



TESIS - KS185411

**ESTIMASI KURVA REGRESI NONPARAMETRIK *SPLINE TRUNCATED* UNTUK DATA LONGITUDINAL  
(APLIKASI PADA DATA *RETURN ON ASSETS* DI  
BURSA EFEK INDONESIA TAHUN 2012-2018)**

**MUSTAIN RAMLI  
NRP. 06211850010017**

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

Departemen Statistika  
Fakultas Sains dan Analitika Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020



TESIS - KS185411

**ESTIMASI KURVA REGRESI NONPARAMETRIK  
*SPLINE TRUNCATED* UNTUK DATA  
LONGITUDINAL  
(APLIKASI PADA DATA *RETURN ON ASSETS* DI  
BURSA EFEK INDONESIA TAHUN 2012-2018)**

**MUSTAIN RAMLI  
NRP. 06211850010017**

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

Departemen Statistika  
Fakultas Sains dan Analitika Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



THESIS - KS185411

**ESTIMATION CURVE OF NONPARAMETRIC  
REGRESSION SPLINE TRUNCATED FOR  
LONGITUDINAL DATA  
(APPLICATION ON DATA RETURN ON ASSETS  
ON INDONESIA STOCK EXCHANGE DURING  
2012-2018)**

**MUSTAIN RAMLI  
NRP. 06211850010017**

Supervisor  
Dr. Vita Ratnasari, S.Si, M.Si  
Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si

Department of Statistics  
Faculty of Science and Data Analytics  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**Magister Statistika (M.Stat)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**MUSTAIN RAMLI**

**NRP: 06211850010017**

Tanggal Ujian: 21 Januari 2020

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:

**Pembimbing:**

1. **Dr. Vita Ratnasari, S.Si., M.Si**  
**NIP: 19700910 199702 2 001**

*Ratnasari*

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

*Budiantara*

**Penguji:**

1. **Dr. Dra. Ismaini Zain, M.Si**  
**NIP: 19600525 198803 2 001**

*Ismaini Zain*

2. **Dr. Achmad Choiruddin, S.Si., M.Sc**  
**NIP: 1991201911101**

*Achmad Choiruddin*



**Kepala Departemen Statistika**  
**Fakultas Sains dan Analitika Data**

**Dr. Dra. Kartika Fithriasari, M.Si**  
**NIP: 19691212 199303 2 002**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**ESTIMASI KURVA REGRESI NONPARAMETRIK *SPLINE TRUNCATED* UNTUK DATA LONGITUDINAL  
(APLIKASI PADA DATA *RETURN ON ASSETS* DI BURSA EFEK INDONESIA TAHUN 2012-2018)**

Nama Mahasiswa : Mustain Ramli  
NRP : 06211850010017  
Dosen Pembimbing : Dr. Vita Ratnasari, S.Si, M.Si  
Co. Pembimbing : Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si

**ABSTRAK**

Regresi nonparametrik merupakan metode pendugaan model yang berdasarkan pendekatan yang tidak terikat asumsi bentuk kurva regresi tertentu. Salah satu estimasi kurva regresi nonparametrik yang paling sering digunakan adalah pendekatan *spline*. *Spline* merupakan salah satu pendekatan nonparametrik yang sering digunakan dan memiliki kemampuan yang sangat baik menangani karakter data yang bersifat *smooth* serta data yang perilakunya berubah-ubah pada sub-sub interval tertentu. Secara teoritis pendekatan *spline* tidak hanya mampu mengestimasi kurva regresi nonparametrik untuk data *cross section*, tetapi dapat juga dikembangkan untuk data longitudinal. Data longitudinal merupakan kombinasi data *cross section* dan data *time series* dimana pada data longitudinal antar subyek saling independen, akan tetapi antar pengamatan saling dependen. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan menggunakan metode WLS dan mengestimasi matriks varians-kovarians dengan menggunakan metode MLE. Setelah diperoleh hasil estimasi kurva dan estimasi matriks varians-kovarians maka selanjutnya diaplikasikan pada data *Return On Assets* (ROA) di Bursa Efek Indonesia (BEI) tahun 2012-2018 dengan subyek bank sebanyak 30. Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan diperoleh model terbaik untuk *Return On Assets* (ROA) dengan menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal orde satu dengan satu titik knot dan matriks pembobot yang digunakan merupakan matriks varians-kovarians *error* yang di estimasi memiliki nilai GCV sebesar 15.12, koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang dihasilkan sebesar 85.56% dengan nilai MSE sebesar 0.739.

**Kata Kunci :** Regresi Nonparametrik, *Spline Truncated*, Matriks Varians-Kovarians, Data Longitudinal, *Return On Assets* (ROA).



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **ESTIMATION CURVE OF NONPARAMETRIC REGRESSION SPLINE TRUNCATED FOR LONGITUDINAL DATA (APPLICATION ON DATA RETURN ON ASSETS ON INDONESIA STOCK EXCHANGE DURING 2012-2018)**

Name of Student : Mustain Ramli  
NRP : 06211850010017  
Supervisor : Dr. Vita Ratnasari, S.Si, M.Si  
Co. Supervisor : Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si

## **ABSTRACT**

Nonparametric regression is a model estimation method which was based on an approach that is not restricted by certain assumptions of the regression curve shape. One of the most commonly used nonparametric regression curve estimates is the spline approach. Spline is one of the nonparametric approaches that is often used and has a very good ability to handle data characters that are smooth as well as data whose behavior changes at certain sub-intervals. Theoretically, the spline approach is not only able to estimate nonparametric regression curves for cross section data, but can also be developed for longitudinal data. Longitudinal data is a combination of cross sectional data and time series data where the longitudinal data between subjects are mutually independent, but between observations are dependent. This study aims to find estimations curve of nonparametric regression spline truncated for longitudinal data using WLS method and to find the variance-covariance matrix estimation using MLE method. After obtaining the estimated curve and the variance-covariance matrix, then applied next to the Return On Assets (ROA) data on the Indonesia Stock Exchange during 2012-2018 with 30 bank subjects. Based on the results of the study, the best model for Return On Assets (ROA) obtained using nonparametric regression spline truncated for longitudinal data one sequence with one knot point and weighting matrix used is the estimated variance-covariance matrix of errors with GCV value of 15.12, coefficient of determination ( $R^2$ ) generated of 85.56% with MSE value of 0.739.

**Keywords :** Nonparametric Regression, Spline Truncated, Variance-Covariance Matrix, Longitudinal Data, Return On Assets (ROA).

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis diperkenankan menyelesaikan tesis yang berjudul “**Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal (Aplikasi pada Data *Return On Assets* di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018)**” dengan baik dan tepat waktu.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis memperoleh banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Vita Ratnasari, S.Si., M.Si. dan Bapak Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si. selaku dosen pembimbing yang ditengah segala kesibukannya dpat meluangkan waktu untuk member bimbingan, saran, masukan serta motivasi selama penyusunan tesis ini.
2. Ibu Dr. Dra. Ismaini Zain, M.Si. dan Bapak Dr. Achmad Choiruddin, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk menjadikan tesis ini menjadi lebih baik.
3. Ibu Dr. Kartika Fithriasari, M.Si. selaku Ketua Departemen Statistika serta Ibu Dr. Vita Ratnasari, S.Si., M.Si. selaku Sekretaris Departemen yang telah memberikan arahan dan bantuannya selama penulis menempuh studi.
4. Bapak Dr. rer. pol. Dedy Dwi Prastyo, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Departemen Statistika beserta seluruh jajaran atas kemudahan dan fasilitas yang diberikan selama studi.
5. Ibu Dr. Dra. Ismaini Zain, M.Si. selaku dosen wali, serta seluruh Bapak/ Ibu dosen pengajar yang telah memberikan motivasi, ilmu pengetahuan, dan pengalaman yang bermanfaat.
6. Kedua orang tua tersayang Bapak Athar dan Alm. Ibu Kamariah yang telah membesarkan, mendidik, memberi perhatian, serta selalu mendoakan penulis dengan penuh ketulusan dan kasih sayang untuk menyelesaikan studi dengan baik.

7. Saudara/i tercinta: Sekarwati, Kurniawan, Leni, Yeni, Lisa, Apriyan, Elsa, Wulan, Riska, dan segenap keluarga besar yang senantiasa mendukung dan memberi semangat dalam menyelesaikan studi.
8. Bapak Richard dan Bapak Robert yang selalu memberikan motivasi, dukungan, serta bantuan secara financial selama menjalankan studi.
9. Teman-teman genk Goeboeg: Mas Habi, Mas Furqon, Mbak Lutfia, dan Adek Rossy yang selalu menemani dan menyemangati selama menjalankan studi. Terima kasih banyak telah menjadi teman terbaik dan semoga dapat berjumpa lagi di lain kesempatan.
10. Teman-teman regular angkatan 2018 yang sudah banyak membantu dalam mengarungi perkuliahan di ITS, serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas doa dan dukungan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik maupun saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan tesis ini. Akhirnya, penulis berharap semoga tesis ini bermanfaat untuk semua pihak yang memerlukan.

Surabaya, Januari 2020

Mustain Ramli

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
<i>TITTLE PAGE</i> .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	6
1.3. Tujuan Penelitian .....	6
1.4. Manfaat Penelitian .....	6
1.5. Batasan Masalah .....	7
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>9</b>
2.1. Data Longitudinal .....	9
2.2. Analsis Regresi .....	9
2.3. Analsis Regresi Linier Berganda .....	9
2.4. Analisis Regresi Nonparametrik .....	11
2.5. Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i> .....	12
2.6. Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i> untuk Data Longitudinal .....	14
2.7. Pemilihan Titik Knot Optimal .....	16
2.8. Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) .....	17
2.9. Faktor-faktor yang Mempengaruhi <i>Return On Assets</i> (ROA) .....	17
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
3.1. Sumber Data .....	19
3.2. Variabel Penelitian .....	20

3.3. Struktur Data Penelitian .....	23
3.4. Langkah Analisis .....	24
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1. Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i> untuk Data Longitudinal .....	27
4.2. Estimasi Matriks Varians-Kovarians Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i> untuk Data Longitudinal .....	31
4.3. Aplikasi pada Data <i>Return On Assets</i> (ROA) Bank Umum Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018 .....	34
4.3.1. Statistika Deskriptif <i>Return On Assets</i> (ROA) Bank Umum Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018 .....	34
4.3.2. <i>Scatterplot</i> antara <i>Return On Assets</i> (ROA) dengan Masing-Masing Variabel Prediktor .....	36
4.3.3. Pemodelan Data <i>Return On Assets</i> (ROA) dengan Menggunakan Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i> untuk Data Longitudinal .....	39
4.3.3.1. Pemilihan Titik Knot Optimal .....	40
4.3.3.3. Interpretasi Model Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i> untuk Data Longitudinal .....	43
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>51</b>
5.1. Kesimpulan .....	51
5.2. Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>57</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>	<b>91</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Daftar Bank Terbuka ( <i>Go Public</i> ) di Indonesia .....	19
Tabel 3.2	Variabel Penelitian .....	20
Tabel 3.3	Struktur Data Penelitian .....	23
Tabel 4.1	Statistika Deskriptif <i>Return On Assets</i> Bank Umum Terbuka di Indonesia .....	35
Tabel 4.2	Nilai GCV Menggunakan Satu Titik Knot.....	40



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	<i>Scatterplot Data Cross Section</i> ROA dengan CAR .....	37
Gambar 4.2	<i>Scatterplot Data Cross Section</i> ROA dengan NPL .....	38
Gambar 4.3	<i>Scatterplot Data Time Series</i> ROA dengan CAR .....	38
Gambar 4.4	<i>Scatterplot Data Time Series</i> ROA dengan NPL .....	39
Gambar 4.5	Plot taksiran variabel respon ( $\hat{y}$ ) dengan variabel respon ( $y$ ) ...	44
Gambar 4.6	Hubungan Antara <i>Capital Adequacy Rasio</i> dengan <i>Return On Assets</i> pada Bank MNC International Tbk .....	45
Gambar 4.7	Hubungan Antara <i>Non Performing Loan</i> dengan <i>Return On Assets</i> pada Bank MNC International Tbk .....	46
Gambar 4.8	Hubungan Antara <i>Net Interest Margin</i> dengan <i>Return On Assets</i> pada Bank MNC International Tbk .....	47
Gambar 4.9	Hubungan Antara Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional dengan <i>Return On Assets</i> pada Bank MNC International Tbk ...	48
Gambar 4.10	Hubungan Antara <i>Loan To Deposit</i> dengan <i>Return On Assets</i> pada Bank MNC International Tbk .....	50

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Return On Assets dan Faktor-Faktor yang mempengaruhinya pada Bank Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018 ...	57
Lampiran 2. <i>Scatterplot</i> Data <i>Cross Section</i> ROA dengan Masing-Masing Variabel .....	63
Lampiran 3. <i>Scatterplot</i> Data <i>Cross Section</i> ROA dengan Masing-Masing Variabel Prediktor .....	65
Lampiran 4. <i>Syntax</i> Estimasi Matriks Varians-kovarians Model Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i> untuk Data Longitudinal .....	67
Lampiran 5. <i>Syntax</i> Estimasi Parameter Model Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i> untuk Data Longitudinal .....	73
Lampiran 6. <i>Output</i> Titik Knot Optimal dengan Satu Titik Knot .....	77
Lampiran 7. <i>Output</i> Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot .....	79

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Regresi nonparametrik adalah pendekatan model yang mengasumsikan pola kurva tidak diketahui dan termuat di dalam suatu fungsi tertentu, seperti ruang *Sobolev*, ruang fungsi-fungsi kontinu, ruang *Hilbert*, ruang *entropi* dan yang lainnya (Budiantara, 2000). Beberapa model pendekatan regresi nonparametrik yang menjadi perhatian dan paling sering digunakan oleh banyak peneliti diantaranya regresi nonparametrik *kernel* (Hardle, 1990), regresi nonparametrik *spline* (Wahba, 1990; Budiantara, 2000), regresi nonparametrik deret *Fourier* (Wisisono, dkk., 2018) dan *Wavelet* (Antoniadis *et al.*, 2001). Beberapa pendekatan ini khususnya regresi nonparametrik *spline* telah banyak digunakan dalam berbagai bidang ilmu, seperti bidang kedokteran, *Pharmacology*, ekonomi dan lainnya (Zaky, 2008). Banyak diantara para peneliti mencoba membandingkan pendekatan-pendekatan dalam regresi nonparametrik, salah satunya adalah Laome (2009) yang membandingkan antara pendekatan *spline* dan *kernel* dan menyimpulkan bahwa *spline* lebih baik secara numerik dibandingkan dengan *kernel*.

*Spline* merupakan salah satu dari pendekatan regresi nonparametrik yang mempunyai interpretasi statistik dan interpretasi visual sangat khusus dan sangat baik (Eubank, 1988), disamping itu *spline* mampu menangani karakter data yang bersifat mulus (*smooth*). *Spline* juga memiliki kemampuan yang sangat baik untuk menangani data yang perilakunya berubah-ubah pada sub-sub interval tertentu (Budiantara, dkk., 2010).

Pemodelan regresi nonparametrik dengan pendekatan *spline truncated* telah banyak dilakukan oleh banyak peneliti. Data yang digunakan dalam pemodelan tersebut juga beragam, ada yang menggunakan data *cross section* dan data longitudinal dalam mengaplikasikan metode tersebut. Peneliti yang menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* dalam penelitiannya antara lain oleh Budiantara (2012) yang mengkaji tentang pemodelan persentase

penduduk miskin di Indonesia dengan pendekatan regresi nonparametrik spline. Fitriyani (2016) mengestimasi angka rata-rata kelahiran bayi hidup per wanita dengan menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated*. Setiawan (2017) melakukan penelitian tentang aplikasi parameter confidence interval dalam regresi nonparametrik spline truncated pada indeks pembangunan jender di Jawa Timur. Pada penelitian-penelitian tersebut, data yang digunakan merupakan data *cross section*, akan tetapi pada kenyataannya dalam kehidupan sehari-hari kita tidak hanya dihadapkan pada data *cross section* melainkan sering kita jumpai bentuk data longitudinal.

Selain penelitian tentang regresi nonparametrik *spline truncated* dengan menggunakan data *cross section*, terdapat juga penelitian nonparametrik *spline truncated* dengan menggunakan data longitudinal. Data longitudinal adalah data yang didapat dari pengamatan berulang dari setiap subjek pada interval waktu yang berbeda. Data ini berkorelasi pada subjek yang sama dan independen antar subjek yang berbeda (Prahutama, 2013). Penelitian dengan pendekatan nonparametrik pada data longitudinal banyak dilakukan pada bidang kesehatan, namun juga dapat diaplikasikan pada bidang lainnya termasuk bidang sosial dan ekonomi. Kelebihan menggunakan data longitudinal adalah dapat mengetahui perubahan yang terjadi pada individu, tidak membutuhkan subjek yang banyak karena pengamatannya berulang dan juga estimasinya lebih efisien karena dilakukan setiap pengamatan (Wu dan Zhang, 2006).

Beberapa peneliti yang menggunakan data longitudinal antara lain oleh Fernandes (2014) melakukan pemodelan regresi nonparametrik *spline truncated* dengan menggunakan data longitudinal. Damaliana (2019) mengkaji tentang pemilihan titik knot optimal dalam regresi semiparametrik *spline truncated* pada data longitudinal. Bai (2015) melakukan pemodelan regresi semiparametrik untuk data longitudinal dengan proses eror otoregresif waktu tidak teratur.

Dalam analisis statistika, selain menggunakan statistika deskriptif diperlukan juga untuk melakukan suatu analisis berupa statistika inferensia, salah satunya adalah estimasi kurva regresi. Estimasi kurva regresi ini sangat diperlukan dalam suatu pemodelan regresi baik itu untuk membuat suatu model regresi maupun dalam pengujian hipotesis dan interval konfidensi. Beberapa penelitian

yang telah mengkaji tentang estimasi kurva dalam regresi nonparametrik *spline truncated* adalah Arfan (2014) melakukan penelitian tentang estimasi kurva regresi nonparametrik dengan pendekatan *spline*. Fernandes (2016) melakukan penelitian tentang estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* birespon untuk memprediksi inflasi dan pertumbuhan ekonomi di kota Malang tahun 2001-2015. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengasumsikan bahwa matriks pembobot yang digunakan merupakan matriks pembobot yang diasumsikan diketahui. Sehingga pada penelitian ini akan dikembangkan untuk mengkaji tentang estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan matriks pembobot yang digunakan diestimasi berdasarkan matriks varians-kovarians. Dalam penelitian ini akan melakukan pengembangan mengenai kajian estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dan estimasi matriks varians-kovarians. Kajian ini sangat penting karena dapat digunakan untuk memodelkan kasus-kasus dengan struktur data longitudinal dan variabel prekursor yang lebih dari satu.

Berdasarkan penjelasan tentang kelebihan menggunakan pendekatan *spline* dan data longitudinal maka dalam penelitian ini selanjutnya akan mengestimasi kurva regresi nonparametrik dengan pendekatan *spline truncated* untuk data longitudinal. Setelah mendapatkan hasil estimasi dari kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal, hasilnya akan diaplikasikan untuk memodelkan faktor-faktor yang mempengaruhi *Return On Assets* (ROA) pada bank umum terbuka (*go public*) di Indonesia yang tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI) tahun 2012-2018.

Sejak tahun 2009, persaingan antar bank umum semakin ketat, ini membuat bank umum untuk meningkatkan kinerja agar dapat menarik investor. Investor sebelum menginvestasikan dananya di bank umum, tentunya memerlukan informasi mengenai kinerja bank. Pengguna laporan keuangan membutuhkan informasi yang dapat dipahami, dimengerti, relevan, andal serta dapat dibandingkan dalam mengevaluasi posisi keuangan dan kinerja suatu bank serta berguna dalam pengambilan keputusan. Di Indonesia sendiri terdapat sekitar 120 bank umum yang dimana terbagi dalam 6 jenis bank diantaranya, 4 bank persero (bank pemerintah), 35 Bank Umum Swasta Nasional (BUSN) devisa, 30



Bank Umum Swasta Nasional (BUSN) non devisa, 26 Bank Pembangunan Daerah (BPD), 15 bank campuran dan 10 bank asing. Selanjutnya, bank terbuka (*go public*) atau bank yang memperdagangkan sahamnya di bursa efek Indonesia berjumlah sekitar 43 bank umum terbuka (*go public*). Bank-bank tersebut berperan sebagai perantara keuangan antara pihak-pihak yang memiliki dana Funding dan dana Lending dengan pihak-pihak yang memerlukan dana serta sebagai lembaga yang berfungsi memperlancar aliran lalu lintas pembayaran. Untuk itu setiap bank umum haruslah menjaga tingkat kesehatan banknya agar mampu bersaing dan memberikan pelayanan kepada nasabah dengan sebaiknya.

Tingkat kesehatan suatu bank umum dapat dinilai dari beberapa indikator. Salah satu indikator utama yang dijadikan dasar penilaian adalah laporan keuangan yang bersangkutan. Berdasarkan laporan keuangan akan dapat dihitung sejumlah rasio-rasio keuangan yang lazim dijadikan penilaian tingkat kesehatan suatu bank umum. Rasio keuangan yang digunakan dalam penilaian tingkat kesehatan bank adalah rasio CAMEL (Capital, Assets, Management, Earnings, Liquidity). Aspek-aspek tersebut menggunakan rasio keuangan yang disajikan melalui laporan keuangan perusahaan yang diterbitkan setiap tahunnya. Aspek *capital* dapat dinilai melalui *Capital Adequacy Ratio* (CAR), aspek *assets* dinilai dengan *Non Performing Loan* (NPL), aspek *earnings* meliputi *Return On Assets* (ROA), *Net Interest Margin* (NIM), dan Biaya Operasional terhadap Pendapatan Operasional (BOPO), sedangkan aspek likuiditas meliputi *Loan to Deposit Ratio* atau LDR (Jacob, 2013).

*Return On Assets* (ROA) merupakan indikator profitabilitas yang penting untuk mengukur kinerja suatu bank. ROA memfokuskan kemampuan perusahaan untuk memperoleh laba dalam kegiatan operasional perusahaan dengan memanfaatkan aktiva yang dimilikinya. ROA dikatakan penting bagi bank karena ROA digunakan untuk mengukur efektivitas perusahaan dalam menghasilkan keuntungan dengan memanfaatkan aktiva yang dimilikinya. ROA merupakan rasio antara laba sesudah pajak terhadap total aset. Pengembalian atas total aktiva merupakan ukuran efisiensi operasi yang relevan. Nilai ini mencerminkan pengembalian perusahaan dari seluruh aktiva (pendanaan) yang diberikan pada perusahaan. ROA yang positif menunjukkan bahwa dari total aktiva yang

dipergunakan untuk beroperasi, perusahaan mampu menghasilkan laba bagi dirinya. Sebaliknya ROA yang negatif menunjukkan bahwa dari total aktiva yang dipergunakan, perusahaan mendapatkan kerugian. Semakin besar ROA menunjukkan kinerja perusahaan semakin baik, karena tingkat keuntungan yang dicapai bank tersebut semakin baik pula dari sisi penggunaan asset (Ali dan Laksono, 2017).

Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi *Return On Assets* (ROA) yang merupakan ukuran profitabilitas, yaitu CAR, BOPO, NIM, NPL, dan LDR (Harun, 2016). Berdasarkan penelitian Setiawan dan Hermanto (2017) variabel yang signifikan mempengaruhi *Return On Assets* (ROA) adalah *Non Performing Loan* (NPL), *Loan to Deposit Ratio* (LDR), *Capital Adequacy Ratio* (CAR), *Net Interest Margin* (NIM), dan Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional (BOPO). Dalam penelitian ini, subyek bank yang digunakan sebanyak 30 bank terbuka yang secara umum antar subyek bank tidak terdapat unsur dependensi atau korelasi. Selanjutnya, setiap bank dilakukan pengamatan dari tahun 2012-2018, sehingga terdapat unsur dependensi atau korelasi antar pengamatan. Berdasarkan hal tersebut, maka *Return On Assets* (ROA) dan faktor-faktor yang diduga berpengaruh dapat digolongkan kedalam data longitudinal.

## **1.2. Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal?
2. Bagaimana estimasi matriks varians-kovarians regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal?
3. Bagaimana penerapan regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada data *Return On Assets* (ROA) di Bursa Efek Indonesia (BEI)?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal.
2. Melakukan estimasi matriks varians-kovarians regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal.
3. Menerapkan regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada data *Return On Assets* (ROA) di Bursa Efek Indonesia (BEI).

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari hasil akhir penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghasilkan estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal sehingga dapat dijadikan sebagai bahan referensi dalam melakukan analisis data longitudinal dengan menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated*.
2. Menghasilkan estimasi matriks varians-kovarians regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan acuan dalam melakukan analisis data longitudinal dengan menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated*.
3. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam merencanakan pengelolaan dana perusahaan (perbankan) dalam rangka menjaga stabilitas dan kesehatan bank melalui *Return On Assets* (ROA).
4. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi investor untuk melakukan investasi pada bank atau perusahaan dengan memperhatikan kondisi kesehatan keuangan suatu perbankan melalui *Return On Assets* (ROA).

### **1.5. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang dibuat sebagai dasar pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Banyaknya titik knot yang digunakan dibatasi dengan hanya menggunakan satu titik knot dikarenakan keterbatasan data pengamatan yang hanya menggunakan tujuh pengamatan dan sebagai kemudahan dalam melakukan analisis data.
2. Metode yang digunakan untuk memilih titik knot optimal adalah metode *Generalized Cross Validation (GCV)*.
3. Model *spline truncated* yang digunakan adalah *spline* linier.
4. Data yang digunakan adalah data periode 2012-2018.
5. Matriks pembobot yang digunakan dalam mengestimasi parameter diasumsikan diketahui.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Data Longitudinal**

Dalam analisis regresi terdapat data longitudinal dan data *cross section*. Data longitudinal merupakan data yang pengamatannya dilakukan secara berulang untuk setiap subjek pada beberapa subjek. Pada data longitudinal diasumsikan bahwa antar subjek saling independen satu sama lain, akan tetapi antar pengamatan didalam subjek saling dependen sehingga terdapat korelasi (Wu dan Zhang, 2006). Penelitian tentang data longitudinal umumnya lebih lebih kompleks dan membutuhkan biaya yang lebih besar daripada penelitian dengan menggunakan data *cross section*, akan tetapi informasi yang dapat diperoleh lebih lengkap dan handal untuk melihat dinamika perubahan dalam suatu subyek tertentu. Pengamatan dalam data longitudinal umumnya dilakukan terhadap  $n$  subyek yang saling independen (Nurdini, 2006).

#### **2.2. Analisis Regresi**

Analisis regresi merupakan suatu analisis statistika yang digunakan untuk mengetahui persamaan pola hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon. Terdapat dua pendekatan estimasi model dalam analisis regresi, yaitu regresi parametrik dan regresi nonparametrik. Pendekatan regresi parametrik digunakan jika bentuk kurva regresi diketahui. Jika pola hubungan data membentuk pola linear maka digunakan pendekatan regresi parametrik linear. Jika pola hubungan data membentuk pola kuadrat maka digunakan pendekatan regresi kuadratik dan lain-lain (Eubank, 1988). Bentuk pola hubungan dapat diidentifikasi berdasarkan pada informasi masa lalu atau *scatter plot* data (Hardle, 1990).

