

repository.ub.ac.id

**PEMODELAN *FUNCTIONAL CLUSTER ANALYSIS* (FCA)  
UNTUK PENGELOMPOKAN KABUPATEN/KOTA DI  
PROVINSI JAWA TIMUR BERDASARKAN INDIKATOR  
PRIORITAS *SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS* (SDGs)**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Statistika

oleh:  
**DEVY INTAN KUMALASARI**  
**155090500111002**



**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA  
JURUSAN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PEMODELAN *FUNCTIONAL CLUSTER ANALYSIS* (FCA)  
UNTUK PENGELOMPOKAN KABUPATEN/KOTA DI  
PROVINSI JAWA TIMUR BERDASARKAN INDIKATOR  
PRIORITAS *SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS* (SDGs)**

**oleh:**

**DEVY INTAN KUMALASARI  
155090500111002**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal 4 Desember 2018  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Statistika**

**Dosen Pembimbing**

**Nurjannah, S.Si., M.Phil., Ph.D  
NIP. 198009212005012001**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Statistika  
Fakultas MIPA  
Universitas Brawijaya**

**Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc., Ph.D  
NIP. 197603281999032001**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devy Intan Kumalasari  
NIM : 155090500111002  
Jurusan : Statistika  
Judul Skripsi :

**PEMODELAN *FUNCTIONAL CLUSTER ANALYSIS* (FCA)  
UNTUK PENGELOMPOKAN KABUPATEN/KOTA DI  
PROVINSI JAWA TIMUR BERDASARKAN INDIKATOR  
PRIORITAS *SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS* (SDGs)**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang bermaksud di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala risiko yang saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 4 Desember 2018  
Yang menyatakan,

Devy Intan Kumalasari  
NIM. 155090500111002

repository.ub.ac.id

**PEMODELAN *FUNCTIONAL CLUSTER ANALYSIS* (FCA)  
UNTUK PENGELOMPOKAN KABUPATEN/KOTA DI  
PROVINSI JAWA TIMUR BERDASARKAN INDIKATOR  
PRIORITAS *SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS* (SDGs)**

**ABSTRAK**

Pengelompokan daerah berdasarkan indikator *Sustainable Development Goals* (SDGs) merupakan isu yang penting untuk dikaji. SDGs merupakan tujuan pembangunan berkelanjutan yang menjadi acuan dalam kerangka pembangunan nasional. Keberhasilan SDGs dapat diukur dari target pencapaian penduduk sebagai fokus utama pembangunan, sehingga tujuan SDGs yang menjadi target utama dalam pembangunan tersebut adalah kemiskinan, pendidikan, kesehatan dan pertumbuhan ekonomi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan indikator prioritas SDGs dengan menerapkan pemodelan *Functional Cluster Analysis* (FCA). Penelitian ini menggunakan tiga variabel yaitu persentase penduduk miskin, IPM, dan pertumbuhan ekonomi yang masing-masing variabel dikelompokkan sendiri-sendiri menurut banyaknya *cluster* yang optimal. Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah FCA dengan pendekatan berbasis model. Pembentukan fungsi dasar setiap kabupaten/kota pada langkah awal adalah menggunakan pendekatan model nonparamatrik *B-spline*. Hasil dari FCA menunjukkan bahwa setiap variabel memiliki jumlah *cluster* optimal yang berbeda-beda. Pada variabel persentase penduduk miskin terbentuk tiga *cluster* optimal, variabel IPM terbentuk 5 *cluster* optimal, sedangkan variabel pertumbuhan ekonomi terbentuk 2 *cluster* optimal. Pemodelan FCA ini berbeda dengan analisis *cluster* pada umumnya, karena dengan menggunakan FCA dapat dibentuk fungsi yang mendasari pengamatan, fungsi *velocity* (kecepatan), dan fungsi *acceleration* (percepatan).

Kata Kunci: *Functional Cluster Analysis* (FCA), *B-spline*, *Velocity*, *Acceleration*, SDGs.

repository.ub.ac.id

# **FUNCTIONAL CLUSTER ANALYSIS (FCA) MODELING FOR DISTRICT / CITY GROUPING IN EAST JAVA PROVINCE BASED ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGs) PRIORITY INDICATORS**

## **ABSTRACT**

Area classification based on the indicator of Sustainable Development Goals (SDGs) is an important issue to be studied. SDGs is the aim of Sustainable Development which is as consideration in national development framework. Success of SDGs can be measured from the target gaining of the people as the main focus of the development, so the purpose of SDGs as the main target in the development is poverty, education, health and economic growth. The purpose of this study is classifying the regency/town in East Java based on the priority indicator of SDGs by implementing this Functional Cluster Analysis (FCA) modelling. This study uses three variables such as poor people percentage, IPM and economic growth which each variable is classified separately based on the optimal cluster number. This study uses FCA with the basic model approach. Forming the basic function of each regent/town in the beginning step uses nonparamatrik B-spline model approach. The result of FCA shows that each variable has different optimal cluster number. In poor people percentage variable is formed three optimal clusters. In IPM variable is formed five optimal clusters and in two in economic growth variable. This FCA modelling is different to common cluster analysis because of using FCA can be formed the function as the basic of observation, velocity function and acceleration function.

**Keywords:** Functional Cluster Analysis (FCA), *B-spline*, *Velocity*, *Acceleration*, SDGs.

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemodelan *Functional Cluster Analysis* (FCA) untuk Pengelompokan kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Indikator Prioritas *Sustainable Development Goals* (SDGs)”. Penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Statistika.

Dalam penyusunan penelitian ini tidak dapat diselesaikan dengan baik tanpa dukungan, motivasi, kerjasama maupun bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Nurjannah, S.Si., M.Phil., Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi atas waktu dan bimbingan yang telah diberikan selama proses penulisan penelitian ini.
2. Bapak Darmanto, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji I yang telah memberikan saran dan bimbingan dalam penelitian ini.
3. Bapak Achmad Efendi, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku ketua Program Studi Sarjana Statistika FMIPA Universitas Brawijaya
4. Ibu Rahma Fitriani, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku ketua Jurusan Statistika FMIPA Universitas Brawijaya.
5. Keluarga KKU.PSBM untuk bimbingan dan dukungan selama ini.
6. Ibu, adik Jimmy Armando Ghalas, dan seluruh keluarga besar atas kasih sayang, do'a, dan dukungannya.
7. Teman-teman penulis terutama Hanifah, Rahma, Lisa, Galuh, Hanny, Dimdhan, Lilik, Ulfa, dan Dewi yang selalu memberikan semangat dan dukungannya.
8. Teman-teman KKU.PSBM dan teman-teman Statistika 2015 atas segala bantuan dan semangat yang diberikan.
9. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini.

Penyusunan skripsi ini masih banyak kesalahan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dan penyempurnaan penelitian ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan penulis pada khususnya.

Malang, Desember 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                 |             |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL.....</b>                                       | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>                          | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN.....</b>                                   | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                            | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                           | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                     | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                          | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                      | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                                        | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                    | <b>xiii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                                  | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang .....                                       | 1           |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                                      | 3           |
| 1.3. Tujuan Penelitian .....                                    | 4           |
| 1.4. Manfaat Penelitian .....                                   | 4           |
| 1.5. Batasan Masalah.....                                       | 4           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                            | <b>5</b>    |
| 2.1. Analisis <i>Cluster</i> .....                              | 5           |
| 2.2. <i>Functional Data Analysis</i> (FDA).....                 | 6           |
| 2.2.1. Pengertian <i>Functional Data Analysis</i> .....         | 6           |
| 2.2.2. Tujuan <i>Functional Data Analysis</i> .....             | 7           |
| 2.2.3. Pembentukan Fungsi berdasarkan Fungsi Basis .....        | 7           |
| 2.2.4. Rata-rata dan Ragam <i>Data Functional</i> .....         | 8           |
| 2.2.5. Fungsi Kovarians dan Korelasi .....                      | 9           |
| 2.2.6. Pembentukan Fungsi Dasar Nonparametrik .....             | 10          |
| 2.2.7. <i>Spline</i> .....                                      | 11          |
| 2.2.8. Pemilihan Model <i>B-spline</i> Terbaik .....            | 14          |
| 2.3. <i>Functional Cluster Analysis</i> (FCA).....              | 15          |
| 2.3.1. Pengertian <i>Functional Cluster Analysis</i> (FCA)..... | 15          |
| 2.3.2. Model <i>Curve Clustering</i> .....                      | 16          |
| 2.3.3. Pemilihan Jumlah <i>Cluster</i> Optimal .....            | 20          |
| 2.4. <i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs).....           | 21          |
| 2.5. Variabel Penelitian .....                                  | 23          |
| 2.5.1. Persentase Penduduk Miskin .....                         | 23          |
| 2.5.2. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) .....                   | 24          |
| 2.5.3. Pertumbuhan Ekonomi .....                                | 25          |

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>              | <b>27</b> |
| 3.1. Sumber Data .....                              | 27        |
| 3.2. Variabel Penelitian .....                      | 27        |
| 3.3. Metode Penelitian.....                         | 27        |
| 3.4. Diagram Alir .....                             | 29        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>            | <b>31</b> |
| 4.1. Statistika Deskriptif .....                    | 31        |
| 4.1.1. Persentase Penduduk Miskin .....             | 32        |
| 4.1.2. Indeks Pembangunan Manusia (IPM).....        | 33        |
| 4.1.3. Pertumbuhan Ekonomi .....                    | 35        |
| 4.2. Pembentukan Fungsi Dasar Nonparametrik.....    | 36        |
| 4.2.1. Persentase Penduduk Miskin .....             | 37        |
| 4.2.2. IPM.....                                     | 45        |
| 4.2.3. Pertumbuhan Ekonomi .....                    | 52        |
| 4.3. Estimasi Kurva <i>Velocity</i> .....           | 59        |
| 4.3.1. Persentase Penduduk Miskin .....             | 60        |
| 4.3.2. IPM.....                                     | 62        |
| 4.3.3. Pertumbuhan Ekonomi .....                    | 65        |
| 4.4. Estimasi Kurva <i>Acceleration</i> .....       | 68        |
| 4.4.1. Persentase Penduduk Miskin .....             | 68        |
| 4.4.2. IPM .....                                    | 70        |
| 4.4.3. Pertumbuhan Ekonomi .....                    | 73        |
| 4.5. <i>Functional Cluster Analysis</i> (FCA) ..... | 75        |
| 4.5.1. Penentuan Jumlah <i>Cluster</i> Optimal..... | 75        |
| 4.5.2. Penentuan Jarak Kurva ke Pusat.....          | 76        |
| 4.5.3. Pengelompokan Kurva .....                    | 76        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                          | <b>87</b> |
| 5.1. Kesimpulan.....                                | 87        |
| 5.2. Saran.....                                     | 87        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                         | <b>89</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                | <b>93</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                     |                                                                                                              |    |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 3.1.</b>  | Diagram Alir FCA.....                                                                                        | 29 |
| <b>Gambar 4.1.</b>  | Rata-rata Persentase Penduduk Miskin pada tahun 2002 hingga 2017 di Kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur ..... | 32 |
| <b>Gambar 4.2.</b>  | Persentase Penduduk Miskin Jawa Timur tahun 2002 hingga 2017.....                                            | 33 |
| <b>Gambar 4.3.</b>  | Rata-rata IPM pada tahun 2002 hingga 2017 di Kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur.....                         | 34 |
| <b>Gambar 4.4.</b>  | IPM di Provinsi Jawa Timur tahun 2002-2017 .....                                                             | 34 |
| <b>Gambar 4.5.</b>  | Rata-rata Pertumbuhan Ekonomi pada tahun 2002 hingga 2017 di Kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur .....        | 35 |
| <b>Gambar 4.6.</b>  | Pertumbuhan Ekonomi Jawa Timur tahun 2002 hingga 2017.....                                                   | 36 |
| <b>Gambar 4.7.</b>  | Fungsi <i>B-spline</i> Persentase Penduduk Miskin di Kota Malang .....                                       | 39 |
| <b>Gambar 4.8.</b>  | Fungsi <i>B-spline</i> Persentase Penduduk Miskin di Kabupaten Kediri .....                                  | 42 |
| <b>Gambar 4.9.</b>  | Fungsi <i>B-spline</i> Persentase Penduduk Miskin di Kabupaten Sampang.....                                  | 44 |
| <b>Gambar 4.10.</b> | Fungsi <i>B-spline</i> IPM di Kabupaten Sampang.....                                                         | 47 |
| <b>Gambar 4.11.</b> | Fungsi <i>B-spline</i> IPM di Kabupaten Nganjuk .....                                                        | 49 |
| <b>Gambar 4.12.</b> | Fungsi <i>B-spline</i> IPM di Kota Surabaya .....                                                            | 51 |
| <b>Gambar 4.13.</b> | Fungsi <i>B-spline</i> Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sampang.....                                            | 54 |
| <b>Gambar 4.14.</b> | Fungsi <i>B-spline</i> Pertumbuhan ekonomi di Kota Blitar .....                                              | 56 |
| <b>Gambar 4.15.</b> | Fungsi <i>B-spline</i> Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro.....                                         | 59 |
| <b>Gambar 4.16.</b> | Fungsi <i>Velocity</i> Persentase Penduduk Miskin Kota Malang .....                                          | 60 |
| <b>Gambar 4.17.</b> | Fungsi <i>Velocity</i> Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Kediri .....                                     | 61 |
| <b>Gambar 4.18.</b> | Fungsi <i>Velocity</i> Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Sampang.....                                     | 62 |

|                     |                                                                                            |    |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 4.19.</b> | Fungsi <i>Velocity</i> IPM Kabupaten Sampang .....                                         | 63 |
| <b>Gambar 4.20.</b> | Fungsi <i>Velocity</i> IPM Kabupaten Nganjuk .....                                         | 64 |
| <b>Gambar 4.21.</b> | Fungsi <i>Velocity</i> IPM Kota Surabaya.....                                              | 65 |
| <b>Gambar 4.22.</b> | Fungsi <i>Velocity</i> Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten<br>Sampang.....                       | 66 |
| <b>Gambar 4.23.</b> | Fungsi <i>Velocity</i> Pertumbuhan Ekonomi Kota Blitar                                     | 66 |
| <b>Gambar 4.24.</b> | Fungsi <i>Velocity</i> Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten<br>Bojonegoro.....                    | 67 |
| <b>Gambar 4.25.</b> | Fungsi <i>Acceleration</i> Persentase Penduduk Miskin<br>Kota Malang.....                  | 68 |
| <b>Gambar 4.26.</b> | Fungsi <i>Acceleration</i> Persentase Penduduk Miskin<br>Kabupaten Kediri .....            | 69 |
| <b>Gambar 4.27.</b> | Fungsi <i>Acceleration</i> Persentase Penduduk Miskin<br>Kabupaten Sampang.....            | 70 |
| <b>Gambar 4.28.</b> | Fungsi <i>Acceleration</i> IPM Kabupaten Sampang .....                                     | 71 |
| <b>Gambar 4.29.</b> | Fungsi <i>Acceleration</i> IPM Kabupaten Nganjuk .....                                     | 72 |
| <b>Gambar 4.30.</b> | Fungsi <i>Acceleration</i> IPM Kota Surabaya .....                                         | 72 |
| <b>Gambar 4.31.</b> | Fungsi <i>Acceleration</i> Pertumbuhan Ekonomi<br>Kabupaten Sampang.....                   | 73 |
| <b>Gambar 4.32.</b> | Fungsi <i>Acceleration</i> Pertumbuhan Ekonomi Kota<br>Blitar .....                        | 74 |
| <b>Gambar 4.33.</b> | Fungsi <i>Acceleration</i> Pertumbuhan Ekonomi<br>Kabupaten Bojonegoro.....                | 75 |
| <b>Gambar 4.34.</b> | Pengelompokan Kabupaten/kota berdasarkan<br>Variabel Persentase Penduduk Miskin .....      | 77 |
| <b>Gambar 4.35.</b> | Pusat <i>Cluster</i> dari Variabel Persentase Penduduk<br>Miskin .....                     | 78 |
| <b>Gambar 4.36.</b> | Plot Terpisah untuk Setiap <i>Cluster</i> dari Variabel<br>Persentase Penduduk Miskin..... | 78 |
| <b>Gambar 4.37.</b> | Pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan IPM ..                                            | 80 |
| <b>Gambar 4.38.</b> | Pusat <i>Cluster</i> dari Variabel IPM.....                                                | 81 |
| <b>Gambar 4.39.</b> | Plot terpisah untuk Setiap <i>Cluster</i> dari Variabel IPM<br>.....                       | 81 |
| <b>Gambar 4.40.</b> | Pengelompokan Kabupaten/kota berdasarkan<br>Variabel Pertumbuhan Ekonomi .....             | 84 |
| <b>Gambar 4.41.</b> | Pusat <i>Cluster</i> dari Variabel Pertumbuhan Ekonomi                                     | 84 |
| <b>Gambar 4.42.</b> | Plot terpisah untuk Setiap <i>Cluster</i> dari Variabel<br>Pertumbuhan Ekonomi.....        | 85 |

