaten Deli Serdang.

Apabila presentase wanitaberkehuargadibawahumur 17 tahun yang lebih atau sama dengan dari 6,065 mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung naik sebesar 0,00909. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Padang Lawas Utara, kabupaten Karo, kota Sibolga, kabupaten Labuhanbatu, kabupaten Nias Utara, kota Binjai, kabupaten Tapanuli Selatan, kabupaten Tapanuli Tengah, kabupaten Nias Selatan, kabupaten Labuhanbatu Selatan, kota Padang sidempuan, kabupaten Serdang Bedagai, kabupaten Labuhanbatu Utara, kota Tanjungbalai, kabupaten Nias Barat, kabupaten Asahan, kabupaten Langkat, kabupaten Batu Bara, kabupaten Padang Lawas, kabupaten Mandailing Natal.

2. Jika variabel  $x_1, x_3, x_4, x_5$  dan  $x_6$  dianggap konstan maka pengaruh persentasewanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI( $x_2$ ) terhadap AKB di provinsi Sumatera Utara sebagai berikut

$$\hat{y} = \begin{cases} -1,853x_2 & ; & x_2 < 10,83 \\ 2296,414 - 213,895x_2 & ; & 10,83 \leq x_2 < 16,308 \\ 979,733 - 133,182x_2 & ; & 16,308 \leq x_2 < 16,993 \\ -33,546 - 77,501x_2 & ; & x_2 \geq 16,993 \end{cases}$$

Berdasarkan model diatas dapat disimpulkan bahwa apabila persentasewanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI yang kurang dari 10,83% mengalami kenaikan persentase sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 0,01853. Kabupaten/kota yang termasuk ke dalam interval ini adalah kabupaten Humbang Hasundutan, kabupaten Tapanuli Utara, kota Pematangsiantar, kabupaten Toba Samosir, kabupaten Dairi, kabupaten

Samosir, kabupaten Pakpak Barat, kota Medan, kota Tebing Tinggi, kabupaten Simalungun, kabupaten Deli Serdang, kabupaten Padang Lawas Utara, kabupaten Karo, kota Sibolga, kabupaten Labuhanbatu, kota Binjai, kabupaten Tapanuli Selatan, kabupaten Tapanuli Tengah, kabupaten Labuhanbatu Selatan, kota Padang sidempuan, kabupaten Serdang Bedagai, kabupaten Labuhanbatu Utara, kota Tanjungbalai, kabupaten Asahan, kabupaten Langkat, kabupaten Batu Bara, kabupaten Padang Lawas, kabupaten Mandailing Natal. Apabila persentasewanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI yang berada diantara 10,83% hingga kurang dari 16,308% mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 2,13895. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kota Gunung Sitoli dan kabupaten Nias Utara. Apabila persentasewanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI yang berada diantara 16,308% hingga kurang dari 16,993% maka AKB cenderung turun sebesar 1,33182. Apabila persentasewanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI yang lebih atau sama dengan 16,993 mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 0,77501. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Nias, kabupaten Nias Barat, kabupaten Nias Selatan.

3. Jika variabel  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_4$ ,  $x_5$  dan  $x_6$  dianggap konstan maka pengaruh persentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis ( $x_3$ ) terhadap AKB di provinsi Sumatera Utara sebagai berikut

$$\hat{y} = \begin{cases} 1,104x_3 & ; & x_3 < 20,838 \\ 36,924 - 0,668x_3 & ; & 20,838 \leq x_3 < 31,732 \\ 7312,754 - 229,958x_3 & ; & 31,732 \leq x_3 < 33,094 \\ -2526,768 + 67,363x_3 & ; & x_3 \geq 33,094 \end{cases}$$

Interpretasi untuk model tersebut adalah apabila persentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis yang kurang dari 20,838% mengalami kenaikan persentase sebesar 1% maka AKB cenderung mengalami kenaikan sebesar 0,01104. Kabupaten/kota yang termasuk ke dalam interval ini adalah kabupaten Humbang Hasundutan, kabupaten Tapanuli Utara, kota Pematangsiantar, kabupaten Toba Samosir, kabupaten Dairi, kabupaten Samosir, kota Medan, kota Tebing Tinggi, kabupaten Simalungun, kabupaten Deli Serdang, kabupaten Karo, kota Sibolga, kabupaten Labuhanbatu, kota Binjai, kabupaten Tapanuli Selatan, kabupaten Tapanuli Tengah, kabupaten Labuhanbatu Selatan, kota Padang sidempuan, kabupaten Serdang Bedagai, kabupaten Labuhanbatu Utara, kota Tanjungbalai, kabupaten Asahan, kabupaten Langkat, kabupaten Batu Bara, kota Gunung Sitoli. Apabila persentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis yang berada diantara 20,838% hingga kurang dari 31,732% mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 0,00668. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Padang Lawas dan kabupaten Mandailing Natal. Apabila persentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis yang berada diantara 31,732% hingga kurang dari 33,094% maka AKB cenderung turun sebesar 2,29958. Apabila persentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis yang lebih atau sama dengan 33,094 mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung naik sebesar 0,67363. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Nias, kabupaten Nias Barat, kabupaten Nias Selatan, kabupaten Nias Utara, kabupaten Pakpak Barat dan kabupaten Padang Lawas Utara.

4. Jika variabel  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_5$  dan  $x_6$  dianggap konstan maka pengaruh persentase penduduk golongan sosial ekonomi

menengah kebawah( $x_4$ ) terhadap AKB di provinsi Sumatera Utara sebagai berikut

$$\hat{y} = \begin{cases} 2,344x_4 & ; x_4 < 14,074 \\ 19,450 + 0,962x_4 & ; 14,074 \leq x_4 < 18,732 \\ 21640,64 + 1157,277x_4 & ; 18,732 \leq x_4 < 19,314 \\ -1493,47 - 41,475x_4 & ; x_4 \geq 19,314 \end{cases}$$

Interpretasi untuk model tersebut adalah apabila persentase penduduk golongan sosial ekonomi menengah kebawah yang kurang dari 14,074% mengalami kenaikan persentase sebesar 1% maka AKB cenderung mengalami kenaikan sebesar 0,02344. Kabupaten/kota yang termasuk ke dalam interval ini adalah kabupaten Humbang Hasundutan, kabupaten Tapanuli Utara, kota Pematangsiantar, kabupaten Toba Samosir, kabupaten Dairi, kota Medan, kota Tebing Tinggi, kabupaten Simalungun, kabupaten Deli Serdang, kabupaten Karo, kota Sibolga, kabupaten Labuhanbatu, kota Binjai, kabupaten Tapanuli Selatan, kota Padang sidempuan, kabupaten Serdang Bedagai, kabupaten Labuhanbatu Utara, kabupaten Asahan, kabupaten Langkat, kabupaten Batu Bara, kabupaten Padang Lawas, kabupaten Padang Lawas Utara, kabupaten Mandailing Natal dan kabupaten Pakpak barat. Apabila persentase penduduk golongan sosial ekonomi menengah kebawah yang berada diantara 14,074% hingga kurang dari 18,732% mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung naik sebesar 0,00962. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Labuhan Batu Selatan, kota Tanjungbalai, kabupaten Samosir, kabupaten Tapanuli Tengah. Apabila persentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis yang berada diantara 18,732% hingga kurang dari 19,314% maka AKB cenderung naik sebesar 11,57. Apabila persentase penduduk golongan sosial ekonomi

menengah kebawah yang lebih atau sama dengan 19,314 mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 0,41475. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Nias, kabupaten Nias Barat, kabupaten Nias Selatan, kabupaten Nias Utara, kota Gunung Sitoli