#### **2.3. Analisis Regresi Linier Berganda**

Regresi linear berganda merupakan metode yang memodelkan hubungan antara variabel respon ( $y$ ) dan variabel prediktor ( $x_1, x_2, \dots, x_p$ ) regresi linier

untuk  $p$  variabel prediktor secara umum dapat ditulis sebagaimana persamaan (2.1).

$$y_i = \beta_0 + \sum_{l=1}^p \beta_l x_{il} + \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

dimana

$y_i$  = observasi variabel respon pada pengamatan ke  $-i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$

$x_{il}$  = observasi variabel prediktor ke  $-l$ ,  $l = 1, 2, \dots, p$  pada pengamatan ke  $-i$ ,  
 $i = 1, 2, \dots, n$

$\beta_0$  = konstanta

$\beta_l$  = koefisien regresi untuk variabel prediktor ke  $-l$ ,  $l = 1, 2, \dots, p$

$\varepsilon_i$  = error pada pengamatan ke  $-i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  dengan asumsi identik, independen dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol dan varians  $\sigma^2$  ( $\varepsilon_i \sim IIDN(0, \sigma^2)$ ).

Persamaan (2.1) dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagaimana persamaan (2.2).

$$\tilde{\mathbf{y}} = \mathbf{X}\tilde{\mathbf{B}} + \tilde{\boldsymbol{\varepsilon}}, \quad \tilde{\boldsymbol{\varepsilon}} \sim N(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I}) \quad (2.2)$$

dimana

$$\tilde{\mathbf{y}} = (y_1 \quad y_2 \quad \cdots \quad y_n)^T,$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \ddots & x_{np} \end{bmatrix},$$

$$\tilde{\mathbf{B}} = (\beta_0 \quad \beta_1 \quad \cdots \quad \beta_p)^T, \text{ dan } \tilde{\boldsymbol{\varepsilon}} = (\varepsilon_1 \quad \varepsilon_2 \quad \cdots \quad \varepsilon_n)^T.$$

Pendugaan parameter model regresi linier diperoleh dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Metode OLS didapat dengan meminimumkan jumlah kuadrat error. Pendugaan parameter model didapat dari persamaan (2.3) (Drapper dan Smith, 1992).

$$\hat{\tilde{\mathbf{B}}} = \arg \min_{\tilde{\mathbf{B}} \in \mathbb{R}^{p+1}} \left( \boldsymbol{\varepsilon}^T \boldsymbol{\varepsilon} \right) = \arg \min_{\tilde{\mathbf{B}} \in \mathbb{R}^{p+1}} \left( (\tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}\tilde{\mathbf{B}})^T (\tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}\tilde{\mathbf{B}}) \right), \quad (2.3)$$

dengan meminimumkan jumlah kudrat error pada persamaan (2.3), maka diperoleh estimasi parameter untuk  $\tilde{B}$  sebagaimana persamaan (2.4).

$$\hat{\tilde{B}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \tilde{y}, \quad (2.4)$$

dimana

$\tilde{y}$  = vektor variabel respon berukuran  $n \times 1$

$\mathbf{X}$  = matriks variabel prediktor  $n \times (p + 1)$

$\tilde{B}$  = vektor parameter model regresi  $(p + 1) \times 1$ .

#### 2.4. Analisis Regresi Nonparametrik

Dalam analisis statistika, untuk melihat pola hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon seorang peneliti menggunakan pendekatan kurva regresi untuk melihat apakah kedua variabel tersebut berhubungan secara linier, kuadratik, polinomial, eksponensial, dan lain-lain, atau bahkan tidak memiliki pola tertentu. Sehingga, peneliti bisa menyimpulkan metode apa yang baik digunakan berdasarkan kurva regresi yang dibuat. Akan tetapi, banyak kasus dalam kehidupan nyata bahwa variabel prediktor dan variabel respon tidak memperlihatkan hubungan yang jelas, padahal pada kenyataannya kedua variabel tersebut berhubungan satu sama lainnya. Terkadang dalam sebuah pemodelan regresi, seseorang tidak peduli dengan pola hubungan data yang digambarkan dengan kurva regresi dan langsung memodelkan data dengan analisis regresi parametrik. Tentunya cara seperti ini merupakan cara yang kurang tepat karena perlu diperhatikan asumsi dari metode yang digunakan (analisis regresi parametrik), yaitu pola hubungan kedua variabel diketahui, misalnya linier, kuadratik, polinomial, eksponensial, dan lain-lain. Pada kasus dengan pola hubungan yang tidak diketahui maka sebaiknya digunakan metode lain, yaitu dengan analisis regresi nonparametrik.

Regresi nonparametrik merupakan metode pendugaan model yang dilakukan berdasarkan pendekatan yang tidak terikat asumsi bentuk kurva regresi tertentu dimana kurva regresi hanya diasumsikan *smooth* (mulus), artinya termuat di dalam suatu ruang fungsi tertentu sehingga regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi karena data diharapkan mencari sendiri bentuk estimasi



kurva regresinya tanpa dipengaruhi oleh faktor subyektifitas peneliti (Eubank, 1988). Model umum regresi nonparametrik dapat ditulis sebagaimana persamaan (2.5).

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.5)$$

dengan  $y_i$  menyatakan variabel respon,  $x_i$  variabel prediktor,  $f(x_i)$  fungsi regresi nonparametrik yang tidak diketahui bentuknya, dan  $\varepsilon_i$  menyatakan *error* yang diasumsikan berdistribusi normal independen dengan rata-rata nol dan variansi  $\sigma^2$ .

## 2.5. Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*

Regresi nonparametrik digunakan apabila bentuk kurva regresi tidak diketahui atau informasi tentang bentuk pola data dimasa lalu tidak lengkap. Salah satu metode estimasi regresi nonparametrik adalah *spline*. *Spline* merupakan potongan-potongan polinomial yang memiliki sifat tersegmen (*piecewise polynomial*) pada titik knot (Budiantara, 1999). Metode *spline* ini sangat baik dalam memodelkan data yang polanya berubah-ubah pada sub interval tertentu (Eubank, 1999). Fungsi *spline*  $f(x)$  berorde  $q$  dengan titik knot  $K_1, K_2, \dots, K_r$  dapat ditulis sebagaimana persamaan (2.6).

$$f(x) = \sum_{h=0}^q \alpha_h x^h + \sum_{k=1}^r \beta_k (x - K_k)_+^q, \quad (2.6)$$

dengan fungsi *truncated*

$$(x - K_k)_+^q = \begin{cases} (x - K_k)^q & , x \geq K_k \\ 0 & , x < K_k \end{cases},$$

dimana

$f(x)$  = fungsi *spline truncated*

$\alpha, \beta$  = parameter-parameter dalam model

$x$  = variabel prediktor

$q$  = orde polynomial

$r$  = banyaknya titik knot

$K_1, K_2, \dots, K_r$  = titik-titik knot.

Secara umum model *spline truncated* dapat disajikan dalam bentuk persamaan (2.7).

$$y_i = \sum_{h=0}^q \alpha_h x_i^h + \sum_{k=1}^r \beta_k (x_i - K_k)_+^q + \varepsilon_i. \quad (2.7)$$

Selanjutnya, model pada persamaan (2.7) dapat ditulis dalam persamaan (2.8).

$$y_i = \alpha_0 + \alpha_1 x_i + \dots + \alpha_{q-1} x_i^{q-1} + \alpha_q x_i^q + \beta_1 (x_i - K_1)_+^q + \dots + \beta_r (x_i - K_r)_+^q + \varepsilon_i. \quad (2.8)$$

Model regresi *spline truncated* pada persamaan (2.8) dapat disajikan dalam bentuk matriks:

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & \cdots & x_1^{q-1} & x_1^q & (x_1 - K_1)_+^q & \cdots & (x_1 - K_r)_+^q \\ 1 & x_2 & \cdots & x_2^{q-1} & x_2^q & (x_2 - K_1)_+^q & \cdots & (x_2 - K_r)_+^q \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & \cdots & x_n^{q-1} & x_n^q & (x_n - K_1)_+^q & \cdots & (x_n - K_r)_+^q \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_{q-1} \\ \alpha_q \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_r \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}. \quad (2.9)$$

Selanjutnya, persamaan (2.9) dapat ditulis menjadi persamaan (2.10).

$$\tilde{y} = \mathbf{X}(K)\tilde{B} + \tilde{\varepsilon}, \quad \tilde{\varepsilon} \sim N(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I}) \quad (2.10)$$

dimana

$$\tilde{y} = (y_1 \quad y_2 \quad \cdots \quad y_n)^T,$$

$$\mathbf{X}(K) = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & \cdots & x_1^{q-1} & x_1^q & (x_1 - K_1)_+^q & \cdots & (x_1 - K_r)_+^q \\ 1 & x_2 & \cdots & x_2^{q-1} & x_2^q & (x_2 - K_1)_+^q & \cdots & (x_2 - K_r)_+^q \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & \cdots & x_n^{q-1} & x_n^q & (x_n - K_1)_+^q & \cdots & (x_n - K_r)_+^q \end{bmatrix},$$

$$\tilde{B} = (\alpha_0 \quad \alpha_1 \quad \cdots \quad \alpha_{q-1} \quad \alpha_q \quad \beta_1 \quad \cdots \quad \beta_r)^T,$$

$$\tilde{\varepsilon} = (\varepsilon_1 \quad \varepsilon_2 \quad \cdots \quad \varepsilon_n)^T.$$

dimana  $\tilde{y}$  merupakan vektor yang memuat respon berukuran  $n \times 1$ ,  $\mathbf{X}(K)$  merupakan matriks prediktor komponen polynomial dan komponen *truncated* yang berukuran  $n \times (1 + q + r)$  dengan vektor parameter  $\tilde{B}$  berukuran  $(1 + q + r) \times 1$  dan  $\tilde{\varepsilon}$  merupakan vektor *error* berukuran  $n \times 1$ .

Apabila  $q = 1$  dan banyaknya titik knot satu, maka persamaan (2.8) dapat ditulis menjadi fungsi *spline* linier sebagaimana persamaan (2.11).

$$\begin{aligned} y_i &= \alpha_0 + \alpha_1 x_i + \beta_1 (x_i - K_1)_+ + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ &= f(x_i) + \varepsilon_i. \end{aligned} \quad (2.11)$$

Persamaan (2.11) dapat ditulis menjadi (Budiantara, 2005):

$$f(x_i) = \begin{cases} \alpha_0 + \alpha_1 x_i + \beta_1 (x_i - K_1) & , x_i \geq K_1 \\ \alpha_0 + \alpha_1 x_i & , x_i < K_1 \end{cases}.$$

## 2.6. Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal

Persamaan (2.7) merupakan bentuk model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data *cross section*. Terdapat sebanyak  $n$  obyek pengamatan yang diukur pada suatu waktu tertentu. Jika  $n$  obyek tersebut diamati berulang dalam kurun waktu tertentu seperti tiap minggu, tiap bulan, setiap tiga bulan, satu tahun dan seterusnya, maka model tersebut dapat dikembangkan menjadi model regresi nonparametrik *spline truncated* pada data longitudinal. Secara umum model regresi nonparametrik *spline truncated* pada data longitudinal untuk satu variabel prediktor dapat ditulis dalam bentuk persamaan (2.12).

$$y_{ij} = f(x_{ij}) + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, t. \quad (2.12)$$

Secara umum model *spline truncated* pada data longitudinal untuk satu variabel prediktor dapat disajikan dalam bentuk persamaan (2.13).

$$y_{ij} = \sum_{h=0}^q \alpha_{hi} x_{ij}^h + \sum_{k=1}^r \beta_{ki} (x_{ij} - K_{ki})_+^q + \varepsilon_{ij}, \quad (2.13)$$

dengan fungsi *truncated*

$$(x_{ij} - K_{ki})_+^q = \begin{cases} (x_{ij} - K_{ki})^q & , x_{ij} \geq K_{(k+q)i} \\ 0 & , x_{ij} < K_{(k+q)i} \end{cases},$$

dimana

- $n$  = banyaknya obyek yang diamati
- $t$  = banyaknya waktu dari obyek yang diamati
- $\alpha, \beta$  = parameter-parameter dalam model
- $q$  = orde polinomial

- $r$  = banyaknya titik knot  
 $K_{1i}, K_{2i}, \dots, K_{ri}$  = titik-titik knot setiap obyek pengamatan ke  $-i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$   
 $y_{ij}$  = variabel respon untuk setiap obyek pengamatan ke  $-i$ ,  
 $i = 1, 2, \dots, n$  pada waktu ke  $-j$ ,  $j = 1, 2, \dots, t$   
 $x_{ij}$  = variabel prediktor untuk setiap obyek pengamatan ke  $-i$ ,  
 $i = 1, 2, \dots, n$  pada waktu ke  $-j$ ,  $j = 1, 2, \dots, t$   
 $\varepsilon_{ij}$  = error untuk setiap obyek pengamatan ke  $-i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  pada  
waktu ke  $-j$ ,  $j = 1, 2, \dots, t$ .

Persamaan (2.13) merupakan bentuk regresi *spline truncated* data longitudinal dengan satu variabel prediktor. Jika variabel prediktor yang digunakan sebanyak  $p$ , maka menghasilkan model regresi *spline truncated* multivariabel untuk data longitudinal sebagaimana persamaan (2.14).

$$y_{ij} = \sum_{l=1}^p \left( \sum_{h=0}^q \alpha_{hil} x_{ijl}^h + \sum_{k=1}^r \beta_{kil} (x_{ijl} - K_{kil})_+^q \right) + \varepsilon_{ij}. \quad (2.14)$$

Salah satu metode untuk mendapatkan estimasi parameter dalam analisis regresi adalah dengan metode *Least Square*. Ada perbedaan dalam menggunakan metode *Least Square* pada data *cross section* dan data longitudinal. Pada data *cross section* menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS). Metode OLS tidak mempertimbangkan adanya korelasi antar pengamatan dalam subyek, sehingga metode OLS kurang tepat untuk digunakan pada data longitudinal yang memiliki korelasi antar pengamatan dalam subyek yang sama. Oleh karena itu, metode yang tepat digunakan untuk estimasi parameter data longitudinal adalah metode *Weighted Least Square* (WLS). Persamaan (2.14) jika dituliskan kedalam bentuk notasi matriks menjadi:

$$\tilde{y} = \mathbf{X}(K)\tilde{B} + \tilde{\varepsilon}, \quad \tilde{\varepsilon} \sim N_M(\mathbf{0}, \mathbf{W}). \quad (2.15)$$

Berdasarkan model persamaan (2.15), estimator untuk parameter  $\tilde{B}$  diperoleh dengan menyelesaikan optimasi WLS sebagaimana persamaan (2.16).

$$\hat{\tilde{B}} = \arg \min_{\tilde{B} \in R^{n(1+p(r+q))}} \left( (\tilde{y} - \mathbf{X}(K)\tilde{B})^T \mathbf{W}^{-1} (\tilde{y} - \mathbf{X}(K)\tilde{B}) \right), \quad (2.16)$$

dimana  $\tilde{y}$  merupakan vektor yang memuat respon berukuran  $nt \times 1$ ,  $\mathbf{X}(K)$  merupakan matriks prediktor komponen polynomial dan komponen *truncated* yang berukuran  $nt \times n(1 + p(r+1))$  dengan vektor parameter  $\tilde{B}$  berukuran  $n(1 + p(r+1)) \times 1$  dan  $\tilde{\varepsilon}$  merupakan vektor *error* berukuran  $nt \times 1$ , sedangkan  $\mathbf{W}$  adalah matriks pembobot (matriks varians kovarians) yang berukuran  $nt \times nt$  dan berisi diagonal  $(\mathbf{W}_1, \mathbf{W}_2, \dots, \mathbf{W}_n)$ .

## 2.7. Pemilihan Titik *Knot* Optimal

Dalam regresi nonparametrik sangat penting untuk menentukan titik *knot* optimal. Jika diperoleh titik *knot* optimal maka akan diperoleh fungsi spline terbaik. Terdapat beberapa metode untuk memilih titik *knot* optimal, yaitu *Cross Validation* (CV) yang digunakan untuk memilih parameter penghalus optimal dalam estimator spline (Craven dan Wahba, 1979). Metode lainnya, yaitu metode *Generalized Cross Validation* (GCV) merupakan suatu bentuk modifikasi dari CV. Metode GCV merupakan metode populer dalam memilih titik *knot* yang optimal. Wahba (1990) memperlihatkan secara teoritis bahwa GCV mempunyai sifat optimal asimtotik, yang tidak dimiliki oleh metode lain. Sehingga, metode GCV menjadi salah satu metode yang paling terkenal dalam pemilihan titik *knot* yang paling optimal. Wu dan Zhang (2006) menyebutkan bahwa salah satu metode yang digunakan untuk mendapatkan titik *knot* yang optimal adalah dengan melihat nilai GCV minimum yang ditunjukkan oleh persamaan (2.17).

$$\begin{aligned} GCV &= \frac{MSE}{\left( (nt)^{-1} (tr[\mathbf{I} - \mathbf{A}(K)]) \right)^2} \\ &= \frac{(nt)^{-1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^t (y_{ij} - \hat{y}_{ij})^2}{\left( (nt)^{-1} (tr[\mathbf{I} - \mathbf{A}(K)]) \right)^2}, \end{aligned} \quad (2.17)$$

dengan  $y_{ij}$  data observasi,  $\hat{y}_{ij}$  estimator dari persamaan regresi,  $\mathbf{I}$  adalah matriks identitas, dan  $\mathbf{A}(K)$  merupakan matriks yang diberikan oleh  $\mathbf{A}(K) = \mathbf{X}(K) (\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K))^{-1} \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1}$  serta  $n$  adalah jumlah subyek dan  $t$  banyaknya pengamatan.

## 2.8. Koefisien Determinasi ( $R^2$ )

Koefisien determinasi  $R^2$  merupakan proporsi variansi total variabel respon yang dapat dijelaskan oleh sekian banyak variabel prediktor yang digunakan di dalam model. Suatu model dikatakan baik jika nilai  $R^2$  yang diperoleh cukup tinggi. Semakin besar nilai  $R^2$ , maka semakin baik model yang didapatkan (Drapper dan Smith, 1992). Nilai  $R^2$  dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (2.18).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^t (\hat{y}_{ij} - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^t (y_{ij} - \bar{y})^2}. \quad (2.18)$$

## 2.9. Faktor-faktor yang Mempengaruhi *Return On Assets* (ROA)

*Return On Assets* (ROA) adalah rasio yang menunjukkan kemampuan dari modal yang diinvestasikan dalam keseluruhan aktiva untuk menghasilkan keuntungan. Dengan kata lain, rasio ini digunakan untuk menggambarkan produktivitas bank bersangkutan untuk mengukur berapa banyak kekayaan yang harus dikumpulkan dan dipakai untuk menghasilkan sejumlah tertentu laba. Besarnya rasio *Return On Assets* (ROA) diperoleh dengan membagi seluruh laba yang diperoleh bank (sebelum pajak) dengan total asset bank tersebut. Semakin besar *Return On Assets* (ROA), semakin besar pula tingkat keuntungan yang dicapai Bank sehingga kemungkinan suatu Bank dalam kondisi bermasalah semakin kecil. (Santoso, 1997). Menurut Bachtiar (2014), *Return On Assets* (ROA) dapat memberikan gambaran berapa keuntungan yang diperoleh perusahaan dari setiap dolar aktiva yang diinvestasikan. *Return On Assets* (ROA) ini juga dapat digunakan untuk mengukur sejauh mana perusahaan dapat memperoleh keuntungan dari penggunaan aktiva operasinya. Dengan mengetahui ROA, dapat menilai apakah perusahaan telah efisien dalam menggunakan aktivanya dalam kegiatan operasi untuk menghasilkan keuntungan.

Menurut Harun (2016) faktor-faktor yang mempengaruhi *Return On Assets* (ROA) yang merupakan ukuran profitabilitas, yaitu *Capital Adequacy Ratio* (CAR) merupakan permodalan yang menunjukkan kemampuan bank dalam

menyediakan dana untuk keperluan pengembangan usaha dan menanpung risiko kerugian dana yang diakibatkan oleh kegiatan operasi bank. Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional (BOPO) merupakan rasio efisiensi. BOPO dapat digunakan untuk mengukur apakah perusahaan atau bank telah menggunakan semua faktor-faktor produksinya dengan efektif dan efisien. *Net Interest Margin* (NIM) adalah selisih pendapatan bunga dengan biaya bunga. *Loan To Deposit* (LDR), yaitu seberapa besar dana pihak ketiga di Bank Umum di lepaskan ke perkreditan. Sesuai Peraturan Bank Indonesia tentang *Loan To Deposit* (LDR), yaitu antara rasio 80% sampai dengan 110%. *Non Performing Loan* (NPL) yang menunjukkan kemampuan kolektibilitas suatu bank dalam mengumpulkan kembali kredit yang dikeluarkan oleh Bank sampai lunas. *Non Performing Loan* (NPL) merupakan presentase jumlah kredit bermasalah yang terdiri kolektibilitas Kurang Lancar, Diragukan dan Macet terhadap total kredit yang dikeluarkan Bank.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berupa laporan keuangan tahunan dari bank-bank terbuka di Indonesia yang terdaftar di situs Bursa Efek Indonesia (BEI) pada tahun 2012 sampai dengan 2018. Jumlah observasi dalam penelitian ini, yaitu sebanyak 30 bank umum terbuka (*go public*) di Indonesia yang memperdagangkan sahamnya di Bursa Efek Indonesia (BEI) selama periode penelitian. Adapun daftar perusahaan perbankan terbuka di Indonesia diperoleh melalui webside [www.sahamok.com](http://www.sahamok.com). Daftar bank terbuka (*go public*) di Indonesia yang memperdagangkan sahamnya di Bursa Efek Indonesia (BEI) periode 2012-2018 dapat ditunjukkan oleh Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Daftar Bank Terbuka (*Go Public*) di Indonesia

No.	Kode Saham	Nama Bank	Kategori Bank
1	AGRO	Bank Rakyat Indonesia Agro Niaga Tbk	BUSN(DEVISA)
2	BABP	Bank MNC Internasional Tbk	BUSN(DEVISA)
3	BACA	Bank Capital Indonesia Tbk	BANK CAMPURAN
4	BBCA	Bank Central Asia Tbk	BUSN(DEVISA)
5	BBKP	Bank Bukopin Tbk	BUSN(DEVISA)
6	BBNI	Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk	BUMN
7	BBRI	Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk	BUMN
8	BCIC	Bank J Trust Indonesia Tbk	BUSN(DEVISA)
9	BDMN	Bank Danamon Indonesia Tbk	BUSN(DEVISA)
10	BEKS	Bank Pembangunan Daerah Banten Tbk	BUSN(NON DEVISA)
11	BKSW	Bank QNB Indonesia Tbk	BUSN(DEVISA)
12	BMRI	Bank Mandiri (Persero) Tbk	BUMN
13	BNBA	Bank Bumi Arta Tbk	BUSN(DEVISA)
14	BNGA	Bank Cimb Niaga Tbk	BUSN(DEVISA)
15	BNII	Bank Maybank Indonesia Tbk	BUSN(DEVISA)
16	BNLI	Bank Permata Tbk	BUSN(DEVISA)
17	BTPN	Bank Tabungan Pensiunan Indonesia Tbk	BUSN(NON DEVISA)
18	BVIC	Bank Victoria Internasional Tbk	BUSN(NON DEVISA)
19	INPC	Bank Artha Graha International Tbk	BUSN(DEVISA)
20	MAYA	Bank Mayapada International Tbk	BUSN(DEVISA)
21	MCOR	Bank China Construction Bank Indonesia Tbk	BUSN(DEVISA)
22	MEGA	Bank Mega Tbk	BUSN(DEVISA)



**Tabel 3.1** Daftar Bank Terbuka (*Go Public*) di Indonesia (Lanjutan)

No.	Kode Saham	Nama Bank	Kategori Bank
23	NISP	Bank OCBC NISP Tbk	BUSN(DEVISA)
24	PNBN	Bank PAN Indonesia Tbk	BUSN(DEVISA)
25	SDRA	Bank Woori Saudara Indonesia 1906 Tbk	BANK CAMPURAN
26	BSWD	Bank of India Indonesia Tbk	BUSN(DEVISA)
27	BBTN	Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk	BUMN
28	BJBR	Bank JABAR Banten Tbk	BPD
29	BJTM	Bank Pembangunan Daerah Jawa Timur Tbk	BPD
30	BSIM	Bank Sinar Mas Tbk	BUSN(DEVISA)

### 3.2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu variabel respon dan variabel prediktor. Variabel respon di dalam model regresi nonparametrik spline ini adalah rasio *Return On Assets* (ROA) pada bank umum terbuka (*go public*) di Indonesia yang tercatat di Bursa Efek Indonesia (BEI) periode 2012-2018 beserta variabel-variabel prediktor yang diduga mempengaruhi rasio *Return On Assets* (ROA). Variabel-variabel prediktor yang digunakan diberikan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
$y_{ij}$	Rasio <i>Return On Assets</i> (ROA) pada bank ke $-i$ dan waktu ke $-j$
$x_{ij1}$	Rasio <i>Capital Adequacy Ratio</i> (CAR) pada bank ke $-i$ dan waktu ke $-j$
$x_{ij2}$	Rasio <i>Non Performing Loan</i> (NPL) pada bank ke $-i$ dan waktu ke $-j$
$x_{ij3}$	Rasio <i>Net Interest Margin</i> (NIM) pada bank ke $-i$ dan waktu ke $-j$
$x_{ij4}$	Rasio Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional (BOPO) pada bank ke $-i$ dan waktu ke $-j$
$x_{ij5}$	Rasio <i>Loan To Deposit</i> (LDR) pada bank ke $-i$ dan waktu ke $-j$

Berikut Penjelasan variabel-variabel dalam penelitian ini.

#### 1. Variabel Respon

Variabel respon yang digunakan dalam penelitian ini adalah rasio *Return On Assets* (ROA). Rasio *Return On Assets* (ROA) merupakan rasio untuk mengukur kemampuan perusahaan dalam menghasilkan laba dengan memanfaatkan total asset. Berdasarkan peraturan bank Indonesia dalam surat

edaran BI No. 13/30/DPNP pada tanggal 14 Desember 2001 rumus untuk menghitung rasio ROA:

$$ROA = \frac{\text{Laba sebelum pajak}}{\text{Rata-rata total aset}}$$

Dengan penghitungan laba sebelum pajak disetahunkan dan rata-rata total asset merupakan jumlah asset tiap bulannya dibagi 12 (disetahunkan).

## 2. Variabel Prediktor

Variabel-variabel prediktor dalam penelitian ini yang diduga berpengaruh terhadap rasio *Return On Assets* (ROA), yaitu:

### a. *Capital Adequacy Ratio* (CAR)

*Capital Adequacy Ratio* (CAR) merupakan rasio yang menunjukkan sejauh mana modal pemilik saham dapat menutup aktiva beresiko. Rasio ini dikenal dengan kebijakan modal, semakin besar rasio ini maka semakin baik kemampuan bank tersebut untuk menanggung risiko dari setiap kredit/aktiva produktif yang berisiko. Berdasarkan peraturan bank Indonesia dalam surat edaran BI No. 13/30/DPNP pada tanggal 14 Desember 2001 rumus untuk menghitung CAR:

$$CAR = \frac{\text{Modal}}{\text{Aktiva tertimbang menurut risiko}}$$

Perhitungan modal dan aktiva tertimbang menurut risiko dilakukan berdasarkan ketentuan kewajiban penyediaan modal minimum yang berlaku (dalam hal ini, yaitu bank Indonesia).