## DAFTAR TABEL

|                    |                                                                                                                                            |    |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 4.1.</b>  | Statistika Deskriptif untuk Variabel Persentase Penduduk, IPM, dan Pertumbuhan Ekonomi .....                                               | 31 |
| <b>Tabel 4.2.</b>  | Nilai GCV menurut banyaknya <i>knot</i> , letak <i>knot</i> dan derajat $v$ pada Fungsi Persentase Penduduk Miskin Kota Malang .....       | 37 |
| <b>Tabel 4.3.</b>  | Estimasi Parameter <i>B-spline</i> Persentase Penduduk Miskin Kota Malang .....                                                            | 38 |
| <b>Tabel 4.4.</b>  | Kebaikan Model <i>B-spline</i> Persentase Penduduk Miskin Kota Malang .....                                                                | 38 |
| <b>Tabel 4.5.</b>  | Nilai GCV menurut banyaknya <i>knot</i> , letak <i>knot</i> dan derajat $v$ pada Fungsi Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Kediri .....  | 40 |
| <b>Tabel 4.6.</b>  | Estimasi Parameter <i>B-spline</i> Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Kediri .....                                                       | 40 |
| <b>Tabel 4.7.</b>  | Kebaikan Model <i>B-spline</i> Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Kediri .....                                                           | 41 |
| <b>Tabel 4.8.</b>  | Nilai GCV menurut banyaknya <i>knot</i> , letak <i>knot</i> dan derajat $v$ pada Fungsi Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Sampang ..... | 42 |
| <b>Tabel 4.9.</b>  | Estimasi Parameter <i>B-spline</i> Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Sampang .....                                                      | 43 |
| <b>Tabel 4.10.</b> | Kebaikan model <i>B-spline</i> Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Sampang .....                                                          | 44 |
| <b>Tabel 4.11.</b> | Nilai GCV menurut banyaknya <i>knot</i> , letak <i>knot</i> dan derajat $v$ pada Fungsi IPM Kabupaten Sampang .....                        | 45 |
| <b>Tabel 4.12.</b> | Estimasi Parameter <i>B-spline</i> IPM Kabupaten Sampang .....                                                                             | 46 |
| <b>Tabel 4.13.</b> | Kebaikan model <i>B-spline</i> IPM Kabupaten Sampang ...                                                                                   | 46 |
| <b>Tabel 4.14.</b> | Nilai GCV menurut banyaknya <i>knot</i> , letak <i>knot</i> dan derajat $v$ pada Fungsi IPM Kabupaten Nganjuk .....                        | 47 |
| <b>Tabel 4.15.</b> | Estimasi Parameter <i>B-spline</i> IPM Kabupaten Nganjuk .....                                                                             | 48 |
| <b>Tabel 4.16.</b> | Kebaikan model <i>B-spline</i> IPM Kabupaten Nganjuk .....                                                                                 | 49 |
| <b>Tabel 4.17.</b> | Nilai GCV menurut banyaknya <i>knot</i> , letak <i>knot</i> dan derajat $v$ pada Fungsi IPM Kota Surabaya .....                            | 50 |
| <b>Tabel 4.18.</b> | Estimasi Parameter <i>B-spline</i> IPM Kota Surabaya .....                                                                                 | 50 |
| <b>Tabel 4.19.</b> | Kebaikan model <i>B-spline</i> IPM Kota Surabaya .....                                                                                     | 51 |

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 4.20.</b> Nilai GCV menurut banyaknya knot, letak knot dan derajat $v$ pada Fungsi <i>B-spline</i> Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sampang ..... | 52 |
| <b>Tabel 4.21.</b> Estimasi Parameter <i>B-spline</i> IPM Kota Surabaya .....                                                                           | 53 |
| <b>Tabel 4.22.</b> Kebaikan model <i>B-spline</i> pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang .....                                                           | 53 |
| <b>Tabel 4.23.</b> Nilai GCV menurut banyaknya knot, letak knot dan derajat $v$ pada Fungsi Pertumbuhan ekonomi Kota Blitar .....                       | 54 |
| <b>Tabel 4.24.</b> Estimasi Parameter <i>B-spline</i> Pertumbuhan ekonomi Kota Blitar .....                                                             | 55 |
| <b>Tabel 4.25.</b> Kebaikan Model <i>B-spline</i> Pertumbuhan ekonomi Kota Blitar .....                                                                 | 56 |
| <b>Tabel 4.26.</b> Nilai GCV menurut banyaknya knot, letak knot dan derajat $v$ pada Fungsi Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro .....              | 57 |
| <b>Tabel 4.27.</b> Estimasi Parameter <i>B-spline</i> Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro .....                                                    | 58 |
| <b>Tabel 4.28.</b> Kebaikan model <i>B-spline</i> Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro .....                                                        | 58 |
| <b>Tabel 4.29.</b> Estimasi Parameter Turunan Pertama <i>B-spline</i> Persentase Penduduk Miskin Kota Malang .....                                      | 60 |
| <b>Tabel 4.30.</b> Nilai BIC untuk Persentase Penduduk Miskin, IPM, dan Pertumbuhan Ekonomi.....                                                        | 76 |
| <b>Tabel 4.31.</b> Anggota <i>Cluster</i> untuk Variabel Persentase Penduduk Miskin.....                                                                | 78 |
| <b>Tabel 4.32.</b> Statistika Deskriptif Hasil <i>Cluster</i> Variabel Persentase Penduduk Miskin .....                                                 | 79 |
| <b>Tabel 4.33.</b> Anggota <i>Cluster</i> untuk Variabel IPM .....                                                                                      | 81 |
| <b>Tabel 4.34.</b> Statistika Deskriptif Hasil <i>Cluster</i> Variabel IPM .....                                                                        | 82 |
| <b>Tabel 4.35.</b> Anggota <i>Cluster</i> untuk Variabel Pertumbuhan ekonomi .....                                                                      | 85 |
| <b>Tabel 4.36.</b> Statistika Deskriptif Hasil <i>Cluster</i> Variabel Pertumbuhan Ekonomi.....                                                         | 86 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|              |                                                                                                                                      |     |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1.  | Data IPM, Indeks Pembangunan, dan Pertumbuhan Ekonomi tiap Kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur pada periode 2002 hingga 2017 ..... | 93  |
| Lampiran 2.  | <i>Output</i> Statistika Deskriptif.....                                                                                             | 112 |
| Lampiran 3.  | <i>Output</i> Pemilihan Model <i>B-spline</i> IPM .....                                                                              | 113 |
| Lampiran 4.  | <i>Output</i> Pemilihan Model <i>B-spline</i> IPM .....                                                                              | 117 |
| Lampiran 5.  | <i>Output</i> Pemilihan Model <i>B-spline</i> Pertumbuhan Ekonomi .....                                                              | 120 |
| Lampiran 6.  | <i>Output</i> Estimasi Parameter Fungsi <i>B-spline</i> IPM ....                                                                     | 123 |
| Lampiran 7.  | <i>Output</i> Estimasi Parameter Fungsi <i>B-spline</i> IPM ....                                                                     | 124 |
| Lampiran 8.  | <i>Output</i> Estimasi Parameter Fungsi <i>B-spline</i> Pertumbuhan Ekonomi .....                                                    | 125 |
| Lampiran 9.  | <i>Output</i> Estimasi Parameter Fungsi <i>Velocity</i> Persentase Penduduk Miskin .....                                             | 126 |
| Lampiran 10. | <i>Output</i> Estimasi Parameter Fungsi <i>Velocity</i> IPM ....                                                                     | 127 |
| Lampiran 11. | <i>Output</i> Estimasi Parameter Fungsi <i>Velocity</i> Pertumbuhan Ekonomi .....                                                    | 128 |
| Lampiran 12. | <i>Output</i> Estimasi Parameter Fungsi <i>Acceleration</i> Persentase Penduduk Miskin .....                                         | 129 |
| Lampiran 13. | <i>Output</i> Estimasi Parameter Fungsi <i>Acceleration</i> IPM .....                                                                | 130 |
| Lampiran 14. | <i>Output</i> Estimasi Parameter Fungsi <i>Acceleration</i> Pertumbuhan Ekonomi .....                                                | 131 |
| Lampiran 15. | Kurva Fungsi <i>B-spline</i> untuk Variabel Persentase Penduduk Miskin .....                                                         | 132 |
| Lampiran 16. | Kurva <i>Velocity B-spline</i> untuk Variabel Persentase Penduduk Miskin .....                                                       | 135 |
| Lampiran 17. | Kurva <i>Acceleration B-spline</i> untuk Variabel Persentase Penduduk Miskin .....                                                   | 137 |
| Lampiran 18. | Kurva Fungsi <i>B-spline</i> untuk Variabel IPM .....                                                                                | 139 |
| Lampiran 19. | Kurva <i>Velocity B-spline</i> untuk Variabel IPM .....                                                                              | 142 |
| Lampiran 20. | Kurva <i>Acceleration B-spline</i> untuk Variabel IPM...                                                                             | 144 |
| Lampiran 21. | Kurva Fungsi <i>B-spline</i> untuk Variabel Pertumbuhan Ekonomi .....                                                                | 146 |
| Lampiran 22. | Kurva <i>Velocity B-spline</i> untuk Variabel Pertumbuhan Ekonomi .....                                                              | 149 |

|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 23. Kurva <i>Acceleration B-spline</i> untuk Variabel<br>Pertumbuhan Ekonomi .....                                                             | 151 |
| Lampiran 24. <i>Output</i> Penentuan Banyaknya <i>Cluster</i> Optimal .....                                                                             | 153 |
| Lampiran 25. <i>Output Functional Cluster Analysis</i> .....                                                                                            | 156 |
| Lampiran 26. Hasil Statistika Deskriptif masing-masing <i>Cluster</i><br>dengan BAntuan Software SPSS .....                                             | 162 |
| Lampiran 27. <i>Source Code</i> Fungsi <i>B-spline</i> , <i>Velocity</i> , dan<br><i>Acceleration</i> dengan Bantuan Software R.....                    | 166 |
| Lampiran 28. <i>Source Code</i> Penentuan Banyaknya <i>Cluster</i> Optimal<br>dan <i>Functional Cluster Analysis</i> dengan Bantuan<br>Software R ..... | 169 |



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Analisis *cluster* merupakan salah satu analisis statistika multivariat yang bertujuan untuk mengidentifikasi sekelompok objek atau variabel yang mempunyai kemiripan karakteristik tertentu, sehingga objek atau variabel berada dalam kelompok relatif lebih homogen daripada objek atau variabel yang berada pada kelompok yang lainnya (Johnson dan Wichern, 2007). Tujuan dari analisis *cluster* adalah untuk membangun kelompok homogen (*cluster*) dari pengamatan yang mewakili realisasi beberapa variabel acak  $X$ . Baru-baru ini, pendekatan probabilistik telah diperkenalkan untuk melakukan klasifikasi gagasan *cluster* melalui fungsi atau kurva. Pada pendekatan tersebut, data diwakili dengan fungsi atau kurva.

*Functional data* adalah data yang memuat informasi bervariasi dalam suatu rangkaian waktu, ruang, peluang atau dimensi apapun yang mendefinisikan pemisahan data. Adapun *Functional Data Analysis* (FDA) merupakan perluasan dari metode multivariat klasik pada data yang berbentuk fungsi atau kurva (Jacques dan Preda, 2014). Pembentukan fungsi atau kurva dapat dilakukan dengan pendekatan model nonparametrik, salah satunya yaitu *spline*. Pendekatan model nonparametrik *spline* merupakan salah satu model yang mempunyai interpretasi visual sangat khusus dan baik (Eubank, 1999). Pendekatan *spline* memiliki fleksibilitas yang tinggi dan mampu menangani pola hubungan data yang perilakunya berubah-ubah pada setiap interval tertentu. *Spline* merupakan potongan-potongan polinomial yang memiliki sifat tersegmen dan kontinu. Menurut Dass dan Shropshire (2012), fungsi yang dihasilkan dari FDA dapat digunakan untuk mengeksplorasi data lebih tinggi dari dinamika data yang diamati, misal dari turunan pertama fungsi diperoleh kecepatan dan dari turunan kedua fungsi diperoleh percepatan. Kecepatan yaitu mengukur laju perubahan fungsi dari waktu ke waktu sedangkan percepatan menunjukkan laju perubahan kecepatan dari waktu ke waktu.

Salah satu penerapan dari *Functional Data Analysis* (FDA) adalah *Functional Cluster Analysis* (FCA). Tujuan dari FCA adalah untuk mengelompokkan fungsi atau kurva yang mendasarinya.

Pengelompokan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan berbasis model (James dan Sugar, 2003).

Pengelompokan daerah berdasarkan indikator *Sustainable Development Goals* (SDGs) merupakan isu yang penting untuk dikaji. SDGs merupakan tujuan pembangunan berkelanjutan yang menjadi acuan dalam kerangka pembangunan dan perundingan negara-negara di dunia sebagai pengganti pembangunan global *Millennium Development Goals* (MDGs) yang berakhir di tahun 2015. Terdapat tujuh belas butir tujuan SDGs yang harus dicapai untuk memenuhi kesejahteraan dan pembangunan masyarakat. Menurut Hayati dan Alfana (2016), keberhasilan SDGs dapat diukur dari target pencapaian dengan menggunakan pendekatan hak penduduk sebagai fokus utama pembangunan sehingga tujuan SDGs yang menjadi target utama dalam pembangunan tersebut adalah kemiskinan, pendidikan, kesehatan dan pertumbuhan ekonomi. Pendidikan, kesehatan, pendapatan merupakan indikator yang mengukur Indeks Pembangunan Manusia (IPM), sehingga variabel yang akan digunakan pada penelitian ini adalah persentase penduduk miskin, IPM, dan pertumbuhan ekonomi.

Persentase penduduk miskin (*Head count index/HCI-P0*) adalah persentase penduduk yang berada di bawah garis kemiskinan. Kemiskinan diangkat sebagai tujuan utama dari SDGs tentu bukan tanpa alasan. Peningkatan kesejahteraan yang terukur dari penurunan tingkat kemiskinan merupakan cerminan keberhasilan pembangunan yang didambakan setiap negara, termasuk Indonesia (BPS, 2007). IPM merupakan indikator penting untuk mengukur keberhasilan dalam upaya membangun kualitas hidup manusia (masyarakat/penduduk). IPM juga digunakan sebagai salah satu alokator penentuan Dana Alokasi Umum (DAU). IPM menjelaskan bagaimana penduduk dapat mengakses hasil pembangunan dalam memperoleh pendapatan, kesehatan, pendidikan, dan sebagainya. Adapun pertumbuhan ekonomi menurut Jhingan (2000) adalah kenaikan jangka panjang dalam kemampuan suatu negara untuk menyediakan semakin banyak jenis barang-barang ekonomi kepada penduduknya.

Pengelompokan daerah perlu dilakukan untuk mengetahui daerah-daerah yang memiliki tingkat kemiskinan, IPM (seperti pelayanan kesehatan, pendidikan, dan pendapatan), dan laju pertumbuhan ekonomi pada *cluster* rendah hingga tinggi. Informasi ini dapat menjadi pertimbangan pemerintah dalam menentukan prioritas kebijakan seperti

menambah pembangunan dalam bidang lapangan pekerjaan pada *cluster* yang memiliki tingkat kemiskinan tinggi. Menambah pembangunan dalam bidang kualitas hidup khususnya pendidikan dan kesehatan, pada *cluster* yang memiliki IPM rendah. Menambah pembangunan dalam bidang produksi barang dan jasa pada *cluster* yang memiliki pertumbuhan ekonomi rendah agar tujuan dari SDGs dapat tercapai dengan maksimal.