5. Jika variabel  $x_1, x_2, x_3, x_4$  dan  $x_6$  dianggap konstan maka pengaruh rasio fasilitas kesehatan ( $x_5$ ) terhadap AKB di provinsi Sumatera Utara sebagai berikut

$$\hat{y} = \begin{cases} -2,141x_5 & ; & x_5 < 22,420 \\ -107,885 + 2,671x_5 & ; & 22,420 \leq x_5 < 28,34 \\ 231,2881 - 9,297x_5 & ; & 28,34 \leq x_5 < 29,08 \\ 55,3818 - 0,561x_5 & ; & x_5 \geq 29,08 \end{cases}$$

Interpretasi untuk model tersebut adalah apabila rasio fasilitas kesehatan yang kurang dari 22,420 mengalami kenaikan persentase sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 0,02344. Kabupaten Nias Utara, kabupaten Deli Serdang, kota Gunung Sitoli, kabupaten Simalungun, kabupaten Langkat, kabupaten Mandailing Natal, kabupaten Batu Bara, kabupaten Serdang Berdagai, kabupaten Nias Selatan, kabupaten Asahan, kota Medan, kabupaten Padang Lawas, kabupaten Labuhanbatu Selatan, kabupaten Nias Barat, kabupaten Labuhanbatu Utara. Apabila rasio fasilitas kesehatan yang berada diantara 22,420 hingga kurang dari 28,34 mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung naik sebesar 0,02671. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Humbang Hasundutan, kabupaten Tapanuli Selatan, kabupaten Karo, kabupaten Labuhanbatu, kota Padangsidempuan, kabupaten Tapanuli Tengah, kabupaten Dairi. Apabila rasio fasilitas kesehatan yang berada diantara 28,34 hingga kurang dari 29,08 mengalami

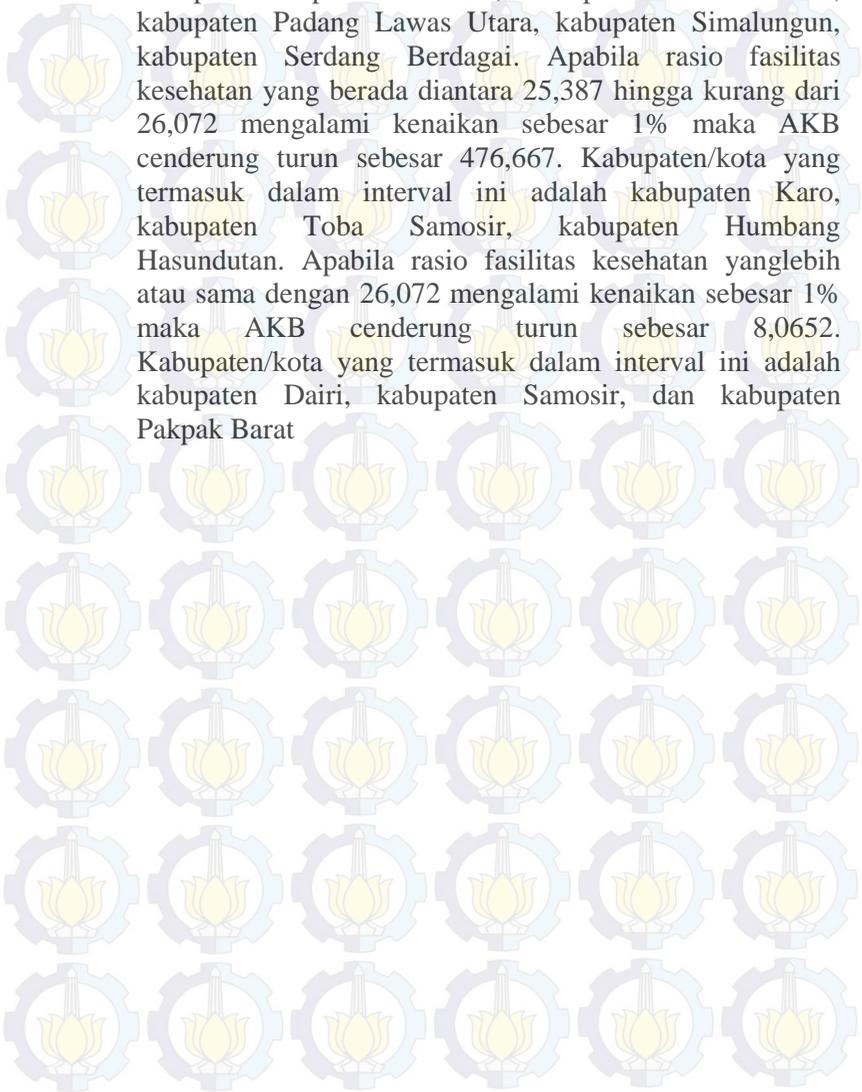
kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 0,09297. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Tapanuli Utara. Apabila rasio fasilitas kesehatan yang lebih atau sama dengan 29,08 mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 0,00561. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Padang Lawas Utara, kabupaten Toba Samosir, kabupaten Samosir, Kabupaten Nias, Kota Tebing Tinggi, kabupaten Pakpak Barat, kota Pematangsiantar, kota binjai, kota Tanjungbalai dan kota Sibolga.

6. Jika variabel  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$  dan  $x_5$  dianggap konstan maka pengaruh rasio tenaga kesehatan ( $x_6$ ) terhadap AKB di provinsi Sumatera Utara sebagai berikut

$$\hat{y} = \begin{cases} -1,069x_6 & ; & x_6 < 19,907 \\ -67,30158 + 2,3118x_6 & ; & 19,907 \leq x_6 < 25,387 \\ -18,4368 - 476,667x_6 & ; & 25,387 \leq x_6 < 26,072 \\ 214,29 - 8,0652x_6 & ; & x_6 \geq 26,072 \end{cases}$$

Berdasarkan model tersebut, interpretasi yang didapatkan adalah apabila rasio tenaga kesehatan yang kurang dari 19,907 mengalami kenaikan persentase sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 1,069. Kota medan, kabupaten Deli Serdang, kota Padangsidempuan, kabupaten Padang Lawas, Kota Tebing Tinggi, kota Pematangsiantar, kota binjai, kota Tanjungbalai dan kota Sibolga. Kota Gunung Sitoli, kabupaten Labuhanbatu, kabupaten Batu Bara, kabupaten Nias, kabupaten Mandailing Natal, kabupaten Nias Utara, kabupaten Nias Barat, kabupaten Langkat, kabupaten Tapanuli Utara, kabupaten Tapanuli Tengah, kabupaten Asahan, kabupaten Labuhanbatu Utara. Apabila rasio fasilitas kesehatan yang berada diantara 19,907 hingga kurang dari 25,387 mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung naik sebesar 0,023118.

Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Tapanuli Selatan, kabupaten Nias Selatan, kabupaten Padang Lawas Utara, kabupaten Simalungun, kabupaten Serdang Berdagai. Apabila rasio fasilitas kesehatan yang berada diantara 25,387 hingga kurang dari 26,072 mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 476,667. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Karo, kabupaten Toba Samosir, kabupaten Humbang Hasundutan. Apabila rasio fasilitas kesehatan yang lebih atau sama dengan 26,072 mengalami kenaikan sebesar 1% maka AKB cenderung turun sebesar 8,0652. Kabupaten/kota yang termasuk dalam interval ini adalah kabupaten Dairi, kabupaten Samosir, dan kabupaten Pakpak Barat





## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Isi dari bab ini adalah kesimpulan yang didapatkan dari analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya. Selain itu, bab ini juga berisikan saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya supaya menjadi penelitian yang lebih baik.