### b. *Non Performing Loan* (NPL)

*Non Performing Loan* (NPL) merupakan suatu keadaan dimana nasabah tidak sanggup membayar sebagian atau seluruh kewajibannya kepada bank seperti yang dijanjikan. Rasio ini identik dengan kredit macet. Manajemen perlu mengawasi setiap kredit yang diberikan kepada nasabah, karena apabila NPL terjadi akan berpengaruh terhadap menurunnya likuiditas suatu bank. Apabila hal ini dibiarkan akan berpengaruh terhadap hilangnya pendapatan dari sector kredit. Berdasarkan peraturan bank Indonesia dalam surat edaran BI No. 13/30/DPNP pada tanggal 14 Desember 2001 rumus untuk menghitung rasio NPL:

$$NPL = \frac{\text{Kredit bermasalah}}{\text{Total kredit}}.$$

Dimana, kredit yang dimaksud di sini merupakan kredit yang diberikan kepada pihak ketiga (tidak termasuk kredit kepada bank lain). Kredit bermasalah adalah kredit dengan kualitas kurang lancar, diragukan dan macet. Kredit bermasalah dihitung secara *gross* (tidak dikurangi PPAP).

c. *Net Interest Margin* (NIM)

*Net Interest Margin* (NIM) merupakan rasio antara pendapatan bunga bersih terhadap jumlah kredit yang diberikan. Rasio ini menunjukkan kemampuan bank dalam memperoleh pendapatan operasional dari dana yang ditempatkan dalam bentuk pinjaman (kredit). Berdasarkan peraturan bank Indonesia dalam surat edaran BI No. 13/30/DPNP pada tanggal 14 Desember 2001 rumus untuk menghitung rasio NIM:

$$NIM = \frac{\text{Pendapatan bunga bersih}}{\text{Rata-rata aktiva produktif}}.$$

Dengan keterangan bahwa pendapatan bunga bersih diperoleh dari pendapatan bunga dikurangi dengan beban bunga (disetahunkan). Aktiva produktif yang diperhitungkan adalah aktiva produktif yang menghasilkan bunga (*interest bearing assets*).

d. Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional (BOPO)

Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional (BOPO) merupakan rasio efisiensi yang digunakan untuk mengukur kemampuan manajemen bank dalam mengendalikan biaya operasional terhadap pendapatan operasional. Semakin kecil rasio BOPO maka semakin efisien bank dalam menjalankan aktifitas usahanya. Berdasarkan peraturan bank Indonesia dalam surat edaran BI No. 13/30/DPNP pada tanggal 14 Desember 2001 rumus untuk menghitung rasio BOPO:

$$BOPO = \frac{\text{Total beban operasi}}{\text{Total pendapatan operasi}}.$$

Dengan keterangan bahwa angka dihitung per posisi (tidak ditahunkan).

e. *Loan To Deposit (LDR)*

*Loan To Deposit (LDR)* merupakan rasio yang digunakan untuk mengukur komposisi jumlah kredit yang diberikan dibandingkan dengan jumlah dana masyarakat. Dalam rasio ini manajemen lebih memperhatikan kondisi keuangan mereka dari sisi kewajiban. Berdasarkan peraturan bank Indonesia dalam surat edaran BI No. 13/30/DPNP pada tanggal 14 Desember 2001 rumus untuk menghitung rasio LDR:

$$LDR = \frac{\text{Kredit}}{\text{Dana pihak ketiga}}$$

Dengan keterangan bahwa kredit yang dimaksud di sini merupakan kredit yang diberikan kepada pihak ketiga (tidak termasuk kredit kepada bank lain). Sedangkan dana pihak ketiga merupakan data yang mencakup giro, tabungan, deposito (tidak termasuk giro dan deposito antar bank).

### 3.3. Struktur Data Penelitian

Struktur data dalam penelitian ini merupakan data longitudinal dengan variabel respon dan variabel prediktor ditunjukkan oleh Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Struktur Data Penelitian

Subyek (i)	Waktu Pengamatan (j)	Variabel Respon (y <sub>ij</sub> )	Variabel Prediktor (x <sub>ijl</sub> )				
			CAR (x <sub>ij1</sub> )	NPL (x <sub>ij2</sub> )	NIM (x <sub>ij3</sub> )	BOPO (x <sub>ij4</sub> )	LDR (x <sub>ij5</sub> )
AGRO	1	y <sub>11</sub>	x <sub>111</sub>	x <sub>112</sub>	x <sub>113</sub>	x <sub>114</sub>	x <sub>115</sub>
	2	y <sub>12</sub>	x <sub>121</sub>	x <sub>122</sub>	x <sub>123</sub>	x <sub>124</sub>	x <sub>125</sub>
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	t	y <sub>1t</sub>	x <sub>1t1</sub>	x <sub>1t2</sub>	x <sub>1t3</sub>	x <sub>1t4</sub>	x <sub>1t5</sub>
BABP	1	y <sub>21</sub>	x <sub>211</sub>	x <sub>212</sub>	x <sub>213</sub>	x <sub>214</sub>	x <sub>215</sub>
	2	y <sub>22</sub>	x <sub>221</sub>	x <sub>222</sub>	x <sub>223</sub>	x <sub>224</sub>	x <sub>225</sub>
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	t	y <sub>2t</sub>	x <sub>2t1</sub>	x <sub>2t2</sub>	x <sub>2t3</sub>	x <sub>2t4</sub>	x <sub>2t5</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
BSIM	1	y <sub>301</sub>	x <sub>3011</sub>	x <sub>3012</sub>	x <sub>3013</sub>	x <sub>3014</sub>	x <sub>3015</sub>
	2	y <sub>302</sub>	x <sub>3021</sub>	x <sub>3022</sub>	x <sub>3023</sub>	x <sub>3024</sub>	x <sub>3025</sub>
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	t	y <sub>30t</sub>	x <sub>30t1</sub>	x <sub>30t2</sub>	x <sub>30t3</sub>	x <sub>30t4</sub>	x <sub>30t5</sub>

### 3.4. Langkah Analisis

Ada tiga tujuan dalam penelitian ini, maka untuk mendapatkan tujuan tersebut langkah-langkah analisis yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan langkah-langkah:

- a. Diberi data berpasangan  $(x_{ij1}, x_{ij2}, \dots, x_{ijp}; y_{ij})$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  dan  $j = 1, 2, \dots, t$  menunjukkan banyak variabel prediktor mengikuti model regresi nonparametrik untuk data longitudinal,

$$y_{ij} = f(x_{ij1}, x_{ij2}, \dots, x_{ijp}) + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, t.$$

- b. Asumsikan model regresi nonparametrik pada tahap (a) bersifat aditif sehingga:

$$f(x_{ij1}, x_{ij2}, \dots, x_{ijp}) = \sum_{l=1}^p f(x_{ijl}),$$

dimana  $f(x_{ijl})$  merupakan kurva regresi nonparametrik untuk data longitudinal.

- c. Hampiri kurva  $f(x_{ijl})$  yang merupakan komponen nonparametrik dengan fungsi *spline truncated* linier untuk data longitudinal dengan satu titik knot:

$$f(x_{ijl}) = \sum_{l=1}^p (\alpha_{0i} + \alpha_{li} x_{ijl} + \beta_{li} (x_{ijl} - K_{li})_+).$$

- d. Bentuk model regresi nonparametrik *spline truncated* linier untuk data longitudinal dengan satu titik knot:

$$y_{ij} = \sum_{l=1}^p (\alpha_{0i} + \alpha_{li} x_{ijl} + \beta_{li} (x_{ijl} - K_{li})_+) + \varepsilon_{ij}.$$

- e. Buat model kedalam bentuk persamaan (2.15).

- f. Dapatkan estimasi parameter  $\tilde{B}$  menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS) dengan menyelesaikan optimasi:

$$\hat{\tilde{B}} = \arg \min_{\tilde{B} \in R^{n(1+p(1+1))}} \left( (\tilde{y} - \mathbf{X}(K)\tilde{B})^T \mathbf{W}^{-1} (\tilde{y} - \mathbf{X}(K)\tilde{B}) \right),$$

dimana  $\tilde{y}$  merupakan vektor yang memuat respon berukuran  $nt \times 1$ ,  $\mathbf{X}(K)$  merupakan matriks prediktor komponen polynomial dan komponen *truncated* berukuran  $nt \times n(p(r+))$  dengan vektor parameter  $\tilde{B}$  berukuran  $n(p(r+)) \times 1$  dan  $\tilde{\varepsilon}$  merupakan vektor *error* berukuran  $nt \times 1$ , dan  $\mathbf{W}$  adalah matriks pembobot (matriks varians-kovarians) berukuran  $nt \times nt$  dan berisi diagonal  $(\mathbf{W}_1, \mathbf{W}_2, \dots, \mathbf{W}_n)$ .

- g. Setelah diperoleh estimasi parameter  $\tilde{B}$  maka selanjutnya diperoleh estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan persamaan:

$$\hat{y} = \mathbf{X}(K)\hat{B}.$$

2. Mencari estimasi matriks varians-kovarians regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan langkah-langkah:
  - a. Asumsikan random error berdistribusi normal dalam model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan *mean*  $E(\varepsilon) = \mathbf{0}$  dan matriks varians-kovarians  $Var(\varepsilon) = \mathbf{W}$ .
  - b. Mencari fungsi likelihood.
  - c. Mencari logaritma natural dari fungsi *likelihood*.
  - d. Memaksimumkan fungsi *likelihood*.
  - e. Menjalankan langkah d dengan menggunakan turunan parsial.
3. Tujuan ketiga dari penelitian ini adalah menerapkan regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada data *Return On Assets* (ROA) di Bursa Efek Indonesia (BEI).
  - a. Membuat eksplorasi dengan menggunakan statistika deskriptif untuk melihat karakteristik dari masing-masing variabel.
  - b. Buat *scatter plot* antara variabel *Return On Assets* (ROA) dengan masing-masing variabel prediktornya.
  - c. Memodelkan data *Return On Assets* (ROA) menggunakan model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal.
  - d. Pilih titik knot optimal berdasarkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) yang terkecil.

- e. Tentukan model terbaik dari GCV terkecil.
- f. Hitung nilai koefisien determinasi  $R^2$  dan *Mean Square Error* (MSE) sebagai bagian dari kriteria kebaikan model.
- g. Buat interpretasi model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada data *Return On Assets* (ROA).
- h. Ambil kesimpulan.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan pembahasan berdasarkan tujuan penelitian mengenai estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal. Pembahasan tersebut melalui beberapa tahapan antara lain pembentukan model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal, estimasi parameter regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan menggunakan metode optimasi WLS (*Weighted Least Square*), sehingga diperoleh estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal. Selanjutnya, akan dicari estimasi matriks varians-kovarians regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan menggunakan metode MLE (*Maximum Likelihood Estimate*). Hasil dari estimasi kurva dan matriks varians-kovarians tersebut akan diaplikasikan pada data *Return On Assets* (ROA) di Bursa Efek Indonesia (BEI) Tahun 2012-2018.

#### 4.1. Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal

Model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal diberikan pada persamaan (4.1).

$$y_{ij} = \sum_{l=1}^p \left( \sum_{h=0}^q \alpha_{hil} x_{ijl}^h + \sum_{k=1}^r \beta_{kil} (x_{ijl} - K_{kil})_+^q \right) + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, t, \quad (4.1)$$

model ini memuat  $n$  subjek dengan masing-masing subjek sebanyak  $t$  pengamatan dan dapat diuraikan antara lain:

$$\begin{aligned} \text{Untuk } i = 1 \text{ dan } j = 1: y_{11} &= \sum_{l=1}^p \left( \sum_{h=0}^q \alpha_{h1l} x_{11l}^h + \sum_{k=1}^r \beta_{k1l} (x_{11l} - K_{k1l})_+^q \right) + \varepsilon_{11} \\ &\vdots \\ i = 1 \text{ dan } j = t: y_{1t} &= \sum_{l=1}^p \left( \sum_{h=0}^q \alpha_{h1l} x_{1tl}^h + \sum_{k=1}^r \beta_{k1l} (x_{1tl} - K_{k1l})_+^q \right) + \varepsilon_{1t} \\ i = 2 \text{ dan } j = 1: y_{21} &= \sum_{l=1}^p \left( \sum_{h=0}^q \alpha_{h2l} x_{21l}^h + \sum_{k=1}^r \beta_{k2l} (x_{21l} - K_{k2l})_+^q \right) + \varepsilon_{21} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& \vdots \\
i = 2 \text{ dan } j = t: y_{2t} &= \sum_{l=1}^p \left( \sum_{h=0}^q \alpha_{h2l} x_{2tl}^h + \sum_{k=1}^r \beta_{k2l} (x_{2tl} - K_{k2l})_+^q \right) + \varepsilon_{2t} \\
& \vdots \\
i = n \text{ dan } j = 1: y_{n1} &= \sum_{l=1}^p \left( \sum_{h=0}^q \alpha_{hnl} x_{n1l}^h + \sum_{k=1}^r \beta_{knl} (x_{n1l} - K_{knl})_+^q \right) + \varepsilon_{n1} \\
& \vdots \\
i = n \text{ dan } j = t: y_{nt} &= \sum_{l=1}^p \left( \sum_{h=0}^q \alpha_{hnl} x_{ntl}^h + \sum_{k=1}^r \beta_{knl} (x_{ntl} - K_{knl})_+^q \right) + \varepsilon_{nt} n.
\end{aligned}$$

Berdasarkan batasan masalah pada penelitian ini, model *spline* yang digunakan adalah *spline* linier sehingga  $q = 1$  dan banyaknya titik knot yang digunakan adalah satu titik knot. Persamaan (4.1) dapat ditulis menjadi fungsi *spline* linier dengan satu titik knot sebagaimana persamaan (4.2).

$$y_{ij} = \alpha_{0i} + \sum_{l=1}^p \left( \alpha_{li} x_{ijl} + \beta_{lil} (x_{ijl} - K_{lil})_+ \right) + \varepsilon_{ij}, \quad (4.2)$$

dengan fungsi *truncated*

$$(x_{ijl} - K_{lil})_+ = \begin{cases} (x_{ijl} - K_{lil}) & , x_{ijl} \geq K_{lil} \\ 0 & , x_{ijl} < K_{lil} \end{cases},$$

dimana  $i = 1, 2, \dots, n$  merupakan subyek yang diamati sebanyak  $n$ ,  $j = 1, 2, \dots, t$  merupakan pengamatan yang dilakukan sebanyak  $t$  periode pengamatan, sehingga persamaan (4.2) dapat diuraikan menjadi:

$$\begin{aligned}
i = 1 \text{ dan } j = 1: y_{11} &= \alpha_{01} + \alpha_{11} x_{111} + \alpha_{12} x_{112} + \dots + \alpha_{1p} x_{11p} + \beta_{111} (x_{111} - K_{111})_+ \\
& \quad + \beta_{112} (x_{112} - K_{112})_+ + \dots + \beta_{1p} (x_{11p} - K_{11p})_+ + \varepsilon_{11} \\
& \quad \vdots \\
i = 1 \text{ dan } j = t: y_{1t} &= \alpha_{01} + \alpha_{11} x_{1t1} + \alpha_{12} x_{1t2} + \dots + \alpha_{1p} x_{1tp} + \beta_{111} (x_{1t1} - K_{111})_+ \\
& \quad + \beta_{112} (x_{1t2} - K_{112})_+ + \dots + \beta_{1p} (x_{1tp} - K_{11p})_+ + \varepsilon_{1t} \\
i = 2 \text{ dan } j = 1: y_{21} &= \alpha_{02} + \alpha_{21} x_{211} + \alpha_{22} x_{212} + \dots + \alpha_{2p} x_{21p} + \beta_{121} (x_{211} - K_{121})_+ \\
& \quad + \beta_{122} (x_{212} - K_{122})_+ + \dots + \beta_{12p} (x_{21p} - K_{12p})_+ + \varepsilon_{21} \\
& \quad \vdots \\
i = 2 \text{ dan } j = t: y_{2t} &= \alpha_{02} + \alpha_{21} x_{2t1} + \alpha_{22} x_{2t2} + \dots + \alpha_{2p} x_{2tp} + \beta_{121} (x_{2t1} - K_{121})_+ \\
& \quad + \beta_{122} (x_{2t2} - K_{122})_+ + \dots + \beta_{12p} (x_{2tp} - K_{12p})_+ + \varepsilon_{2t}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \vdots \\
i = n \text{ dan } j = 1: y_{n1} &= \alpha_{0n} + \alpha_{n1}x_{n11} + \alpha_{n2}x_{n12} + \dots + \alpha_{np}x_{n1p} + \beta_{1n1}(x_{n11} - K_{1n1})_+ \\
& \quad + \beta_{1n2}(x_{n12} - K_{1n2})_+ + \dots + \beta_{1np}(x_{n1p} - K_{1np})_+ + \varepsilon_{n1} \\
& \vdots \\
i = n \text{ dan } j = t: y_{nt} &= \alpha_{0n} + \alpha_{n1}x_{nt1} + \alpha_{n2}x_{nt2} + \dots + \alpha_{np}x_{ntp} + \beta_{1n1}(x_{nt1} - K_{1n1})_+ \\
& \quad + \beta_{1n2}(x_{nt2} - K_{1n2})_+ + \dots + \beta_{1np}(x_{ntp} - K_{1np})_+ + \varepsilon_{nt}
\end{aligned}$$

Model regresi *spline truncated* untuk orde  $q = 1$  dan banyaknya titik knot satu yang telah diuraikan di atas dapat ditulis dalam bentuk matriks khusus.

Vektor variabel respon:

$$\begin{aligned}
\tilde{y}_1 &= (y_{11} \quad y_{12} \quad \dots \quad y_{1t})^T \\
\tilde{y}_2 &= (y_{21} \quad y_{22} \quad \dots \quad y_{2t})^T \\
& \vdots \\
\tilde{y}_n &= (y_{n1} \quad y_{n2} \quad \dots \quad y_{nt})^T.
\end{aligned}$$

Matriks variabel prediktor:

$$\begin{aligned}
\mathbf{X}_1(K) &= \begin{bmatrix} 1 & x_{111} & x_{112} & \dots & x_{11p} & (x_{111} - K_{111})_+ & (x_{112} - K_{112})_+ & \dots & (x_{11p} - K_{11p})_+ \\ 1 & x_{121} & x_{122} & \dots & x_{12p} & (x_{121} - K_{111})_+ & (x_{122} - K_{112})_+ & \dots & (x_{12p} - K_{11p})_+ \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1t1} & x_{1t2} & \dots & x_{1tp} & (x_{1t1} - K_{111})_+ & (x_{1t2} - K_{112})_+ & \dots & (x_{1tp} - K_{11p})_+ \end{bmatrix} \\
\mathbf{X}_2(K) &= \begin{bmatrix} 1 & x_{211} & x_{212} & \dots & x_{21p} & (x_{211} - K_{121})_+ & (x_{212} - K_{122})_+ & \dots & (x_{21p} - K_{12p})_+ \\ 1 & x_{221} & x_{222} & \dots & x_{22p} & (x_{221} - K_{121})_+ & (x_{222} - K_{122})_+ & \dots & (x_{22p} - K_{12p})_+ \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{2t1} & x_{2t2} & \dots & x_{2tp} & (x_{2t1} - K_{121})_+ & (x_{2t2} - K_{122})_+ & \dots & (x_{2tp} - K_{12p})_+ \end{bmatrix} \\
& \vdots \\
\mathbf{X}_n(K) &= \begin{bmatrix} 1 & x_{n11} & x_{n12} & \dots & x_{n1p} & (x_{n11} - K_{1n1})_+ & (x_{n12} - K_{1n2})_+ & \dots & (x_{n1p} - K_{1np})_+ \\ 1 & x_{n21} & x_{n22} & \dots & x_{n2p} & (x_{n21} - K_{1n1})_+ & (x_{n22} - K_{1n2})_+ & \dots & (x_{n2p} - K_{1np})_+ \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{nt1} & x_{nt2} & \dots & x_{ntp} & (x_{nt1} - K_{1n1})_+ & (x_{nt2} - K_{1n2})_+ & \dots & (x_{ntp} - K_{1np})_+ \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

Vektor parameter:

$$\begin{aligned}
\tilde{B}_1 &= (\alpha_{01} \quad \alpha_{11} \quad \alpha_{12} \quad \dots \quad \alpha_{1p} \quad \beta_{111} \quad \beta_{112} \quad \dots \quad \beta_{11p})^T \\
\tilde{B}_2 &= (\alpha_{02} \quad \alpha_{21} \quad \alpha_{22} \quad \dots \quad \alpha_{2p} \quad \beta_{121} \quad \beta_{122} \quad \dots \quad \beta_{12p})^T \\
& \vdots
\end{aligned}$$

$$\tilde{\mathbf{B}}_n = (\alpha_{01} \quad \alpha_{n1} \quad \alpha_{n2} \quad \cdots \quad \alpha_{np} \quad \beta_{1n1} \quad \beta_{1n2} \quad \cdots \quad \beta_{1np})^T.$$

Vektor *error*:

$$\begin{aligned} \tilde{\varepsilon}_1 &= (\varepsilon_{11} \quad \varepsilon_{12} \quad \cdots \quad \varepsilon_{1t})^T \\ \tilde{\varepsilon}_2 &= (\varepsilon_{21} \quad \varepsilon_{22} \quad \cdots \quad \varepsilon_{2t})^T \\ &\vdots \\ \tilde{\varepsilon}_n &= (\varepsilon_{n1} \quad \varepsilon_{n2} \quad \cdots \quad \varepsilon_{nt})^T, \end{aligned}$$

dengan demikian model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan orde  $q = 1$  dan banyaknya titik knot satu, dapat dinyatakan dalam notasi matriks sebagaimana persamaan (4.3).

$$\tilde{\mathbf{y}} = \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}} + \tilde{\varepsilon}, \quad \tilde{\varepsilon} \sim N_M(\mathbf{0}, \mathbf{W}), \quad (4.3)$$

dimana

$$\tilde{\mathbf{y}} = \begin{bmatrix} \tilde{y}_1 \\ \tilde{y}_2 \\ \vdots \\ \tilde{y}_n \end{bmatrix}, \mathbf{X}(K) = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1(K) & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_2(K) & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{X}_n(K) \end{bmatrix}, \tilde{\mathbf{B}} = \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{B}}_1 \\ \tilde{\mathbf{B}}_2 \\ \vdots \\ \tilde{\mathbf{B}}_n \end{bmatrix}, \tilde{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \tilde{\varepsilon}_1 \\ \tilde{\varepsilon}_2 \\ \vdots \\ \tilde{\varepsilon}_n \end{bmatrix}.$$

Selanjutnya, dengan menggunakan matriks pembobot  $\mathbf{W}$ , estimasi  $\tilde{\mathbf{B}}$  pada persamaan (4.3) dapat diperoleh dengan menyelesaikan optimasi *Weighted Least Square* (WLS):

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{y}} &= \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}} + \tilde{\varepsilon} \text{ dimana } \tilde{\varepsilon} = \tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}}, \\ \hat{\tilde{\mathbf{B}}} &= \arg \min_{\mathbf{B} \in \mathbb{R}^{n(1+p(1+1))}} \{ \tilde{\varepsilon}^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{\varepsilon} \} = \arg \min_{\mathbf{B} \in \mathbb{R}^{n(1+p(1+1))}} \left\{ (\tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}})^T \mathbf{W}^{-1} (\tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}}) \right\}. \end{aligned} \quad (4.4)$$

Penyelesaian optimasi persamaan (4.4) dilakukan dengan penjabaran:

$$\begin{aligned} \left\{ (\tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}})^T \mathbf{W}^{-1} (\tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}}) \right\} &= \tilde{\mathbf{y}}^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{\mathbf{y}} - \tilde{\mathbf{y}}^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}} - \tilde{\mathbf{B}}^T \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{\mathbf{y}} \\ &\quad + \tilde{\mathbf{B}}^T \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}} \end{aligned},$$

atau disederhanakan kedalam bentuk persamaan (4.5).

$$\tilde{\mathbf{y}}^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{\mathbf{y}} - 2\tilde{\mathbf{B}}^T \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{\mathbf{y}} + \tilde{\mathbf{B}}^T \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}}. \quad (4.5)$$

Misalkan,

$$Q = \tilde{\mathbf{y}}^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{\mathbf{y}} - 2\tilde{\mathbf{B}}^T \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{\mathbf{y}} + \tilde{\mathbf{B}}^T \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K)\tilde{\mathbf{B}}.$$

Selanjutnya, untuk memperoleh estimasi  $\tilde{B}$  pada persamaan (4.5) maka dilakukan turunan parsial  $Q$  terhadap  $\tilde{B}$  dan diperoleh:

$$\begin{aligned}\frac{\partial Q}{\partial \tilde{B}} &= \frac{\partial (\tilde{y}^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{y} - 2\tilde{B}^T \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{y} + \tilde{B}^T \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K) \tilde{B})}{\partial \tilde{B}} \\ &= \mathbf{0} - 2\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{y} + 2\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K) \tilde{B} \\ &= -2\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{y} + 2\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K) \tilde{B},\end{aligned}$$

nilai minimum dari  $Q$  diperoleh dengan cara:

$$\frac{\partial Q}{\partial \tilde{B}} = \mathbf{0}.$$

Selanjutnya didapatkan:

$$\begin{aligned}-2\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{y} + 2\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K) \hat{\tilde{B}} &= \mathbf{0} \\ 2\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K) \hat{\tilde{B}} &= 2\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{y} \\ \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K) \hat{\tilde{B}} &= \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{y}.\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh estimasi  $\hat{\tilde{B}}$  pada persamaan (4.6):

$$\hat{\tilde{B}} = (\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K))^{-1} \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{y}. \quad (4.6)$$

Berdasarkan estimasi  $\hat{\tilde{B}}$  pada persamaan (4.6), maka diperoleh estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan orde  $q = 1$  dan banyaknya titik knot satu sebagaimana persamaan (4.7).

$$\begin{aligned}\hat{y} &= \mathbf{X}(K) \hat{\tilde{B}} \\ &= \mathbf{X}(K) (\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K))^{-1} \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{y} \\ &= \mathbf{A}(K) \tilde{y},\end{aligned} \quad (4.7)$$

dimana  $\mathbf{A}(K) = \mathbf{X}(K) (\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K))^{-1} \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1}$ .