Jawa Timur merupakan sebuah provinsi di bagian timur Pulau Jawa, Indonesia. Ibu kota provinsi Jawa Timur terletak di Surabaya, dengan luas wilayah sebesar 47.922 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk sebanyak 42.030.633 jiwa (sensus 2017). Jawa Timur memiliki wilayah terluas diantara 6 provinsi di Pulau Jawa dan memiliki jumlah penduduk terbanyak kedua di Indonesia setelah Jawa Barat (BPS, 2014). Jawa Timur juga menjadi provinsi yang memiliki jumlah penduduk miskin terbanyak kedua setelah Jawa Barat dan sangat memerlukan bantuan pembangunan di berbagai indikator SDGs agar tujuan dari SDGs Jawa Timur tercapai dengan baik. Berdasarkan hal tersebut, penelitian mengenai variabel yang berpengaruh terhadap indikator SDGs di Jawa Timur penting dilakukan sebagai bahan referensi pemerintah dalam upaya menekan angka pembangunan yang adil dan merata.

Pada penelitian sebelumnya tentang *Functional Cluster Analysis* telah diteliti oleh Ordones, dkk. (2016) yang membandingkan FCA dengan pendekatan parametrik *K-Means* untuk mengelompokkan berbagai sampel yang sesuai dengan ukuran partikel dari sedimen. Hasil pengelompokan dengan FCA secara keseluruhan lebih baik dibandingkan *K-Means*. Dass dan Shropshire (2012) meneliti ukuran kinerja keuangan perusahaan dari kumpulan data panel dengan menggunakan FPCA, *functional regression*, dan *functional clustering*. James dan Sugar (2018) juga meneliti mengenai pengelompokan *functional data* dengan pendekatan berbasis model. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai pemodelan *Functional Cluster Analysis* untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur berdasarkan indikator SDGs yang menjadi fokus utama pembangunan, meliputi: persentase penduduk miskin, IPM, pertumbuhan ekonomi.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana penerapan FCA dengan

pendekatan berbasis model dalam pengelompokan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan indikator prioritas SDGs?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk menerapkan FCA dalam mengelompokkan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan indikator prioritas SDGs.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan wawasan keilmuan yang lebih kepada penulis dan kepada masyarakat pada umumnya tentang FCA.
2. Menambah informasi kepada pemerintah khususnya Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS) dalam penentuan DAU untuk peningkatan pembangunan di kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur.

### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data panel mengenai persentase penduduk miskin, IPM, dan pertumbuhan ekonomi di kabupaten/kota di Jawa Timur tahun 2002-2017.
2. Variabel penelitian ini dibatasi sebanyak 3 variabel yaitu persentase penduduk miskin, IPM, dan pertumbuhan ekonomi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Analisis Cluster

Analisis *cluster* merupakan suatu analisis multivariat yang digunakan untuk mengelompokkan objek pengamatan menjadi beberapa kelompok (*cluster*) berdasarkan kesamaan atau kemiripan karakteristik antar objek-objek yang diteliti (Johnson dan Wichern, 2007). Menurut Rencher (2002), dalam analisis *cluster* yang dilakukan adalah mencari pola dalam kumpulan data dengan mengelompokkan observasi ke dalam *cluster*. Tujuannya adalah untuk menemukan pengelompokan optimal dengan pengamatan atau objek dalam setiap *cluster* serupa, tetapi antar *cluster* yang satu dengan yang lain berbeda. Hasil pengelompokan sekumpulan objek akan memiliki homogenitas yang tinggi antar anggota dalam satu *cluster* (*within cluster*) dan heterogenitas yang tinggi antar *cluster* yang satu dengan *cluster* yang lainnya (*between cluster*). Jumlah kelompok yang dapat diidentifikasi tergantung pada banyak data objek. Ciri-ciri suatu *cluster* dikatakan baik adalah mempunyai homogenitas internal, yaitu kesamaan antar anggota dalam satu kelompok dan heterogenitas eksternal, yaitu perbedaan antara kelompok yang satu dengan kelompok yang lain (Hair dkk., 2010).

Manfaat dari pengelompokan antara lain untuk eksplorasi data, reduksi data, dan pelapisan atau stratifikasi data. Eksplorasi data dilakukan untuk memperoleh gambaran tentang informasi yang ada dalam data. Hasil pengelompokan dapat digunakan sebagai pelapisan atau stratifikasi dalam penarikan contoh atau penggolongan tipe objek (Siswadi dan Suharjo, 1998).

Secara umum analisis *cluster* dibagi menjadi dua metode, yaitu metode hierarki dan metode non-hierarki. Metode hierarki adalah suatu metode pengelompokan data yang dimulai dengan mengelompokkan dua atau lebih objek yang memiliki kemiripan paling dekat, kemudian proses dilanjutkan ke objek lain yang memiliki kedekatan kedua. Demikian seterusnya sehingga *cluster* akan membentuk semacam pohon dengan hierarki (tingkatan) yang jelas antar objek, dari yang paling mirip sampai yang paling tidak mirip. Berbeda dengan metode hierarki, metode non-hierarki dimulai dengan menentukan terlebih

dahulu banyak *cluster* yang diinginkan. Dalam hal ini proses *cluster* dilakukan setelah banyak *cluster* diketahui tanpa mengikuti proses hierarki (Santoso, 2010).

## 2.2. Functional Data Analysis (FDA)

### 2.2.1. Pengertian Functional Data Analysis

*Functional Data Analysis* (FDA) pertama kali diperkenalkan oleh Ramsay pada tahun 1982. *Functional Data Analysis* (FDA) merupakan perluasan dari metode multivariat klasik ketika data berbentuk fungsi atau kurva (Jacques dan Preda, 2014). FDA mengacu pada analisis statistik dari sampel data yang terdiri atas fungsi acak, dimana setiap fungsi dilihat sebagai satu elemen sampel.

*Functional Data* dibentuk pada data yang tiap pengamatannya berupa kurva. Bila pengukuran yang dilakukan secara kontinu dari waktu ke waktu, maka kumpulan titik-titik pengamatan tersebut akan membentuk kurva. Menurut Benko (2004), cara implementasi FDA yang paling populer adalah menggunakan perluasan basis fungsional. Prinsipnya semua pemodelan dapat dikonversikan menjadi *functional data* yang merupakan kombinasi linier dari basis fungsi. Basis fungsi yang digunakan dalam FDA adalah basis *Fourier*, basis polinomial, dan basis *B-spline*. Kelebihan data fungsional dibandingkan dengan data biasa adalah dapat mengatasi kendala autokorelasi dan dapat melihat karakteristik pola data secara berkala atau *series*.

Menurut Strandberg (2013), *Functional data* biasanya diamati secara diskret dan dapat dikatakan bahwa pengamatan fungsional dari satu fungsi  $x(t)$  terdiri dari  $n$  pasangan  $(t_i, y_i)$ , di mana skalar  $y_i$  adalah pengamatan fungsi  $x(t)$  pada waktu  $t_i$ . Secara rumus, dapat ditulis sebagai berikut:

$$y_i = x(t_i) + \varepsilon_i, i = 1, \dots, n \quad (2.1)$$

Dimana:  $t_i = [t_1, \dots, t_n]$

$t_i$  : variabel prediktor ke- $i$

$y_i$  : variabel respon ke- $k$  pada pengamatan ke- $i$ ,

$\varepsilon_i$  : galat yang diasumsikan menyebar NIID  $(0, \sigma^2)$

$x(t)$  : variabel acak yang kontinu pada  $t$

FDA berbeda dengan pendekatan *time series*, karena desain *sampling* sangat fleksibel, dimana data tidak perlu dilakukan kestasioneritasan dan pemodelan *Autoregressive-Moving Average* juga

tidak dilakukan. Pendekatan model FDA pada umumnya adalah nonparametrik, sehingga dimungkinkan untuk pemodelan fleksibel.

Tiga penerapan FDA yang telah menarik perhatian khusus adalah *Functional Principal Components Analysis* (FPCA), *Functional Regression* dan *Functional Clustering*. *Functional Principal Components Analysis* (FPCA) berguna dalam menentukan faktor-faktor umum atau pola yang ada dalam dinamika fungsi yang mendasarinya. *Functional regression* menguji hubungan antara fungsi yang didapatkan (variabel dependen fungsional) dan prediktor yang mempengaruhi hasil. *Functional clustering* membentuk hubungan antar fungsi dan menggunakan informasi untuk mengelompokkan unit analisis yang sesuai.

### 2.2.2. Tujuan *Functional Data Analysis*

Menurut Ramsey dan Silverman (2005) terdapat beberapa tujuan dari *Functional Data Analysis*, yaitu:

1. Untuk mempresentasikan data dalam berbagai cara untuk membantu analisis lebih lanjut
  2. Untuk menggambarkan data secara jelas dengan berbagai karakteristik yang sangat bervariasi
  3. Untuk mempelajari sumber dari pola dan variasi dari data
  4. Untuk membandingkan dua atau lebih variabel fungsional
- Langkah-langkah pertama dalam analisis *functional data*, yaitu:
- a. Representasi data dengan perataan dan interpolasi
  - b. Pendataan data atau penyelarasan ciri-ciri
  - c. Menampilkan data
  - d. Plot *velocity* dan *acceleration*

### 2.2.3. Pembentukan Fungsi berdasarkan Fungsi Basis

Menurut Ramsay dan Silverman (2005), suatu sistem fungsi basis adalah sekumpulan fungsi yang diketahui secara matematis independen satu sama lain dan memiliki properti yang dapat kita dekati dengan fungsi apapun sehingga baik untuk mengambil suatu penjumlahan atau kombinasi linier dari suatu jumlah  $k$  yang cukup besar dari fungsi-fungsi ini. Salah satu cara paling umum untuk memperkirakan  $x(t)$  adalah dengan menggunakan fungsi dasar dari kombinasi linier pada persamaan (2.2).

$$x(t) = \sum_{k=1}^K c_k \phi_k(t) \quad (2.2)$$

dimana:

$\phi_k$  : Fungsi basis  $k$  ;  $k = 1, 2, \dots, K$

$c_k$  : Koefisien fungsi  $k$  ;  $k = 1, 2, \dots, K$

$\underline{c}$  didefinisikan sebagai vektor dari koefisien  $c_k$  dengan panjang  $k$  dan  $\underline{\phi}$  sebagai vektor fungsional yang elemen-elemennya adalah fungsi dasar  $\phi_k$ , kita juga dapat menyatakan fungsi (2.2) dalam notasi matriks sebagai berikut:

$$\underline{x} = \underline{c}^T \underline{\phi} = \underline{\phi}^T \underline{c} \quad (2.3)$$

Koefisien ( $c_1, \dots, c_K$ ) dapat ditentukan dengan meminimalkan jumlah kuadrat galat berikut ini.

$$SSE = \sum_{i=1}^n \left[ y_i - \sum_{k=1}^K c_k \phi_k(t_i) \right]^2 \quad (2.4)$$

Jika ditulis dalam bentuk vektor dan matriks adalah sebagai berikut:

$$\underline{c} = (c_1, c_2, \dots, c_K)^T \quad (2.5)$$

$$\underline{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T \quad (2.6)$$

Sehingga persamaan (2.4) dapat dinyatakan dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$SSE = (\underline{y} - \Phi \underline{c})^T (\underline{y} - \Phi \underline{c}) \quad (2.7)$$

Estimasi kuadrat terkecil dari koefisien vektor  $\underline{c}$  diperoleh dari turunan persamaan (2.4) yang berkaitan dengan  $\underline{c}$ , kemudian persamaan disamadengankan nol untuk memperoleh koefisien  $\underline{c}$ . Penaksir  $\hat{x}(t)$  diperoleh menggunakan hasil estimasi nilai  $\underline{c}$  sebagai berikut.

$$\hat{\underline{c}} = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T \underline{y} \quad (2.8)$$

Menurut Dass dan Shropshire (2012), fungsi yang dihasilkan dari FDA dapat digunakan untuk mengeksplorasi data lebih tinggi dari dinamika data yang diamati, misalnya turunan pertama dari fungsi yang ditemukan dapat menghasilkan kecepatan dan turunan kedua dari fungsi yang ditemukan dapat menghasilkan percepatan. Kecepatan sendiri mengukur laju perubahan fungsi dari waktu ke waktu dan percepatan menunjukkan laju perubahan kecepatan dari waktu ke waktu.

#### 2.2.4. Rata-rata dan Ragam *Data Functional*

Statistika deskriptif klasik data univariat yang telah dikenal pada umumnya berlaku sama untuk *functional data*. Fungsi rata-rata dari *functional data* dapat ditulis dengan rumus:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i(t) \quad (2.9)$$

keterangan:

$x_i(t)$  : variabel acak yang kontinu pada  $t$

$\bar{x}$  : rata-rata dari variabel acak yang kontinu pada  $t$

$N$  : banyaknya pengamatan

sedangkan fungsi ragam dari *functional data* dapat ditulis dengan rumus:

$$\text{var } x(t) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N [x_i(t) - \bar{x}(t)]^2 \quad (2.10)$$

keterangan:

$\text{Var } x(t)$  : ragam dari variabel acak yang kontinu pada  $t$

$x_i(t)$  : variabel acak yang kontinu pada  $t$

$\bar{x}(t)$  : rata-rata dari variabel acak yang kontinu pada  $t$

$N$  : banyaknya pengamatan

### 2.2.5. Fungsi Kovarians dan Korelasi

Fungsi kovarians meringkas ketergantungan catatan di antara nilai-nilai argumentasi yang berbeda dan dihitung untuk semua  $t_1$  dan  $t_2$  oleh persamaan (2.11).

$$\text{cov } x(t_1, t_2) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \{x_i(t_1) - \bar{x}(t_1)\} \{x_i(t_2) - \bar{x}(t_2)\} \quad (2.11)$$

keterangan:

$\text{cov } x(t_1, t_2)$  : kovarian antara variabel  $x$  yang kontinu pada  $t_1$  dengan  $t_2$

$x_i(t_1)$  : variabel acak yang kontinu pada  $t_1$

$x_i(t_2)$  : variabel acak yang kontinu pada  $t_2$

$\bar{x}(t_1)$  : rata-rata dari variabel acak yang kontinu pada  $t_1$

$\bar{x}(t_2)$  : rata-rata dari variabel acak yang kontinu pada  $t_2$

$N$  : banyaknya pengamatan

Sedangkan fungsi korelasi dari *functional data* dapat ditulis dengan rumus pada persamaan (2.12).

$$\text{corr } x(t_1, t_2) = \frac{\text{cov } x(t_1, t_2)}{\sqrt{\text{var } x(t_1) \text{ var } x(t_2)}} \quad (2.12)$$

keterangan:

$\text{corr } x(t_1, t_2)$ : korelasi antara variabel  $x$  yang kontinu pada  $t_1$  dengan  $t_2$

$\text{cov } x(t_1, t_2)$  : kovarian antara variabel  $x$  yang kontinu pada  $t_1$  dengan  $t_2$

var  $x(t_1)$  : variabel acak  $x$  yang kontinu pada  $t_1$   
var  $x(t_2)$  : variabel acak  $x$  yang kontinu pada  $t_2$

### 2.2.6. Pembentukan Fungsi Dasar Nonparametrik

Model nonparametrik mulai dikenal sekitar abad 19, tepatnya pada tahun 1857 (Hardle, 1990). Model nonparametrik digunakan apabila asumsi model parametrik tidak terpenuhi, salah satunya adalah karena kurva tidak mengikuti standar linier, kuadratik dan polinomial. Pendekatan nonparametrik menyesuaikan dengan data yang memiliki pola tidak diketahui bentuk kurvanya atau tidak terdapat informasi masa lalu yang lengkap tentang bentuk pola data (Eubank, 1999). Dalam aplikasi, untuk memperoleh fungsi tersebut secara tepat sangat sulit bahkan seringkali ditemukan gejala yang menunjukkan bahwa data yang diperoleh tidak atau belum menunjukkan pola hubungan yang mudah untuk digambarkan. Secara visual, jenis model ini memiliki bentuk pola yang tidak dapat diidentifikasi.