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut.

1. Rata-rata angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara adalah 27,62 per 1000 kelahiran hidup. Varians angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara adalah 54,89. Kabupaten/kota dengan AKB terkecil adalah kota Medan dengan angka kematian sebesar 14,7 per 1000 kelahiran hidup. Angka kematian bayi terbesar di provinsi Sumatera Utara adalah kabupaten Mandailing Natal dengan angka kematian sebesar 45,7 per 1000 kelahiran hidup. Terdapat 8 kabupaten/kota dari 33 kabupaten/kota di provinsi Sumatera utara yang memiliki angka kematian bayi lebih kecil dari target MDGs untuk indonesia. Kabupaten/kota tersebut adalah kota Medan, kota Binjai, kota Pematangsiantar, kabupaten Karo, kabupaten Samosir, kabupaten Deli Serdang, kabupaten Simalungun dan kota Tebing Tinggi.
2. Model regresi nonparametrik Spline terbaik untuk Angka kematian bayi dan faktor mempengaruhinya didapatkan dengan GCV kombinasi knot. Knot untuk variabel 1 hingga variabel 6 secara berturut-turut adalah 2,3,3,3,3 dan 3. Berikut ini merupakan model regresi nonparametrik spline terbaik untuk angka kematian bayi di provinsi Sumatera Utara.

$$\begin{aligned}
 \hat{y} = & 39,316 - 0,456 x_1 + 13,030 (x_1 - 5,348)_+ - \\
 & 11,665(x_1 - 6,065)_+ - 1,853 x_2 - 212,042 (x_2 - 10,83)_+ + \\
 & 80,713(x_2 - 16,308)_+ + 55,681 (x_2 - 16,993)_+ + \\
 & 1,104 x_3 - 1,772(x_3 - 20,838)_+ - 229,29 (x_3 - 31,732)_+ + \\
 & 297,321 (x_3 - 33,094)_+ + 2,344 x_4 - \\
 & 1156,315 (x_4 - 18,732)_+ - 1197,799 (x_4 - 19,314)_+ - \\
 & 2,141 x_5 + 4,812(x_5 - 22,420)_+ - 11,968 (x_5 - 28,34)_+ + \\
 & 9,858(x_5 - 29,08)_+ - 1,069 x_6 + 3,3808 (x_6 - 19,907)_+ + \\
 & 16,125(x_6 - 25,387)_+ - 26,502 (x_6 - 26,072)_+
 \end{aligned}$$

Model ini memiliki nilai GCV minimum yaitu 12,507 dengan  $R^2$  sebesar 98,314%. Variabel yang berpengaruh adalah presentase wanita berkeluarga dibawah umur 17 tahun, presentase wanita yang tidak pernah sekolah atau tidak tamat SD/MI, presentase persalinan yang menggunakan tenaga non medis, presentase penduduk golongan sosial ekonomi menengah kebawah, rasio fasilitas kesehatan dan rasio tenaga kesehatan.

## 5.2 Saran

Saran yang diberikan penulis untuk penelitian selanjutnya adalah peneliti selanjutnya sebaiknya menambahkan faktor-faktor lain yang diduga berpengaruh terhadap angka kematian bayi di provinsi sumatera utara karena pada penelitian ini, peneliti memiliki kendala pada ketersediaan data.

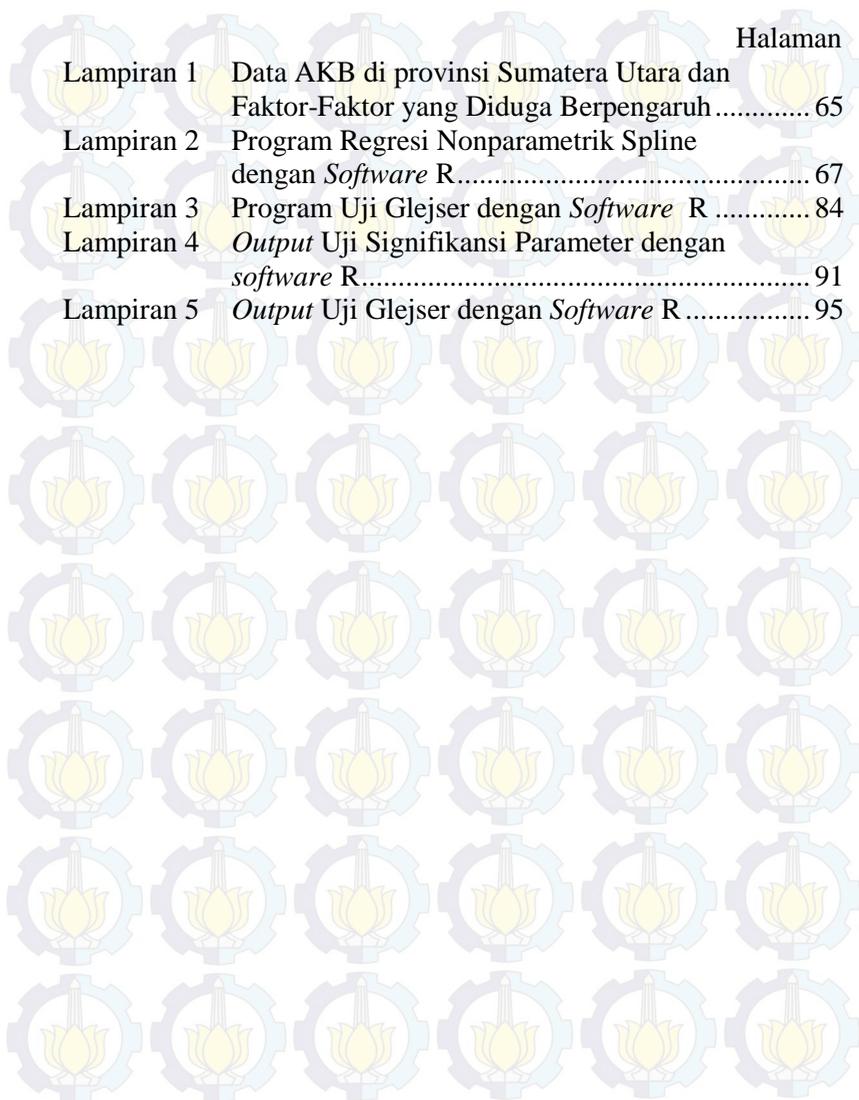
## DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. 1990. *Categorical Data Analysis*. Canada: John Wile & Sons
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2011). *Laporan Pencapaian Tujuan Pembangunan Millinium di Indonesia*. Diakses 28 Desember, 2013, dari <http://bappenas.go.id>
- Badan Pusat Statistik. (2013). *Angka Kematian Bayi (AKB)*. Diakses 28 Desember, 2013, dari <http://sirusa.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara. (2011). *Hasil Survei Sosial Ekonomi Nasional Tahun 2011 Provinsi Sumatera Utara*. Medan: Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara
- Budiantara, I. N. (2006). *Model Spline dengan Knots Optimal*. Jurnal Ilmu Dasar. FMIPA, Universitas Jember, Vol.7, Hal.77-85
- Budiantara, I. N. (2009). *Spline Dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik : Sebuah Pemodelan Statistika Masa Kini dan Masa Datang*. Surabaya: ITS Press
- Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara. (2009). *Profil Kesehatan Provinsi Sumatera Utara Tahun 2009*. Diakses 28 Desember, 2013, dari <http://dinkes.jatimprov.go.id>
- Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Utara. (2013). *Pemprov Sumut Klaim Tekan Kematian Ibu dan bayi*. Diakses 28 Desember, 2013, dari <http://waspada.go.id>
- Departemen Kesehatan RI. (2007). *Situasi Derajat Kesehatan*. Diakses 27 Desember, 2013, dari <http://depkes.go.id>
- Departemen Kesehatan RI. (2007). *Upaya Menurunkan Kematian Ibu dan Bayi Perlu Kerja Keras*. Diakses 27 Desember, 2013, dari <http://depkes.go.id>
- Drapper, N.R. dan Smith, H. (1992). *Analisis Regresi Terapan*. Edisi Kedua. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Eubank, R.L.(1988). *Spline Smoothing and Nonparametric Regression*. New York: Marcel Dekker.Inc