#### 4.2. Estimasi Matriks Varians-Kovarians Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal

Penelitian yang menyangkut model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal, telah banyak dikembangkan oleh para peneliti. Umumnya para peneliti tersebut mengasumsikan matriks varians-kovarians dari *error* acak-

nya diketahui, kenyataannya varians dan kovarians tidak diketahui. Akibatnya perlu dilakukan estimasi untuk matriks varians-kovarians dari *error* acak dalam model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal. Untuk tujuan ini, akan digunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE).  $\epsilon_{ij}$  adalah *error* acak dari hasil pendugaan pada subyek ke  $i$ , pengamatan ke  $j$  diasumsikan berdistribusi normal multivariate, dengan *mean*  $E(\epsilon) = \mathbf{0}$  dan matriks varians-kovarians  $Var(\epsilon) = \mathbf{W}$ , maka fungsi likelihood:

$$L(\mathbf{W}) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}} |\mathbf{W}|^{\frac{1}{2}}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \mathbf{W}^{-1} \left( \tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \right\}, \quad (4.8)$$

dimana estimasi  $\hat{\mathbf{B}}$  dalam persamaan (4.8) diperoleh dari optimasi *Ordinary Least Square* (OLS) yang tidak melibatkan matriks varians-kovarians  $\mathbf{W}$  seperti dinyatakan dalam persamaan (4.9).

$$\hat{\mathbf{B}} = \left( \mathbf{X}(K)^T \mathbf{X}(K) \right)^{-1} \mathbf{X}(K)^T \tilde{\mathbf{y}}, \quad (4.9)$$

Mencari fungsi *likelihood* berdasarkan persamaan (4.8).

$$\begin{aligned} L(\mathbf{W}) &= \prod_{i=1}^n \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}} |\mathbf{W}|^{\frac{1}{2}}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \mathbf{W}^{-1} \left( \tilde{\mathbf{y}} - \mathbf{X}(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \right\} \\ &= \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\mathbf{W}|^{\frac{n}{2}}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left( \tilde{\mathbf{y}}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \mathbf{W}^{-1} \left( \tilde{\mathbf{y}}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \right\} \\ &= \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\mathbf{W}|^{\frac{n}{2}}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \text{tr} \left[ \mathbf{W}^{-1} \sum_{i=1}^n \left( \tilde{\mathbf{y}}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{\mathbf{y}}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \right] \right\}. \end{aligned}$$

Dalam bentuk logaritma natural diperoleh:

$$\begin{aligned} \ln L(\mathbf{W}) &= \ln \left[ \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\mathbf{W}|^{\frac{n}{2}}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \text{tr} \left[ \mathbf{W}^{-1} \sum_{i=1}^n \left( \tilde{\mathbf{y}}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{\mathbf{y}}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \right] \right\} \right] \\ &= \ln \left[ -\frac{n}{2} (2\pi) - \frac{n}{2} |\mathbf{W}| - \frac{1}{2} \text{tr} \left[ \mathbf{W}^{-1} \sum_{i=1}^n \left( \tilde{\mathbf{y}}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{\mathbf{y}}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \right] \right] \\ &= -\frac{n}{2} (2\pi) - \frac{n}{2} |\mathbf{W}| - \frac{n}{2} \text{tr} \left[ \mathbf{W}^{-1} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \tilde{\mathbf{y}}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{\mathbf{y}}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \right]. \end{aligned}$$

Untuk memperoleh estimasi matriks varians-kovarians  $\mathbf{W}$ , maka fungsi  $\ln L(\mathbf{W})$

dimaksimumkan dengan cara  $\frac{\partial \ln L(\mathbf{W})}{\partial \mathbf{W}} = \mathbf{0}$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L(\mathbf{W})}{\partial \mathbf{W}} &= \frac{\partial \left[ -\frac{n}{2}(2\pi) - \frac{n}{2}|\mathbf{W}| - \frac{n}{2} \text{tr} \left[ \mathbf{W}^{-1} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \right] \right]}{\partial \mathbf{W}} \\ &= -\frac{n}{2} \mathbf{W}^{-1} \mathbf{W} \mathbf{W}^{-1} + \frac{n}{2} \mathbf{W}^{-1} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \mathbf{W}^{-1}. \end{aligned}$$

Misalkan  $\mathbf{M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T$  maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L(\mathbf{W})}{\partial \mathbf{W}} &= -\frac{n}{2} \mathbf{W}^{-1} \mathbf{W} \mathbf{W}^{-1} + \frac{n}{2} \mathbf{W}^{-1} \mathbf{M} \mathbf{W}^{-1} \\ &= -\frac{n}{2} \mathbf{W}^{-1} (\mathbf{W} - \mathbf{M}) \mathbf{W}^{-1} \end{aligned}$$

dengan cara  $\frac{\partial \ln L(\mathbf{W})}{\partial \mathbf{W}} = \mathbf{0}$  diperoleh:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L(\hat{\mathbf{W}})}{\partial \hat{\mathbf{W}}} &= -\frac{n}{2} \hat{\mathbf{W}}^{-1} (\hat{\mathbf{W}} - \mathbf{M}) \hat{\mathbf{W}}^{-1} = \mathbf{0} \\ -\frac{n}{2} \hat{\mathbf{W}}^{-1} (\hat{\mathbf{W}} - \mathbf{M}) \hat{\mathbf{W}}^{-1} &= \mathbf{0} \\ (\hat{\mathbf{W}} - \mathbf{M}) &= \mathbf{0} \\ \hat{\mathbf{W}} &= \mathbf{0} + \mathbf{M} \\ \hat{\mathbf{W}} &= \mathbf{M}. \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh estimator matriks varians-kovarians  $\hat{\mathbf{W}}$  untuk model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal:

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{W}} &= \mathbf{M} = \text{diag}(\hat{\mathbf{W}}_1, \hat{\mathbf{W}}_2, \dots, \hat{\mathbf{W}}_n) \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T. \end{aligned} \quad (4.10)$$

Atau dapat ditulis untuk setiap subyek pengamatan  $i = 1, 2, \dots, n$ :

$$\hat{\mathbf{W}}_i = \frac{1}{n} \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T.$$

Maka untuk setiap submatriks  $\hat{\mathbf{W}}_i$  dimana  $i = 1, 2, \dots, n$  dapat dijabarkan:

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{W}}_1 &= \frac{1}{n} \left( \tilde{\mathbf{y}}_1 - \mathbf{X}_1(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{\mathbf{y}}_1 - \mathbf{X}_1(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \\ \hat{\mathbf{W}}_2 &= \frac{1}{n} \left( \tilde{\mathbf{y}}_2 - \mathbf{X}_2(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{\mathbf{y}}_2 - \mathbf{X}_2(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T \\ &\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ \hat{\mathbf{W}}_n &= \frac{1}{n} \left( \tilde{\mathbf{y}}_n - \mathbf{X}_n(K) \hat{\mathbf{B}} \right) \left( \tilde{\mathbf{y}}_n - \mathbf{X}_n(K) \hat{\mathbf{B}} \right)^T . \end{aligned}$$

### **4.3. Aplikasi pada Data *Return On Asset* (ROA) Bank Umum Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018**

Pada subbab ini akan dibahas mengenai *Return On Asset* (ROA) pada Bank umum terbuka (*go public*) yang terdaftar di bursa efek Indonesia tahun 2012-2018 serta beberapa faktor yang diduga mempengaruhinya menggunakan statistika deskriptif dan pemodelan *Return On Asset* (ROA) menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan fungsi *spline* linier satu knot dan matriks pembobot yang digunakan merupakan matriks varians-kovarians yang diestimasi menggunakan metode maksimum *likelihood*.

#### **4.3.1. Statistika Deskriptif *Return On Asset* (ROA) Bank Umum Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018**

*Return On Assets* (ROA) adalah rasio yang menunjukkan kemampuan dari modal yang diinvestasikan dalam keseluruhan aktiva untuk menghasilkan keuntungan. Dengan kata lain, rasio ini digunakan untuk menggambarkan produktivitas bank bersangkutan untuk mengukur berapa banyak kekayaan yang harus dikumpulkan dan dipakai untuk menghasilkan sejumlah tertentu laba. Untuk melihat gambaran *Return On Assets* (ROA) dari 30 Bank umum terbuka yang terdaftar di bursa efek Indonesia tahun 2012-2018, maka perlu dilakukan statistika deskriptif terlebih dahulu untuk melihat pola perilaku data sehingga bisa dijadikan sebagai dasar untuk tahapan analisis selanjutnya, yaitu dengan melihat karakteristik datanya seperti nilai minimum, nilai maksimum, rata-rata, variansi dan simpangan baku.

**Tabel 4.1** Statistika Deskriptif *Return On Assets* Bank Umum  
Terbuka di Indonesia

No.	Kode Saham	Min	Maks	Rata-rata	Variansi	Simpangan Baku
1	AGRO	1.45	1.66	1.54	0.01	0.08
2	BABP	-7.43	0.74	-1.16	7.98	2.82
3	BACA	0.79	1.59	1.15	0.08	0.28
4	BBCA	3.6	4	3.86	0.02	0.14
5	BBKP	0.09	1.83	0.92	0.50	0.71
6	BBNI	2.6	3.5	2.94	0.13	0.36
7	BBRI	3.68	5.15	4.33	0.40	0.63
8	BCIC	-7.58	1.06	-3.34	10.78	3.28
9	BDMN	1.7	3.1	2.54	0.30	0.55
10	BEKS	0.98	9.58	3.09	10.37	3.22
11	BKSW	-3.72	1.05	-0.82	3.80	1.95
12	BMRI	1.95	3.66	3.11	0.37	0.61
13	BNBA	1.33	2.47	1.77	0.15	0.38
14	BNGA	0.47	3.18	1.77	0.89	0.94
15	BNII	0.68	1.74	1.37	0.15	0.38
16	BNLI	-4.9	1.7	0.16	5.27	2.29
17	BTPN	2.1	4.7	3.46	0.81	0.90
18	BVIC	0.33	2.17	1.01	0.55	0.74
19	INPC	0.27	1.39	0.59	0.17	0.41
20	MAYA	0.72	2.53	1.87	0.41	0.64
21	MCOR	0.54	2.04	1.10	0.32	0.57
22	MEGA	1.14	2.74	2.01	0.40	0.63
23	NISP	1.68	2.1	1.85	0.02	0.14
24	PNBN	1.31	2.23	1.83	0.10	0.32
25	SDRA	1.93	2.81	2.38	0.13	0.37
26	BSWD	0.24	11.15	3.69	12.77	3.57
27	BBTN	1.14	1.94	1.61	0.08	0.28
28	BJBR	1.71	2.61	2.14	0.10	0.31
29	BJTM	2.67	3.82	3.20	0.15	0.39
30	BSIM	0.25	1.74	1.24	0.30	0.55

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan statistika deskriptif pada Tabel 4.1 menggambarkan bahwa selama periode 2012-2018 nilai *Return On Asset* (ROA) yang tertinggi adalah Bank of India Indonesia Tbk dengan nilai ROA sebesar 11.15 pada tahun 2016, sedangkan yang terendah adalah Bank J Trust Indonesia Tbk dengan nilai ROA -7.58 pada tahun 2013.



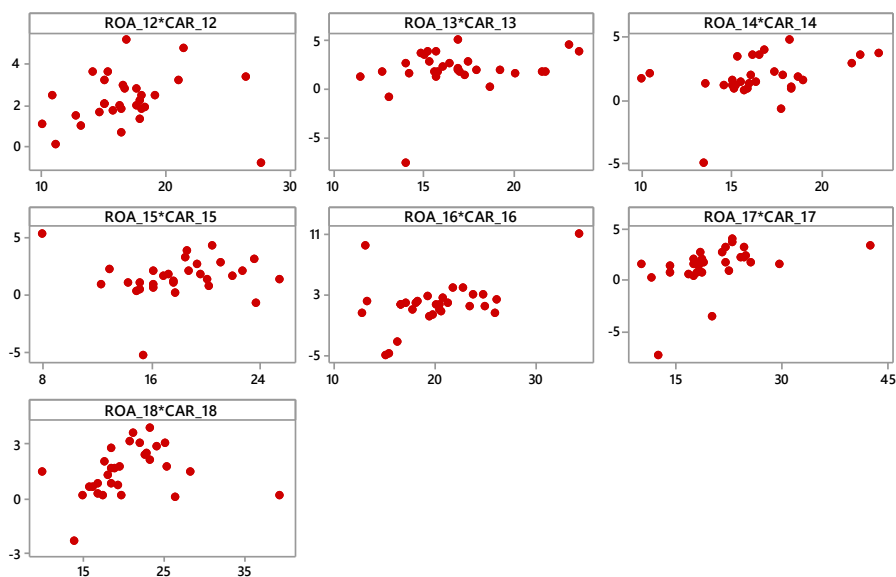
Secara rata-rata selama periode tahun 2012-2018 Bank Rakyat Indonesia Tbk memiliki nilai ROA tertinggi, yaitu sebesar 4.33 dengan nilai variansi yang cukup kecil, yaitu 0.40 yang artinya bahwa selama periode tahun 2012-2018 Bank Rakyat Indonesia Tbk merupakan salah satu Bank dengan laporan keuangan yang sangat baik dengan perubahan yang cukup stabil dari tahun 2012-2018.

Selanjutnya, nilai ROA terendah berdasarkan rata-rata dari tahun 2012-2018 adalah Bank J Trust Indonesia Tbk dengan nilai rata-rata ROA sebesar -3.34 dengan variansi sebesar 10.78 yang artinya bahwa perubahan nilai ROA yang terjadi pada Bank J Trust Indonesia Tbk cukup drastis dan lebih cepat dibandingkan dengan Bank lainnya. Variansi terkecil dimiliki oleh Bank Rakyat Indonesia Agro Niaga Tbk dengan nilai variansi sebesar 0.01 yang artinya bahwa perubahan nilai ROA yang terjadi cukup stabil selama periode tahun 2012-2018. Dilihat dari nilai simpangan baku, beberapa bank memiliki variasi yang cukup lebar dan ada juga yang tidak, hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan nilai ROA di beberapa bank cukup stabil dan ada juga yang meningkat dan menurun secara drastis seperti Bank MNC Internasional Tbk, Bank J Trust Indonesia Tbk, Bank Pembangunan Daerah Banten Tbk, dan Bank of India Indonesia Tbk.

#### **4.3.2. Scatterplot antara Return On Asset (ROA) dengan Masing-masing Variabel Prediktor**

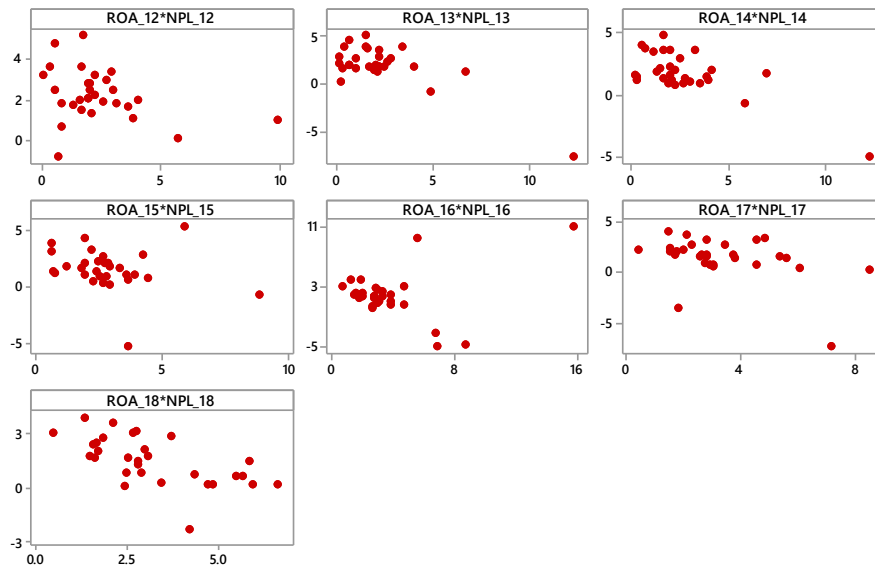
Pada bagian ini akan dilakukan pemodelan Return On Assets dengan menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal. Sebelum melakukan pemodelan, hal utama yang perlu dilakukan adalah membuat *scatterplot* untuk mengidentifikasi bahwa variabel penelitian yang digunakan merupakan komponen nonparametrik. Mengingat data longitudinal merupakan gabungan antara data *cross section* dan data *time series*, maka akan dibuat *scatterplot* dengan dua jenis yang berbeda, yaitu *scatterplot* dari segi data *cross section* dan *scatterplot* dari segi *time series*. Hasil dari *scatterplot* ini akan memperlihatkan pola hubungan antara variabel Return On Assets dengan masing-masing variabel prediktor. Dalam hal ini diberikan variabel CAR dan NPL sebagai contoh dalam pembahasan, selanjutnya untuk variabel prediktor lainnya dapat dilihat pada Lampiran 2 untuk data *cross section* dan Lampiran 3 untuk data

*time series*. Berikut merupakan *scatterplot* dari segi data *cross section* antara variabel respon dengan variabel prediktor CAR dan NPL:



Gambar 4.1 *Scatterplot* Data *Cross Section* ROA dengan CAR.

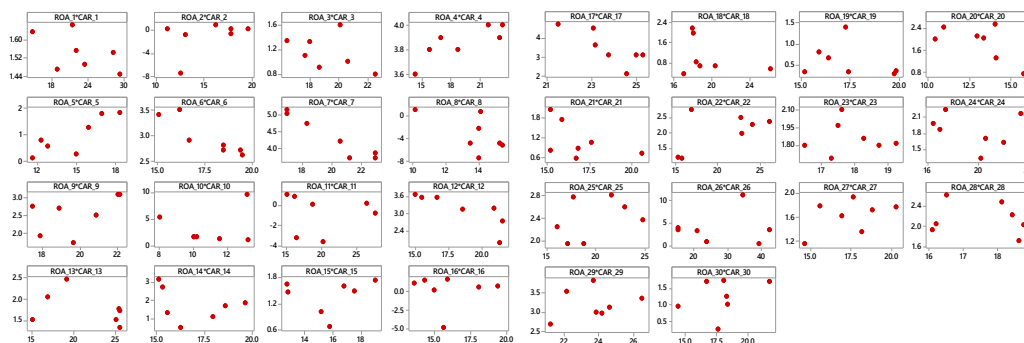
Gambar 4.1 menunjukkan pola hubungan antara ROA dengan CAR pada 30 Bank umum terbuka yang terdaftar di bursa efek Indonesia untuk tahun 2012-2018. Dapat dilihat bahwa dari hasil *scatterplot* tersebut tidak membentuk pola hubungan tertentu. Pola hubungan yang terlihat cenderung mengalami perubahan pada sub interval tertentu yang ditunjukkan oleh beberapa titik data. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perubahan yang signifikan terhadap nilai ROA seiring berubahnya nilai CAR pada sub interval tertentu. Sebagai contoh pada *scatterplot* ROA dengan CAR pada tahun 2012 yang menunjukkan peningkatan nilai ROA secara drastis pada nilai CAR tertentu dan mengalami peningkatan secara perlahan pada nilai CAR tertentu, sehingga pada penelitian ini mengasumsikan variabel CAR dapat didekati sebagai komponen nonparametrik.



Gambar 4.2 *Scatterplot Data Cross Section* ROA dengan NPL.

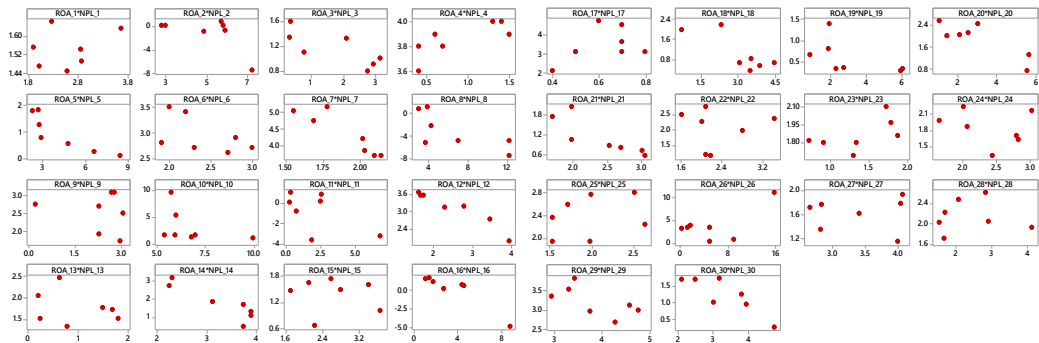
Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pola hubungan antara ROA dengan NPL pada 30 Bank umum terbuka yang terdaftar di bursa efek Indonesia untuk tahun 2012-2018. *Scatterplot* pada Gambar 4.2 cenderung tidak membentuk pola hubungan tertentu yang ditunjukkan oleh beberapa titik data. Pola hubungan yang terlihat cenderung mengalami perubahan pada sub interval tertentu yang dimana terdapat perubahan nilai ROA yang semakin rendah seiring meningkatnya nilai NPL. Sebagai contoh pada *Scatterplot* ROA dengan NPL pada tahun 2012 yang menunjukkan nilai ROA turun secara drastis pada nilai NPL tertentu dan mengalami penurunan secara perlahan pada nilai NPL tertentu. Perubahan pada sub interval tersebut mengasumsikan bahwa variabel NPL dapat dimodelkan dengan pendekatan nonparametrik.

Selanjutnya, akan dibahas hasil *scatterplot* variabel ROA dengan variabel prediktor CAR dan NPL dari segi *time series*.



Gambar 4.3 *Scatterplot Data Time Series* ROA dengan CAR.

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa pola hubungan antara ROA dengan CAR dari seri *Time Series* pada tahun 2012-2018 untuk 30 Bank umum terbuka yang terdaftar di bursa efek Indonesia. Terlihat bahwa pola hubungan antara ROA dengan CAR selama 7 tahun untuk setiap Bank, cenderung tidak membentuk pola hubungan tertentu. Pola hubungan yang terlihat cenderung mengalami perubahan pada sub interval tertentu, sehingga dalam penelitian ini variabel CAR diasumsikan dengan pendekatan nonparametrik.



Gambar 4.4 Scatterplot Data *Time Series* ROA dengan NPL.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pola hubungan antara ROA dengan NPL dari seri *Time Series* pada tahun 2012-2018 untuk 30 Bank umum terbuka yang terdaftar di bursa efek Indonesia. Pola hubungan antara ROA dengan NPL selama 7 tahun untuk setiap subyek Bank cenderung tidak membentuk pola hubungan tertentu serta data berubah pada sub interval tertentu, sehingga pada penelitian ini variabel NPL diasumsikan dapat dimodelkan dengan didekati sebagai komponen nonparametrik.

#### 4.3.3. Pemodelan Data *Return On Asset (ROA)* dengan Menggunakan Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal

Pemodelan data *Return On Assets (ROA)* pada bank terbuka (*go public*) yang terdaftar di bursa efek Indonesia tahun 2012-2018 didekati dengan menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal yang diberikan pada persamaan (4.11).

$$y_{ij} = \alpha_{0i} + \sum_{l=1}^p (\alpha_{li} x_{ijl} + \beta_{lil} (x_{ijl} - K_{lil})_+) + \varepsilon_{ij}, \quad (4.11)$$

dengan  $y_{ij}$  adalah variabel respon,  $\alpha, \beta$  adalah parameter yang tidak diketahui,  $x_{ij1}, x_{ij2}, x_{ij3}, x_{ij4}, x_{ij5}$  adalah variabel prediktor, dan  $\varepsilon_{ij}$  adalah *error* acak yang diasumsikan berdistribusi normal multivariate dengan rata-rata nol dan matriks varians-kovarians  $\mathbf{W}$ . Matriks pembobot yang digunakan dalam penelitian ini adalah matriks varians-kovarians dari *error* yang telah diestimasi pada persamaan (4.10) dengan titik knot yang digunakan adalah satu titik knot dan fungsi *spline* yang digunakan adalah *spline* linier

#### 4.3.3.1. Pemilihan Titik Knot Optimal

Kriteria pemilihan titik knot optimal dalam penelitian ini dengan menggunakan GCV terkecil. titik knot yang digunakan, yaitu satu titik knot dengan ulangan sebanyak 14 perulangan. Pada data longitudinal, titik knot yang dihasilkan di setiap subyek bank berbeda sesuai dengan perilaku data. Berikut adalah nilai GCV terkecil menggunakan satu titik knot pada data *Return On Assets* (ROA) pada bank terbuka (*go public*) yang terdaftar di bursa efek Indonesia tahun 2012-2018.

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

Ulangan	Knot ( $K_{ril}, r = 1, i = 1, 2, \dots, 30, l = 1, 2, \dots, 5$ )					GCV
	$K_{111}$	$K_{112}$	...	$K_{1304}$	$K_{1305}$	
1	14.80	1.90	...	83.75	77.47	1739.59
2	15.86	2.03	...	84.74	77.95	31.46
3	16.91	2.15	...	85.73	78.44	25.25
4	17.97	2.28	...	86.72	78.92	22.42
5	19.02	2.41	...	87.71	79.40	30.06
6	20.08	2.54	...	88.70	79.89	32.28
7	21.13	2.66	...	89.69	80.37	34.04
8	22.19	2.79	...	90.69	80.86	34.32
9	23.25	2.92	...	91.68	81.34	34.09
10	24.30	3.04	...	92.67	81.82	29.14
11	25.36	3.17	...	93.66	82.31	24.06
12	26.41	3.30	...	94.65	82.79	19.60
13	27.47	3.43	...	95.64	83.27	<b>15.12</b>
14	28.52	3.55	...	96.63	83.76	31.83

Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh nilai GCV terkecil pada ulangan ke 13, yaitu dengan nilai GCV sebesar 15.12 untuk satu titik knot. Untuk titik knot di masing-masing subyek bank dapat dilihat pada Lampiran 6. Nilai estimasi untuk masing-masing subyek bank dapat dilihat pada Lampiran 7. Model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan menggunakan satu titik knot dan lima variabel prediktor diberikan pada persamaan (4.12).

$$\begin{aligned} \hat{y}_{ij} = & \hat{\alpha}_{0i} + \hat{\alpha}_{1i}x_{ij1} + \hat{\alpha}_{2i}x_{ij2} + \hat{\alpha}_{3i}x_{ij3} + \hat{\alpha}_{4i}x_{ij4} + \hat{\alpha}_{5i}x_{ij5} + \\ & \hat{\beta}_{1i1}(x_{ij1} - K_{1i1})_+ + \hat{\beta}_{1i2}(x_{ij2} - K_{1i2})_+ + \hat{\beta}_{1i3}(x_{ij3} - K_{1i3})_+ , \\ & + \hat{\beta}_{1i4}(x_{ij4} - K_{1i4})_+ + \hat{\beta}_{1i5}(x_{ij5} - K_{1i5})_+ \end{aligned} \quad (4.12)$$

dimana  $i = 1, 2, \dots, 30$ ;  $j = 1, 2, \dots, 7$ .