Pendekatan model nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi, karena data diharapkan memperoleh bentuk penduga fungsi atau kurva dengan sendirinya tanpa dipengaruhi oleh faktor subyektifitas peneliti (Eubank, 1999). Selain itu, kurva model nonparametrik hanya diasumsikan *smooth* (mulus), artinya termuat di dalam suatu ruang fungsi tertentu (Wu dan Zhang, 2006). Pendekatan model nonparametrik paling banyak dikembangkan oleh para peneliti, adalah *spline*. Pendekatan nonparametrik digunakan jika kurva regresi tidak/belum diketahui bentuknya, sehingga bentuk penduga kurva regresi ditentukan berdasarkan pada data yang ada (Eubank, 1999). Model nonparametrik secara umum dapat dilihat pada persamaan (2.1). Jika persamaan (2.1) ditulis dalam bentuk matriks akan menjadi:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x(t_1) \\ x(t_2) \\ x(t_3) \\ \vdots \\ x(t_n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

Maka matriks pada persamaan (2.13) dapat dituliskan dalam bentuk persamaan matriks sebagai berikut:

$$y_i = x(t_i) + \varepsilon_i; i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.14)$$

(Eubank, 1999)

di mana  $\underline{x}(t)$  adalah bentuk kurva atau fungsi yang tidak diketahui dan  $\varepsilon_i \sim N_n(0, \Sigma)$  yaitu galat identik berdistribusi normal multivariat dengan nilai tengah vektor nol dan ragam homogen.

Ada beberapa pendekatan untuk menaksir fungsi  $x(t_i)$  dalam model nonparametrik antara lain pendekatan *kernel*, *spline*, dan *K-Nearest Neighbor* (Hardle, 1990), *Estimator Deret Fourier* (Eubank, 1988). Pendekatan nonparametrik *spline* merupakan salah satu model yang mempunyai interpretasi visual sangat khusus dan baik (Eubank, 1999). Pendekatan *spline* baik untuk model nonparametrik karena memiliki fleksibilitas yang tinggi dan mampu menangani pola hubungan data yang perilakunya berubah-ubah pada setiap interval tertentu.

### 2.2.7. B-Spline

Menurut Budiantara (2006), *spline* merupakan model yang memiliki karakteristik khusus dan fleksibilitas yang baik dalam menyesuaikan pola perilaku data. *Spline* merupakan potongan polinomial yang memiliki sifat tersegmen. Sifat inilah yang memberikan fleksibilitas yang lebih dari pada polinomial biasa, sehingga memungkinkan untuk menyesuaikan diri secara efektif terhadap karakteristik lokal dari suatu fungsi (Eubank, 1999). Pendekatan *spline* dilakukan pada segmentasi  $x$  untuk membangun fungsi  $x(t)$  dengan membagi pengamatan  $x$  berdasarkan titik-titik  $x$  yang disebut knot. Penalti yang digunakan adalah penalti pada kekasaran/kemulusan fungsi dugaan yang diinginkan.

Pada fungsi dasar pada persamaan (2.2), penetapan sistem fungsi dasar  $\phi_k(t)$  memiliki sifat-sifat penting sebagai berikut:

1. Setiap fungsi basis  $\phi_k(t)$  memiliki fungsi *spline* sebagaimana didefinisikan oleh urutan  $m$ .
2. Setiap kombinasi dari fungsi basis ini adalah fungsi *spline* karena kelipatan fungsi *spline* masih merupakan fungsi *spline*, dan penjumlahan *spline* juga merupakan *spline*,
3. Setiap fungsi *spline* dapat dinyatakan sebagai kombinasi linier dari fungsi dasar ini.

*Spline* mempunyai keunggulan dalam mengatasi pola data yang menunjukkan naik atau turun yang tajam dengan bantuan titik-titik knot serta kurva yang dihasilkan relatif mulus. Jika ingin menaksir kurva

regresi nonparametrik *spline*, maka dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara berikut:

1. Mencari model *spline* optimal dengan cara memilih parameter pemulus  $\lambda$  optimal.
2. Mencari model *spline* optimal dengan cara memilih titik knot optimal.

Titik knot merupakan titik perpaduan bersama yang memperlihatkan terjadinya perubahan perilaku dari fungsi *spline* pada interval-interval yang berbeda. Peran titik knot dan parameter pemulus  $\lambda$  dalam model *spline* adalah serupa tetapi kemampuan menaksir *spline* dengan memilih parameter pemulus optimal tidak terlihat secara eksplisit dan visual. Dalam persoalan praktis, bentuk visual sangat membantu dalam pemodelan awal maka pemilihan titik knot adalah optimal dalam regresi nonparametrik *spline* karena cenderung lebih mudah dan lebih disukai dibandingkan dengan pemilihan parameter pemulus optimal. Penelitian ini menerapkan *spline* dengan pendekatan *B-spline* karena *B-spline* sangat efisien pada aspek komputasi.

Misal diberikan sebuah fungsi  $x(t)$  dimana bentuk kurva dari fungsi tersebut tidak diketahui, sehingga perlu dilakukan suatu pendekatan fungsi. Salah satu pendekatannya adalah dengan menggunakan basis *spline* yaitu *B-spline*. Jadi, jika fungsi dari persamaan (2.2) didekati dengan *B-spline* maka dapat ditulis menjadi persamaan berikut ini.

$$x(t) = \sum_{j=1}^{m+K} c_j B_{j-m,m}(t) \quad (2.15)$$

(Ramsay dan Silverman, 2005)

Notasi  $B_{j-m,m}(t)$  adalah basis *B-spline* dan  $c_1, c_2, \dots, c_{m+K}$  adalah koefisien dari fungsi. Cara membangun fungsi *B-Spline* orde  $m$  dengan titik knot  $a < u_1 < u_2 < \dots < u_k < b$  adalah dengan terlebih dahulu mendefinisikan knot tambahan sebanyak  $2m$  yaitu:

$$u_{-(m-1)} < \dots < u_{-1} < u_0 < \dots < u_{K-m},$$

dimana

$$u_{-(m-1)} = \dots = u_0 = a \text{ dan } u_{k+1} = \dots = u_{K+m} = b,$$

biasanya  $a$  diambil dari nilai minimum  $t$  dan  $b$  diambil dari nilai maksimum  $t$ .

Fungsi *B-Spline* secara rekursif didefinisikan sebagai:

$$B_{j,m}(t) = \frac{t - u_j}{u_{j+m-1} - u_j} B_{j,m-1}(t) + \frac{u_{j+m} - t}{u_{j+m} - u_{j+1}} B_{j+1,m-1}(t) \quad (2.16)$$

$$\text{dengan } B_{j,1}(t) = \begin{cases} 1, & x \in [k_j, k_{j+1}] \\ 0, & \text{untuk } x \text{ yang lainnya} \end{cases} \quad (2.17)$$

(Eubank, 1999)

Dengan  $m$  adalah derajat  $B$ -spline, untuk  $m=2$  memberikan fungsi  $B$ -spline linier,  $m=3$  memberikan fungsi  $B$ -spline kuadratik,  $m=2$  memberikan fungsi  $B$ -spline kubik (Budiantara., 2006). Untuk menduga koefisien  $c$  pada persamaan (2.15), didefinisikan matriks:

$$\mathbf{B}(\mathbf{t}) = \begin{pmatrix} B_{1-m,m}(t_1) & B_{1-m,m}(t_1) & \dots & B_{K,m}(t_1) \\ B_{1-m,m}(t_2) & B_{2-m,m}(t_1) & \dots & B_{K,m}(t_2) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ B_{1-m,m}(t_n) & B_{2-m,m}(t_n) & \dots & B_{K,m}(t_n) \end{pmatrix} \quad (2.18)$$

dengan  $\mathbf{B}(\mathbf{t})$  adalah sebuah matriks berukuran  $n \times (m+K)$ .

selanjutnya akan diperoleh estimasi parameter  $B$ -spline dengan menggunakan metode kuadrat terkecil secara rekursif. Estimasi parameter  $B$ -spline diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{\mathbf{c}} = \mathbf{B}^T(\mathbf{t})\mathbf{B}(\mathbf{t})^{-1} \mathbf{B}^T(\mathbf{t})\mathbf{Y} \quad (2.19)$$

Cara yang populer untuk mengukur kekasaran suatu fungsi adalah *Roughness Penalty* (PEN). Menurut Györfy (2002), *Roughness Penalty* (PEN) dapat dinyatakan sebagai integral dari kuadrat turunan kedua suatu fungsi yang sering disebut kelengkungan pada  $t$ , atau dapat ditulis dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{PEN}^2 &= \int [D^2 x(t)]^2 dt \\ &= \int [D^2 \mathbf{c}^T \mathbf{B}_k(\mathbf{t})]^2 dt \\ &= \int [D^2 \mathbf{c}^T \mathbf{B}_k(\mathbf{t})] [D^2 \mathbf{c}^T \mathbf{B}_k(\mathbf{t})] dt \\ &= \int \mathbf{c}^T D^2 \mathbf{B}_k(\mathbf{t}) D^2 \mathbf{B}_k^T(\mathbf{t}) \mathbf{c} dt \\ &= \mathbf{c}^T \left[ \int D^2 \mathbf{B}_k(\mathbf{t}) D^2 \mathbf{B}_k^T(\mathbf{t}) dt \right] \mathbf{c} \end{aligned} \quad (2.20)$$

dimana  $D^2 x(t)$  adalah turunan kedua dari fungsi  $x(t)$ .

Dalam rangka mengatasi kesalahan non stasioner dan/atau korelasi perlu memberikan pembobot residual pada persamaan (2.4). Tujuannya adalah untuk menemukan fungsi  $x^{(j)}$  yang meminimalkan

jumlah kuadrat residual, sehingga perlu mengubah ukuran ketepatan metode kuadrat terkecil untuk menghitung *roughness penalty* (PEN) dalam mendefinisikan  $x(t)$ . Jadi persamaan (2.4) dapat diubah menjadi persamaan sebagai berikut:

$$\text{PENSS} = \sum_j^n \left[ y_i^{(j)} - x^{(j)}(t_i) \right]^2 + \lambda \times \text{PEN}_2^{(j)} \quad (2.21)$$

dimana:

- $y_i^{(j)}$  : nilai pengamatan ke- $j$  untuk kumpulan  $i$
- $x^{(j)}(t_i)$  : nilai fungsional sesuai yang diperoleh dari *smoothed spline*
- $\lambda$  : parameter pemulus yang memberikan *tradeoff* antara fit  $\left[ \left( y_i^{(j)} - x^{(j)}(t_i) \right)^2 \right]$

$\text{PEN}_2$  : *roughness penalty function* pada orde kedua  
(Ramsay dan Silverman, 2005)

Parameter pemulus  $\lambda$  menentukan penekanan untuk jangka pendek yang membatasi kelengkungan relatif terhadap *goodness of fit* yang dikualifikasikan dalam jumlah kuadrat galat.

Menurut Dass dan Shropshire (2012), fungsi yang dihasilkan dapat dianalisis lebih lanjut untuk menghitung turunan orde tinggi, yaitu orde turunan pertama menghasilkan kecepatan dan orde turunan kedua menghasilkan percepatan. Turunan hanya bisa dihitung ketika fungsi tersebut menggunakan polinomial orde 3 atau lebih, sehingga membutuhkan setidaknya empat titik waktu dalam data. Penelitian ini menggunakan pendekatan *B-spline* yang dikembangkan untuk meminimalkan  $\text{PENSS}_{\lambda, m}^{(j)}$ .

## 2.2.8. Pemilihan Model *B-spline* Terbaik

Menurut Budiantara (2009), untuk menentukan penduga *spline* yang paling sesuai dengan pola data diperlukan pemilihan parameter pemulus ( $\lambda$ ) optimal. Jika nilai parameter pemulus sangat kecil ( $\lambda$  mendekati nol) maka penduga *spline* akan sangat kasar, sedangkan jika parameter pemulus sangat besar ( $\lambda$  mendekati tak terhingga) maka penduga *spline* akan sangat mulus. Pemilihan parameter pemulus yang optimal dapat menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Menurut Fernandes (2015) untuk memilih parameter pemulus yang optimal adalah dengan meminimumkan fungsi GCV terboboti sebagai berikut. Rumus untuk menghitung nilai GCV, ditulis sebagai berikut:

$$GCV(\lambda) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i - x(t_i)}{1 - \frac{v}{n}} \right)^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x(t_i))^2}{n[1 - n^{-1}tr(\mathbf{L})]^2} = \frac{MSE(\lambda)}{(n^{-1}[tr(\mathbf{I} - \mathbf{L})])^2} \quad (2.22)$$

Keterangan:

- $\mathbf{L}$  : matriks pemulus;  $\mathbf{L} = \mathbf{B}(\mathbf{B}^T \mathbf{B})^{-1} \mathbf{B}^T$   
 $\mathbf{I}$  : matriks identitas  
 $n$  : banyaknya pengamatan  
 $v$  : derajat kebebasan yang efektif;  $v = tr(\mathbf{L}) \leq n$   
 $y_i$  : nilai pengamatan ke- $i$   
 $x(t_i)$  : nilai fungsional sesuai yang diperoleh dari *smoothed spline*

Baru-baru ini, pendekatan probabilistik telah diperkenalkan untuk melakukan klasifikasi gagasan *cluster* melalui fungsi atau kurva. Pada pendekatan tersebut, data diwakili dengan fungsi atau kurva.

Salah satu penerapan metode tersebut adalah *Functional Cluster Analysis* (FCA). Pada fungsi atau kurva dasar yang telah dihasilkan dari pendekatan nonparametrik *B-spline* dapat dilakukan pengelompokan kurva dengan metode FCA tersebut.

## 2.3. Functional Cluster Analysis (FCA)

### 2.3.1. Pengertian Functional Cluster Analysis (FCA)

*Functional Cluster Analysis* (FCA) merupakan suatu analisis yang dilakukan dengan menggunakan *functional data* untuk mengelompokkan unit analisis berdasarkan fungsi yang mendasarinya (James dan Sugar, 2003). Serangkaian kurva yang dihasilkan dari algoritma *clustering* dapat digunakan untuk membentuk beberapa *cluster* sedemikian rupa sehingga kurva *within cluster* memiliki kemiripan satu sama lain dan memiliki perbedaan antar kelompok lain. Proses yang dilakukan pada data fungsional ini berbeda dengan algoritma *clustering* yang biasa dilakukan pada data diskrit. Sebelum melakukan FCA, langkah awal yang dilakukan antara lain:

1. Menemukan fungsi yang mendasari untuk setiap kabupaten/kota dengan memperkirakan persamaan (2.15).
2. Menormalkan waktu antara 0 dan 1 untuk memudahkan dalam menafsirkan hasil. Ini dilakukan dengan membagi setiap titik waktu dengan jumlah total titik data yang mungkin (Reddy & Dass, 2006).

3. Memperkirakan tingkat perubahan indikator penelitian (kecepatan/ *velocity*) dari hasil turunan pertama.
4. Memperkirakan laju perubahan kecepatan (percepatan/ *acceleration*) dari hasil turunan kedua yang memeriksa dinamika tingkat yang lebih tinggi.

Ada beberapa metode pengelompokan seperti *K-Means clustering*, *Hierarchical clustering* dan pengelompokan berbasis model. Pengelompokan berbasis model mengasumsikan bahwa objek dibentuk dari beberapa model. Model ini kemudian digunakan untuk menentukan *cluster* dan menetapkan anggota *cluster* yang sesuai.

Penelitian ini menggunakan pengelompokan berbasis model pada suatu fungsi yang dihasilkan dari *smooth* basis dalam mengidentifikasi jumlah kelompok berdasarkan pada perbedaan dalam *cluster*. Pada *functional data* Pengukuran kedekatan yang digunakan yaitu *Between-Segment Distances* (BSD) untuk mengidentifikasi jumlah kelompok, sedangkan untuk menghitung jarak kurva pada teknik pengelompokan berbasis model ini adalah menentukan jarak untuk setiap kurva ke semua pusat *cluster* dengan menentukan jumlah jarak kuadrat antara kurva dan pusat *cluster* pada titik waktu yang tersedia dan membaginya dengan jumlah titik waktu untuk kurva yang sesuai.

### 2.3.2. Model Curve Clustering

Menurut Gaffney (2004), *Density estimation* adalah teknik probabilistik standar yang dapat digunakan untuk meringkas kumpulan data. Teknik parametrik yang pertama kali mengasumsikan bentuk fungsional untuk *probability density function* (PDF), misalnya distribusi normal. Proses ketepatan melibatkan pengaturan nilai-nilai dari parameter distribusi seperti rata-rata dan varians sehingga menghasilkan *density* yang cocok dengan distribusi data. Proses ketepatan biasanya dilakukan menggunakan salah satu dari sejumlah metode, yaitu: metode momen, *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), *Maximum a Posteriori* (MAP) atau teknik *Bayesian*.