- Fitrina, R. (2003). *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kematian Bayi di Rumah Sakit Umum Dr. Pringadi Medan Tahun 2003*. Tugas Akhir S1, Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara.
- Gujarati, D. (1992). *Essentials of Econometrics*. New York: McGraw-Hill.Inc
- Jayanti, L. D. (2007). *Pemodelan Angka Kematian Bayi di Propinsi Jawa Timur dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline*. Tugas Akhir S1, Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kementerian Kesehatan. (2011). *5 Provinsi Penyumbang Angka Kematian Ibu dan Bayi Terbanyak*. Diakses 28 Desember, 2013, dari <http://m.detik.com>
- Kurniawan, T. (2013). *Indonesia Berada di Posisi 4 Jumlah Kematian Bayi di Asia Tenggara*. Diakses 27 Agustus, 2013, dari <http://www.beritasatu.com>
- Lestari, T. P. (2007). *Interval Konfidensi untuk Menduga Angka Kematian Bayi di Jawa Timur Tahun 2005 dengan Pendekatan Regresi Spline*. Tugas Akhir S1, Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mubarak, R. (2012). *Analisis Regresi Spline Multivariabel untuk Pemodelan Kematian Penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) di Jawa Timur*. Tugas Akhir S1, Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wahba, G. (1990). *Spline Models For Observation Data*. SIAM Pennsylvania.
- Walpole, R. E. 1995. *Pengantar Metode Statistika*. Jakarta: Gramedia
- Wei, W. W. W. S. (2006). *Time Series Univariate and Multivariate Methods*. Canada: AddisonWesley Publishing Company.Inc.
- United Nations Children's Fund (UNICEF) Indonesia. *Ringkasan Kajian Kesehatan Ibu dan Anak*. Diakses 28 Desember, 2013, dari <http://unicef.org>

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data AKB di provinsi Sumatera Utara dan Faktor-Faktor yang Diduga Berpengaruh .....	65
Lampiran 2 Program Regresi Nonparametrik Spline dengan <i>Software R</i> .....	67
Lampiran 3 Program Uji Glejser dengan <i>Software R</i> .....	84
Lampiran 4 <i>Output</i> Uji Signifikansi Parameter dengan <i>software R</i> .....	91
Lampiran 5 <i>Output</i> Uji Glejser dengan <i>Software R</i> .....	95





*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN 1.

Data Angka Kematian Bayi (AKB) di provinsi Sumatera Utara dan Faktor-Faktor yang Diduga Berpengaruh.

Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
29.3	5.69	21.6	52.29	19.98	37.98	16.52
45.7	13.48	1.23	31.34	12.6	14.25	17.34
37.3	7.09	0.78	19.16	11.96	23.39	23.88
33.7	7.32	6.4	17.43	16.74	27.09	18.86
24.3	2.15	2.06	10.6	12.5	28.36	18.80
23	3.12	1.56	6.94	10.15	31.31	25.53
24.7	6.53	1.34	12.48	10.67	24.67	16.12
27.7	11.26	2.04	7.15	11.42	16.12	18.97
20	5.7	3.3	8.39	10.73	13.42	20.53
28	3.6	0.8	15.48	9.97	27.92	28.48
18.3	6.27	1.93	0.59	11.02	24.28	25.53
18.7	5.94	2.19	2.34	5.34	11.80	10.05
27	12.03	3.07	6.56	10.85	14.09	18.69
32.7	7.53	34.11	67.14	20.73	16.02	20.30
27	1.76	3.08	12.58	10.61	23.13	25.92
39.3	4.18	4.33	39.62	13.81	44.44	43.20
18.7	3.75	3.46	7.79	16.51	32.01	28.92
26	8.95	2.64	2.22	10.59	14.75	22.54
33	12.08	4.46	7.71	12.29	14.26	15.91
34.3	6.14	0.56	37.84	11.19	29.48	20.36
36.3	12.71	0.84	29.98	11.13	18.20	18.16
28	7.74	0.86	5.7	15.58	20.17	14.41
25.3	9.89	1.23	17.68	12.32	22.26	19.75
27.3	6.74	14.26	46.09	31.94	11.32	17.68
30	10.93	24.7	62.5	30.89	21.51	18.21

**LAMPIRAN 1.**

Data Angka Kematian Bayi (AKB) di provinsi Sumatera Utara dan Faktor-Faktor yang Diduga Berpengaruh.

Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
31.3	6.34	2.15	0.81	13.91	47.58	15.74
42	9.97	2.81	2.88	16.32	47.27	11.65
18	2.38	0.63	0.88	11.72	46.23	14.83
21.3	5.46	1.13	0.41	13.06	41.86	12.67
14.7	4.94	1.16	0.53	10.05	16.53	9.63
18	6.84	2.43	0.8	7.33	47.17	12.88
26.3	8.34	1.28	4.32	10.53	26.63	10.08
24.3	3.79	11.23	14.7	33.87	13.39	15.69

Keterangan :