Selanjutnya, akan dibahas mengenai model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada masing-masing variabel prediktor. Berdasarkan persamaan (4.12) dapat dijelaskan pada setiap subyek bank, yaitu:

1. Bank Rakyat Indonesia Agro Niaga Tbk

$$\begin{aligned} \hat{y}_{1j} = & 0.001 + 0.011x_{1j1} - 0.014x_{1j2} + 0.028x_{1j3} + 0.004x_{1j4} + 0.012x_{1j5} - \\ & 0.022(x_{1j1} - 27.47)_+ - 0.001(x_{1j2} - 3.43)_+ + 0.017(x_{1j3} - 5.64)_+ - \\ & 0.043(x_{1j4} - 87.90)_+ - 0.063(x_{1j5} - 87.63)_+ \end{aligned}$$

2. Bank MNC International Tbk

$$\begin{aligned} \hat{y}_{2j} = & 0.006 + 0.010x_{2j1} - 0.127x_{2j2} + 0.062x_{2j3} - 0.093x_{2j4} + 0.123x_{2j5} + \\ & 0.044(x_{2j1} - 18.35)_+ - 0.034(x_{2j2} - 6.59)_+ + 0.037(x_{2j3} - 5.10)_+ + \\ & 0.058(x_{2j4} - 168.18)_+ - 0.084(x_{2j5} - 86.30)_+ \end{aligned}$$

3. Bank Capital Indonesia Tbk

$$\begin{aligned} \hat{y}_{3j} = & 0.000 - 0.015x_{3j1} + 0.008x_{3j2} + 0.008x_{3j3} - 0.014x_{3j4} + 0.046x_{3j5} - \\ & 0.001(x_{3j1} - 21.68)_+ - 0.013(x_{3j2} - 2.77)_+ + 0.006(x_{3j3} - 4.62)_+ + \\ & 0.010(x_{3j4} - 91.40)_+ + 0.025(x_{3j5} - 61.53)_+ \end{aligned}$$

4. Bank Central Asia Tbk

$$\begin{aligned} \hat{y}_{4j} = & 0.003 - 0.024x_{4j1} - 0.062x_{4j2} - 0.060x_{4j3} - 0.0079x_{4j4} + 0.128x_{4j5} + \\ & 0.0410.189(x_{4j1} - 22.09)_+ - 0.120(x_{4j2} - 1.34)_+ + 0.020(x_{4j3} - 6.63)_+ + \\ & 0.320(x_{4j4} - 62.49)_+ - 0.218(x_{4j5} - 80.05)_+ \end{aligned}$$

5. Bank Bukopin Tbk

$$\hat{y}_{5j} = 0.003 - 0.013x_{5j1} - 0.011x_{5j2} - 0.008x_{5j3} - 0.059x_{5j4} + 0.080x_{5j5} + 0.067(x_{5j1} - 17.47)_+ + 0.109(x_{5j2} - 7.64)_+ - 0.007(x_{5j3} - 4.31)_+ - 0.081(x_{5j4} - 96.52)_+ - 0.029(x_{5j5} - 85.49)_+$$

6. Bank Negara Indonesia Tbk

$$\hat{y}_{6j} = 0.004 - 0.203x_{6j1} - 0.030x_{6j2} + 0.054x_{6j3} + 0.043x_{6j4} + 0.039x_{6j5} - 0.146(x_{6j1} - 18.87)_+ - 0.006(x_{6j2} - 2.84)_+ + 0.017(x_{6j3} - 6.24)_+ - 0.021(x_{6j4} - 74.47)_+ + 0.010(x_{6j5} - 88.56)_+$$

7. Bank Rakyat Indonesia Tbk

$$\hat{y}_{7j} = 0.028 + 0.050x_{7j1} + 0.169x_{7j2} - 0.036x_{7j3} - 0.091x_{7j4} + 0.122x_{7j5} - 0.041(x_{7j1} - 22.10)_+ + 0.027(x_{7j2} - 2.06)_+ - 0.088(x_{7j3} - 8.39)_+ - 0.211(x_{7j4} - 67.82)_+ - 0.276(x_{7j5} - 88.18)_+$$

8. Bank J Trust Indonesia Tbk

$$\hat{y}_{8j} = 0.014 + 0.120x_{8j1} + 0.149x_{8j2} + 0.045x_{8j3} - 0.179x_{8j4} + 0.185x_{8j5} - 0.120(x_{8j1} - 14.72)_+ + 0.170(x_{8j2} - 10.95)_+ + 0.010(x_{8j3} - 2.72)_+ + 0.070(x_{8j4} - 162.25)_+ - 0.354(x_{8j5} - 92.73)_+$$

9. Bank Danamon Indonesia Tbk

$$\hat{y}_{9j} = 0.000 + 0.074x_{9j1} - 0.063x_{9j2} + 0.101x_{9j3} + 0.084x_{9j4} - 0.062x_{9j5} + 0.168(x_{9j1} - 21.20)_+ + 0.003(x_{9j2} - 2.69)_+ - 0.018(x_{9j3} - 8.71)_+ - 0.077(x_{9j4} - 81.59)_+ + 0.231(x_{9j5} - 92.94)_+$$

10. Bank Pembangunan Daerah Banten Tbk

$$\hat{y}_{10j} = -0.005 - 0.243x_{10j1} - 0.079x_{10j2} + 0.323x_{10j3} + 0.128x_{10j4} - 0.142x_{10j5} - 0.033(x_{10j1} - 12.52)_+ - 0.025(x_{10j2} - 9.30)_+ - 0.082(x_{10j3} - 14.54)_+ - 0.036(x_{10j4} - 181.71)_+ + 0.249(x_{10j5} - 90.35)_+$$

$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$

30. Bank Sinar Mas Tbk

$$\hat{y}_{30j} = 0.005 + 0.069x_{30j1} - 0.090x_{30j2} + 0.091x_{30j3} - 0.030x_{30j4} + 0.036x_{30j5} + 0.009(x_{30j1} - 20.76)_+ - 0.004(x_{30j2} - 4.36)_+ + 0.016(x_{30j3} - 7.27)_+ - 0.135(x_{30j4} - 95.64)_+ - 0.110(x_{30j5} - 83.27)_+$$

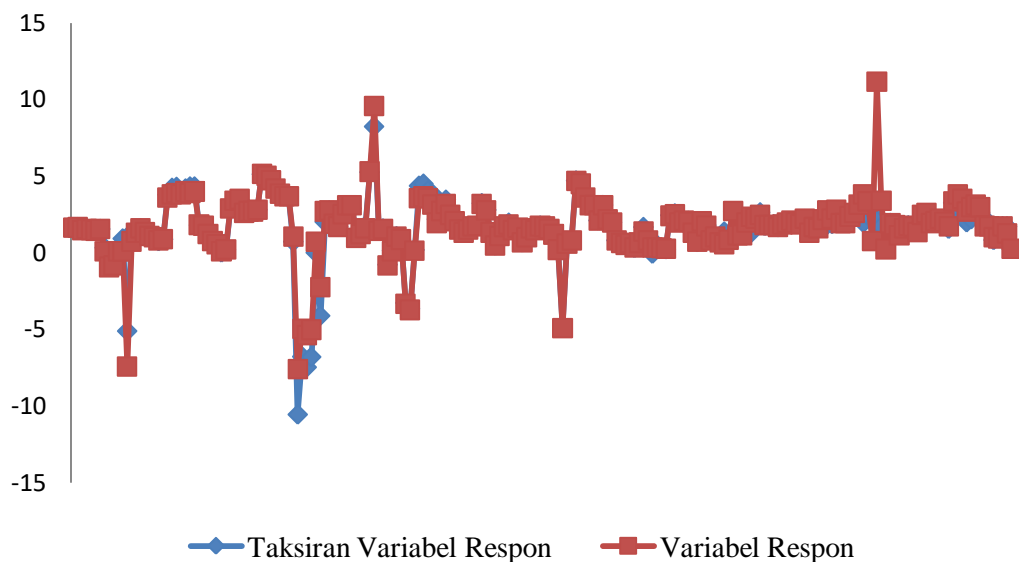
Hasil estimasi parameter pada masing-masing bank selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

#### 4.3.3.2. Interpretasi Model Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal

Model terbaik regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal yang diaplikasikan pada data *Return On Assets* (ROA) pada bank terbuka (*go public*) yang terdaftar di bursa efek Indonesia tahun 2012-2018 adalah model dengan menggunakan satu titik knot dan matriks pembobot merupakan matriks varians-kovarians dari error, dimana model tersebut secara umum diberikan pada persamaan (4.12).

Pemodelan *Return On Assets* (ROA) pada bank terbuka yang terdaftar di bursa efek Indonesia tahun 2012-2018 menggunakan regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan satu titik knot dan orde satu menghasilkan nilai koefisien determinasi  $R^2$  sebesar 85.56% dan nilai MSE sebesar 0.739. Variabel yang diduga berpengaruh terhadap *Return On Assets* (ROA) pada bank terbuka di bursa efek Indonesia adalah *Capital Adequacy Rasio* (CAR), *Non Performing Loan* (NPL), *Net Interest Margin* (NIM), Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional (BOPO), dan *Loan To Deposit* (LDR). Diperoleh hasil taksiran variabel respon ( $\hat{y}$ ) dan nilai variabel respon ( $y$ ) sebenarnya yang dapat dilihat pada Gambar 4.5, dengan gambar yang berwarna biru merupakan taksiran variabel respon ( $\hat{y}$ ) dan yang bergambar merah merupakan nilai variabel respon ( $y$ ) sebenarnya. Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa kedua titik plot tersebut berhimpit dan hanya beberapa bagian yang tidak terhimpit. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai taksiran variabel respon ( $\hat{y}$ ) sudah mendekati nilai variabel respon ( $y$ ) sebenarnya, sehingga model tersebut sudah layak untuk digunakan. Berikut adalah gambar antara nilai taksiran variabel respon ( $\hat{y}$ ) dengan nilai variabel respon ( $y$ ) sebenarnya.





Gambar 4.5 Plot taksiran variabel respon ( $\hat{y}$ ) dengan variabel respon ( $y$ ).

Subyek bank yang diberikan sebagai contoh adalah Bank MNC International Tbk yang merupakan bank dengan nilai ROA terendah kedua pada tahun 2012-2018 dan merupakan nilai ROA terendah pada tahun 2017 di bursa efek Indonesia. Berikut merupakan estimasi model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada Bank MNC International Tbk.

$$\hat{y}_{2j} = 0.006 + 0.010x_{2j1} - 0.127x_{2j2} + 0.062x_{2j3} - 0.093x_{2j4} + 0.123x_{2j5} + 0.044(x_{2j1} - 18.35)_+ - 0.034(x_{2j2} - 6.59)_+ + 0.037(x_{2j3} - 5.10)_+ + 0.058(x_{2j4} - 168.18)_+ - 0.084(x_{2j5} - 86.30)_+$$

dimana  $j = 1, 2, \dots, 7$ .

Interpretasi model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada Bank MNC International Tbk tersebut untuk variabel *Capital Adequacy Ratio* ( $x_{2j1}$ ) dengan asumsi bahwa variabel lainnya konstan adalah:

$$\hat{y}_{2j} = a + 0.010x_{2j1} + 0.044(x_{2j1} - 18.35)_+,$$

dimana

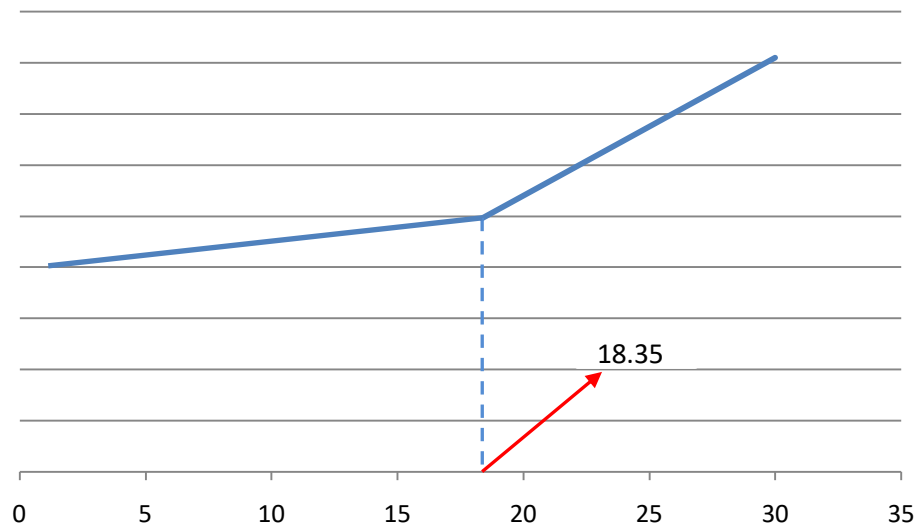
$$\hat{y}_{2j} = a_1 + 0.010x_{2j1} \quad ; x_{2j1} < 18.35$$

$$\hat{y}_{2j} = a_2 + 0.054x_{2j1} \quad ; x_{2j1} \geq 18.35'$$

$$a_1 = 0.006 - 0.127x_{2j2} + 0.062x_{2j3} - 0.093x_{2j4} + 0.123x_{2j5} - 0.034(x_{2j2} - 6.59)_+ + 0.037(x_{2j3} - 5.10)_+ + 0.058(x_{2j4} - 168.18)_+ - 0.084(x_{2j5} - 86.30)_+,$$

$$a_2 = -0.80 + a_1.$$

Dapat dilihat bahwa hubungan antara *Return On Assets* dengan *Capital Adequacy Rasio* pada Bank MNC International Tbk dengan asumsi variabel prediktor lainnya konstan ditunjukkan oleh Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hubungan Antara *Capital Adequacy Rasio* dengan *Return On Assets* pada Bank MNC International Tbk.

Berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa peningkatan nilai *Return On Assets* pada Bank MNC International Tbk diikuti dengan meningkatnya nilai *Capital Adequacy Rasio*. Dimana pada saat nilai *Capital Adequacy Rasio* kurang dari 18.35 nilai *Return On Assets* cenderung meningkat secara stabil, sedangkan ketika nilai *Capital Adequacy Rasio* lebih besar dari 18.35 *Return On Assets* cenderung meningkat secara drastis. Hal ini dapat menjadi perhatian bagi pihak Bank MNC International Tbk sebagai salah satu bank dengan nilai *Return On Assets* terendah pada tahun 2017 untuk meningkatkan nilai *Capital Adequacy Rasio*, sehingga nilai *Return On Assets* yang menjadi tolak ukur dalam kesehatan suatu bank dapat terus ditingkatkan.

Selanjutnya, interpretasi model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada Bank MNC International Tbk tersebut untuk variabel *Non Performing Loan* ( $x_{2j2}$ ) adalah:

$$\hat{y}_{2j} = b - 0.127x_{2j2} - 0.034(x_{2j2} - 6.59)_+,$$

dimana

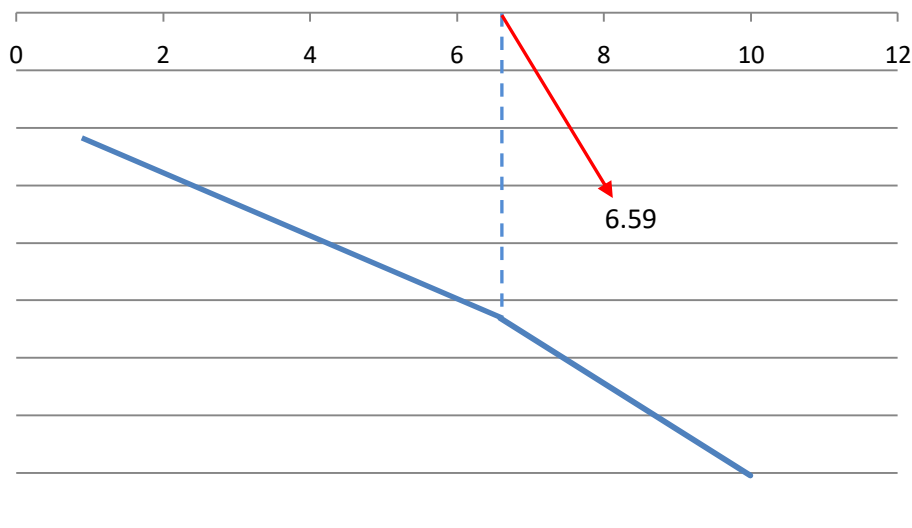
$$\hat{y}_{2j} = b_1 - 0.127x_{2j2} \quad ; x_{2j2} < 6.59$$

$$\hat{y}_{2j} = b_2 - 0.161x_{2j2} \quad ; x_{2j2} \geq 6.59$$

$$b_1 = 0.006 + 0.010x_{2j1} + 0.062x_{2j3} - 0.093x_{2j4} + 0.123x_{2j5} + 0.044(x_{2j1} - 18.35)_+ + 0.037(x_{2j3} - 5.10)_+ + 0.058(x_{2j4} - 168.18)_+ - 0.084(x_{2j5} - 86.30)_+$$

$$b_2 = 0.230 + b_1.$$

Dapat dilihat bahwa hubungan antara *Return On Assets* dengan *Non Performing Loan* pada Bank MNC International Tbk dengan asumsi variabel prediktor lainnya konstan ditunjukkan oleh Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hubungan Antara *Non Performing Loan* dengan *Return On Assets* pada Bank MNC International Tbk.

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai *Return On Assets* pada Bank MNC International Tbk jika dihubungkan dengan *Non Performing Loan*, maka pada saat nilai *Non Performing Loan* kurang dari 6.59 dan apabila *Non Performing Loan* naik sebesar satu persen, maka nilai *Return On Assets* akan menurun sebesar 0.127. Selanjutnya, saat nilai *Non Performing Loan* lebih besar dari 6.59 dan apabila nilai *Non Performing Loan* naik sebesar satu persen, maka nilai *Return On Assets* akan menurun sebesar 0.161. Hal ini dapat menjadi perhatian bagi pihak Bank MNC International Tbk sebagai pertimbangan untuk

tidak meningkatkan nilai *Non Performing Loan*, sehingga nilai *Return On Assets* tidak turun secara drastis.

Selanjutnya, interpretasi model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada Bank MNC International Tbk tersebut untuk variabel *Net Interest Margin* ( $x_{2j3}$ ) adalah:

$$\hat{y}_{2j} = c + 0.062x_{2j3} + 0.037(x_{2j3} - 5.10)_+,$$

dimana

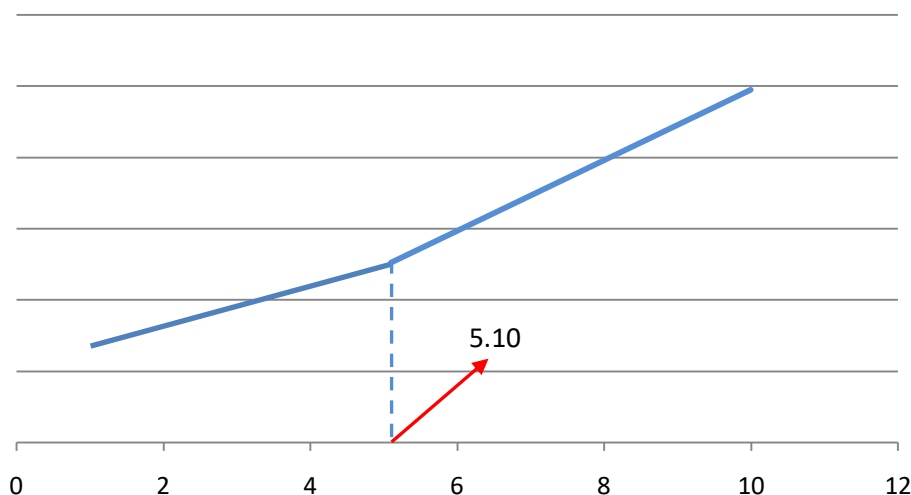
$$\hat{y}_{2j} = c_1 + 0.062x_{2j3} \quad ; x_{2j3} < 5.10$$

$$\hat{y}_{2j} = c_2 + 0.099x_{2j3} \quad ; x_{2j3} \geq 5.10$$

$$c_1 = 0.006 + 0.010x_{2j1} - 0.127x_{2j2} - 0.093x_{2j4} + 0.123x_{2j5} + 0.044(x_{2j1} - 18.35)_+ - 0.034(x_{2j2} - 6.59)_+ + 0.058(x_{2j4} - 168.18)_+ - 0.084(x_{2j5} - 86.30)_+,$$

$$c_2 = -0.183 + c_1.$$

Dapat dilihat bahwa hubungan antara *Return On Assets* dengan *Net Interest Margin* pada Bank MNC International Tbk dengan asumsi variabel prediktor lainnya konstan ditunjukkan oleh Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hubungan Antara *Net Interest Margin* dengan *Return On Assets* pada Bank MNC International Tbk.

Berdasarkan Gambar 4.8 menunjukkan bahwa nilai *Return On Assets* pada Bank MNC International Tbk jika dihubungkan dengan *Net Interest Margin*, maka pada saat nilai *Net Interest Margin* kurang dari 5.10 dan apabila *Net Interest*

*Margin* naik sebesar satu persen, maka nilai *Return On Assets* akan naik sebesar 0.062. Selanjutnya, saat nilai *Net Interest Margin* lebih besar dari 5.10 dan apabila nilai *Net Interest Margin* naik sebesar satu persen, maka nilai *Return On Assets* akan naik sebesar 0.099. Hal ini dapat menjadi perhatian bagi pihak Bank MNC International Tbk sebagai pertimbangan untuk terus meningkatkan nilai *Non Performing Loan* yang artinya bahwa semakin tinggi nilai *Non Performing Loan*, maka *Return On Assets* akan semakin tinggi.

Selanjutnya, interpretasi model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada Bank MNC International Tbk tersebut untuk variabel Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional ( $x_{2j4}$ ) adalah:

$$\hat{y}_{2j} = d - 0.093x_{2j4} + 0.058(x_{2j4} - 168.18)_+,$$

dimana

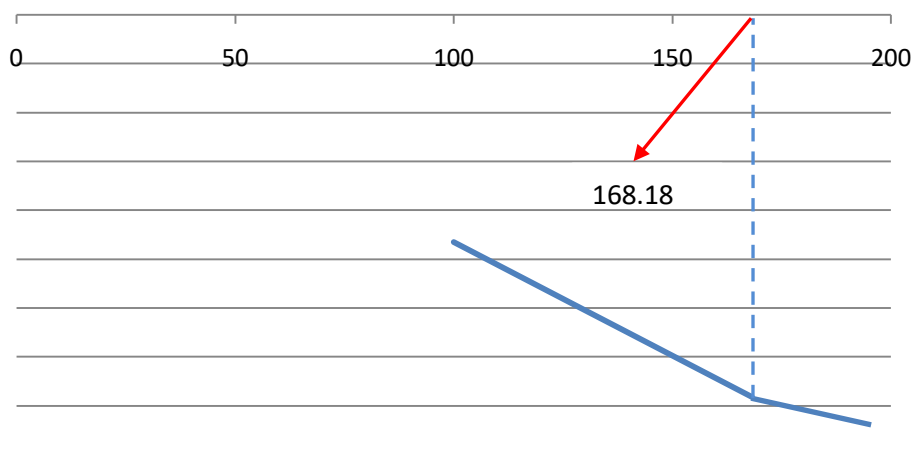
$$\hat{y}_{2j} = d_1 - 0.093x_{2j4} \quad ; x_{2j4} < 168.18$$

$$\hat{y}_{2j} = d_2 - 0.035x_{2j4} \quad ; x_{2j4} \geq 168.18'$$

$$d_1 = 0.006 + 0.010x_{2j1} - 0.127x_{2j2} + 0.062x_{2j3} + 0.123x_{2j5} + 0.044(x_{2j1} - 18.35)_+ - 0.034(x_{2j2} - 6.59)_+ + 0.037(x_{2j3} - 5.10)_+ - 0.084(x_{2j5} - 86.30)_+,$$

$$d_2 = -9.748 + d_1.$$

Dapat dilihat bahwa hubungan antara *Return On Assets* dengan Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional pada Bank MNC International Tbk dengan asumsi variabel prediktor lainnya konstan ditunjukkan oleh Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hubungan Antara Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional dengan *Return On Assets* pada Bank MNC International Tbk.

Berdasarkan Gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai *Return On Assets* pada Bank MNC International Tbk jika dihubungkan dengan Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional, maka pada saat nilai Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional kurang dari 168.18 dan apabila Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional naik sebesar satu persen, maka nilai *Return On Assets* akan turun sebesar 0.093. Selanjutnya, saat nilai Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional lebih besar dari 168.18 dan apabila nilai Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional naik sebesar satu persen, maka nilai *Return On Assets* akan turun sebesar 0.035. Hal ini dapat menjadi perhatian bagi pihak Bank MNC International Tbk sebagai pertimbangan untuk tidak meningkatkan nilai Biaya Operasional dan Pendapatan Operasional, sehingga nilai *Return On Assets* tidak turun secara drastis.

Selanjutnya, interpretasi model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada Bank MNC International Tbk tersebut untuk variabel *Loan To Deposit* ( $x_{2j5}$ ) adalah:

$$\hat{y}_{2j} = e + 0.123x_{2j5} - 0.084(x_{2j5} - 86.30)_+,$$

dimana

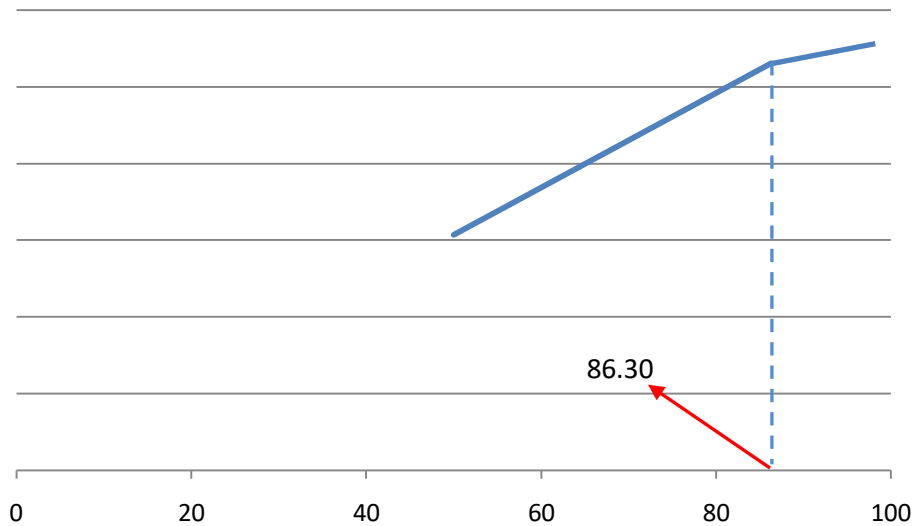
$$\hat{y}_{2j} = e_1 + 0.123x_{2j5} \quad ; x_{2j5} < 86.30$$

$$\hat{y}_{2j} = e_2 + 0.039x_{2j5} \quad ; x_{2j5} \geq 86.30,$$

$$e_1 = 0.006 + 0.010x_{2j1} - 0.127x_{2j2} + 0.062x_{2j3} - 0.093x_{2j4} + 0.044(x_{2j1} - 18.35)_+ - 0.034(x_{2j2} - 6.59)_+ + 0.037(x_{2j3} - 5.10)_+ + 0.058(x_{2j4} - 168.18)_+,$$

$$e_2 = 7.255 + e_1.$$

Dapat dilihat bahwa hubungan antara *Return On Assets* dengan *Loan To Deposit* pada Bank MNC International Tbk dengan asumsi variabel prediktor lainnya konstan ditunjukkan oleh Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hubungan Antara *Loan To Deposit* dengan *Return On Assets* pada Bank MNC International Tbk.