Keuntungan khusus dari pendekatan probabilistik adalah komponen PDF dapat didefinisikan pada data non-vektor. Misalnya, anggaplah bahwa  $y_i$  sekarang adalah urutan pengukuran jarak kurva  $n_i$  yang diamati pada titik waktu  $n_i$  di  $t_i$ . Mendefinisikan model probabilistik bersyarat *cluster*-spesifik yang menghubungkannya dengan  $t_i$ . Sama seperti pada bagian sebelumnya, *density* keseluruhan  $y_i$

adalah PDF komponen campuran. Bentuk *density* dapat ditulis sebagai berikut:

$$p(\mathbf{y}_i | \mathbf{t}_i, \Theta) = \sum_k^K \alpha_k p_k(\mathbf{y}_i | \mathbf{t}_i, \theta_k) \quad (2.23)$$

Keterangan:

$\alpha_k$  : bobot campuran ke- $k$  ;  $\sum \alpha_k = 0$

$p_k$  : densitas komponen ke- $k$

$\theta_k$  : vektor parameter ke- $k$

$\alpha_k$  adalah pusat *cluster* yang diproyeksikan. Bobot campuran  $\alpha_k$  akan meminimalkan jumlah kesalahan yang diharapkan. Jadi tidak ada informasi pengelompokan yang hilang melalui proyeksi  $y_i$  ke ruang dimensi yang lebih rendah. Kepadatan komponen  $p_k$  memodelkan masing-masing subbagian kepadatan tertentu, sedangkan campuran  $p$  merangkum semua subbagian yang sesuai dengan bobot campuran  $\alpha_k$ .

Kepadatan campuran bersyarat ini didefinisikan pada kurva sebagai objek lawan vektor-vektor yang panjang dan tetap. Kepadatan kurva ini dapat digunakan sebagai pengganti kepadatan campuran untuk sampai pada prosedur pengelompokan berbasis model kurva. Tahapan untuk mendapatkan model kurva campuran adalah sebagai berikut:

1. Tentukan kurva ke- $i$  untuk *cluster*  $k$  dengan probabilitas  $\alpha_k$
2. Hasilkan kurva rata-rata untuk *cluster*  $k$  sesuai dengan model kepadatan komponen  $p_k$
3. Definisikan kurva ke- $i$  agar sama dengan kurva rata-rata ditambah beberapa *generated noise* yang dihasilkan secara acak (misalnya, tambahkan istilah *Gaussian error*)

Landasan dari model pengelompokan kurva yang didefinisikan dengan cara ini ada dua bagian. Pertama, kerangka campuran mengarah ke algoritma pembelajaran berdasarkan *Expectation Maximization* (EM). EM adalah prosedur *maximum likelihood* yang berulang dan menyediakan suatu kerangka kerja yang efisien untuk estimasi parameter dalam konteks campuran. Kedua, PDF bersyarat secara langsung menyediakan model kurva yang menangani jarak kurva variabel, pengukuran acak interval, pengamatan yang hilang, dan penanganan kendala *smoothness* secara eksplisit (Gaffney, 2004).

Misalkan terdapat kumpulan data  $Y$  dari kurva sebagai  $\{y_1, \dots, y_i, \dots, y_n\}$ . Setiap kurva memiliki jarak (yang mungkin unik) dari  $n_i$  dengan pengukuran yang diamati pada titik-titik waktu di  $t_i$ . Hubungan regresi

polinomial antara  $y_i$  dan  $t_i$  pada orde  $p$  diasumsikan dengan Gaussian aditif *error* (asumsi umum di hadapan beberapa efek *exogenous*, *unexplained*). Model  $y_i$  pada  $t_i$  dapat diringkas dengan persamaan berikut:

$$\mathbf{y}_i = \boldsymbol{\beta} \mathbf{t}_i + \boldsymbol{\varepsilon}_i ; \boldsymbol{\varepsilon}_i \sim N(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I}) \quad (2.24)$$

Berdasarkan persamaan (2.20) dengan menggunakan model *error* mendefinisikan PDF bersyarat yang diberikan  $t_i$  sebagai  $N(y_i | \boldsymbol{\beta}, \sigma^2 \mathbf{I})$ . PDF tersebut digabungkan ke dalam kepadatan campuran dengan menambahkan ketergantungan PDF dalam  $k$ . Dalam notasi, ketergantungan ini ditambahkan dalam bentuk subskrip pada parameter sebagai  $\{\boldsymbol{\beta}_k, \sigma_k^2\}$ . Penggabungan PDF pada *cluster-dependent* ke dalam kepadatan campuran bersyarat dari persamaan (2.23) menghasilkan definisi model *Polynomial Regression Mixture* (PRM) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} p_k(\mathbf{y}_i | \mathbf{t}_i, \Theta) &= \sum_k^K \alpha_k p_k(\mathbf{y}_i | \mathbf{t}_i \boldsymbol{\theta}_k) \\ &= \sum_k^K \alpha_k N(\mathbf{y}_i | \mathbf{t}_i \boldsymbol{\beta}_k, \sigma_k^2 \mathbf{I}) \end{aligned} \quad (2.25)$$

Dimana  $\sum \alpha_k = 1$ . setelah diperoleh persamaan PRM, selanjutnya adalah menghitung *Log-likelihood* pada kumpulan data  $\mathbf{Y} = \{y_1, \dots, y_i, \dots, y_n\}$  dimana fungsi  $\Theta$  sebanding dengan probabilitas data  $p(\Theta | \mathbf{Y})$ . *Log-likelihood* adalah *log* dari *likelihood* yang dapat dibentuk dengan menjumlahkan probabilitas semua kurva sebanyak  $n$  dari kepadatan bersyarat, sehingga menghasilkan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \log p(\mathbf{t}_i \Theta | \mathbf{Y}) &= \log p(\mathbf{Y} | \mathbf{t}_i \Theta) \\ &= \log \prod_{i=1}^n \sum_k^K \alpha_k p_k(\mathbf{y}_i | \mathbf{t}_i \boldsymbol{\theta}_k) \\ &= \sum_i^n \log \sum_k^K \alpha_k p_k(\mathbf{y}_i | \mathbf{t}_i \boldsymbol{\theta}_k) \end{aligned} \quad (2.26)$$

dengan  $y_i$  diasumsikan I.I.D (didistribusikan secara independen dan identik). *Maximum Likelihood Estimation* dari vektor parameter  $\Theta$  sama dengan nilai  $\Theta$  yang maksimal.

Penggunaan fungsi persamaan (2.26) adalah untuk menghitung skor *log-likelihood* di luar sampel untuk model ini dengan menggantikan dalam kumpulan data  $\mathbf{Y}$  yang tidak terlihat. Definisi

model ini sekarang digunakan untuk menurunkan algoritma pembelajaran EM dalam pengelompokan kurva dengan *Polynomial Regression Mixtures* (PRM).

Selanjutnya diperoleh algoritma EM untuk PRM. Model regresi polinomial ini menjelaskan kurva probabilistik yang memungkinkan untuk menentukan jarak kurva. Pendekatan polinomial juga memanfaatkan informasi kelancaran yang ada dalam data. Masalah pengelompokan dapat dikurangi untuk memaksimalkan fungsi *log-likelihood* (Gaffney, 2004).

Untuk kesederhanaan notasi, persamaan tersebut dianggap bahwa setiap PDF secara implisit dikondisikan pada parameter  $\Theta$  atau  $\theta_k$ , dan dengan demikian maka ketergantungan eksplisit pada vektor parameter dalam notasi diganti dengan  $z_i$  sebagai keanggotaan *cluster* untuk kurva  $i$ . Kepadatan gabungan  $y_i$  dan  $t_i$  didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} p(y_i, z_i | t_i) &= \alpha_{z_i} p_{z_i}(y_i | t_i) \\ &= \alpha_{z_i} N(y_i | t_i \beta_{z_i}, \sigma_{z_i}^2 \mathbf{I}) \end{aligned} \quad (2.27)$$

Fungsi *log-likelihood* untuk data lengkap dapat dihitung dengan mengambil jumlah semua komponen kepadatan gabungan *log* dari persamaan (2.27):

$$L_c = \sum_i \log \alpha_{z_i} N(y_i | t_i \beta_{z_i}, \sigma_{z_i}^2 \mathbf{I}) \quad (2.28)$$

Selanjutnya menggunakan algoritma *Expectation Maximization* (EM) untuk mendapatkan pendugaan fungsi dari persamaan *likelihood*. EM dilakukan untuk estimasi parameter dalam konteks model campuran. Langkah pertama dalam algoritma EM adalah proses *E-step*, pada *E-Step* ini menghitung  $p(z_i | y_i)$  yang memberikan probabilitas keanggotaan bahwa kurva ke- $i$  dihasilkan dari *cluster*  $z_i$ . keanggotaan probabilitas mendefinisikan bentuk sebagai berikut (Gaffney, 2004).

$$\begin{aligned} \omega_{ik} &= p(z_i = k | y_i, t_i, \hat{\Theta}) \propto \alpha_k p_k(y_i | \hat{\theta}_k) \\ &= \alpha_k N(y_i | \beta_k t_i, \sigma_k^2 \mathbf{I}) \end{aligned} \quad (2.29)$$

Dalam *E-step* (harapan), harapan bersyarat dari *log-likelihood* dan estimasi dihitung dari persamaan (2.28) untuk mendapatkan fungsi  $Q$ . Fungsi  $Q$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = E[L_c | y_i, t_i] = \sum_i \sum_k \omega_{ik} \log \alpha_k N(y_i | t_i \beta_k, \sigma_k^2 \mathbf{I}) \quad (2.30)$$

$\omega_{ik}$  menjadi probabilitas keanggotaan bahwa kurva ke- $i$  adalah dihasilkan dari *cluster*  $k$ . Probabilitas keanggotaan ini diberikan oleh rasio kemungkinan kurva  $y_i$  di bawah *cluster*  $k$ , dengan total kemungkinan seluruh jumlah kurva di bawah semua *cluster*:

$$\omega_{ik} = p(z_i = k | \mathbf{y}_i, \mathbf{t}_i, \theta_k) = \frac{\alpha_k N(\mathbf{y}_i | \mathbf{t}_i \beta_k, \sigma_k^2 \mathbf{I})}{\sum_{k=1}^K \alpha_k N(\mathbf{y}_i | \mathbf{t}_i \beta_k, \sigma_k^2 \mathbf{I})} \quad (2.31)$$

Langkah kedua dalam algoritma EM adalah proses M-Step, yaitu memaksimalkan nilai  $Q$  dari hasil E-Step *log-likelihood* yang berhubungan dengan parameter  $\{\beta_k, \sigma_k^2, \alpha_k\}$ . Solusi *least squares* untuk memaksimalkan adalah sebagai berikut:

$$\hat{\beta}_k = [\mathbf{t}^T \mathbf{W}_k \mathbf{t}]^{-1} \mathbf{t}^T \mathbf{W}_k \mathbf{y} \quad (2.32)$$

$$\hat{\sigma}_k^2 = \frac{(\mathbf{y} - \mathbf{t} \hat{\beta}_k)^T \mathbf{W}_k (\mathbf{y} - \mathbf{t} \hat{\beta}_k)}{\sum_{i=1}^n \omega_{ik}} \quad (2.33)$$

$$\hat{\alpha}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \omega_{ik} \quad (2.34)$$

Dimana:

$$\mathbf{t}_i = \{\mathbf{t}_{i1}, \dots, \mathbf{t}_{in}\}$$

$$\mathbf{W}_k = \text{diag}(\omega_{1k}, \dots, \omega_{nk})$$

$$\omega_{ik} = \omega_{ik} I_n$$

Algoritma EM secara berulang akan menghitung parameter  $\Theta$  yang memaksimalkan *likelihood* pada data yang diamati (Gaffney, 2004).

### 2.3.3. Pemilihan Jumlah Cluster Optimal

Salah satu metode untuk menentukan jumlah *cluster*  $k$  adalah dengan menggunakan metode *Akaike Information Criterion* (AIC). Kriteria AIC adalah koreksi AIC untuk ukuran sampel kecil. Metode populer lainnya, yang berkaitan dengan AIC adalah *Bayesian Information Criterion* (BIC). Perbandingan antara metode AIC dan BIC telah dilakukan oleh Burnham dan Anderson (2002). Pada penelitian ini, kriteria BIC digunakan untuk memperkirakan jumlah *cluster*  $k$ . Skor dari BIC dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BIC = L_{\max} - \frac{1}{2} f \ln n \quad (2.35)$$

Keterangan:

$L_{\max}$  : maksimum likelihood dari algoritma EM yang diperoleh dari persamaan (2.28)

$f$  : jumlah parameter independen dalam model

$n$  : nomor poin data (kurva)

Skor BIC besar menunjukkan bukti yang kuat untuk model. Sehingga pada penelitian ini mencari jumlah *cluster* yang menghasilkan skor BIC terbesar.

#### 2.4. *Sustainable Development Goals (SDGs)*

*Sustainable Development Goals (SDGs)* merupakan tujuan pembangunan berkelanjutan yang menjadi acuan dalam kerangka pembangunan dan perundingan negara-negara di dunia sebagai pengganti pembangunan global *Millennium Development Goals (MDGs)* yang berakhir di tahun 2015 (BPS, 2014).

Berakhirnya MDGs ini masih menyisakan sejumlah pekerjaan rumah yang harus diselesaikan pada periode tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*) yang akan dilaksanakan sampai dengan 2030. Tujuan Pembangunan Milenium (*Millennium Development Goals/MDGs*) yang telah dilaksanakan selama periode 2000-2015 memang telah membawa berbagai kemajuan. Sekitar 70 persen dari total indikator yang mengukur target MDGs telah berhasil dicapai oleh Indonesia (BPS, 2014).

Indonesia sebagai salah satu negara yang telah menyepakati penerapan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) berkomitmen untuk menyukseskan pelaksanaan SDGs melalui berbagai kegiatan dan telah mengambil langkah-langkah strategis. Sejumlah langkah yang telah ditempuh Indonesia sampai dengan akhir 2016 antara lain (i) melakukan pemetaan antara tujuan dan target SDGs dengan prioritas pembangunan nasional, (ii) melakukan pemetaan ketersediaan data dan indikator SDGs pada setiap target dan tujuan termasuk indikator proksi, (iii) melakukan penyusunan definisi operasional untuk setiap indikator SDGs, (iv) menyusun peraturan presiden terkait dengan pelaksanaan tujuan pembangunan berkelanjutan, dan (v) mempersiapkan rencana aksi nasional dan rencana aksi daerah terkait dengan implementasi SDGs di Indonesia (BPS, 2014).

Konsep SDGs itu sendiri lahir pada kegiatan konferensi mengenai pembangunan berkelanjutan yang dilaksanakan oleh PBB di Rio de Janeiro tahun 2012. Tujuan yang ingin dihasilkan dalam pertemuan tersebut adalah memperoleh tujuan bersama yang universal yang mampu memelihara keseimbangan tiga dimensi pembangunan berkelanjutan: lingkungan, sosial dan ekonomi (BPS, 2014).

Dalam menjaga keseimbangan tiga dimensi pembangunan tersebut, maka SDGs memiliki 5 pondasi utama yaitu manusia, planet, kesejahteraan, perdamaian, dan kemitraan yang ingin mencapai tiga tujuan mulia di tahun 2030 berupa mengakhiri kemiskinan, mencapai kesetaraan dan mengatasi perubahan iklim. Kemiskinan masih menjadi isu penting dan utama, selain dua capaian lainnya. Untuk mencapai tiga tujuan mulia tersebut, disusunlah 17 Tujuan Global.