Y : Angka Kematian Bayi di Provinsi Sumatera Utara

X<sub>1</sub> : Presentase Wanita Berkeluarga di Bawah umur 17 Tahun

X<sub>2</sub> : Presentase Wanita Tidak Sekolah atau Tidak Tamat SD/MI

X<sub>3</sub> : Presentase Persalinan Menggunakan Tenaga Non Medis

X<sub>4</sub> : Presentase Penduduk Ekonomi Menengah Kebawah

X<sub>5</sub> : Rasio Fasilitas Kesehatan

X<sub>6</sub> : Rasio Tenaga Kesehatan

## LAMPIRAN 2.

Program Regresi Nonparametrik Spline dengan *Software R*

### # PROGRAM GCV UNTUK 1 TITIK KNOT

```
GCV1=function(para)
{
  data=read.table("d://AKB.txt",header=FALSE)
  data=as.matrix(data)
  p=length(data[,1])
  q=length(data[,2])
  m=ncol(data)-para-1
  dataA=data[,.(para+2):q]
  F=matrix(0,nrow=p,ncol=p)
  diag(F)=1
  nk=length(seq(min(data[,2]),max(data[,2]),length.out=50))
  knot1=matrix(ncol=m,nrow=nk)
  for (i in (1:m))
  {
    for (j in (1:nk))
    {
      a=seq(min(dataA[,i]),max(dataA[,i]),length.out=50)
      knot1[j,i]=a[j]
    }
  }
  a1=length(knot1[,1])
  knot1=knot1[2:(a1-1),]
  aa=rep(1,p)
  data1=matrix(ncol=m,nrow=p)
  data2=data[,2:q]
  a2=nrow(knot1)
  GCV=rep(NA,a2)
  Rsq=rep(NA,a2)
  for (i in 1:a2)
  {
```

```

for (j in 1:m)
{
  for (k in 1:p)
  {
    if (data[k,(j+para+1)]<knot1[i,j]) data1[k,j]=0 else
data1[k,j]=data[k,(j+para+1)]-knot1[i,j]
  }
}
mx=cbind(aa,data2,data1)
mx=as.matrix(mx)
C=pinv(t(mx)%*%mx)
B=C%*%(t(mx)%*%data[,1])
yhat=mx%*%B
SSE=0
SSR=0
for (r in (1:p))
{
  sum=(data[r,1]-yhat[r,])^2
  sum1=(yhat[r,]-mean(data[,1]))^2
  SSE=SSE+sum
  SSR=SSR+sum1
}
Rsq[i]=(SSR/(SSE+SSR))*100
MSE=SSE/p
A=mx%*%C%*%t(mx)
A1=(F-A)
A2=(sum(diag(A1))/p)^2
GCV[i]=MSE/A2
}
GCV=as.matrix(GCV)
Rsq=as.matrix(Rsq)
cat("=====", "\n")
cat("Nilai Knot dengan Spline linear 1 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (knot1)

```

```

cat("=====", "\n")
cat("Rsq dengan Spline linear 1 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (Rsq)
cat("=====", "\n")
cat("HASIL GCV dengan Spline linear 1 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (GCV)
s1=min(GCV)
print(max(Rsq))
cat("=====", "\n")
cat("HASIL GCV terkecil dengan Spline linear 1 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
cat(" GCV =", s1, "\n")
write.csv(GCV, file="d:/output GCV1.csv")
write.csv(Rsq, file="d:/output Rsq1.csv")
write.csv(knot1, file="d:/output knot1.csv")
}

```

### #PROGRAM GCV UNTUK 2 TITIK KNOT

```

GCV2=function()
{
  data=read.table("D:/AKB.txt", header=FALSE)
  data=as.matrix(data)
  p=length(data[,1])
  q=length(data[1,])
  m=ncol(data)-1
  F=matrix(0,nrow=p,ncol=p)
  diag(F)=1
  nk= length(seq(min(data[,2]),max(data[,2]),length.out=50))
  knot=matrix(ncol=m,nrow=nk)
  for (i in (1:m))
  {
    for (j in (1:nk))

```

```

{
  a=seq(min(data[,i+1]),max(data[,i+1]),length.out=50)
  knot[j,i]=a[j]
}
}
z=(nk*(nk-1)/2)
knot2=cbind(rep(NA,(z+1)))
for (i in (1:m))
{
  knot1=rbind(rep(NA,2))
  for (j in 1:(nk-1))
  {
    for (k in (j+1):nk)
    {
      xx=cbind(knot[j,i],knot[k,i])
      knot1=rbind(knot1,xx)
    }
  }
  knot2=cbind(knot2,knot1)
}
knot2=knot2[2:(z+1),2:(2*m+1)]
aa=rep(1,p)
data2=matrix(ncol=(2*m),nrow=p)
data1=data[,2:q]
a1=length(knot2[,1])
GCV=rep(NA,a1)
Rsq=rep(NA,a1)
for (i in 1:a1)
{
  for (j in 1:(2*m))
  {
    if (mod(j,2)==1) b=floor(j/2)+1 else b=j/2
    for (k in 1:p)
    {
      if (data1[k,b]<knot2[i,j]) data2[k,j]=0 else

```

```

data2[k,j]=data1[k,b]-knot2[i,j]
    }
}
mx=cbind(aa,data1,data2)
mx=as.matrix(mx)
C=pinv(t(mx)%*%mx)
B=C%*%(t(mx)%*%data[,1])
yhat=mx%*%B
SSE=0
SSR=0
for (r in (1:p))
{
sum=(data[r,1]-yhat[r,])^2
sum1=(yhat[r,]-mean(data[,1]))^2
SSE=SSE+sum
SSR=SSR+sum1
}
Rsq[i]=(SSR/(SSE+SSR))*100
MSE=SSE/p
A=mx%*%C%*%t(mx)
A1=(F-A)
A2=(sum(diag(A1))/p)^2
GCV[i]=MSE/A2
}
GCV=as.matrix(GCV)
Rsq=as.matrix(Rsq)

cat("=====  

=====","\\n")
cat("Nilai Knot dengan Spline linear 2 knot","\\n")

cat("=====  

=====","\\n")
print (knot2)

```

```

cat("=====  

=====","\n")
cat("Rsq dengan Spline linear 2 knot","\n")
cat("=====  

=====","\n")
print (Rsq)
cat("=====  

=====","\n")
cat("HASIL GCV dengan Spline linear 2 knot","\n")
cat("=====  

=====","\n")
print (GCV)
s1=min(GCV)
cat("=====  

=====","\n")
cat("HASIL GCV terkecil dengan Spline linear 2 knot","\n")
cat("=====  

=====","\n")
cat(" GCV =",s1,"\n")
write.csv(GCV,file="d:/output GCV2.csv")
write.csv(Rsq,file="d:/output Rsq2.csv")
write.csv(knot2,file="d:/output knot2.csv")
}

```

### **#PROGRAM GCV UNTUK 3 TITIK KNOT**

```

GCV3=function(para)
{
data=read.table("d://AKB.txt",header=FALSE)
data=as.matrix(data)

```

```

p=length(data[,1])
q=length(data[1,])
m=ncol(data)-para-1
F=matrix(0,nrow=p,ncol=p)
dataA=data[(para+2):q]
diag(F)=1
nk=length(seq(min(data[,2]),max(data[,2]),length.out=50))
knot=matrix(ncol=m,nrow=nk)
for (i in (1:m))
{
  for (j in (1:nk))
  {
    a=seq(min(dataA[,i]),max(dataA[,i]),length.out=50)
    knot[j,i]=a[j]
  }
}
knot=knot[2:(nk-1),]
a2=nrow(knot)
z=(a2*(a2-1)*(a2-2)/6)
knot1=cbind(rep(NA,(z+1)))
for (i in (1:m))
{
  knot2=rbind(rep(NA,3))
  for (j in 1:(a2-2))
  {
    for (k in (j+1):(a2-1))
    {
      for (g in (k+1):a2)
      {
        xx=cbind(knot[j,i],knot[k,i],knot[g,i])
        knot2=rbind(knot2,xx)
      }
    }
  }
}
knot1=cbind(knot1,knot2)

```

```

}
knot1=knot1[2:(z+1),2:(3*m+1)]
aa=rep(1,p)
data1=matrix(ncol=(3*m),nrow=p)
data2=data[, (para+2):q]
a1=length(knot1[,1])
GCV=rep(NA,a1)
Rsq=rep(NA,a1)
for (i in 1:a1)
{
  for (j in 1:ncol(knot1))
  {
    b=ceiling(j/3)
    for (k in 1:p)
    {
      if (data2[k,b]<knot1[i,j]) data1[k,j]=0 else
data1[k,j]=data2[k,b]-knot1[i,j]
    }
  }
  mx=cbind(aa,data[,2:q],data1)
  mx=as.matrix(mx)
  C=pinv(t(mx)%*%mx)
  B=C*%*(t(mx)%*%data[,1])
  yhat=mx*%*%B
  SSE=0
  SSR=0
  for (r in (1:p))
  {
    sum=(data[r,1]-yhat[r,])^2
    sum1=(yhat[r,]-mean(data[,1]))^2
    SSE=SSE+sum
    SSR=SSR+sum1
  }
  Rsq[i]=(SSR/(SSE+SSR))*100
  MSE=SSE/p