Berdasarkan Gambar 4.10 menunjukkan bahwa nilai *Return On Assets* pada Bank MNC International Tbk jika dihubungkan dengan *Loan To Deposit*, maka pada saat nilai *Loan To Deposit* kurang dari 86.30 dan apabila *Loan To Deposit* naik sebesar satu persen, maka nilai *Return On Assets* akan naik sebesar 0.123. Selanjutnya, saat nilai *Loan To Deposit* lebih besar dari 86.30 dan apabila nilai *Loan To Deposit* naik sebesar satu persen, maka nilai *Return On Assets* akan naik sebesar 0.039. Hal ini dapat menjadi perhatian bagi pihak Bank MNC International Tbk sebagai pertimbangan untuk tidak meningkatkan nilai *Loan To Deposit* lebih dari 86.30, sehingga nilai *Return On Assets* dapat naik lebih bsear dibandingkan dengan yang lebih dari 86.30.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Estimasi kurva regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dengan orde  $q = 1$  dan banyaknya titik knot satu diperoleh:

$$\begin{aligned}\hat{\tilde{y}} &= \mathbf{X}(K)\hat{\tilde{B}} \\ &= \mathbf{X}(K)\left(\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K)\right)^{-1} \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \tilde{y} \\ &= \mathbf{A}(K)\tilde{y},\end{aligned}$$

dimana  $\mathbf{A}(K) = \mathbf{X}(K)\left(\mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{X}(K)\right)^{-1} \mathbf{X}(K)^T \mathbf{W}^{-1}$ .

2. Estimator matriks varians-kovarians  $\hat{\mathbf{W}}$  untuk model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal diperoleh:

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{W}} &= \text{diag}(\hat{\mathbf{W}}_1, \hat{\mathbf{W}}_2, \dots, \hat{\mathbf{W}}_n) \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K)\hat{\tilde{B}} \right) \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K)\hat{\tilde{B}} \right)^T.\end{aligned}$$

Atau dapat ditulis untuk setiap subyek pengamatan  $i = 1, 2, \dots, n$ :

$$\hat{\mathbf{W}}_i = \frac{1}{n} \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K)\hat{\tilde{B}} \right) \left( \tilde{y}_i - \mathbf{X}_i(K)\hat{\tilde{B}} \right)^T.$$

Maka untuk setiap submatriks  $\hat{\mathbf{W}}_i$  dimana  $i = 1, 2, \dots, n$  dapat dijabarkan:

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{W}}_1 &= \frac{1}{n} \left( \tilde{y}_1 - \mathbf{X}_1(K)\hat{\tilde{B}} \right) \left( \tilde{y}_1 - \mathbf{X}_1(K)\hat{\tilde{B}} \right)^T \\ \hat{\mathbf{W}}_2 &= \frac{1}{n} \left( \tilde{y}_2 - \mathbf{X}_2(K)\hat{\tilde{B}} \right) \left( \tilde{y}_2 - \mathbf{X}_2(K)\hat{\tilde{B}} \right)^T \\ &\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ \hat{\mathbf{W}}_n &= \frac{1}{n} \left( \tilde{y}_n - \mathbf{X}_n(K)\hat{\tilde{B}} \right) \left( \tilde{y}_n - \mathbf{X}_n(K)\hat{\tilde{B}} \right)^T.\end{aligned}$$

3. Aplikasi model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada data *Return On Assets* (ROA) di bursa efek Indonesia tahun 2012-2018



menggunakan satu titik knot dan matriks pembobot merupakan matriks varians-kovarians dari error yang diestimasi berdasarkan persamaan (5.2). Berdasarkan nilai GCV minimum yang diperoleh sebesar 15.12 dengan nilai koefisien determinasi  $R^2$  sebesar 85.56% dan MSE sebesar 0.739, maka diperoleh model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal pada data *Return On Assets* (ROA) di bursa efek Indonesia tahun 2012-2018:

$$\begin{aligned} \hat{y}_{ij} = & \hat{\alpha}_{0i} + \hat{\alpha}_{1i}x_{ij1} + \hat{\alpha}_{2i}x_{ij2} + \hat{\alpha}_{3i}x_{ij3} + \hat{\alpha}_{4i}x_{ij4} + \hat{\alpha}_{5i}x_{ij5} + \\ & \hat{\beta}_{1i1}(x_{ij1} - K_{1i1})_+ + \hat{\beta}_{1i2}(x_{ij2} - K_{1i2})_+ + \hat{\beta}_{1i3}(x_{ij3} - K_{1i3})_+ , \\ & + \hat{\beta}_{1i4}(x_{ij4} - K_{1i4})_+ + \hat{\beta}_{1i5}(x_{ij5} - K_{1i5})_+ \end{aligned}$$

dimana  $i = 1, 2, \dots, 30$ ;  $j = 1, 2, \dots, 7$ .

## 5.2. Saran

Berdasarkan uraian analisis dan pembahasan pada penelitian ini, maka terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk melakukan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan data longitudinal yang terbatas hanya tujuh tahun, sehingga peneliti membatasi penggunaan banyaknya titik knot. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan *series* data yang lebih panjang, sehingga titik knot yang digunakan dapat dikombinasikan lebih dari satu titik knot.
2. Penelitian berikutnya dengan menggunakan model regresi nonparametrik *spline truncated* untuk data longitudinal dapat dipertimbangkan menggunakan orde yang lebih dari satu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. dan Laksosno, R. R. (2017), "Pengaruh Net Interest Margin (NIM), Biaya Operasional Terhadap Pendapatan Operasional (BOPO), Loan to Deposit Ratio (LDR) dan Non Performing Loan (NPL) terhadap Return On Assets (ROA)", *Jurnal Riset Akuntansi dan Keuangan*, Vol. 5, No. 2, Hal. 211-218.
- Antoniadis, A., Bigot., dan Spatinas, T. (2001), "Wavelet Estimator in Nonparametric Regression: A Comparative Simulation Study", *Journal of Statistical Software*, Vol. 6, Hal. 1-83.
- Arfan, N. (2014), *Pendekatan Spline untuk Estimasi Kurva Regresi Nonparametrik (Studi Kasus pada Angka Kematian Maternal di Jawa Timur)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Bachtiar, Y. (2014), *Analisis Informasi Keuangan*, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan.
- Bai, Y., Huang, J., Li, R., dan You, J. (2015), "Semiparametric Longitudinal Model with Irregular Time Autoregressive Error Process", *Statistica Sinica*, No. 25, Hal. 507-527.
- Bank Indonesia. (2001). *Surat Edaran Bank Indonesia Nomor 13/30/DPNP Diterbitkan Tanggal 14 Januari 2001*, Diakses Tanggal 9 September 2019 Melalui Webside <http://www.bi.go.id>.
- Budiantara, I. N. (1999), "Estimator Spline Terbobot dalam Regresi Semiparametrik", *Majalah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, No. 10, Hal. 103-109.
- Budiantara, I. N. (2000), "Metode U, GML, CV dan GCV Dalam Regresi Nonparametrik Spline", *Majalah Ilmiah Himpunan Matematika Indonesia (MIHMI)*, No. 6, Hal. 285-290.
- Budiantara, I. N. (2005), "Regresi Spline Linear", *Makalah Seminar Nasional Matematika*, Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Diponegoro (UNDIP), Semarang.
- Budiantara, I. N., Lestari, B., dan Islamiyati, A. (2010), "Estimator Spline Terbobot dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik Heterokedastisitas untuk Data Longitudinal", *Hibah Penelitian Kompetensi*, DP2M-Dikti: Jakarta.
- Budiantara, I. N., Ratna, M., Zain, I., dan Wibowo, W. (2012), "Modeling The Percentage of Poor People in Indonesia Using Spline Nonparametric Regression Approach", *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*, Vol. 12, No. 06, Hal. 119-124.
- Craven, P. dan Wahba, G. (1979), "Smoothing Noisy Data With Spline Functions", *Numerische Mathematics*, Vol. 31, Hal. 377-403.
- Damaliana, A. T., Budiantara, I. N., dan Ratnasari, V. (2019), "Comparing between mGCV and aGCV Methods to Choose The Optimal Knot Points in Semiparametric Regression with Spline Truncated Using Longitudinal Data", *9<sup>th</sup> Annual Basic Science International Conference*. IOP Publishing.
- Draper, N. R. dan Smith, H. (1992), *Applied Regression Analysis Second Edition*, John Wiley and sons, Inc., New York.

- Eubank, R. L., (1988). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*, Marcel Dekker, New York.
- Eubank, R. L. (1999), *Nonparametric Regression and Spline Smoothing Second Edition*, Marcel Dekker, New York.
- Fernandes, A. A. R., Budiantara, I. N., Otok, W. B., dan Suhartono, (2014), “Spline Estimator for Bi-responses Nonparametric Regression Model for Longitudinal Data”, *Applied Mathematical Science*, Vol. 8, No. 114, Hal. 5653-5665.
- Fernandes, A. A. R. (2016), “Truncated Spline for Estimating the Curve of Nonparametric Regression Bi-responses for Prediction The Inflation and Economic Growth in Malang Indonesia Year 2001-2015”, *International Journal of Social Relevance & Concern*, Vol. 4, Hal. 26-32.
- Fitriyani, N., Budiantara, I. N., Zain, I., and Ratnasari, V. (2016), “Nonparametric Regression Spline in The Estimation of The Average Number of Children Born Alive Per Woman”, *The 1<sup>st</sup> International Conference on Science and Technology*, Mataram University Press.
- Hardle, W. (1990), *Applied Nonparametric Regression*, Cambridge University Press, New York.
- Harun, U. (2016), “Pengaruh Ratio-Ratio Keuangan CAR, LDR, NIM, BOPO, NPL terhadap ROA”, *Jurnal Riset Bisnis dan Manajemen*, Vol. 3, No. 1, Hal. 67-82.
- Jacob, J. K. D. (2013), “Analisis Laporan Keuangan dengan Menggunakan Metode Camel untuk Menilai Tingkat Kesehatan Perbankan”, *Jurnal EMBA*, Vol. 1, No. 3, Hal. 691-700.
- Laome, L. (2009), “Model Regresi Semiparametrik Spline untuk Data Longitudinal pada Kasus Kadar CD4 Penderita HIV”, *Jurnal Paradigma*, Vol. 13, No. 2, Hal. 189-194.
- Nurdini, A. (2006), “Cross-Sectional Vs Longitudinal : Pilihan Rancangan Waktu dalam Penelitian Perumahan Permukiman”, *Dimensi Teknik Arsitektur* Vol. 34, Hal. 52-58.
- Prahatama, A. (2013), *Model Regresi Nonparametrik Polynomial Lokal Birespon pada Data Longitudinal*, Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Santoso, R. T. (1997), *Prinsip Dasar Akuntansi Perbankan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Setiawan, A. dan Hermanto, B. (2017), “Comparative Study: Determinant on Banking Profitability Between Buku 4 and Buku 3 Bank in Indonesia”, *Jurnal Manajemen dan Bisnis*, Vol. 2, No. 1, Hal. 92-101.
- Setiawan, R. N. S., Budiantara, I. N, and Ratnasari, V. (2017), “Application of Confidence Intervals for Parameters of Nonparametrik Spline Truncated Regression on Index Development Gender in East Java”, *Journal of Science*, Vol. 2, No. 3, Hal. 49-55.
- Wahba, G. (1990), *Spline Model for Observational Data*, SIAM XII, Philadelphia.
- Wisisono, I. N. R., Nurwahidah, A. I., dan Andriyana, Y. 2018. “Regresi Nonparametrik dengan Pendekatan Deret Fourier pada Data Debit Air Sungai Citarum”. *Jurnal Matematika*. Vol. 04, No. 02, Hal. 75-82.

- Wu, H. dan Zhang, J. T. (2006), *Nonparametric Regression Methods for Longitudinal Data Analysis*, A John Wiley and Son Inc. New Jersey.
- Wu, H. dan Zhang, J. T. (2007), “Nonparametric Regression Methods for Longitudinal Data Analysis: Mixed-effects Modeling Approaches”, *Journal of The American Statistical Association*, Vol. 102, No. 478, Hal. 761.
- Zaky, A. (2008), *Pengujian Hipotesis dalam Model Spline pada Regresi Nonparametrik*, Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Return On Assets dan Faktor-Faktor yang mempengaruhinya pada Bank Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018

Nama Bank	Tahun	ROA	CAR	NPL	NIM	BOPO	LDR
Bank Rakyat Indonesia Agro Niaga Tbk	2012	1.63	14.8	3.68	6	86.54	82.48
	2013	1.66	21.6	2.27	5.31	85.88	87.11
	2014	1.47	19.06	2.02	4.62	87.85	88.49
	2015	1.55	22.12	1.9	4.77	88.63	87.15
	2016	1.49	23.68	2.88	4.35	87.59	88.25
	2017	1.45	29.58	2.59	3.76	86.48	88.33
	2018	1.54	28.34	2.86	3.5	83.55	86.73
Bank MNC Internasional Tbk	2012	0.09	11.21	5.78	5.44	99.68	79.48
	2013	-0.93	13.09	4.88	4.84	107.77	80.14
	2014	-0.82	17.79	5.88	3.43	108.54	80.35
	2015	0.1	17.83	2.97	3.32	98.97	72.29
	2016	0.11	19.54	2.77	3.28	95.61	77.2
	2017	-7.43	12.58	7.23	3.04	180.62	78.78
	2018	0.74	16.27	5.72	4.1	93.51	88.64
Bank Capital Indonesia Tbk	2012	1.32	18	2.11	4.66	86.85	59.06
	2013	1.59	20.13	0.37	4.67	86.38	63.35
	2014	1.33	16.43	0.34	3.96	87.81	58.13
	2015	1.1	17.7	0.79	4.73	90.27	55.78
	2016	1	20.64	3.17	4.37	89.11	55.34
	2017	0.79	22.56	2.77	4.21	92.24	50.61
	2018	0.9	18.66	2.95	4.2	92.11	51.96
Bank Central Asia Tbk	2012	3.6	14.2	0.4	5.6	62.4	69.35
	2013	3.8	15.7	0.4	6.2	61.5	76.26
	2014	3.9	16.9	0.6	6.5	62.4	77.37
	2015	3.8	18.7	0.7	6.7	63.2	81.83
	2016	4	21.9	1.3	6.8	60.4	78.3
	2017	3.9	23.1	1.5	6.2	58.6	80.45
	2018	4	23.4	1.4	6.1	58.2	81.6
Bank Bukopin Tbk	2012	1.83	18.45	2.66	4.56	81.42	83.81
	2013	1.78	17.05	2.25	3.82	82.38	85.8
	2014	1.23	15.97	2.78	3.7	89.21	83.89
	2015	0.75	12.33	2.88	3.53	93.1	84.74
	2016	0.54	12.83	4.8	3.93	94.36	83.61
	2017	0.09	11.61	8.54	2.89	99.04	81.34
	2018	0.22	15.04	6.67	2.83	98.41	86.18

Lampiran 1. Data Return On Assets dan Faktor-Faktor yang mempengaruhinya pada Bank Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018 (Lanjutan)

Nama Bank	Tahun	ROA	CAR	NPL	NIM	BOPO	LDR
Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk	2012	2.9	16.7	2.8	5.9	71	77.5
	2013	3.4	15.1	2.2	6.1	67.1	85.3
	2014	3.5	16.2	2	6.2	69.8	87.8
	2015	2.6	19.5	2.7	6.4	75.7	87.8
	2016	2.7	19.4	3	6.2	73.6	90.4
	2017	2.7	18.5	2.3	5.5	71	85.6
	2018	2.8	18.5	1.9	5.3	70.1	88.8
Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk	2012	5.15	16.95	1.78	8.42	59.93	79.85
	2013	5.03	16.99	1.55	8.55	60.58	88.54
	2014	4.73	18.31	1.69	8.51	65.42	81.68
	2015	4.19	20.59	2.02	8.13	67.96	86.88
	2016	3.84	22.91	2.03	8	68.69	87.77
	2017	3.69	22.96	2.1	7.93	69.14	88.13
	2018	3.68	21.21	2.14	7.45	68.48	89.57
Bank J Trust Indonesia Tbk	2012	1.06	10.09	3.9	3.13	92.96	82.81
	2013	-7.58	14.03	12.28	1.67	173.8	96.31
	2014	-4.97	13.48	12.24	0.24	136.39	71.14
	2015	-5.37	15.49	3.71	0.93	143.68	85
	2016	-5.02	15.28	6.98	2.26	128.26	96.33
	2017	0.73	14.15	2.94	2.41	93.87	88.87
	2018	-2.25	14.03	4.26	2.28	116.32	77.43
Bank Danamon Indonesia Tbk	2012	2.7	18.9	2.3	10.1	75	100.6
	2013	2.75	17.48	0.21	8.46	82.86	95.06
	2014	1.9	17.9	2.3	8.4	76.4	92.6
	2015	1.7	19.7	3	8.2	83.37	87.5
	2016	2.5	20.9	3.1	8.9	77.3	91
	2017	3.1	22.1	2.8	9.3	72.1	93.3
	2018	3.1	22.2	2.7	8.9	70.9	95
Bank Pembangunan Daerah Banten Tbk	2012	0.98	13.27	9.95	16.64	97.77	83.68
	2013	1.22	11.56	6.75	13.04	99.39	88.46
	2014	1.59	10.05	6.94	9.65	108.3	86.11
	2015	5.29	8.02	5.94	6.11	134.15	80.77
	2016	9.58	13.22	5.71	1.93	195.7	83.85
	2017	1.43	10.22	5.37	3.07	117.66	91.95
	2018	1.57	10.04	5.9	1.96	121.97	82.86

Lampiran 1. Data Return On Assets dan Faktor-Faktor yang mempengaruhinya pada Bank Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018 (Lanjutan)

Nama Bank	Tahun	ROA	CAR	NPL	NIM	BOPO	LDR
Bank QNB Indonesia Tbk	2012	-0.81	27.76	0.73	4.63	111.53	87.37
	2013	0.09	18.74	0.23	2.82	100.57	113.3
	2014	1.05	15.1	0.31	2.8	88.9	93.47
	2015	0.87	16.18	2.59	3.08	90.95	112.54
	2016	-3.34	16.46	6.86	2.25	137.94	94.54
	2017	-3.72	20.27	1.85	1.12	136.12	70.28
	2018	0.12	26.5	2.49	1.73	136.12	72.59
Bank Mandiri (Persero) Tbk	2012	3.55	15.48	1.74	5.5	63.93	77.66
	2013	3.66	14.93	1.6	5.68	62.41	82.97
	2014	3.57	16.6	1.66	5.94	64.98	82.02
	2015	3.15	18.6	2.29	5.9	69.67	87.05
	2016	1.95	21.36	3.96	6.29	80.94	85.86
	2017	2.72	21.64	3.45	5.63	71.78	87.16
	2018	3.17	20.96	2.79	5.52	66.48	95.46
Bank Bumi Arta Tbk	2012	2.47	19.18	0.63	7.13	78.71	77.95
	2013	2.05	16.99	0.21	6.61	82.33	83.96
	2014	1.52	15.07	0.25	5.81	87.41	79.45
	2015	1.33	25.57	0.78	5.49	88.91	82.78
	2016	1.52	25.15	1.82	4.74	85.8	79.03
	2017	1.73	25.67	1.7	4.81	82.86	82.1
	2018	1.77	25.52	1.51	4.45	81.43	84.26
Bank CIMB NIAGA Tbk	2012	3.18	15.16	2.29	5.87	71.7	95.04
	2013	2.76	15.36	2.23	5.34	73.79	94.49
	2014	1.33	15.58	3.9	5.36	87.86	99.46
	2015	0.47	16.28	3.74	5.21	97.38	97.98
	2016	1.09	17.96	3.89	5.64	90.07	98.38
	2017	1.7	18.6	3.75	5.6	83.48	96.24
	2018	1.85	19.66	3.11	5.12	80.97	97.18
Bank Maybank Indonesia Tbk	2012	1.46	12.83	1.7	5	87.06	87.34
	2013	1.64	12.74	2.11	4.47	83.06	87.04
	2014	0.68	15.76	2.23	4.76	92.94	92.67
	2015	1.01	15.17	3.67	4.84	90.77	86.14
	2016	1.6	16.77	3.42	5.18	86.02	88.92
	2017	1.48	17.53	2.81	5.17	85.97	88.12
	2018	1.74	19.04	2.59	5.24	83.47	96.46



Lampiran 1. Data Return On Assets dan Faktor-Faktor yang mempengaruhinya pada Bank Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018 (Lanjutan)

Nama Bank	Tahun	ROA	CAR	NPL	NIM	BOPO	LDR
Bank Permata Tbk	2012	1.7	15.86	1.37	5.03	83.13	89.52
	2013	1.55	14.28	1.02	4.22	84.99	89.24
	2014	1.2	13.6	1.7	3.6	89.8	89.1
	2015	0.2	15	2.7	4	98.9	87.8
	2016	-4.9	15.6	8.8	3.9	150.8	80.5
	2017	0.6	18.1	4.6	4	94.8	87.5
	2018	0.8	19.4	4.4	4.1	93.4	90.1
Bank Tabungan Pensiunan Indonesia Tbk	2012	4.7	21.5	0.6	13.1	74	86
	2013	4.5	23.1	0.7	12.7	75	88
	2014	3.6	23.2	0.7	11.4	80.4	97.5
	2015	3.1	23.8	0.7	11.3	82.1	97.2
	2016	3.1	25	0.8	12	81.9	95.4
	2017	2.1	24.6	0.4	11.6	86.5	96.2
	2018	3.1	25.3	0.5	11.3	79.2	96.2
Bank Victoria Internasional Tbk	2012	2.17	17.97	2.3	3.12	78.82	67.59
	2013	1.97	18	0.7	2.33	81.35	73.39
	2014	0.8	18.35	3.52	1.88	93.25	70.25
	2015	0.65	20.38	4.48	2.08	93.89	70.17
	2016	0.52	26.18	3.89	1.53	94.3	68.38
	2017	0.64	18.76	3.05	2.13	94.53	70.25
	2018	0.33	16.98	3.48	1.82	100.24	73.61
Bank Artha Graha International Tbk	2012	0.66	16.45	0.85	4.22	93.03	87.42
	2013	1.39	17.31	1.96	5.31	85.27	88.87
	2014	0.79	15.95	1.92	4.75	91.62	87.62
	2015	0.33	15.2	2.33	4.56	96.66	80.75
	2016	0.35	19.92	2.77	4.65	96.17	86.39
	2017	0.31	17.44	6.11	5.15	96.55	82.89
	2018	0.27	19.8	5.99	5.39	97.12	77.18
Bank Mayapada International Tbk	2012	2.41	10.93	3.02	6	80.19	80.58
	2013	2.53	14.07	1.04	5.75	78.58	85.61
	2014	1.98	10.44	1.46	4.52	84.27	81.25
	2015	2.1	12.97	2.52	4.78	82.65	82.99
	2016	2.03	13.34	2.11	5.16	83.08	91.4
	2017	1.3	14.11	5.65	4.26	87.2	90.08
	2018	0.72	15.82	5.54	4.09	92.61	91.83

Lampiran 1. Data Return On Assets dan Faktor-Faktor yang mempengaruhinya pada Bank Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018 (Lanjutan)

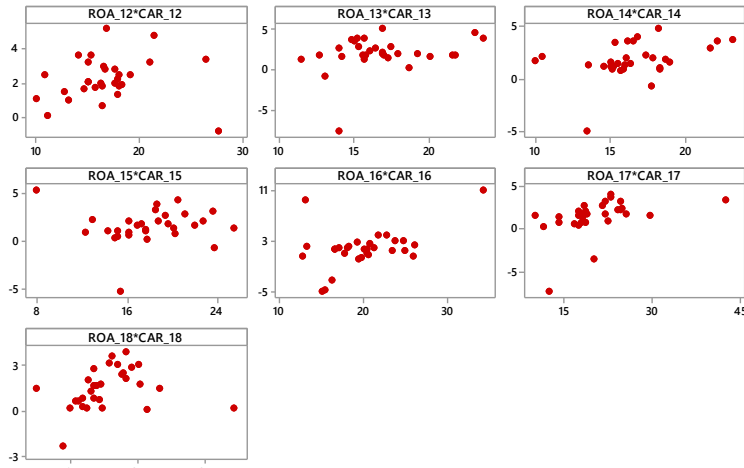
Nama Bank	Tahun	ROA	CAR	NPL	NIM	BOPO	LDR
Bank China Construction Bank Indonesia Tbk	2012	2.04	15.19	1.98	5.18	81.74	80.22
	2013	1.74	15.88	1.69	4.87	84.89	82.73
	2014	0.79	15.2	2.71	3.76	93.19	84.03
	2015	1.03	17.68	1.98	4.44	90.7	86.82
	2016	0.69	20.69	3.03	4.48	93.47	86.43
	2017	0.54	16.76	3.07	4.69	93.45	79.49
	2018	0.86	16.83	2.54	4.26	90.6	88.35
Bank Mega Tbk	2012	2.74	16.83	2.09	6.45	76.73	52.39
	2013	1.14	15.74	2.18	5.38	89.76	57.41
	2014	1.16	15.23	2.09	5.27	91.25	65.85
	2015	1.97	22.85	2.81	6.04	85.72	65.05
	2016	2.36	26.21	3.44	7.01	81.81	55.35
	2017	2.24	24.11	2.01	5.8	81.28	56.47
	2018	2.47	22.79	1.6	5.19	77.78	67.23
Bank OCBC NISP Tbk	2012	1.79	16.49	0.91	4.17	78.93	86.79
	2013	1.81	19.28	0.73	4.11	78.03	92.49
	2014	1.79	18.74	1.34	4.15	79.46	93.59
	2015	1.68	17.32	1.3	4.07	80.14	98.05
	2016	1.85	18.28	1.88	4.62	79.84	89.86
	2017	1.96	17.51	1.79	4.47	77.07	93.42
	2018	2.1	17.63	1.73	4.15	74.43	93.51
Bank PAN Indonesia Tbk	2012	1.96	16.39	1.64	4.19	86.29	88.46
	2013	1.85	16.95	2.07	4.09	79.78	87.71
	2014	2.23	17.41	2.01	3.06	79.81	90.51
	2015	1.31	20.23	2.44	4.61	86.66	92.22
	2016	1.69	20.59	2.81	5.03	83.02	90.07
	2017	1.61	22.08	2.84	4.68	85.04	92.1
	2018	2.16	23.49	3.04	4.84	78.27	104.15
Bank Woori Saudara Indonesia 1906 Tbk	2012	2.78	17.77	1.99	8.28	81.49	84.39
	2013	2.23	16.14	2.64	7.19	84.48	90.5
	2014	2.81	21.71	2.51	1.89	56.04	101.2
	2015	1.94	18.82	1.98	4.74	79.89	97.22
	2016	1.93	17.2	1.53	4.74	79.25	110.45
	2017	2.37	24.86	1.53	4.86	73.05	111.07
	2018	2.59	23.04	1.72	5.04	70.39	145.26

Lampiran 1. Data Return On Assets dan Faktor-Faktor yang mempengaruhinya pada Bank Terbuka di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018 (Lanjutan)