Adapun 17 tujuan global tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mengakhiri segala bentuk kemiskinan
2. Mengakhiri kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan peningkatan gizi, dan mencanangkan pertanian berkelanjutan
3. Menjamin kehidupan yang sehat dan meningkatkan kesejahteraan penduduk di segala usia
4. Menjamin kualitas pendidikan yang adil dan inklusif serta meningkatkan kesempatan belajar seumur hidup untuk semua
5. Mencapai kesetaraan gender dan memberdayakan perempuan dan anak perempuan
6. Menjamin ketersediaan dan manajemen air dan sanitasi secara berkelanjutan
7. Menjamin akses terhadap energi yang terjangkau, dapat diandalkan, berkelanjutan, dan modern
8. Meningkatkan pertumbuhan ekonomi yang merata dan berkelanjutan, kesempatan kerja penuh dan produktif, serta pekerjaan yang layak untuk semua
9. Membangun infrastruktur tangguh, mempromosikan industrialisasi inklusif dan berkelanjutan dan mendorong inovasi
10. Mengurangi ketimpangan dalam dan antar negara
11. Membuat kota dan pemukiman manusia yang adil, merata, aman, tangguh dan berkelanjutan
12. Menjamin pola produksi dan konsumsi yang berkelanjutan
13. Mengambil tindakan segera untuk memerangi perubahan iklim dan dampaknya

14. Melestarikan samudera, laut dan sumber daya kelautan secara berkelanjutan untuk pembangunan berkelanjutan
15. Melindungi, memulihkan dan meningkatkan pemanfaatan secara berkelanjutan ekosistem darat, mengelola hutan, memerangi desertifikasi, dan menghentikan dan memulihkan degradasi lahan dan menghentikan hilangnya keanekaragaman hayati
16. Meningkatkan masyarakat yang inklusif dan damai untuk pembangunan berkelanjutan, menyediakan akses terhadap keadilan bagi semua dan membangun institusi yang efektif, akuntabel dan inklusif di semua tingkatan
17. Memperkuat sarana pelaksanaan dan merevitalisasi kemitraan global untuk pembangunan berkelanjutan

(BPS, 2014)

Menurut Hayati dan Alfana (2016) keberhasilan SDGs diukur dari target pencapaian dengan menggunakan pendekatan hak penduduk sebagai fokus utama pembangunan, yaitu kemiskinan, pendidikan, kesehatan dan pertumbuhan ekonomi, sehingga penelitian ini mengambil tiga variabel dari tujuh belas indikator SDGs yang menjadi target utama dalam pembangunan tersebut, yaitu variabel Persentase penduduk miskin, IPM yang mewakili indikator kesehatan, pendidikan, dan Pertumbuhan Ekonomi.

## **2.5. Variabel Penelitian**

### **2.5.1. Persentase Penduduk Miskin**

Kemiskinan didefinisikan sebagai ketidakmampuan dari sisi ekonomi untuk memenuhi kebutuhan dasar makanan dan bukan makanan yang diukur dari sisi pengeluaran. Penduduk Miskin adalah penduduk yang memiliki rata-rata pengeluaran perkapita perbulan dibawah garis kemiskinan.

Garis Kemiskinan (GK) merupakan penjumlahan dari Garis Kemiskinan Makanan (GKM) dan Garis Kemiskinan Non Makanan (GKNM). Penduduk yang memiliki rata-rata pengeluaran perkapita per bulan dibawah Garis Kemiskinan dikategorikan sebagai penduduk miskin. Garis Kemiskinan Makanan (GKM) merupakan nilai pengeluaran kebutuhan minimum makanan yang disetarakan dengan 2100 kilokalori perkapita perhari. Garis Kemiskinan Non Makanan (GKNM) adalah kebutuhan minimum untuk perumahan, sandang, pendidikan dan kesehatan. Untuk mengukur kemiskinan adalah

repository.ub.ac.id

menggunakan konsep kemampuan memenuhi kebutuhan dasar (*basic needs approach*).

Persentase Penduduk Miskin (*Head Count Index/HCI-P0*), adalah persentase penduduk yang berada dibawah GK. Angka yang ditunjukkan oleh HCI-P0 menunjukkan proporsi penduduk miskin di suatu wilayah. Persentase penduduk miskin yang tinggi menunjukkan bahwa tingkat kemiskinan di suatu wilayah juga tinggi (BPS, 2007).

### 2.5.2. Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

IPM merupakan indikator penting untuk mengukur keberhasilan dalam upaya membangun kualitas hidup manusia (masyarakat/penduduk). IPM dapat menentukan peringkat atau level pembangunan suatu wilayah/negara. Bagi Indonesia, IPM merupakan data strategis karena selain sebagai ukuran kinerja Pemerintah, IPM juga digunakan sebagai salah satu alokator penentuan Dana Alokasi Umum (DAU). IPM menjelaskan bagaimana penduduk dapat mengakses hasil pembangunan dalam memperoleh pendapatan, kesehatan, pendidikan, dan sebagainya. IPM diperkenalkan oleh *United Nations Development Programme* (UNDP) pada tahun 1990 dan dipublikasikan secara berkala dalam laporan tahunan *Human Development Report* (HDR). Komponen Indeks Pembangunan Manusia antara lain:

#### 1. Angka Harapan Hidup

Angka Harapan Hidup (AHH) pada waktu lahir merupakan rata-rata perkiraan banyak tahun yang dapat ditempuh oleh seseorang selama hidup. Rata-rata tahun hidup yang masih akan dijalani oleh seseorang yang telah berhasil mencapai umur  $x$ , pada suatu tahun tertentu, dalam situasi mortalitas yang berlaku di lingkungan masyarakatnya. Angka Harapan Hidup merupakan alat untuk mengevaluasi kinerja pemerintah dalam meningkatkan kesejahteraan penduduk pada umumnya, dan meningkatkan derajat kesehatan pada khususnya. Angka Harapan Hidup yang rendah di suatu daerah harus diikuti dengan program pembangunan kesehatan, dan program sosial lainnya termasuk kesehatan lingkungan, kecukupan gizi dan kalori termasuk program pemberantasan kemiskinan.

#### 2. Angka Harapan Lama Sekolah

Angka Harapan Lama Sekolah (AHLS) didefinisikan sebagai lamanya sekolah (dalam tahun) yang diharapkan akan dirasakan oleh anak pada umur tertentu di masa mendatang. Angka ini diperoleh dengan cara membagi banyaknya partisipasi sekolah penduduk pada

usia  $x$  pada tahun  $t$  dengan jumlah penduduk yang bersekolah pada usia  $x$  pada tahun  $t$ . AHLS ini dapat digunakan untuk mengetahui kondisi pembangunan di berbagai jenjang. (BPS, 2007). AHLS merupakan salah satu *output* yang dapat digunakan untuk memotret pemerataan pembangunan pendidikan di Indonesia karena AHLS mengukur kesempatan pendidikan seorang penduduk di mulai pada usia tujuh tahun.

### 3. Rata-Rata Lama Sekolah

Rata-rata lama sekolah menggambarkan jumlah tahun yang digunakan oleh penduduk usia 15 tahun ke atas dalam menjalani pendidikan formal. Untuk menghitung Rata-rata Lama Sekolah dibutuhkan informasi:

- 1) Partisipasi sekolah
  - 2) Jenjang dan jenis pendidikan yang pernah/sedang diduduki
  - 3) Ijasah tertinggi yang dimiliki
  - 4) Tingkat/kelas tertinggi yang pernah/sedang diduduki.
4. Pengeluaran Riil per Kapita yang disesuaikan

Pengeluaran per kapita adalah biaya yang dikeluarkan untuk konsumsi semua anggota rumah tangga selama sebulan dibagi dengan banyaknya anggota rumah tangga. BPS dalam menghitung standar hidup layak menggunakan rata-rata pengeluaran per kapita riil yang disesuaikan.

### 2.5.3. Pertumbuhan Ekonomi

Pertumbuhan ekonomi menurut Jhingan (2000), adalah kenaikan jangka panjang dalam kemampuan suatu negara untuk menyediakan semakin banyak jenis barang-barang ekonomi kepada penduduknya. Kemampuan ini tumbuh sesuai dengan kemajuan teknologi, dan penyesuaian kelembagaan dan ideologi yang diperlukannya. Definisi ini memiliki 3 komponen pertama, yaitu:

1. Pertumbuhan ekonomi suatu bangsa terlihat dari meningkatnya secara terus-menerus persediaan barang
2. Teknologi maju merupakan faktor dalam pertumbuhan ekonomi yang menentukan derajat pertumbuhan kemampuan dalam penyediaan aneka macam barang kepada penduduk
3. Penggunaan teknologi secara luas dan efisien memerlukan adanya penyesuaian dibidang kelembagaan dan ideologi sehingga inovasi yang dihasilkan oleh ilmu pengetahuan umat manusia dapat dimanfaatkan secara tepat.

Boediono (1999) menyebutkan pertumbuhan ekonomi adalah proses kenaikan output dalam jangka panjang. Pengertian tersebut mencakup tiga aspek, yaitu proses, output perkapita, dan jangka panjang. Pertumbuhan ekonomi merupakan suatu proses, bukan gambaran ekonomi atau hasil pada saat itu. Pertumbuhan ekonomi hanya mencatat peningkatan produksi barang dan jasa secara nasional. Salah satu sasaran pembangunan ekonomi daerah adalah meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi daerah.

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) merupakan total nilai barang dan jasa yang diproduksi di wilayah atau regional tertentu dan dalam kurun waktu tertentu biasanya satu tahun. Tingginya tingkat pertumbuhan ekonomi yang ditunjukkan dengan tingginya nilai PDRB menunjukkan bahwa daerah tersebut mengalami kemajuan dalam perekonomian. PDRB menurut Badan Pusat Statistik (BPS) didefinisikan sebagai jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dalam suatu wilayah, atau merupakan jumlah seluruh nilai barang dan jasa akhir yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi di suatu wilayah. Produk Domestik Regional Bruto atas dasar harga berlaku menggambarkan nilai tambah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga pada setiap tahun, sedang Produk Domestik Regional Bruto atas dasar harga konstan menunjukkan nilai tambah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga pada tahun tertentu.

Laju pertumbuhan PDRB akan memperlihatkan proses kenaikan output perkapita dalam jangka panjang. Penekanan pada proses, karena mengandung unsur dinamis, perubahan atau perkembangan. Oleh karena itu, pemahaman indikator pertumbuhan ekonomi biasanya akan dilihat dalam kurun waktu tertentu, misalnya tahunan. Laju pertumbuhan PDRB atau pertumbuhan ekonomi dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Pertumbuhan Ekonomi} = \frac{PDRB_t - PDRB_{t-1}}{PDRB_{t-1}} \times 100\% \quad (2.36)$$

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berupa data panel mengenai Persentase Penduduk Miskin, IPM, dan Pertumbuhan Ekonomi tiap Kabupaten/ Kota di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2002-2017. Data tersebut diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Timur.

#### 3.2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari indikator SDGs, yaitu:

1. Persentase Penduduk Miskin,
2. Indeks Pembangunan Manusia (IPM), dan
3. Pertumbuhan Ekonomi

#### 3.3. Metode Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan variabel yang akan digunakan untuk memecahkan masalah dalam penelitian ini.
2. Meninjau dan menentukan teori menurut para ahli sesuai dengan variabel penelitian ini.
3. Mengambil data di kantor Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur.
4. Analisis pemodelan *Functional Cluster Analysis*.

Tahap pertama dalam *Functional Cluster Analysis* adalah membentuk fungsi kurva nonparametrik dengan pendekatan model *spline*. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Mendefinisikan bentuk persamaan nonparametrik seperti pada persamaan (2.14)
- b. Membentuk fungsi  $x(t_i)$  dengan pendekatan *B-spline* persamaan (2.15)
- c. Mencari model *spline* optimal dengan cara memilih parameter pemulus  $\lambda$  optimal dengan menggunakan fungsi GCV persamaan (2.22).

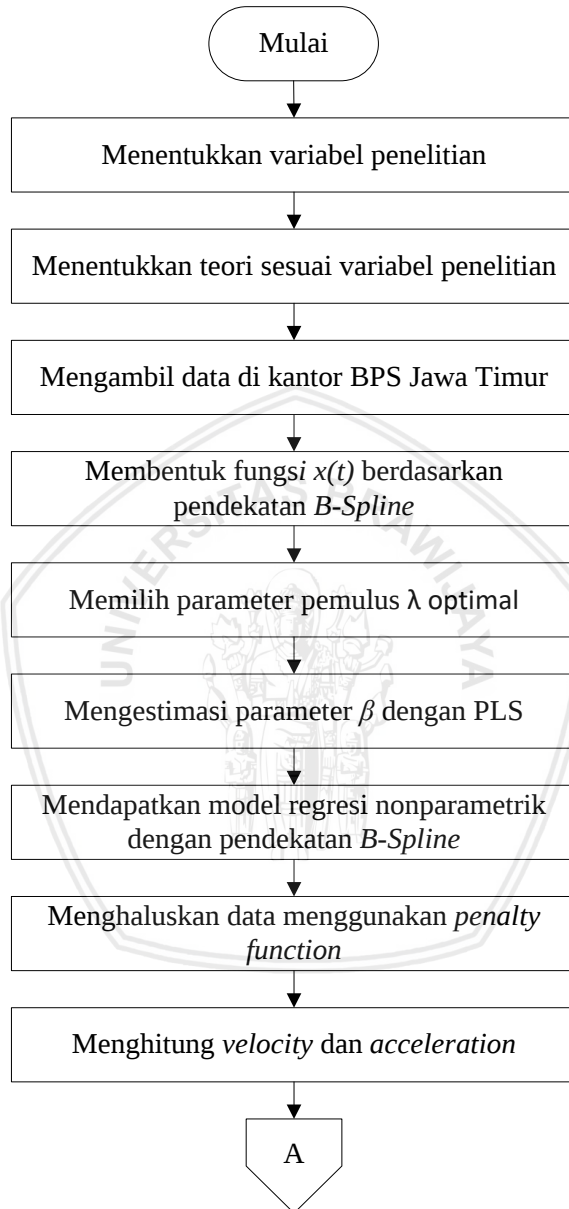
- d. Mengestimasi parameter  $\beta$  dengan metode kuadrat terkecil yang terpenalti (*Penalized Least Square*) persamaan (2.19).
- e. Mensubstitusikan hasil estimasi parameter  $\beta$  dalam fungsi pemodelan nonparametrik untuk memperoleh model nonparametrik dengan pendekatan *B-spline*.
- f. Menghaluskan data menggunakan *Roughness Penalty* (PEN) yang sesuai pada persamaan (2.19).
- g. Menghitung turunan pertama untuk memperkirakan laju perubahan (*velocity/kecepatan*) dan turunan kedua (*acceleration/percepatan*) dari fungsi yang dihasilkan poin e.

Tahap kedua dalam *Functional Cluster Analysis* adalah mengelompokkan fungsi/ kurva yang telah didapatkan pada tahap pertama. Adapun langkah-langkah untuk mengelompokkan fungsi/ kurva antara lain:

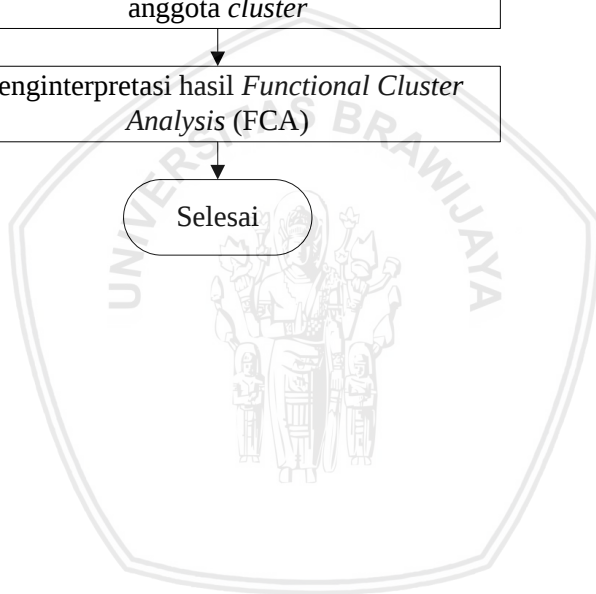
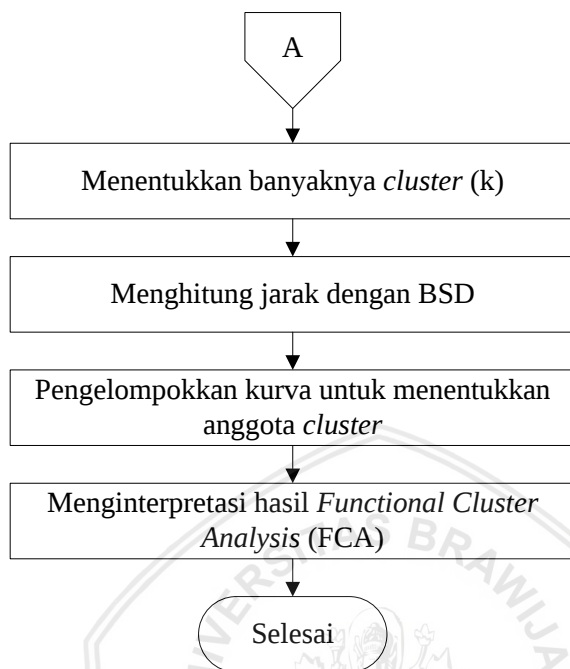
- a. Menentukan banyaknya *cluster* ( $k$ ) yang akan dibentuk dengan melihat nilai BIC terbesar
- b. Menghitung jarak antara kurva dengan pusat kurva  
Untuk menghitung jarak antara kurva tersebut dapat menggunakan *Between Segmen Distance* (BSD). Pengelompokan kurva untuk menentukan anggota *cluster* adalah dengan memperhitungkan jarak minimum kurva.
- c. Mengelompokkan kurva dengan pendekatan berbasis model dan mengestimasi parameter fungsi setiap *cluster* dengan algoritma EM
- d. Menginterpretasi hasil *Functional Cluster Analysis* (FCA) pada kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur berdasarkan indikator prioritas SDGs.