```

```

A=mx%*%C%*%t(mx)
A1=(F-A)
A2=(sum(diag(A1))/p)^2
GCV[i]=MSE/A2
}
GCV=as.matrix(GCV)
Rsq=as.matrix(Rsq)
cat("=====", "\n")
cat("Nilai Knot dengan Spline linear 3 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (knot1)
cat("=====", "\n")
cat("Rsq dengan Spline linear 3 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (Rsq)
r=max(Rsq)
print (r)
cat("=====", "\n")
cat("HASIL GCV dengan Spline linear 3 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
print (GCV)
s1=min(GCV)
cat("=====", "\n")
cat("HASIL GCV terkecil dengan Spline linear 3 knot", "\n")
cat("=====", "\n")
cat(" GCV =",s1, "\n")
write.csv(GCV,file="d:/output GCV3.csv")
write.csv(Rsq,file="d:/output Rsq3.csv")
write.csv(knot1,file="d:/output knot3.csv")
}

```

### **#PROGRAM GCV UNTUK KNOT KOMBINASI**

```

GCVkom=function(para)
{

```

```

data=read.table("d:/AKB.txt")
data=as.matrix(data)
p1=length(data[,1])
q1=length(data[1,])
v=para+2
F=matrix(0,nrow=p1,ncol=p1)
diag(F)=1
x1=read.table("d:/x1.txt")
x2=read.table("d:/x2.txt")
x3=read.table("d:/x3.txt")
x4=read.table("d:/x4.txt")
x5=read.table("d:/x5.txt")
x6=read.table("d:/x6.txt")
n2=nrow(x1)
a=matrix(nrow=6,ncol=3^6)
m=0
for (i in 1:3)
for (j in 1:3)
for (k in 1:3)
for (l in 1:3)
for (s in 1:3)
for (q in 1:3)
{
m=m+1
a[,m]=c(i,j,k,l,s,q)
}
a=t(a)
GCV=matrix(nrow=nrow(x1),ncol=3^6)
for (i in 1:3^6)
{
for (h in 1:nrow(x1))
{
if (a[i,1]==1)
{
gab=as.matrix(x1[,1])

```

```

gen=as.matrix(data[,v])
aa=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)
for (j in 1:1)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) aa[w,j]=0 else aa[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,1]==2)
{
gab=as.matrix(x1[,2:3])
gen=as.matrix(cbind(data[,v],data[,v]))
aa=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) aa[w,j]=0 else aa[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
}
else
{
gab=as.matrix(x1[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[,v],data[,v],data[,v]))
aa=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) aa[w,j]=0 else aa[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
}
if (a[i,2]==1)
{
gab=as.matrix(x2[,1])
gen=as.matrix(data[, (v+1)])

```

```

bb=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)
for (j in 1:1)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) bb[w,j]=0 else bb[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,2]==2)
{
gab=as.matrix(x2[,2:3])
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+1)], data[, (v+1)]))
bb=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) bb[w,j]=0 else bb[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
{
gab=as.matrix(x2[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+1)], data[, (v+1)], data[, (v+1)]))
bb=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) bb[w,j]=0 else bb[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
if (a[i,3]==1)
{
gab=as.matrix(x3[,1])
gen=as.matrix(data[, (v+2)])
cc=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)

```

```

for (j in 1:1)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) cc[w,j]=0 else cc[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,3]==2)
{
gab=as.matrix(x3[,2:3])
gen=as.matrix(cbind(data[,v+2],data[,v+2]))
cc=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) cc[w,j]=0 else cc[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
{
gab=as.matrix(x3[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[,v+2],data[,v+2],data[,v+2]))
cc=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) cc[w,j]=0 else cc[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
if (a[i,4]==1)
{
gab=as.matrix(x4[,1])
gen=as.matrix(data[,v+3])
dd=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)
for (j in 1:1)

```

```

for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) dd[w,j]=0 else dd[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,4]==2)
{
gab=as.matrix(x4[,2:3] )
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+3)],data[, (v+3)]))
dd=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) dd[w,j]=0 else dd[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
}
else
{
gab=as.matrix(x4[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+3)],data[, (v+3)],data[, (v+3)]))
dd=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) dd[w,j]=0 else dd[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
}
if (a[i,5]==1)
{
gab=as.matrix(x5[,1] )
gen=as.matrix(data[, (v+4)])
ee=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)
for (j in 1:1)
for (w in 1:nrow(data))

```

```

{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) ee[w,j]=0 else ee[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,5]==2)
{
gab=as.matrix(x5[,2:3])
gen=as.matrix(cbind(data[,v+4],data[,v+4]))
ee=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) ee[w,j]=0 else ee[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
}
else
{
gab=as.matrix(x5[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[,v+4],data[,v+4],data[,v+4]))
ee=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) ee[w,j]=0 else ee[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
}
if (a[i,6]==1)
{
gab=as.matrix(x6[,1])
gen=as.matrix(data[,v+5])
ff=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data),ncol=1)
for (j in 1:1)
for (w in 1:nrow(data))
{

```

```

if (gen[w,j]<gab[h,j]) ff[w,j]=0 else ff[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
if (a[i,6]==2)
{
gab=as.matrix(x6[,2:3])
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+5)], data[, (v+5)]))
ff=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data), ncol=2)
for (j in 1:2)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) ff[w,j]=0 else ff[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
else
{
gab=as.matrix(x6[,4:6])
gen=as.matrix(cbind(data[, (v+5)], data[, (v+5)], data[, (v+5)]))
ff=matrix(nrow=nrow(x1)*nrow(data), ncol=3)
for (j in 1:3)
for (w in 1:nrow(data))
{
if (gen[w,j]<gab[h,j]) ff[w,j]=0 else ff[w,j]=gen[w,j]-gab[h,j]
}
}
ma=as.matrix(cbind(aa,bb,cc,dd,ee,ff))
mx=cbind(rep(1,nrow(data)), data[,2:q1], na.omit(ma))
mx=as.matrix(mx)
C=pinv(t(mx)%*%mx)
B=C%*%(t(mx)%*%data[,1])
yhat=mx%*%B
SSE=0
SSR=0
for (r in 1:nrow(data))

```

```

{
  sum=(data[r,1]-yhat[r,])^2
  sum1=(yhat[r,]-mean(data[,1]))^2
  SSE=SSE+sum
  SSR=SSR+sum1
}
Rsq=(SSR/(SSE+SSR))*100
MSE=SSE/p1
A=mx%*%C%*%t(mx)
A1=(F-A)
A2=(sum(diag(A1))/p1)^2
GCV[h,i]=MSE/A2
}

if (a[i,1]==1) sp=x1[,1] else
if (a[i,1]==2) sp=x1[,2:3] else
sp=x1[,4:6]
if (a[i,2]==1) spl=x2[,1] else
if (a[i,2]==2) spl=x2[,2:3] else
spl=x2[,4:6]
if (a[i,3]==1) splin=x3[,1] else
if (a[i,3]==2) splin=x3[,2:3] else
splin=x3[,4:6]
if (a[i,4]==1) spline=x4[,1] else
if (a[i,4]==2) spline=x4[,2:3] else
spline=x4[,4:6]
if (a[i,5]==1) splines=x5[,1] else
if (a[i,5]==2) splines=x5[,2:3] else
splines=x5[,4:6]
if (a[i,6]==1) spliness=x6[,1] else
if (a[i,6]==2) spliness=x6[,2:3] else
spliness=x6[,4:6]
kkk=cbind(sp,spl,splin,spline,splines,spliness)
cat("=====", "\n")
print(i)