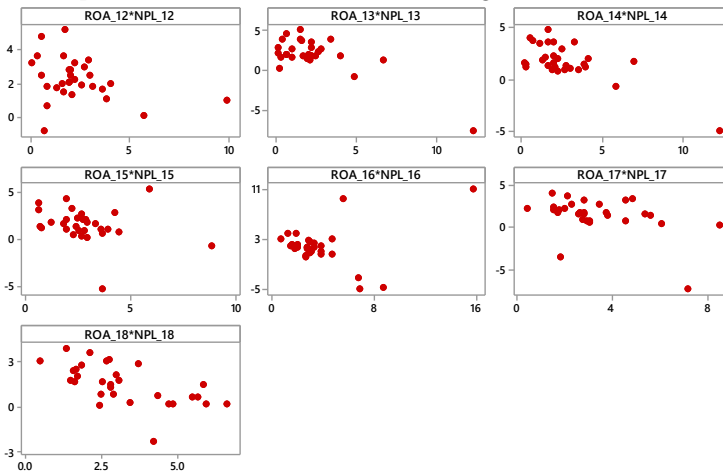
Nama Bank	Tahun	ROA	CAR	NPL	NIM	BOPO	LDR
Bank of India Indonesia Tbk	2012	3.14	21.1	0.14	5.12	72.31	93.22
	2013	3.8	15.26	1.59	5.92	69.09	93.76
	2014	3.36	15.39	1.17	4.97	74.92	88.06
	2015	0.77	23.85	8.9	3.7	110.2	82.06
	2016	11.15	34.5	15.82	3.69	235.2	82.7
	2017	3.39	42.64	4.88	3.39	114.05	67.78
	2018	0.24	39.46	4.9	3.84	97.65	99.48
Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk	2012	1.94	17.69	4.09	5.83	80.74	100.9
	2013	1.79	15.62	4.05	5.44	82.19	104.42
	2014	1.14	14.64	4.01	4.47	88.97	108.86
	2015	1.61	16.97	3.42	4.87	84.83	108.78
	2016	1.76	20.34	2.84	4.98	82.48	102.66
	2017	1.71	18.87	2.66	4.76	82.06	103.11
	2018	1.34	18.21	2.82	4.32	85.58	103.25
Bank Jabar Banten Tbk	2012	2.46	18.11	2.07	6.44	79.31	74.09
	2013	2.61	16.51	2.83	7.96	79.41	96.47
	2014	1.92	16.08	4.15	6.79	85.6	93.18
	2015	2.04	16.21	2.91	6.32	83.31	88.13
	2016	2.22	18.43	1.69	7.4	86.7	86.7
	2017	2.01	18.77	1.51	6.76	82.25	87.27
	2018	1.71	18.63	1.65	6.37	84.22	91.89
Bank Pembangunan Daerah Jawa Timur Tbk	2012	3.34	26.56	2.95	6.48	68.89	83.55
	2013	3.82	23.72	3.44	7.14	70.28	84.98
	2014	3.52	22.17	3.31	6.9	69.63	86.54
	2015	2.67	21.22	4.29	6.41	76.12	82.92
	2016	2.98	23.88	4.77	6.94	72.22	90.48
	2017	3.12	24.65	4.59	6.68	68.63	79.69
	2018	2.96	24.21	3.75	6.37	69.45	66.57
Bank Sinar Mas Tbk	2012	1.74	18.09	3.18	5.72	83.75	80.78
	2013	1.71	21.82	2.5	5.23	88.5	78.72
	2014	1.02	18.38	3	5.87	94.54	83.88
	2015	0.95	14.37	3.95	5.77	91.67	78.04
	2016	1.72	16.7	2.1	6.44	86.23	77.47
	2017	1.26	18.31	3.79	6.46	88.94	80.57
	2018	0.25	17.6	4.74	7.61	97.62	84.24

Lampiran 2. *Scatterplot Data Cross Section* ROA dengan Masing-Masing Variabel Prediktor

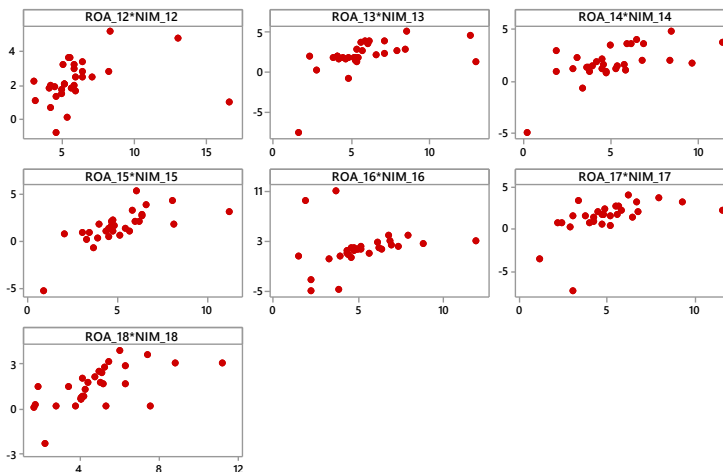
1. *Scatterplot Data Cross Section* ROA dengan CAR



2. *Scatterplot Data Cross Section* ROA dengan NPL

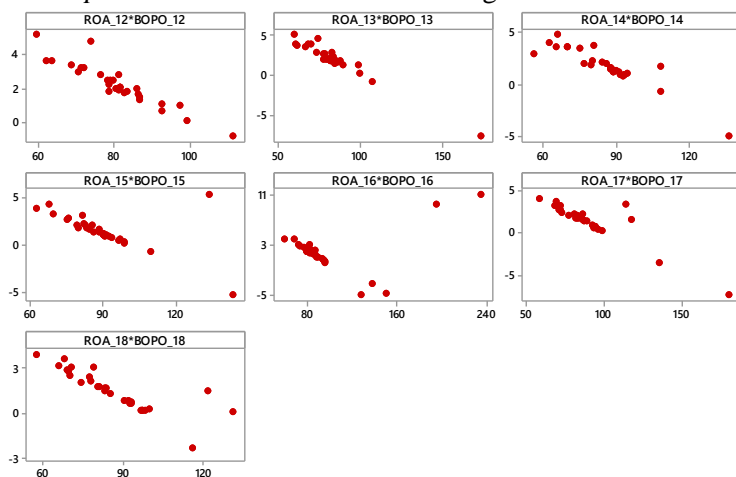


3. *Scatterplot Data Cross Section* ROA dengan NIM

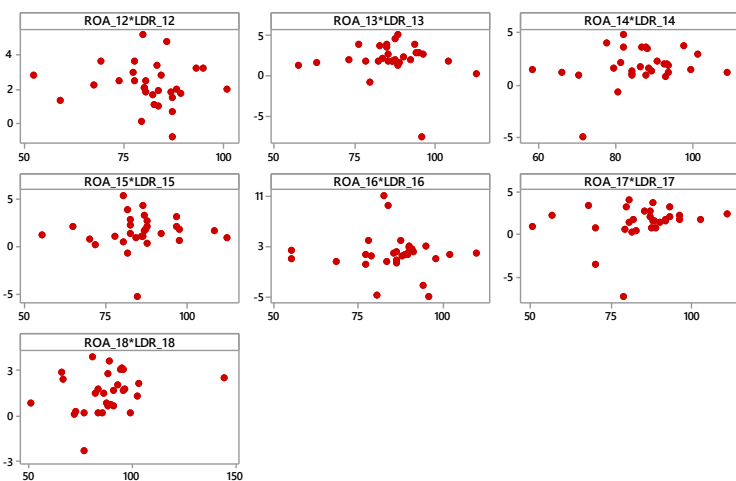


Lampiran 2. *Scatterplot Data Cross Section* ROA dengan Masing-Masing Variabel Prediktor (Lanjutan)

4. *Scatterplot Data Cross Section* ROA dengan BOPO

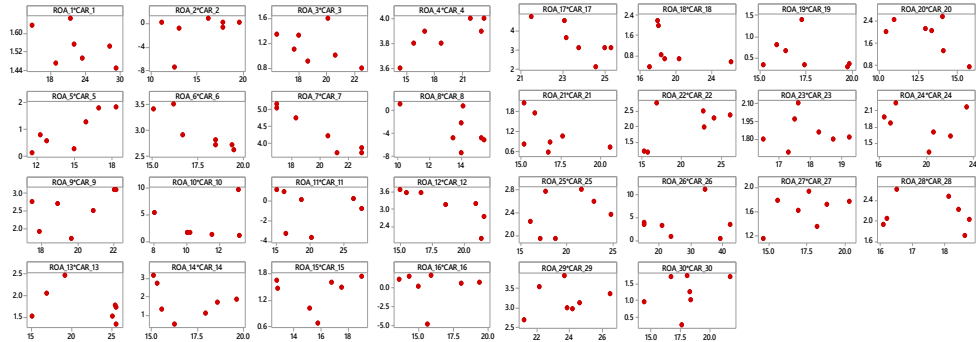


5. *Scatterplot Data Cross Section* ROA dengan LDR

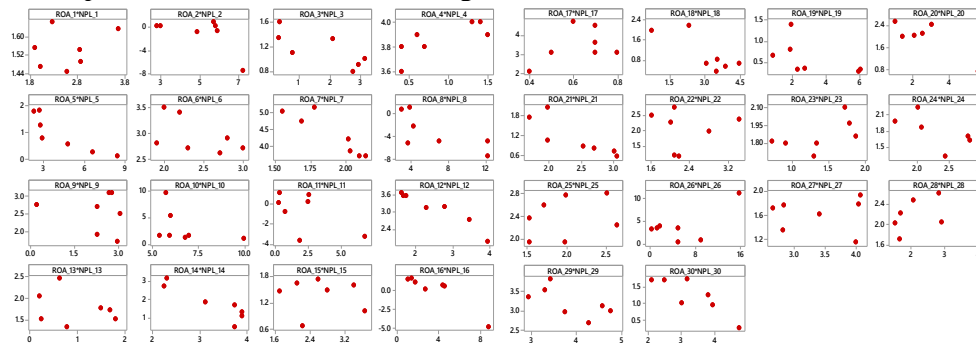


Lampiran 3. Scatterplot Data Cross Section ROA dengan Masing-Masing Variabel Prediktor

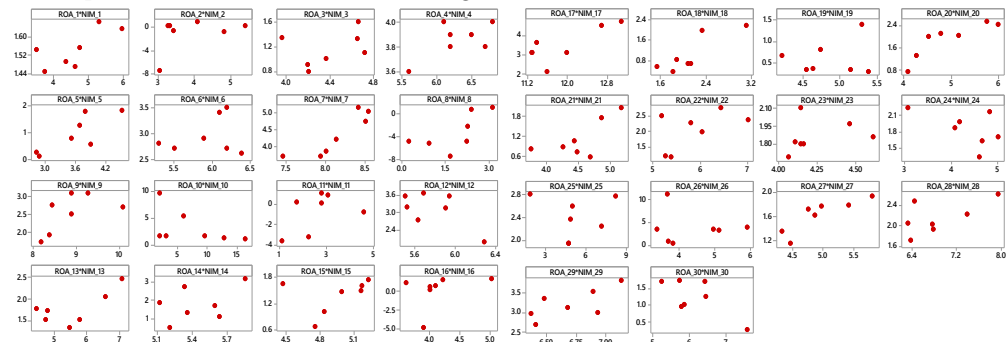
1. Scatterplot Data Time Series ROA dengan CAR



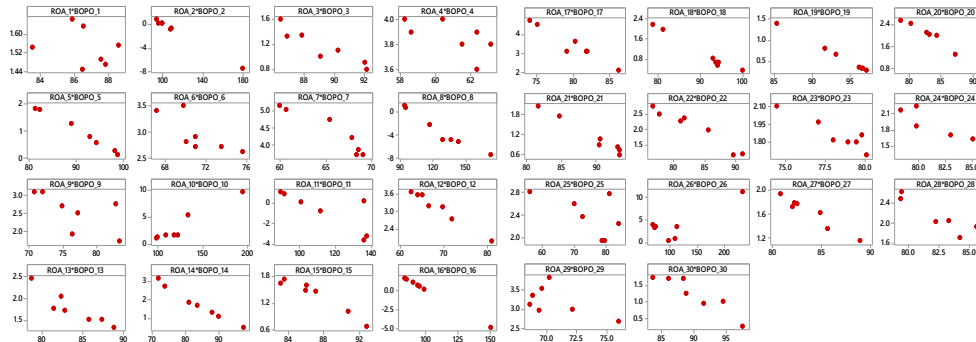
2. Scatterplot Data Time Series ROA dengan NPL



3. Scatterplot Data Time Series ROA dengan NIM

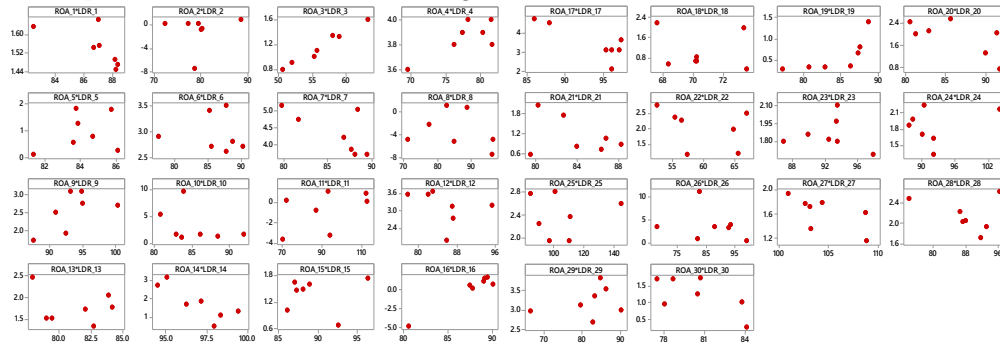


4. Scatterplot Data Time Series ROA dengan BOPO



Lampiran 3. Scatterplot Data Cross Section ROA dengan Masing-Masing Variabel Prediktor (Lanjutan)

5. Scatterplot Data Time Series ROA dengan LDR



Lampiran 4. *Syntax* Estimasi Matriks Varians-kovarians Model Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal

```

library(pracma)
library(MASS)
data=read.table("DATA.TXT",header =TRUE, sep = "" ,dec = "." )
#definisi variabel
data
y<-as.matrix(data[,1])
x<-as.matrix(data[,c(2:6)])
nt<-nrow(x);nt
t<-7;t
n<-nt/t;n
p<-ncol(x);           #banyaknya variabel independen
r<-1 ;r               #banyaknya titik knot
q<-1 ;q               #derajat polinomial

#====matrix Y perbank=====
Y<-matrix(0,n,t)
d<-n
a<-1
for (i in 1:t)
{
  Y[,i]<-y[a:d]
  a<-a+n
  d<-d+n
}
Yk<-0
for (i in 1:n)
{
  Yk<-cbind(Yk,t(Y[i,]))
}
Yk<-as.vector(Yk[1,2:ncol(Yk)])

#====matrix X perbank==
Xt<-matrix(0,n*t,p)
a<-1
Xt<-matrix(0,1,p)
for (i in 1:n)
{
  aa<-matrix(0,1,p)
  b<-i
  for(j in 1:t)
  {
    aa<-rbind(aa,x[b,])
    b<-b+n
  }
  aa<-aa[2:nrow(aa),]
}

```



Lampiran 4. *Syntax* Estimasi Matriks Varians-kovarians Model Regresi  
Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal (Lanjutan)

```

Xt<-rbind(Xt,aa)
}
Xt<-Xt[2:nrow(Xt),]
Xt0<-matrix(1,nt,1)
Xt<-as.matrix(cbind(Xt0,Xt))

#=====knot=====
nknot=15
nkomb=nknot
knot1=matrix(0,nkomb,1)
a=1
for (l in 1:n)
{
  xx=Xt[a:(l*t),2:6]
  kn=matrix(0,nknot,p)
  for(o in 1:p)
  {
    kn[,o]=seq(min(xx[,o]),max(xx[,o]),length.out=nknot)
  }
  knot=matrix(0,nkomb,5)
  v=1
  for (i in 1:nknot)
  {
    knot[v,]=cbind(kn[i,1],kn[i,2],kn[i,3],kn[i,4],kn[i,5])
    v=v+1
  }
  knot1=cbind(knot1,knot)
  a=a+t
}
knot1=(knot1[1:(nrow(knot1)-1),2:ncol(knot1)])
nknot=nrow(knot1)

#GCV minimum
MSE=matrix(0,nrow=nknot)
GCV=matrix(0,nrow=nknot)
Z=matrix(0,nt,((r+q)*p+1)*n)
for (i in 1:nknot)
{
  b=1
  a=1
  Xk=matrix(0,1,r*p)
  for (j in 1:n)
  {
    xa=matrix(0,t)

```

Lampiran 4. *Syntax* Estimasi Matriks Varians-kovarians Model Regresi  
Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal (Lanjutan)

```

for(k in 1:p+1)
{
  aa=cbind(pmax(0,Xt[b:(j*t),k]-knot1[i,a]))
  xa=cbind(xa,aa)
  a=a+1
}
xa=xa[,2:ncol(xa)]
Xk=rbind(Xk,xa)
b=b+t
}
Xk=Xk[2:nrow(Xk),]
Xk=cbind(Xt,Xk)
a=1
rq=(r+q)*p+1
b=1
for (j in 1:n)
{
  Z[a:(j*t),b:(j*rq)]=Xk[a:(j*t),]
  a=a+t
  b=b+rq
}
B=pinv(t(Z)%*%Z)%*%t(Z)%*%Yk
Ak=Z%*%pinv(t(Z)%*%Z)%*%t(Z)
yhat=Ak%*%Yk
error=Yk-yhat
MSE[i]=((t(error)%*%error)/nt)
db=(sum(diag(Ak))/nt)
GCV[i]=MSE[i]/((1-db)^2)
}
optimum=cbind(knot1,MSE,GCV)
GCVmin=optimum[order(optimum[,ncol(optimum)]),]
GCVmin[1,]

#validasi optimum
#matriks z
Z=matrix(0,nt,((r+q)*p+1)*n)
b=1
a=1
Xk=matrix(0,1,r*p)
for(j in 1:n)
{
  xa=matrix(0,t)
  for(k in 1:p+1)
  {

```

Lampiran 4. *Syntax* Estimasi Matriks Varians-kovarians Model Regresi  
Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal (Lanjutan)

```

aa=cbind(pmax(0,Xt[b:(j*t),k]-GCVmin[1,a]))
xa=cbind(xa,aa)
  a=a+1
}
xa=xa[,2:ncol(xa)]
Xk=rbind(Xk,xa)
  b=b+t
}
Xk=Xk[2:nrow(Xk),]
Xk=cbind(Xt,Xk)
a=1
rq=(r+q)*p+1
b=1
for(j in 1:n)
{
  Z[a:(j*t),b:(j*rq)]=Xk[a:(j*t),]
  a=a+t
  b=b+rq
}
B=pinv(t(Z)%*%Z)%*%t(Z)%*%Yk
Ak=Z%*%pinv(t(Z)%*%Z)%*%t(Z)
yhat=Ak%*%Yk
SSE=sum((Yk-yhat)^2)
SSR=sum((yhat-mean(Yk))^2)
SST=sum((Yk-mean(Yk))^2)
MSE=(SSE/(210-11))
MSR=SSR/(210-10)
Rsq=(SSR/(SSR+SSE))*100
n1<-nrow(B)
error<-yhat-data[,1]

#matriks pembobot
error=as.vector(error)
we=error%*%t(error)
we
W1=we[1:7,1:7]
W2=we[8:14,8:14]
W3=we[15:21,15:21]
W4=we[22:28,22:28]
W5=we[29:35,29:35]
W6=we[36:42,36:42]
W7=we[43:49,43:49]
W8=we[50:56,50:56]
W9=we[57:63,57:63]

```

Lampiran 4. *Syntax* Estimasi Matriks Varians-kovarians Model Regresi  
Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal (Lanjutan)

```
W10=we[64:70,64:70]
W11=we[71:77,71:77]
W12=we[78:84,78:84]
W13=we[85:91,85:91]
W14=we[92:98,92:98]
W15=we[99:105,99:105]
W16=we[106:112,106:112]
W17=we[113:119,113:119]
W18=we[120:126,120:126]
W19=we[127:133,127:133]
W20=we[134:140,134:140]
W21=we[141:147,141:147]
W22=we[148:154,148:154]
W23=we[155:161,155:161]
W24=we[162:168,162:168]
W25=we[169:175,169:175]
W26=we[176:182,176:182]
W27=we[183:189,183:189]
W28=we[190:196,190:196]
W29=we[197:203,197:203]
W30=we[204:210,204:210]

V=matrix(0, nrow=nt, ncol=nt)
V[1:7,1:7]=we[1:7,1:7]
V[8:14,8:14]=we[8:14,8:14]
V[15:21,15:21]=we[15:21,15:21]
V[22:28,22:28]=we[22:28,22:28]
V[29:35,29:35]=we[29:35,29:35]
V[36:42,36:42]=we[36:42,36:42]
V[43:49,43:49]=we[43:49,43:49]
V[50:56,50:56]=we[50:56,50:56]
V[57:63,57:63]=we[57:63,57:63]
V[64:70,64:70]=we[64:70,64:70]
V[71:77,71:77]=we[71:77,71:77]
V[78:84,78:84]=we[78:84,78:84]
V[85:91,85:91]=we[85:91,85:91]
V[92:98,92:98]=we[92:98,92:98]
V[99:105,99:105]=we[99:105,99:105]
V[106:112,106:112]=we[106:112,106:112]
V[113:119,113:119]=we[113:119,113:119]
V[120:126,120:126]=we[120:126,120:126]
V[127:133,127:133]=we[127:133,127:133]
V[134:140,134:140]=we[134:140,134:140]
V[141:147,141:147]=we[141:147,141:147]
```

Lampiran 4. *Syntax* Estimasi Matriks Varians-kovarians Model Regresi  
Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal (Lanjutan)

```
V[148:154,148:154]=we[148:154,148:154]
V[155:161,155:161]=we[155:161,155:161]
V[162:168,162:168]=we[162:168,162:168]
V[169:175,169:175]=we[169:175,169:175]
V[176:182,176:182]=we[176:182,176:182]
V[183:189,183:189]=we[183:189,183:189]
V[190:196,190:196]=we[190:196,190:196]
V[197:203,197:203]=we[197:203,197:203]
V[204:210,204:210]=we[204:210,204:210]
write.table(V,"d:/output/varcovar.txt",row.names = FALSE, col.names =
FALSE)
```

Lampiran 5. *Syntax* Estimasi Parameter Model Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal

```

library(pracma)
library(MASS)
data=read.table("DATA.TXT",header =TRUE, sep = "" ,dec = "." )
pembobot=read.table("varcovar.TXT",header =TRUE, sep = "" ,dec = "." )
#definisi variabel
y<-as.matrix(data[,1])
x<-as.matrix(data[,c(2:6)])
V<-as.matrix(pembobot)
W=solve(V)
W
nt<-nrow(x);nt
t<-7;t
n<-nt/t;n
p<-ncol(x);          #banyaknya variabel prediktor
r<-1  ;r             #banyaknya titik knot
q<-1  ;q             #derajat polinomial

#====matrix Y perbank=====
Y<-matrix(0,n,t)
d<-n
a<-1
for (i in 1:t)
{
  Y[,i]<-y[a:d]
  a<-a+n
  d<-d+n
}
Yk<-0
for (i in 1:n)
{
  Yk<-cbind(Yk,t(Y[i,]))
}
Yk<-as.vector(Yk[1,2:ncol(Yk)])

#====matrix X perbank==
Xt<-matrix(0,n*t,p)
a<-1
Xt<-matrix(0,1,p)
for (i in 1:n)
{
  aa<-matrix(0,1,p)
  b<-i
  for(j in 1:t)
  {

```

Lampiran 5. *Syntax* Estimasi Parameter Model Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal (Lanjutan)

```

aa<-rbind(aa,x[b,])
b<-b+n
}
aa<-aa[2:nrow(aa),]
Xt<-rbind(Xt,aa)
}
Xt<-Xt[2:nrow(Xt),]
Xt0<-matrix(1,nt,1)
Xt<-as.matrix(cbind(Xt0,Xt))

#=====knot=====
nknot=15
nkomb=nknot
knot1=matrix(0,nkomb,1)
a=1
for (l in 1:n)
{
xx=Xt[a:(l*t),2:6]
kn=matrix(0,nknot,p)
for(o in 1:p)
{
kn[,o]=seq(min(xx[,o]),max(xx[,o]),length.out=nknot)
}
knot=matrix(0,nkomb,5)
v=1
for (i in 1:nknot)
{
knot[v,]=cbind(kn[i,1],kn[i,2],kn[i,3],kn[i,4],kn[i,5])
v=v+1
}
knot1=cbind(knot1,knot)
a=a+t
}
knot1=(knot1[1:(nrow(knot1)-1),2:ncol(knot1)])
nknot=nrow(knot1)

#GCV minimum
MSE=matrix(0,nrow=nknot)
GCV=matrix(0,nrow=nknot)
Z=matrix(0,nt,((r+q)*p+1)*n)
for (i in 1:nknot)
{
b=1
a=1

```

Lampiran 5. *Syntax* Estimasi Parameter Model Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal (Lanjutan)

```

Xk=matrix(0,1,r*p)
for (j in 1:n)
{
  xa=matrix(0,t)
  for(k in 1:p+1)
  {
    aa=cbind(pmax(0,Xt[b:(j*t),k]-knot1[i,a]))
    xa=cbind(xa,aa)
    a=a+1
  }
  xa=xa[,2:ncol(xa)]
  Xk=rbind(Xk,xa)
  b=b+t
}
Xk=Xk[2:nrow(Xk),]
Xk=cbind(Xt,Xk)
a=1
rq=(r+q)*p+1
b=1
for (j in 1:n)
{
  Z[a:(j*t),b:(j*rq)]=Xk[a:(j*t),]
  a=a+t
  b=b+rq
}
B=pinv(t(Z)%*%W%*%Z)%*%t(Z)%*%W%*%Yk
Ak=Z%*%pinv(t(Z)%*%W%*%Z)%*%t(Z)%*%W
ID=diag(1,nt,nt)
AK=ID-Ak
yhat=Ak%*%Yk
error=Yk-yhat
MSE[i]=((t(error)%*%error)/nt)
db=(sum(diag(AK))/nt)
GCV[i]=MSE[i]/((db)^2)
}
optimum=cbind(knot1,MSE,GCV)
GCVmin=optimum[order(optimum[,ncol(optimum)]),]
GCVmin[1,]

#validasi optimum
#matriks z
Z=matrix(0,nt,((r+q)*p+1)*n)
b=1
a=1

```



Lampiran 5. *Syntax* Estimasi Parameter Model Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* untuk Data Longitudinal (Lanjutan)

```

Xk=matrix(0,1,r*p)
for(j in 1:n)
{
  xa=matrix(0,t)
  for(k in 1:p+1)
  {
    aa=cbind(pmax(0,Xt[b:(j*t),k]-GCVmin[13,a]))
    xa=cbind(xa,aa)
    a=a+1
  }
  xa=xa[,2:ncol(xa)]
  Xk=rbind(Xk,xa)
  b=b+t
}
Xk=Xk[2:nrow(Xk),]
Xk=cbind(Xt,Xk)
a=1
rq=(r+q)*p+1
b=1
for(j in 1:n)
{
  Z[a:(j*t),b:(j*rq)]=Xk[a:(j*t),]
  a=a+t
  b=b+rq
}
B=pinv(t(Z)%*%W%*%Z)%*%t(Z)%*%W%*%Yk
Ak=Z%*%pinv(t(Z)%*%W%*%Z)%*%t(Z)%*%W
yhat=Ak%*%Yk
SSE=sum((Yk-yhat)^2)
SSR=sum((yhat-mean(Yk))^2)
SST=sum((Yk-mean(Yk))^2)
MSE=(SSE/(210-11))
MSR=SSR/(210-10)
Rsqr=(SSR/(SSR+SSE))*100
n1<-nrow(B)
error<-yhat-data[,1]
write.csv(error, file="d:/output tanpa pembobot/error 1 knot rt.csv")
write.csv(GCV, file="d:/output tanpa pembobot/GCV 1 knot rt.csv")
write.csv(Rsq, file="d:/output tanpa pembobot/Rsq 1 knot rt.csv")
write.csv(knot1, file="d:/output tanpa pembobot/1 knot rt.csv")
write.csv(yhat, file="d:/output tanpa pembobot/yhat 1 knot rt.csv")
write.csv(B, file="d:/output tanpa pembobot/beta 1 knot rt.csv")
write.csv(optimum, file="d:/output tanpa pembobot/optimum 1 knot rt.csv")
write.csv(Z, file="d:/output tanpa pembobot/matriks Zt.csv")