Pada pengelompokan fungsi/kurva dengan penerapan *Functional Cluster Analysis* (FCA) ini dibantu dengan menggunakan *software R*, yaitu *package funcy* dan metode *fitfclust*.

### 3.4. Diagram Alir



**Gambar 3.1.** Diagram Alir FCA



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif digunakan untuk memberikan informasi awal mengenai data secara umum. Penyajian berupa grafik atau tabel merupakan bentuk yang paling sering digunakan. Pada penelitian ini unit observasi yang digunakan adalah 38 kabupaten/kota di Jawa Timur tahun 2002 hingga 2017 yaitu selama 16 tahun sehingga banyaknya observasi dalam penelitian ini adalah 608 observasi. Variabel yang digunakan ada tiga yaitu persentase penduduk miskin, IPM, dan pertumbuhan ekonomi. Karakteristik dari variabel persentase penduduk miskin, IPM, dan pertumbuhan ekonomi pada 608 observasi dapat dilihat dari hasil statistika deskriptif meliputi nilai rata-rata, nilai minimum, dan nilai maksimum yang ditampilkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Statistika Deskriptif untuk Variabel Persentase Penduduk, IPM, dan Pertumbuhan Ekonomi

| Variabel                   | Rata-rata | Min    | Max    |
|----------------------------|-----------|--------|--------|
| Persentase Penduduk Miskin | 16,20%    | 4,17%  | 41,78% |
| IPM                        | 67,84     | 49,7   | 81,07  |
| Pertumbuhan Ekonomi        | 14,06%    | -12,3% | 78,1%  |

Karakteristik Persentase penduduk miskin berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa dalam periode waktu 2002 hingga 2017, sebagian besar persentase penduduk miskin di Jawa Timur adalah sebesar 16,20%. Persentase penduduk miskin terendah adalah 4,17% yang dicapai oleh Kota Malang pada tahun 2017. Sedangkan pada periode waktu yang sama, persentase penduduk miskin tertinggi sebesar 41,78% yang dicapai oleh Kabupaten Sampang pada tahun 2002.

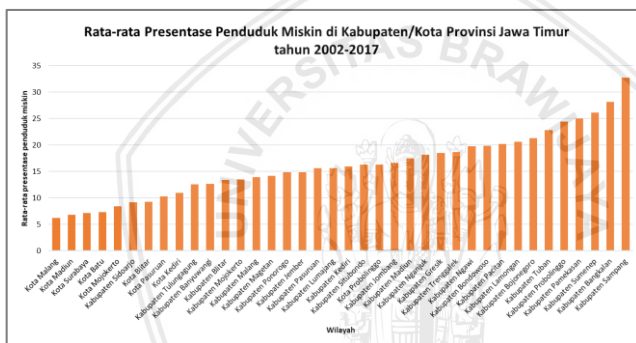
Karakteristik IPM berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa dalam periode waktu 2002 hingga 2017, sebagian besar IPM di Jawa Timur sebesar 67,84. IPM tertinggi adalah 81,07 yang diraih oleh Kota Surabaya pada tahun 2017. Sedangkan IPM terendah diduduki oleh Kabupaten Sampang pada tahun 2002 sebesar 49,7.

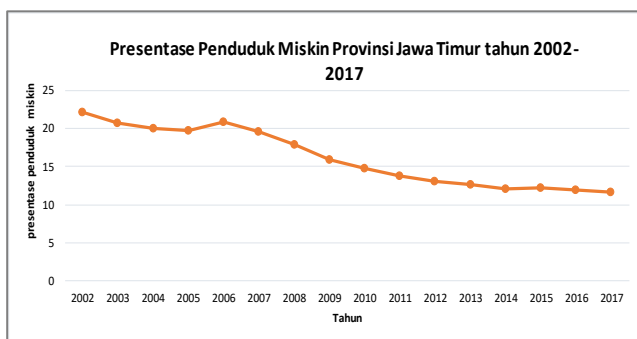
Karakteristik pertumbuhan ekonomi berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa dalam periode waktu 2002 hingga 2017, sebagian besar

pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur adalah sebesar 14,06%. Pertumbuhan ekonomi tertinggi adalah sebesar 78,1% yang diraih oleh Kabupaten Bojonegoro pada tahun 2005. Sedangkan pada periode waktu yang sama, pertumbuhan ekonomi terendah adalah sebesar -12,3% yang diduduki oleh Kabupaten Bangkalan pada tahun 2015.

#### 4.1.1. Persentase Penduduk Miskin

Persentase penduduk miskin adalah persentase penduduk yang berada dibawah Garis Kemiskinan. Persentase penduduk miskin menunjukkan proporsi penduduk miskin di suatu wilayah. Persentase penduduk miskin yang tinggi menunjukkan bahwa tingkat kemiskinan di suatu wilayah juga tinggi. Gambar 4.1 berikut adalah rata-rata persentase penduduk miskin dari tahun 2002 hingga 2017 untuk seluruh Kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur.





**Gambar 4.2.** Persentase Penduduk Miskin Jawa Timur tahun 2002 hingga 2017

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa perkembangan persentase penduduk miskin di Jawa Timur mengalami penurunan dari tahun 2002 hingga 2005, namun pada tahun 2006 persentase penduduk miskin mengalami peningkatan dan pada tahun 2007 hingga 2017 persentase penduduk miskin kembali mengalami penurunan secara terus-menerus. persentase penduduk miskin tertinggi terjadi pada tahun 2002 yaitu sebesar 22,12 dan persentase penduduk miskin terendah terjadi pada tahun 2017 yaitu sebesar 11,63. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perkembangan persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur dari tahun 2002 hingga 2017 semakin lama semakin membaik.

#### **4.1.2. Indeks Pembangunan Manusia (IPM)**

IPM merupakan indikator penting untuk mengukur keberhasilan dalam upaya membangun kualitas hidup manusia. IPM menjelaskan bagaimana penduduk dapat mengakses hasil pembangunan dalam memperoleh pendapatan, kesehatan, pendidikan, dan sebagainya. Gambar 4.3 berikut adalah rata-rata IPM dari tahun 2002 hingga 2017 untuk seluruh kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur.



**IPM Provinsi Jawa Timur tahun 2002-2017**

| Tahun | IPM  |
|-------|------|
| 2002  | 64.4 |
| 2003  | 65.1 |
| 2004  | 66.8 |
| 2005  | 67.4 |
| 2006  | 68.4 |
| 2007  | 69.0 |
| 2008  | 69.4 |
| 2009  | 70.1 |
| 2010  | 65.5 |
| 2011  | 66.3 |
| 2012  | 67.1 |
| 2013  | 67.9 |
| 2014  | 68.4 |
| 2015  | 69.0 |
| 2016  | 69.7 |
| 2017  | 70.3 |

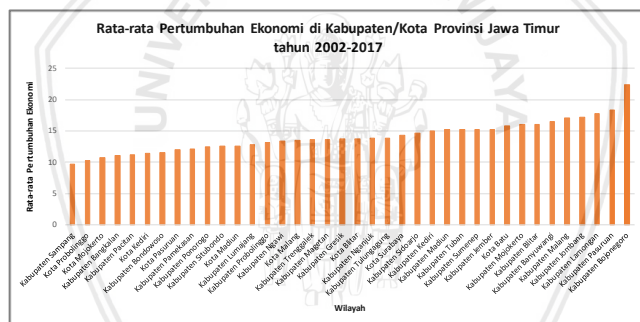
**Gambar 4.4.** IPM di Provinsi Jawa Timur tahun 2002-2017

34

2002 hingga 2009 rata-rata IPM terendah terjadi pada tahun 2002 yaitu sebesar 64,45, sedangkan rata-rata IPM tertinggi terjadi pada tahun 2009 yaitu sebesar 70,14. Pada perhitungan IPM dengan metode baru tahun 2010 hingga 2017 rata-rata IPM terendah terjadi pada tahun 2010 yaitu sebesar 65,42 sedangkan rata-rata IPM tertinggi terjadi pada tahun 2017 yaitu sebesar 70,35. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perkembangan kualitas hidup manusia di Provinsi Jawa Timur dari tahun 2002 hingga 2017 cenderung mengalami kenaikan.

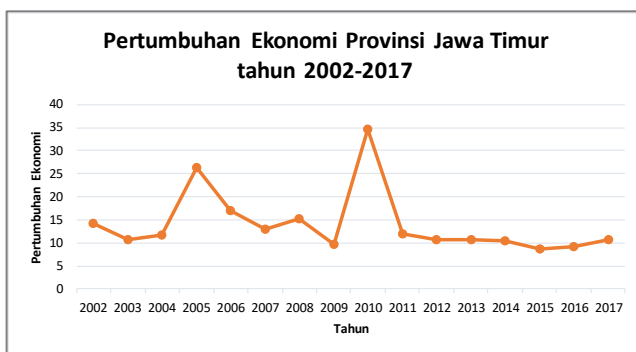
#### 4.1.3. Pertumbuhan Ekonomi

Pertumbuhan ekonomi adalah kenaikan jangka panjang dalam kemampuan suatu negara untuk menyediakan semakin banyak jenis barang-barang ekonomi kepada penduduknya. Pertumbuhan ekonomi suatu bangsa terlihat dari meningkatnya secara terus-menerus persediaan barang. Gambar 4.5 berikut adalah rata-rata Pertumbuhan Ekonomi dari tahun 2002 hingga 2017 untuk seluruh kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur.



**Gambar 4.5.** Rata-rata Pertumbuhan Ekonomi pada tahun 2002 hingga 2017 di Kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa rata-rata pertumbuhan ekonomi dari tahun 2002-2017 terendah diduduki oleh Kota Sampang dengan nilai 9,66% sedangkan pertumbuhan ekonomi tertinggi diraih oleh Kabupaten Bojonegoro dengan nilai 22,33%. Perkembangan pertumbuhan ekonomi di Provinsi Jawa Timur dari tahun 2002 hingga 2017 ditunjukkan pada Gambar 4.6 berikut.



**Gambar 4.6.** Pertumbuhan Ekonomi Jawa Timur tahun 2002 hingga 2017

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa perkembangan pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur dari tahun 2002 hingga 2017 tidak memiliki pola tertentu. Pertumbuhan ekonomi tertinggi terjadi pada tahun 2010 yaitu sebesar 34,76% dan pertumbuhan ekonomi terendah terjadi pada tahun 2015 yaitu sebesar 8,74%.

#### 4.2. Pembentukan Fungsi Dasar Nonparametrik

Pada pembentukan fungsi dasar nonparametrik ini dilakukan pada seluruh kabupaten/kota untuk masing-masing variabel yang dapat dilihat di Lampiran 15, 16, dan 17, tetapi dalam pembahasan ini hanya mengambil beberapa kabupaten/kota saja, pemilihan kabupaten/kota dipertimbangkan dari nilai rata-rata kabupaten/kota paling rendah, sedang, dan paling tinggi.

Langkah awal yang dilakukan untuk membentuk fungsi dasar nonparametrik adalah menentukan fungsi *B-spline* yang terbaik. Pada proses *B-spline* sangat dipengaruhi oleh banyaknya *knot* dan parameter pemulus ( $\lambda$ ) yang optimal. Parameter pemulus optimal ( $\lambda$ ) dapat digunakan sebagai pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva. Parameter pemulus ( $\lambda$ ) yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan sebesar  $5 \times 10^{-4}$ . Pemilihan *knot* yang optimal dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Penentuan titik *knot* dibatasi 1 sampai 4 dikarenakan hanya terjadi sedikit perubahan pola dari fungsi *spline* pada interval-interval yang berbeda. Berikut adalah nilai GCV

dari 1–4 *knot* dan derajat  $v$  *B-spline* pada variabel persentase penduduk miskin, IPM, dan pertumbuhan ekonomi dengan masing-masing dipilih 3 kabupaten/kota.

#### 4.2.1. Persentase Penduduk Miskin

##### 1. Kota Malang

Pada penentuan model *B-spline* ini akan dipilih derajat  $v$  dan banyaknya *knot* yang memiliki GCV paling minimum. Tabel 4.2 berikut adalah nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kota Malang yang akan digunakan untuk menentukan model *B-spline* terbaik.

**Tabel 4.2.** Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada Fungsi Persentase Penduduk Miskin Kota Malang

| <i>Knot</i> | $v=1$             |       | $v=2$             |       | $v=3$             |              |
|-------------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|--------------|
|             | Titik <i>knot</i> | GCV   | Titik <i>knot</i> | GCV   | Titik <i>knot</i> | GCV          |
| 1           | 0,187             | 0,178 | 0,199             | 1,214 | 0,290             | 0,208        |
| 2           | 0,196             | 0,174 | 0,282             | 0,140 | 0,428             | 0,168        |
|             | 0,312             |       | 0,434             |       | 0,500             |              |
| 3           | 0,192             | 0,031 | 0,374             | 0,119 | 0,125             | 0,164        |
|             | 0,437             |       | 0,452             |       | 0,375             |              |
|             | 0,500             |       | 0,562             |       | 0,475             |              |
| 4           | 0,192             | 0,033 | 0,375             | 0,130 | <b>0,125</b>      | <b>0,158</b> |
|             | 0,437             |       | 0,458             |       | <b>0,437</b>      |              |
|             | 0,500             |       | 0,562             |       | <b>0,500</b>      |              |
|             | 0,625             |       | 0,687             |       | <b>0,625</b>      |              |

Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh bahwa fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kota Malang pada derajat 1 sebanyak 3 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, pada derajat 2 fungsi *B-spline* sebanyak 3 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, dan pada derajat 3 fungsi *B-spline* sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum.

Pada penelitian ini dipilih fungsi *B-spline* derajat 3 dengan 4 *knot*, karena fungsi *B-spline* mempunyai turunan kedua jika berderajat  $v > 2$ . Titik *knot* fungsi *B-spline* kubik pada persentase penduduk miskin Kota Malang terletak pada  $t$  sebesar 0,125, 0,437, 0,500, dan 0,625, dimana  $t$  sudah distandarisasikan dari 0-1. Tabel 4.3 berikut adalah hasil estimasi

parameter fungsi *B-spline* ( $v=3$  dan  $knot=4$ ) persentase penduduk Kota Malang.