```

```

print(kkk)
print(Rsq)
}
write.csv(GCV,file="d:/output GCV kombinasi AKB.csv")
write.csv(Rsq,file="d:/output Rsq kombinasi AKB.csv")
}

```

### #UJI SIGNIFIKANSI PARAMETER

```

uji=function(alpha,para)
{
data=read.table("d:/AKB.txt")
knot=read.table("d:/knot.txt")
data=as.matrix(data)
knot=as.matrix(knot)
ybar=mean(data[,1])
m=para+2
p=nrow(data)
q=ncol(data)
dataA=cbind(data[,m],data[,m],data[,m+1],data[,m+1],data[,m+1],
,data[,m+2],data[,m+2],data[,m+2],data[,m+3],data[,m+3],data[,
m+3],data[,m+4],data[,m+4],data[,m+4],data[,m+5],data[,m+5],d
ata[,m+5])
dataA=as.matrix(dataA)
satu=rep(1,p)
n1=ncol(knot)
data.knot=matrix(ncol=n1,nrow=p)
for (i in 1:n1)
{
for(j in 1:p)
{
if (dataA[j,i]<knot[1,i]) data.knot[j,i]=0 else
data.knot[j,i]=dataA[j,i]-knot[1,i]
}
}
}

```

```

mx=cbind(satu,
data[,2],data.knot[,1:2],data[,3],data.knot[,3:5],data[,4],data.knot[
,6:8],data[,5],data.knot[,9:11],data[,6],data.knot[,12:14],data[,7],d
ata.knot[,15:17])
mx=as.matrix(mx)
B=(pinv(t(mx)%*%mx))%*%t(mx)%*%data[,1]
cat("-----","\n")
cat("Estimasi Parameter","\n")
cat("-----","\n")
print(B)
n1=nrow(B)
yhat=mx%*%B
res=data[,1]-yhat
SSE=sum((data[,1]-yhat)^2)
SSR=sum((yhat-ybar)^2)
SST=SSR+SSE
MSE=SSE/(p-n1)
MSR=SSR/(n1-1)
Rsq=(SSR/(SSR+SSE))*100

#uji F (uji serentak)
Fhit=MSR/MSE
pvalue=pf(Fhit,(n1-1),(p-n1),lower.tail=FALSE)
if (pvalue<=alpha)
{
cat("-----","\n")
cat("Kesimpulan hasil uji serentak","\n")
cat("-----","\n")
cat("Tolak Ho yakni minimal terdapat 1 prediktor yang
signifikan","\n")
cat("", "\n")
}
else
{
cat("-----","\n")

```

```

cat("Kesimpulan hasil uji serentak","\n")
cat("-----","\n")
cat("Gagal Tolak Ho yakni semua prediktor tidak berpengaruh
signifikan","\n")
cat("","\n")
}

#uji t (uji individu)

thit=rep(NA,n1)
pval=rep(NA,n1)
SE=sqrt(diag(MSE*(pinv(t(mx)%*%mx))))
cat("-----","\n")
cat("Kesimpulan hasil uji individu","\n")
cat("-----","\n")
thit=rep(NA,n1)
pval=rep(NA,n1)
for (i in 1:n1)
{
thit[i]=B[i,1]/SE[i]
pval[i]=2*(pt(abs(thit[i]),(p-n1),lower.tail=FALSE))
if (pval[i]<=alpha) cat("Tolak Ho yakni prediktor signifikan
dengan pvalue",pval[i],"\\n") else cat("Gagal tolak Ho yakni
prediktor tidak signifikan dengan pvalue",pval[i],"\\n")
}
thit=as.matrix(thit)
cat("=====","\n")
cat("nilai t hitung","\n")
cat("=====","\n")
print (thit)
cat("Analysis of Variance","\n")
cat("=====","\n")
cat("Sumber      df      SS      MS      Fhit","\n")
cat("Regresi      ,(n1-1)," ",SSR," ",MSR," ",Fhit,"\\n")
cat("Error        ",p-n1," ",SSE," ",MSE,"\\n")

```

```
cat("Total      ",p-1," ",SST,"\n")
cat("=====","\n")
cat("s=",sqrt(MSE),"      Rsq=",Rsq,"\n")
cat("pvalue(F)=",pvalue,"\n")
write.csv(res,file="d:/output uji residual knot.csv")
write.csv(pval,file="d:/output uji pvalue knot.csv")
write.csv(mx,file="d:/output uji mx knot.csv")
write.csv(yhat,file="d:/output uji yhat knot.csv")
}
```

**LAMPIRAN 3.**Program Uji Glejser dengan *Software R*

```

glejser=function(data,knot,res,alpha,para)
{
  data=as.matrix(data)
  knot=as.matrix(knot)
  res=abs(res)
  res=as.matrix(res)
  rbar=mean(res)
  m=para+2
  p=nrow(data)
  q=ncol(data)

  dataA=cbind(data[,m],data[,m],data[,m+1],data[,m+1],data[,m+1]
,data[,m+2],data[,m+2],data[,m+2],data[,m+3],data[,m+3],data[,
m+3],data[,m+4],data[,m+4],data[,m+4],data[,m+5],data[,m+5],d
ata[,m+5])
  dataA=as.matrix(dataA)
  satu=rep(1,p)
  n1=ncol(knot)
  data.knot=matrix(ncol=n1,nrow=p)
  for (i in 1:n1)
  {
    for(j in 1:p)
    {
      if (dataA[j,i]<knot[1,i]) data.knot[j,i]=0 else
data.knot[j,i]=dataA[j,i]-knot[1,i]
    }
  }
  mx=cbind(satu,
data[,2],data.knot[,1:2],data[,3],data.knot[,3:5],data[,4],data.knot[
,6:8],data[,5],data.knot[,9:11],data[,6],data.knot[,12:14],data[,7],d
ata.knot[,15:17])
  B=(pinv(t(mx)%*%mx))%*%t(mx)%*%res