```

Lampiran 6. *Output* Titik Knot Optimal dengan Satu Titik Knot

$i$	Nama Bank	$K_{li1}$	$K_{li2}$	$K_{li3}$	$K_{li4}$	$K_{li5}$
1	Bank Rakyat Indonesia Agro Niaga Tbk	27.47	3.43	5.64	87.90	87.63
2	Bank MNC Internasional Tbk	18.35	6.59	5.10	168.18	86.30
3	Bank Capital Indonesia Tbk	21.68	2.77	4.62	91.40	61.53
4	Bank Central Asia Tbk	22.09	1.34	6.63	62.49	80.05
5	Bank Bukopin Tbk	17.47	7.64	4.31	96.52	85.49
6	Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk	18.87	2.84	6.24	74.47	88.56
7	Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk	22.10	2.06	8.39	67.82	88.18
8	Bank J Trust Indonesia Tbk	14.72	10.95	2.72	162.25	92.73
9	Bank Danamon Indonesia Tbk	21.20	2.69	8.71	81.59	92.94
10	Bank Pembangunan Daerah Banten Tbk	12.52	9.30	14.54	181.71	90.35
11	Bank QNB Indonesia Tbk	25.95	5.91	4.13	130.93	107.15
12	Bank Mandiri (Persero) Tbk	20.68	3.62	6.18	78.29	92.92
13	Bank Bumi Arta Tbk	24.16	1.59	6.75	87.45	83.36
14	Bank CIMB NIAGA Tbk	19.02	3.66	5.76	93.71	98.75
15	Bank Maybank Indonesia Tbk	18.14	3.39	5.13	91.53	94.99
16	Bank Permata Tbk	18.57	7.69	4.83	141.13	88.73
17	Bank Tabungan Pensiunan Indonesia Tbk	24.76	0.74	12.84	84.71	95.86
18	Bank Victoria Internasional Tbk	24.87	3.94	2.89	97.18	72.75
19	Bank Artha Graha International	19.25	5.36	5.22	95.43	87.20
20	Bank Mayapada International Tbk	15.05	4.99	5.73	90.61	90.22
21	Bank China Construction Bank Indonesia Tbk	19.90	2.87	4.98	91.79	87.08
22	Bank Mega Tbk	24.64	3.18	6.75	89.18	65.11
23	Bank OCBC NISP Tbk	18.88	1.72	4.54	79.32	96.44
24	Bank PAN Indonesia Tbk	22.48	2.84	4.75	85.46	101.80
25	Bank Woori Saudara Indonesia 1906 Tbk	23.61	2.48	7.37	80.42	136.56

Lampiran 6. *Output* Titik Knot Optimal dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

$i$	Nama Bank	$K_{li1}$	$K_{li2}$	$K_{li3}$	$K_{li4}$	$K_{li5}$
26	Bank of India Indonesia Tbk	38.73	13.58	5.56	211.47	94.95
27	Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk	19.53	3.89	5.61	87.79	107.72
28	Bank Jabar Banten Tbk	18.39	3.77	7.73	85.64	93.27
29	Bank Pembangunan Daerah Jawa Timur Tbk	25.80	4.51	7.03	75.05	87.06
30	Bank Sinar Mas Tbk	20.76	4.36	7.27	95.64	83.27

Lampiran 7. *Output* Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
1	Bank Rakyat Indonesia Agro Niaga Tbk		$\alpha_{01}$	0.001
		$x_{1j1}$	$\alpha_{11}$	0.011
		$x_{1j2}$	$\alpha_{21}$	-0.014
		$x_{1j3}$	$\alpha_{31}$	0.028
		$x_{1j4}$	$\alpha_{41}$	0.004
		$x_{1j5}$	$\alpha_{51}$	0.012
		$x_{1j1}$	$\beta_{111}$	-0.022
		$x_{1j2}$	$\beta_{112}$	-0.001
		$x_{1j3}$	$\beta_{113}$	0.017
		$x_{1j4}$	$\beta_{114}$	-0.043
		$x_{1j5}$	$\beta_{115}$	-0.063
2	Bank MNC Internasional Tbk		$\alpha_{02}$	0.006
		$x_{2j1}$	$\alpha_{12}$	0.010
		$x_{2j2}$	$\alpha_{22}$	-0.127
		$x_{2j3}$	$\alpha_{32}$	0.062
		$x_{2j4}$	$\alpha_{42}$	-0.093
		$x_{2j5}$	$\alpha_{52}$	0.123
		$x_{2j1}$	$\beta_{121}$	0.044
		$x_{2j2}$	$\beta_{122}$	-0.034
		$x_{2j3}$	$\beta_{123}$	0.037
		$x_{2j4}$	$\beta_{124}$	0.058
		$x_{2j5}$	$\beta_{125}$	-0.084
3	Bank Capital Indonesia Tbk		$\alpha_{03}$	$2.9 \times 10^{-4}$
		$x_{3j1}$	$\alpha_{13}$	-0.015
		$x_{3j2}$	$\alpha_{23}$	0.008
		$x_{3j3}$	$\alpha_{33}$	0.008
		$x_{3j4}$	$\alpha_{43}$	-0.014
		$x_{3j5}$	$\alpha_{53}$	0.046
		$x_{3j1}$	$\beta_{131}$	-0.001
		$x_{3j2}$	$\beta_{132}$	-0.013
$x_{3j3}$	$\beta_{133}$	0.006		

Lampiran 7. Output Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter		
		$x_{3j4}$	$\beta_{134}$	0.010		
		$x_{3j5}$	$\beta_{135}$	0.025		
4	Bank Central Asia Tbk		$\alpha_{04}$	0.003		
		$x_{4j1}$	$\alpha_{14}$	-0.024		
		$x_{4j2}$	$\alpha_{24}$	-0.062		
		$x_{4j3}$	$\alpha_{34}$	-0.060		
		$x_{4j4}$	$\alpha_{44}$	-0.079		
		$x_{4j5}$	$\alpha_{54}$	0.128		
		$x_{4j1}$	$\beta_{141}$	0.189		
		$x_{4j2}$	$\beta_{142}$	-0.120		
		$x_{4j3}$	$\beta_{143}$	0.020		
		$x_{4j4}$	$\beta_{144}$	0.320		
		$x_{4j5}$	$\beta_{145}$	-0.218		
		5	Bank Bukopin Tbk		$\alpha_{05}$	0.003
				$x_{5j1}$	$\alpha_{15}$	-0.013
$x_{5j2}$	$\alpha_{25}$			-0.011		
$x_{5j3}$	$\alpha_{35}$			-0.008		
$x_{5j4}$	$\alpha_{45}$			-0.059		
$x_{5j5}$	$\alpha_{55}$			0.080		
$x_{5j1}$	$\beta_{151}$			0.067		
$x_{5j2}$	$\beta_{152}$			0.109		
$x_{5j3}$	$\beta_{153}$			-0.007		
$x_{5j4}$	$\beta_{154}$			-0.081		
$x_{5j5}$	$\beta_{155}$			-0.029		
6	Bank Negara Indonesia (Persero) Tbk		$\alpha_{06}$	0.004		
		$x_{6j1}$	$\alpha_{16}$	-0.203		
		$x_{6j2}$	$\alpha_{26}$	-0.030		
		$x_{6j3}$	$\alpha_{36}$	0.054		
		$x_{6j4}$	$\alpha_{46}$	0.043		
		$x_{6j5}$	$\alpha_{56}$	0.039		
		$x_{6j1}$	$\beta_{161}$	-0.146		

Lampiran 7. *Output* Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
		$x_{6j2}$	$\beta_{162}$	-0.006
		$x_{6j3}$	$\beta_{163}$	0.017
		$x_{6j4}$	$\beta_{164}$	-0.021
		$x_{6j5}$	$\beta_{165}$	0.010
			$\alpha_{07}$	0.028
		$x_{7j1}$	$\alpha_{17}$	0.050
		$x_{7j2}$	$\alpha_{27}$	0.169
		$x_{7j3}$	$\alpha_{37}$	-0.036
		$x_{7j4}$	$\alpha_{47}$	-0.091
		$x_{7j5}$	$\alpha_{57}$	0.122
7	Bank Rakyat Indonesia (Persero) Tbk	$x_{7j1}$	$\beta_{171}$	-0.041
		$x_{7j2}$	$\beta_{172}$	0.027
		$x_{7j3}$	$\beta_{173}$	-0.088
		$x_{7j4}$	$\beta_{174}$	-0.211
		$x_{7j5}$	$\beta_{175}$	-0.276
			$\alpha_{08}$	0.014
		$x_{8j1}$	$\alpha_{18}$	0.120
		$x_{8j2}$	$\alpha_{28}$	0.149
		$x_{8j3}$	$\alpha_{38}$	0.045
		$x_{8j4}$	$\alpha_{48}$	-0.179
		$x_{8j5}$	$\alpha_{58}$	0.185
8	Bank J Trust Indonesia Tbk	$x_{8j1}$	$\beta_{181}$	-0.120
		$x_{8j2}$	$\beta_{182}$	0.170
		$x_{8j3}$	$\beta_{183}$	0.010
		$x_{8j4}$	$\beta_{184}$	0.070
		$x_{8j5}$	$\beta_{185}$	-0.354
			$\alpha_{09}$	$9.1 \times 10^{-5}$
		$x_{9j1}$	$\alpha_{19}$	0.074
		$x_{9j2}$	$\alpha_{29}$	-0.063
		$x_{9j3}$	$\alpha_{39}$	-0.101
		$x_{9j4}$	$\alpha_{49}$	0.084

Lampiran 7. Output Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
9	Bank Danamon Indonesia Tbk	$x_{9j5}$	$\alpha_{59}$	-0.062
		$x_{9j1}$	$\beta_{191}$	0.168
		$x_{9j2}$	$\beta_{192}$	0.003
		$x_{9j3}$	$\beta_{193}$	-0.018
		$x_{9j4}$	$\beta_{194}$	-0.077
		$x_{9j5}$	$\beta_{195}$	0.231
10	Bank Pembangunan Daerah Banten Tbk		$\alpha_{010}$	-0.005
		$x_{10j1}$	$\alpha_{110}$	-0.243
		$x_{10j2}$	$\alpha_{210}$	-0.079
		$x_{10j3}$	$\alpha_{310}$	0.323
		$x_{10j4}$	$\alpha_{410}$	0.128
		$x_{10j5}$	$\alpha_{510}$	-0.142
		$x_{10j1}$	$\beta_{1101}$	-0.033
		$x_{10j2}$	$\beta_{1102}$	-0.025
		$x_{10j3}$	$\beta_{1103}$	-0.082
		$x_{10j4}$	$\beta_{1104}$	-0.036
		$x_{10j5}$	$\beta_{1105}$	0.249
		11	Bank QNB Indonesia Tbk	
$x_{11j1}$	$\alpha_{111}$			0.522
$x_{11j2}$	$\alpha_{211}$			-0.269
$x_{11j3}$	$\alpha_{311}$			-0.605
$x_{11j4}$	$\alpha_{411}$			-0.313
$x_{11j5}$	$\alpha_{511}$			0.247
$x_{11j1}$	$\beta_{1111}$			0.325
$x_{11j2}$	$\beta_{1112}$			-0.428
$x_{11j3}$	$\beta_{1113}$			-0.606
$x_{11j4}$	$\beta_{1114}$			0.534
$x_{11j5}$	$\beta_{1115}$			-0.205
		$x_{12j1}$	$\alpha_{112}$	-0.567
		$x_{12j2}$	$\alpha_{212}$	-0.189

Lampiran 7. *Output* Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
12	Bank Mandiri (Persero) Tbk	$x_{12j3}$	$\alpha_{312}$	0.133
		$x_{12j4}$	$\alpha_{412}$	0.185
		$x_{12j5}$	$\alpha_{512}$	0.010
		$x_{12j1}$	$\beta_{1121}$	0.235
		$x_{12j2}$	$\beta_{1122}$	0.060
		$x_{12j3}$	$\beta_{1123}$	-0.005
		$x_{12j4}$	$\beta_{1124}$	-0.276
		$x_{12j5}$	$\beta_{1125}$	0.125
13	Bank Bumi Arta Tbk		$\alpha_{013}$	0.014
		$x_{13j1}$	$\alpha_{113}$	0.119
		$x_{13j2}$	$\alpha_{213}$	0.069
		$x_{13j3}$	$\alpha_{313}$	-0.022
		$x_{13j4}$	$\alpha_{413}$	-0.056
		$x_{13j5}$	$\alpha_{513}$	0.059
		$x_{13j1}$	$\beta_{1131}$	-0.277
		$x_{13j2}$	$\beta_{1132}$	-0.021
		$x_{13j3}$	$\beta_{1133}$	0.073
		$x_{13j4}$	$\beta_{1134}$	0.005
		$x_{13j5}$	$\beta_{1135}$	-0.085
		14	Bank CIMB NIAGA Tbk	
$x_{14j1}$	$\alpha_{114}$			-0.061
$x_{14j2}$	$\alpha_{214}$			0.028
$x_{14j3}$	$\alpha_{314}$			0.106
$x_{14j4}$	$\alpha_{414}$			-0.129
$x_{14j5}$	$\alpha_{514}$			0.133
$x_{14j1}$	$\beta_{1141}$			0.014
$x_{14j2}$	$\beta_{1142}$			-0.004
$x_{14j3}$	$\beta_{1143}$			0.071
$x_{14j4}$	$\beta_{1144}$			0.037
$x_{14j5}$	$\beta_{1145}$			-0.200



Lampiran 7. Output Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
15	Bank Maybank Indonesia Tbk		$\alpha_{015}$	0.002
		$x_{15j1}$	$\alpha_{115}$	-0.015
		$x_{15j2}$	$\alpha_{215}$	0.047
		$x_{15j3}$	$\alpha_{315}$	0.026
		$x_{15j4}$	$\alpha_{415}$	-0.026
		$x_{15j5}$	$\alpha_{515}$	0.042
		$x_{15j1}$	$\beta_{1151}$	-0.003
		$x_{15j2}$	$\beta_{1152}$	0.043
		$x_{15j3}$	$\beta_{1153}$	0.010
		$x_{15j4}$	$\beta_{1154}$	-0.161
		$x_{15j5}$	$\beta_{1155}$	-0.024
16	Bank Permata Tbk		$\alpha_{016}$	0.002
		$x_{16j1}$	$\alpha_{116}$	-0.035
		$x_{16j2}$	$\alpha_{216}$	0.056
		$x_{16j3}$	$\alpha_{316}$	-0.060
		$x_{16j4}$	$\alpha_{416}$	-0.100
		$x_{16j5}$	$\alpha_{516}$	0.124
		$x_{16j1}$	$\beta_{1161}$	0.009
		$x_{16j2}$	$\beta_{1162}$	0.002
		$x_{16j3}$	$\beta_{1163}$	-0.025
		$x_{16j4}$	$\beta_{1164}$	0.017
		$x_{16j5}$	$\beta_{1165}$	-0.076
17	Bank Tabungan Pensiunan Indonesia Tbk		$\alpha_{017}$	0.007
		$x_{17j1}$	$\alpha_{117}$	-0.149
		$x_{17j2}$	$\alpha_{217}$	0.010
		$x_{17j3}$	$\alpha_{317}$	0.184
		$x_{17j4}$	$\alpha_{417}$	-0.008
		$x_{17j5}$	$\alpha_{517}$	0.070
		$x_{17j1}$	$\beta_{1171}$	-0.205
		$x_{17j2}$	$\beta_{1172}$	-0.001
$x_{17j3}$	$\beta_{1173}$	0.053		

Lampiran 7. *Output* Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
		$x_{17j4}$	$\beta_{1174}$	-0.199
		$x_{17j5}$	$\beta_{1175}$	-0.211
18	Bank Victoria Internasional Tbk		$\alpha_{018}$	0.015
		$x_{18j1}$	$\alpha_{118}$	-0.080
		$x_{18j2}$	$\alpha_{218}$	0.159
		$x_{18j3}$	$\alpha_{318}$	0.147
		$x_{18j4}$	$\alpha_{418}$	-0.106
		$x_{18j5}$	$\alpha_{518}$	0.162
		$x_{18j1}$	$\beta_{1181}$	0.166
		$x_{18j2}$	$\beta_{1182}$	-0.098
		$x_{18j3}$	$\beta_{1183}$	0.197
		$x_{18j4}$	$\beta_{1184}$	-0.003
		$x_{18j5}$	$\beta_{1185}$	-0.125
		19	Bank Artha Graha International Tbk	
$x_{19j1}$	$\alpha_{119}$			0.166
$x_{19j2}$	$\alpha_{219}$			-0.077
$x_{19j3}$	$\alpha_{319}$			0.309
$x_{19j4}$	$\alpha_{419}$			-0.080
$x_{19j5}$	$\alpha_{519}$			0.053
$x_{19j1}$	$\beta_{1191}$			-0.075
$x_{19j2}$	$\beta_{1192}$			-0.057
$x_{19j3}$	$\beta_{1193}$			0.195
$x_{19j4}$	$\beta_{1194}$			-0.067
$x_{19j5}$	$\beta_{1195}$			-0.116
20	Bank Mayapada International Tbk		$\alpha_{020}$	0.005
		$x_{20j1}$	$\alpha_{120}$	-0.084
		$x_{20j2}$	$\alpha_{220}$	-0.054
		$x_{20j3}$	$\alpha_{320}$	0.168
		$x_{20j4}$	$\alpha_{420}$	-0.030
		$x_{20j5}$	$\alpha_{520}$	0.060
		$x_{20j1}$	$\beta_{1201}$	-0.016

Lampiran 7. Output Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
		$x_{20j2}$	$\beta_{1202}$	-0.083
		$x_{20j3}$	$\beta_{1203}$	0.093
		$x_{20j4}$	$\beta_{1204}$	-0.038
		$x_{20j5}$	$\beta_{1205}$	-0.108
21	Bank China Construction Bank Indonesia Tbk		$\alpha_{021}$	0.017
		$x_{21j1}$	$\alpha_{121}$	0.031
		$x_{21j2}$	$\alpha_{221}$	0.113
		$x_{21j3}$	$\alpha_{321}$	0.290
		$x_{21j4}$	$\alpha_{421}$	0.022
		$x_{21j5}$	$\alpha_{521}$	-0.028
		$x_{21j1}$	$\beta_{1211}$	-0.087
		$x_{21j2}$	$\beta_{1212}$	0.003
		$x_{21j3}$	$\beta_{1213}$	0.150
		$x_{21j4}$	$\beta_{1214}$	-0.138
		$x_{21j5}$	$\beta_{1215}$	-0.069
22	Bank Mega Tbk		$\alpha_{022}$	0.015
		$x_{22j1}$	$\alpha_{122}$	-0.078
		$x_{22j2}$	$\alpha_{222}$	-0.223
		$x_{22j3}$	$\alpha_{322}$	0.089
		$x_{22j4}$	$\alpha_{422}$	0.018
		$x_{22j5}$	$\alpha_{522}$	0.049
		$x_{22j1}$	$\beta_{1221}$	-0.087
		$x_{22j2}$	$\beta_{1222}$	-0.148
		$x_{22j3}$	$\beta_{1223}$	-0.056
		$x_{22j4}$	$\beta_{1224}$	-0.313
		$x_{22j5}$	$\beta_{1225}$	-0.024
			$\alpha_{023}$	0.001
		$x_{23j1}$	$\alpha_{123}$	-0.012
		$x_{23j2}$	$\alpha_{223}$	0.066
		$x_{23j3}$	$\alpha_{323}$	0.009
		$x_{23j4}$	$\alpha_{423}$	-0.011

Lampiran 7. *Output* Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
23	Bank OCBC NISP Tbk	$x_{23j5}$	$\alpha_{523}$	0.031
		$x_{23j1}$	$\beta_{1231}$	-0.038
		$x_{23j2}$	$\beta_{1232}$	0.014
		$x_{23j3}$	$\beta_{1233}$	-0.002
		$x_{23j4}$	$\beta_{1234}$	0.003
		$x_{23j5}$	$\beta_{1235}$	-0.080
24	Bank PAN Indonesia Tbk		$\alpha_{024}$	-0.016
		$x_{24j1}$	$\alpha_{124}$	-0.109
		$x_{24j2}$	$\alpha_{224}$	-0.117
		$x_{24j3}$	$\alpha_{324}$	-0.558
		$x_{24j4}$	$\alpha_{424}$	0.139
		$x_{24j5}$	$\alpha_{524}$	-0.056
		$x_{24j1}$	$\beta_{1241}$	0.237
		$x_{24j2}$	$\beta_{1242}$	0.254
		$x_{24j3}$	$\beta_{1243}$	0.313
		$x_{24j4}$	$\beta_{1244}$	-0.187
		$x_{24j5}$	$\beta_{1245}$	0.159
		25	Bank Woori Saudara Indonesia 1906 Tbk	
$x_{25j1}$	$\alpha_{125}$			0.054
$x_{25j2}$	$\alpha_{225}$			0.030
$x_{25j3}$	$\alpha_{325}$			-0.045
$x_{25j4}$	$\alpha_{425}$			0.018
$x_{25j5}$	$\alpha_{525}$			-0.002
$x_{25j1}$	$\beta_{1251}$			-0.045
$x_{25j2}$	$\beta_{1252}$			0.007
$x_{25j3}$	$\beta_{1253}$			-0.016
$x_{25j4}$	$\beta_{1254}$			-0.006
$x_{25j5}$	$\beta_{1255}$			0.018
		$x_{26j1}$	$\alpha_{126}$	0.143
		$x_{26j2}$	$\alpha_{226}$	-0.187

Lampiran 7. *Output* Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
26	Bank of India Indonesia Tbk	$x_{26j3}$	$\alpha_{326}$	0.100
		$x_{26j4}$	$\alpha_{426}$	0.007
		$x_{26j5}$	$\alpha_{526}$	-0.002
		$x_{26j1}$	$\beta_{1261}$	-0.324
		$x_{26j2}$	$\beta_{1262}$	0.011
		$x_{26j3}$	$\beta_{1263}$	0.059
		$x_{26j4}$	$\beta_{1264}$	0.001
		$x_{26j5}$	$\beta_{1265}$	-0.084
27	Bank Tabungan Negara (Persero) Tbk		$\alpha_{027}$	0.003
		$x_{27j1}$	$\alpha_{127}$	0.060
		$x_{27j2}$	$\alpha_{227}$	0.103
		$x_{27j3}$	$\alpha_{327}$	0.120
		$x_{27j4}$	$\alpha_{427}$	-0.065
		$x_{27j5}$	$\alpha_{527}$	0.049
		$x_{27j1}$	$\beta_{1271}$	0.008
		$x_{27j2}$	$\beta_{1272}$	0.053
		$x_{27j3}$	$\beta_{1273}$	0.056
		$x_{27j4}$	$\beta_{1274}$	-0.030
		$x_{27j5}$	$\beta_{1275}$	-0.032
28	Bank Jabar Banten Tbk		$\alpha_{028}$	0.009
		$x_{28j1}$	$\alpha_{128}$	0.048
		$x_{28j2}$	$\alpha_{228}$	0.185
		$x_{28j3}$	$\alpha_{328}$	0.354
		$x_{28j4}$	$\alpha_{428}$	0.006
		$x_{28j5}$	$\alpha_{528}$	-0.022
		$x_{28j1}$	$\beta_{1281}$	-0.075
		$x_{28j2}$	$\beta_{1282}$	0.096
		$x_{28j3}$	$\beta_{1283}$	0.095
		$x_{28j4}$	$\beta_{1284}$	-0.041
		$x_{28j5}$	$\beta_{1285}$	-0.033

Lampiran 7. *Output* Estimasi Parameter Model dengan Satu Titik Knot (Lanjutan)

No.	Nama Bank	Variabel	Parameter	Estimasi Parameter
29	Bank Pembangunan Daerah Jawa Timur Tbk		$\alpha_{029}$	0.001
		$x_{29j1}$	$\alpha_{129}$	0.133
		$x_{29j2}$	$\alpha_{229}$	-0.064
		$x_{29j3}$	$\alpha_{329}$	0.009
		$x_{29j4}$	$\alpha_{429}$	-0.031
		$x_{29j5}$	$\alpha_{529}$	0.026
		$x_{29j1}$	$\beta_{1291}$	0.068
		$x_{29j2}$	$\beta_{1292}$	-0.035
		$x_{29j3}$	$\beta_{1293}$	0.008
		$x_{29j4}$	$\beta_{1294}$	-0.024
		$x_{29j5}$	$\beta_{1295}$	-0.069
		30	Bank Sinar Mas Tbk	
$x_{30j1}$	$\alpha_{130}$			0.069
$x_{30j2}$	$\alpha_{230}$			-0.090
$x_{30j3}$	$\alpha_{330}$			0.091
$x_{30j4}$	$\alpha_{430}$			-0.030
$x_{30j5}$	$\alpha_{530}$			0.036
$x_{30j1}$	$\beta_{1301}$			0.009
$x_{30j2}$	$\beta_{1302}$			-0.004
$x_{30j3}$	$\beta_{1303}$			0.016
$x_{30j4}$	$\beta_{1304}$			-0.135
$x_{30j5}$	$\beta_{1305}$			-0.110

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Karang Genteng, Kelurahan Pagutan, Kecamatan Mataram, Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat pada tanggal 20 April 1995. Penulis merupakan anak ke lima dari sepuluh bersaudara buah cinta dari Ayahanda Athar dan Ibunda Alm. Kamariah. Riwayat pendidikan penulis diawali dari SDN 06 Ampenan pada tahun 2001-2007, SMP Darul Hikmah pada tahun 2007-2010, SMA Darul Hikmah pada tahun 2011-2013. Setelah menamatkan bangku sekolah, penulis memperoleh beasiswa BIDIKMISI untuk melanjutkan studi di jurusan S1 Matematika Universitas Mataram pada tahun 2013-2017. Selanjutnya, pada tahun 2018 penulis melanjutkan studi S2 jurusan Statistika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama dibangku sekolah SMP sampai kuliah S1 penulis menjalankan bisnis dengan berjualan aksesoris mutiara, selama tahun 2015-2018 penulis menjalankan bisnis sampai ke luar negeri khususnya Inggris. Selama menjalankan perkuliahan S2 di ITS penulis bekerja *part time* sebagai guru les Matematika SMA. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi, memberikan kritik, saran, dan pertanyaan mengenai penelitian ini dapat menghubungi penulis melalui email [mustainramli1994@gmail.com](mailto:mustainramli1994@gmail.com).

Surabaya, Januari 2020

Mustain Ramli