```

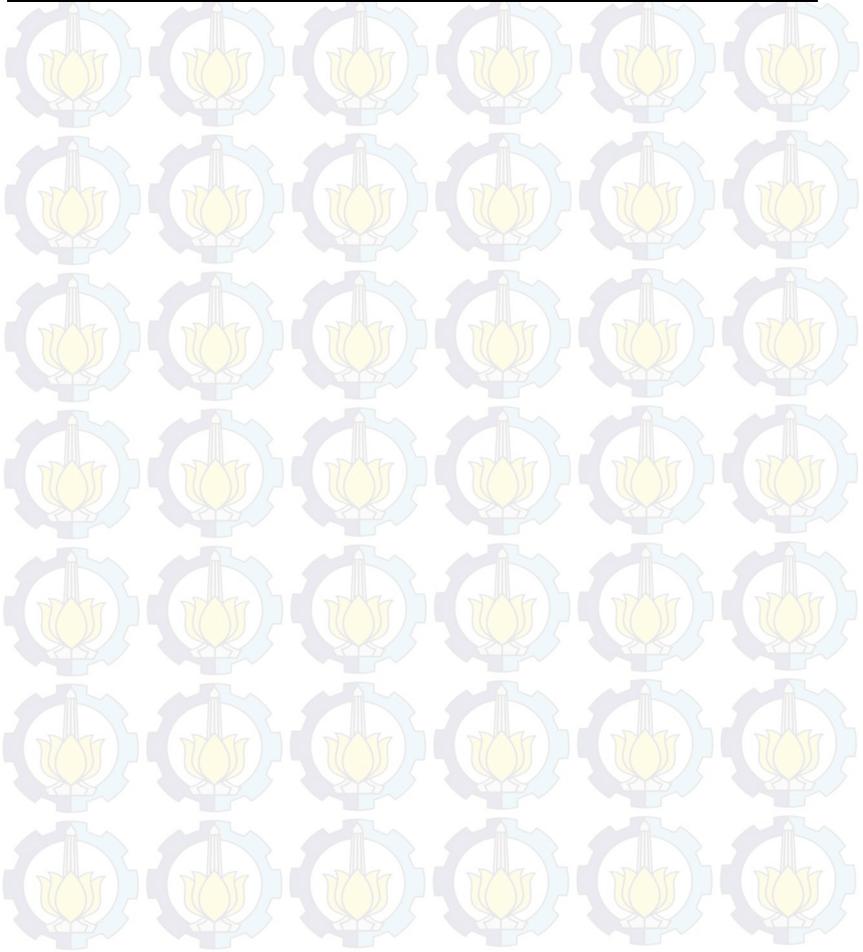
```

n1=nrow(B)
yhat=mx%*%B
residual=res-yhat
SSE=sum((res-yhat)^2)
SSR=sum((yhat-rbar)^2)
SST=SSR+SSE
MSE=SSE/(p-n1)
MSR=SSR/(n1-1)
Rsq=(SSR/SST)*100

#uji F (uji serentak)
Fhit=MSR/MSE
pvalue=pf(Fhit,(n1-1),(p-n1),lower.tail=FALSE)
if (pvalue<=alpha)
{
cat("-----","\n")
cat("Kesimpulan hasil uji serentak","\n")
cat("-----","\n")
cat("Tolak Ho yakni minimal terdapat 1 prediktor yang
signifikan atau terjadi heteroskedastisitas","\n")
cat("","\n")
}
else
{
cat("-----","\n")
cat("Kesimpulan hasil uji serentak","\n")
cat("-----","\n")
cat("Gagal Tolak Ho yakni semua prediktor tidak berpengaruh
signifikan atau tidak terjadi heteroskedastisitas","\n")
cat("","\n")
}
cat("Analysis of Variance","\n")
cat("=====","\n")
cat("Sumber    df    SS    MS    Fhit","\n")
cat("Regresi    ,(n1-1),",",SSR,",",MSR,",",Fhit","\n")

```

```
cat("Error      ",p-1," ",SSE,"",MSE,"\\n")
cat("Total      ",p-1," ",SST,"\\n")
cat("=====","\\n")
cat("s=",sqrt(MSE),"Rsq=",Rsq,"\\n")
cat("pvalue(F)=" ,pvalue,"\\n")
}
```



**LAMPIRAN 4.***Output Uji Signifikansi Parameter dengan software R*=====  
Estimasi Parameter  
=====

[,1]

[1,]	39.3168773
[2,]	-0.4568445
[3,]	13.0306498
[4,]	-11.6652513
[5,]	-1.8530053
[6,]	-212.0427906
[7,]	80.7131890
[8,]	55.6814360
[9,]	1.1048579
[10,]	-1.7728507
[11,]	-229.2985011
[12,]	297.3218041
[13,]	2.3448113
[14,]	-1.3822867
[15,]	1156.3158763
[16,]	-1197.7996684
[17,]	-2.1413480
[18,]	4.8129865
[19,]	-11.9681775
[20,]	9.8583279
[21,]	-1.0698021
[22,]	3.3808735
[23,]	16.1258441
[24,]	-26.5027147

-----  
Kesimpulan hasil uji serentak

-----  
Tolak Ho yakni minimal terdapat 1 prediktor yang signifikan

-----  
Kesimpulan hasil uji individu

-----  
Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 7.982565e-05

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue 0.5880484

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.007886475

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.007975675

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.01295448

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.005098682

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.0002029604

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue 0.08261602

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 5.34678e-06

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.0004958386

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.007384152

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.006977575

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 4.685734e-05

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue 0.2525836

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.006282427

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.006285718

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 4.796571e-05

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 6.144539e-05

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.008252492

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.02200623

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.001256753

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue

0.0003878434

Gagal tolak Ho yakni prediktor tidak signifikan dengan pvalue

0.09783715

Tolak Ho yakni prediktor signifikan dengan pvalue 0.0297548

=====

nilai t hitung

=====

[,1]

[1,] 6.7913851

[2,] -0.5616763

[3,] 3.3989469

[4,] -3.3918502

[5,] -3.0888033

[6,] -3.6770586

[7,] 5.9981458

[8,] 1.9526373

[9,] 9.5272298

[10,] -5.2969716

[11,] -3.4405451

[12,] 3.4764408

[13,] 7.2755702

[14,] -1.2224526

[15,] 3.5432075

[16,] -3.5428735

[17,] -7.2538107

[18,] 7.0262198

[19,] -3.3703427

[20,] 2.7629362

[21,] -4.6186531

[22,] 5.4846019

[23,] 1.8468687

[24,] -2.5788068

### Analysis of Variance

Sumber	df	SS	MS	Fhit
Regresi	23	1726.76	75.07653	22.83124
Error	9	29.59492	3.288324	
Total	32	1756.355		

s= 1.813374 Rsq= 98.31498

pvalue(F)= 1.899675e-05

## LAMPIRAN 5.

*Output Uji Glejser dengan Software R*

-----  
Kesimpulan hasil uji serentak  
-----

Gagal Tolak Ho yakni semua prediktor tidak berpengaruh signifikan atau tidak terjadi heteroskedastisitas

Analysis of Variance

```
=====
Sumber   df    SS    MS    Fhit
Regresi  23  10.04195  0.4366064  1.243554
Error    9   3.159861  0.3510957
Total   32  13.20181
=====
```

```
s= 0.5925333 Rsq= 76.06494
pvalue(F)= 0.3831578
```



## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Andreas Ginting lahir di Pematangsiantar Sumatera Utara, pada tanggal 19 Desember 1992. Riwayat pendidikan yang telah ditempuh penulis adalah TK Methodist pada tahun 1997-1998, SD Budi Mulia pada tahun 1998-2004, SMP Bintang Timur pada tahun 2004-2007, SMA Negeri 4 Pematangsiantar pada tahun 2007-2010.

Pada tahun 2010 penulis diterima di Jurusan Statistika ITS melalui jalur SNMPTN dengan NRP 1310100081 dan merupakan keluarga sigma 21. Penulis pernah aktif di organisasi BEM FMIPA sebagai staff SOSMAS periode 2011-2012. Selain itu, penulis juga aktif di organisasi MBP sebagai staff HUMAS pada periode 2011-2012 dan sebagai kepala departemen HUMAS pada periode 2013-2014.

Segala saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk kebaikan ke depannya. Penulis dapat dihubungi di [andreasginting@gmail.com](mailto:andreasginting@gmail.com)