**Tabel 4.3.** Estimasi Parameter *B-spline* Persentase Penduduk Miskin Kota Malang

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | $t_{hitung}$ | $p-value$ | Keterangan       |
|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|------------------|
| Intersep   | 9,370     | 0,281     | 33,348       | 0,000     | Signifikan       |
| $\alpha_1$ | 0,501     | 0,636     | 0,788        | 0,453     | Tidak Signifikan |
| $\alpha_2$ | -4,404    | 0,792     | -5,559       | 0,000     | Signifikan       |
| $\alpha_3$ | -0,343    | 0,602     | -0,570       | 0,584     | Tidak Signifikan |
| $\alpha_4$ | -3,914    | 0,431     | -9,074       | 0,000     | Signifikan       |
| $\alpha_5$ | -3,792    | 0,629     | -6,022       | 0,000     | Signifikan       |
| $\alpha_6$ | -5,109    | 0,599     | -8,523       | 0,000     | Signifikan       |
| $\alpha_7$ | -5,161    | 0,386     | -13,363      | 0,000     | Signifikan       |

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diperoleh fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kota Malang pada persamaan (4.1) berikut ini.

$$\hat{y} = 9,370B_0 + 0,501B_1 - 4,404B_2 - 0,343B_3 - 3,914B_4 - 3,792B_5 - 5,109B_6 - 5,161B_7 \quad (4.1)$$

dengan

$$B_0 = B_{-3,4}(t), B_1 = B_{-2,4}(t), B_2 = B_{-1,4}(t), B_3 = B_{0,4}(t), B_4 = B_{1,4}(t), B_5 = B_{2,4}(t),$$

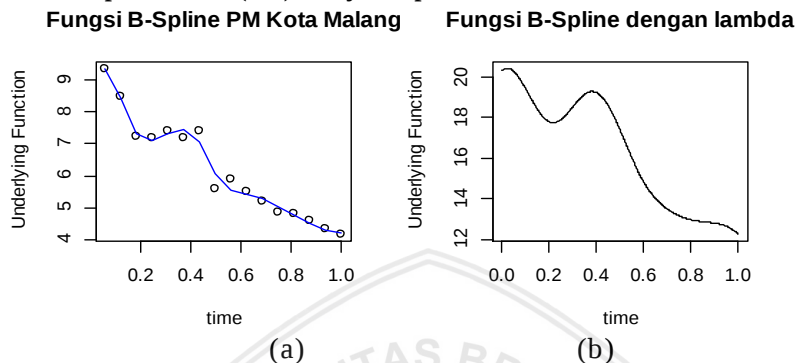
$$B_6 = B_{3,4}(t), B_7 = B_{4,4}(t)$$

Secara parsial estimasi untuk semua koefisien signifikan pada  $\alpha=5\%$  kecuali koefisien pada basis  $B_{-2,4}$  dan  $B_{0,4}$ , tetapi secara simultan sangat signifikan, hal tersebut dapat dilihat dari  $p-value$  statistika uji F pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4.** Kebaikan Model *B-spline* Persentase Penduduk Miskin Kota Malang

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| RSE                | 0,281     |
| Adj R <sup>2</sup> | 0,9682    |
| Statistika Uji F   | 66,15     |
| $p-value$          | 1,886e-06 |

Model *B-spline* pada persentase penduduk miskin Kota Malang menghasilkan koefisien determinasi sebesar 96,82%, artinya model *B-spline* tersebut mampu menjelaskan variasi variabel persentase penduduk miskin Kota Malang sebesar 96,82%. Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.1) disajikan pada Gambar 4.7 berikut ini.



**Gambar 4.7.** Fungsi *B-spline* Persentase Penduduk Miskin di Kota Malang

Apabila fungsi *B-spline* pada Gambar 4.7a diberi pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva berupa parameter pemulus ( $\lambda$ ) akan memberikan hasil kurva yang lebih halus seperti yang terlihat pada Gambar 4.7b. Dari fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kota Malang tersebut dapat dihitung *Velocity* dari turunan pertama fungsi *B-spline* dan *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline*.

## 2. Kabupaten Kediri

Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri yang akan digunakan untuk menentukan model *B-spline* terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.

**Tabel 4.5.** Nilai GCV menurut banyaknya knot, letak knot dan derajat  $v$  pada Fungsi Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Kediri

| <i>Knot</i> | $v=1$             |       | $v=2$             |       | $v=3$             |               |
|-------------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|---------------|
|             | Titik <i>knot</i> | GCV   | Titik <i>knot</i> | GCV   | Titik <i>knot</i> | GCV           |
| 1           | 0,375             | 1,293 | 0, 593            | 1,205 | 0,312             | 0,947         |
| 2           | 0,437             | 0,691 | 0,302             | 0,383 | 0,437             | 0,480         |
|             | 0,648             |       | 0,456             |       | 0,546             |               |
| 3           | 0,198             | 0,239 | 0,140             | 0,200 | 0,186             | 0,1473        |
|             | 0,418             |       | 0,250             |       | 0,307             |               |
|             | 0,602             |       | 0,456             |       | 0,589             |               |
| 4           | 0,221             | 0,195 | 0,141             | 0,117 | <b>0,187</b>      | <b>0,1472</b> |
|             | 0,312             |       | 0,250             |       | <b>0,266</b>      |               |
|             | 0,437             |       | 0,478             |       | <b>0,437</b>      |               |
|             | 0,604             |       | 0,836             |       | <b>0,521</b>      |               |

Berdasarkan Tabel 4.5 diperoleh bahwa fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri pada derajat 1 sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, pada derajat 2 fungsi *B-spline* sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, dan pada derajat 3 fungsi *B-spline* sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum.

Pada penelitian ini dipilih fungsi *B-spline* pada derajat 3 dengan 4 *knot*, karena fungsi *B-spline* mempunyai turunan kedua jika berderajat  $v > 2$ . Titik *knot* model *B-spline* kubik terletak pada  $t$  sebesar 0,187, 0,266, 0,437, dan 0,521, dimana  $t$  sudah distandarisasikan dari 0-1. Hasil estimasi parameter *B-spline* ( $v=3$  dan *knot*=4) persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini.

**Tabel 4.6.** Estimasi Parameter *B-spline* Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Kediri

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | $t_{hitung}$ | $p-value$ | Keterangan       |
|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|------------------|
| Intersep   | 19,880    | 0,272     | 73,172       | 0,000     | Signifikan       |
| $\alpha_1$ | 2,043     | 0,733     | 2,789        | 0,023     | Signifikan       |
| $\alpha_2$ | -4,224    | 0,606     | -6,967       | 0,000     | Signifikan       |
| $\alpha_3$ | -0,840    | 0,545     | -1,542       | 0,161     | Tidak Signifikan |

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | t <sub>hitung</sub> | p-value | Keterangan       |
|------------|-----------|-----------|---------------------|---------|------------------|
| $\alpha_4$ | 0,476     | 0,441     | 1,078               | 0,312   | Tidak Signifikan |
| $\alpha_5$ | -8,045    | 0,564     | -14,255             | 0,000   | Signifikan       |
| $\alpha_6$ | -6,470    | 0,576     | -11,235             | 0,000   | Signifikan       |
| $\alpha_7$ | -7,576    | 0,368     | -20,577             | 0,000   | Signifikan       |

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diperoleh fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri pada persamaan (4.2) berikut ini.

$$\hat{y} = 19,880B_0 + 2,043B_1 - 4,224B_2 - 0,840B_3 + 0,476B_4 - 8,045B_5 - 6,470B_6 - 7,576B_7 \quad (4.2)$$

dengan

$$B_0 = B_{-3,4}(t), B_1 = B_{-2,4}(t), B_2 = B_{-1,4}(t), B_3 = B_{0,4}(t), B_4 = B_{1,4}(t), B_5 = B_{2,4}(t),$$

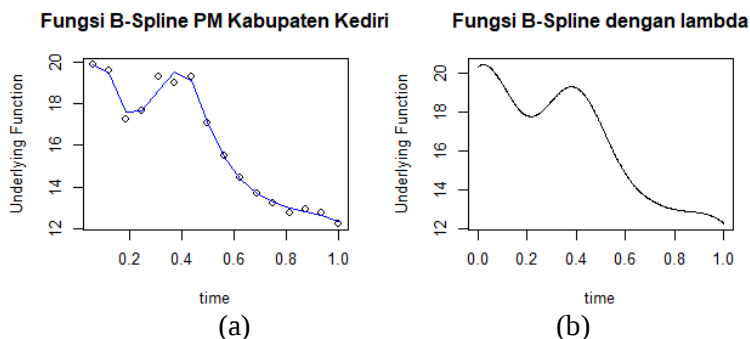
$$B_6 = B_{3,4}(t), B_7 = B_{4,4}(t)$$

Secara parsial estimasi untuk semua koefisien signifikan pada  $\alpha=5\%$  kecuali koefisien pada basis  $B_{0,4}$  dan  $B_{1,4}$ , tetapi secara simultan sangat signifikan, hal tersebut dapat dilihat dari *p-value* statistika uji F pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7.** Kebaikan Model *B-spline* Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Kediri

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| RSE                | 0,2717    |
| Adj R <sup>2</sup> | 0,9911    |
| Statistika uji F   | 239,4     |
| p-value            | 1,183e-08 |

Model *B-spline* pada Persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri menghasilkan koefisien determinasi sebesar 99,11%, artinya model *B-spline* tersebut mampu menjelaskan variasi variabel persentase penduduk miskin sebesar 99,11%. Secara visual, *fitted value* dari persamaan 4.2 disajikan pada Gambar 4.8 berikut ini.



**Gambar 4.8.** Fungsi *B-spline* Persentase Penduduk Miskin di Kabupaten Kediri

Dari Gambar 4.8a dapat dilihat bahwa titik *knot* model *B-spline* kubik terletak pada  $t$  sebesar 0,187, 0,266, 0,437, dan 0,521 dan model masih terlihat kasar. Apabila fungsi *B-spline* diberi pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva berupa parameter pemulus ( $\lambda$ ) akan memberikan hasil kurva yang lebih halus seperti yang terlihat pada Gambar 4.8b.

### 3. Kabupaten Sampang

Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang yang akan digunakan untuk menentukan model *B-spline* terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

**Tabel 4.8.** Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada Fungsi Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Sampang

| <i>Knot</i> | $v=1$             |       | $v=2$             |       | $v=3$             |              |
|-------------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|--------------|
|             | Titik <i>knot</i> | GCV   | Titik <i>knot</i> | GCV   | Titik <i>knot</i> | GCV          |
| 1           | 0,313             | 4,505 | 0,497             | 3,806 | 0,188             | 4,239        |
| 2           | 0,437             | 1,044 | 0,264             | 2,838 | <b>0,435</b>      | <b>2,860</b> |
|             | 0,500             |       | 0,446             |       | <b>0,500</b>      |              |
| 3           | 0,125             | 0,774 | 0,375             | 2,258 | 0,437             | 3,163        |
|             | 0,437             |       | 0,462             |       | 0,500             |              |
|             | 0,500             |       | 0,563             |       | 0,625             |              |
| 4           | 0,125             | 0,738 | 0,125             | 2,612 | 0,312             | 3,718        |

| Knot | v=1        |     | v=2        |     | v=3        |     |
|------|------------|-----|------------|-----|------------|-----|
|      | Titik knot | GCV | Titik knot | GCV | Titik knot | GCV |
|      | 0,437      |     | 0,375      |     | 0,437      |     |
|      | 0,500      |     | 0,465      |     | 0,500      |     |
|      | 0,774      |     | 0,563      |     | 0,625      |     |

Berdasarkan Tabel 4.8 diperoleh bahwa fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang pada derajat 1 sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, pada derajat 2 fungsi *B-spline* sebanyak 3 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, dan pada derajat 3 fungsi *B-spline* sebanyak 2 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum.

Pada penelitian ini dipilih fungsi *B-spline* pada derajat 3 dengan 2 *knot*, karena fungsi *B-spline* mempunyai turunan kedua jika berderajat  $v > 2$ . Titik *knot* model *B-spline* kubik terletak pada  $t$  sebesar 0,435, dan 0,500, dimana  $t$  sudah distandarisasikan dari 0-1. Tabel 4.9 berikut hasil estimasi parameter *B-spline* ( $v=3$  dan  $knot=2$ ) persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang.

**Tabel 4.9.** Estimasi Parameter *B-spline* Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Sampang

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | $t_{hitung}$ | $p$ -value | Keterangan       |
|------------|-----------|-----------|--------------|------------|------------------|
| Intersep   | 41,742    | 1,260     | 33,132       | 0,000      | Signifikan       |
| $\alpha_1$ | -6,587    | 3,211     | -2,052       | 0,067      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_2$ | 4,519     | 2,059     | 2,195        | 0,053      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_3$ | -17,104   | 2,563     | -6,674       | 0,000      | Signifikan       |
| $\alpha_4$ | -14,244   | 2,638     | -5,399       | 0,000      | Signifikan       |
| $\alpha_5$ | -18,470   | 1,767     | -10,454      | 0,000      | Signifikan       |

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat diperoleh fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang sebagai berikut.

$$\hat{y} = 41,742B_0 - 6,587B_1 + 4,519B_2 - 17,104B_3 - 14,244B_4 - 18,470B_5 \quad (4.3)$$

dengan

$$B_0 = B_{-3,4}(t), B_1 = B_{-2,4}(t), B_2 = B_{-1,4}(t), B_3 = B_{0,4}(t), B_4 = B_{1,4}(t), B_5 = B_{2,4}(t)$$

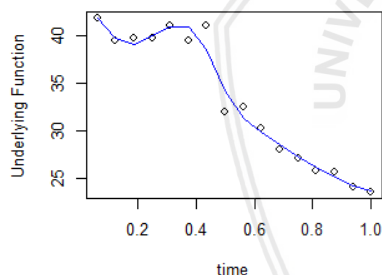
Secara parsial estimasi untuk semua koefisien signifikan pada  $\alpha=5\%$  kecuali koefisien pada basis  $B_{-2,4}$  dan  $B_{-1,4}$ , tetapi secara simultan sangat signifikan, hal tersebut dapat dilihat dari  $p$ -value statistika uji F pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10.** Kebaikan model *B-spline* Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Sampang

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| RSE                | 1,337     |
| Adj R <sup>2</sup> | 0,9628    |
| Statistika Uji F   | 78,65     |
| $p$ -value         | 1,066e-07 |

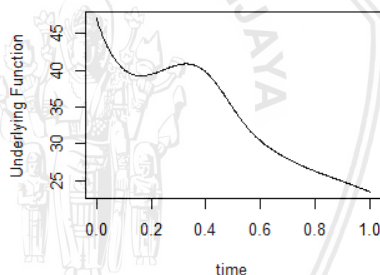
Model *B-spline* pada persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang menghasilkan koefisien determinasi sebesar 96,28%, artinya model *B-spline* tersebut mampu menjelaskan variasi variabel persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang sebesar 96,28%. Secara visual, *fitted value* dari persamaan 4.3 disajikan pada gambar 4.9 berikut ini.

**Fungsi B-Spline PM Kabupaten Sampang**



(a)

**Fungsi B-Spline dengan lambda**



(b)

**Gambar 4.9.** Fungsi *B-spline* Persentase Penduduk Miskin di Kabupaten Sampang

Apabila fungsi *B-spline* pada Gambar 4.9a diberi pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva berupa parameter pemulus ( $\lambda$ ) akan memberikan hasil kurva yang lebih halus seperti yang terlihat pada Gambar 4.9b.

Kurva model *B-spline* dari kabupaten/kota di Jawa Timur untuk persentase Penduduk Miskin secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran 15. Secara umum kurva yang mewakili kabupaten/kota menunjukkan tren yang menurun dari tahun ke tahun.

#### 4.2.2. IPM

##### 1. Kabupaten Sampang

Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada fungsi *B-spline* IPM Kabupaten Sampang yang akan digunakan untuk menentukan model *B-spline* terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini.

**Tabel 4.11.** Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada Fungsi IPM Kabupaten Sampang

| <i>Knot</i> | $v=1$             |       | $v=2$             |       | $v=3$             |              |
|-------------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|--------------|
|             | Titik <i>knot</i> | GCV   | Titik <i>knot</i> | GCV   | Titik <i>knot</i> | GCV          |
| 1           | 0,266             | 2,235 | 0,523             | 0,974 | 0,807             | 1,463        |
| 2           | 0,487             | 0,385 | 0,562             | 0,905 | 0,499             | 0,912        |
|             | 0,566             |       | 0,658             |       | 0,562             |              |
| 3           | 0,205             | 0,104 | 0,437             | 0,499 | 0,375             | 0,988        |
|             | 0,499             |       | 0,535             |       | 0,488             |              |
|             | 0,566             |       | 0,625             |       | 0,562             |              |
| 4           | 0,205             | 0,094 | 0,312             | 0,507 | <b>0,375</b>      | <b>0,818</b> |
|             | 0,499             |       | 0,437             |       | <b>0,499</b>      |              |
|             | 0,562             |       | 0,528             |       | <b>0,562</b>      |              |
|             | 0,812             |       | 0,625             |       | <b>0,687</b>      |              |

Berdasarkan Tabel 4.11 diperoleh bahwa fungsi *B-spline* IPM Kabupaten Sampang pada derajat 1 sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, pada derajat 2 fungsi *B-spline* sebanyak 3 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, dan pada derajat 3 fungsi *B-spline* sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum.

Pada penelitian ini dipilih fungsi *B-spline* pada derajat 3 dengan 4 *knot*, karena fungsi *B-spline* mempunyai turunan kedua jika berderajat  $v > 2$ . Titik *knot* fungsi *B-spline* kubik pada IPM Kota Surabaya terletak pada  $t$  sebesar 0,375, 0,499, 0,562, dan 0,687. Tabel 4.12 berikut adalah hasil estimasi parameter *B-spline* ( $v=3$  dan *knot*=4) IPM Kabupaten Sampang.

**Tabel 4.12.** Estimasi Parameter *B-spline* IPM Kabupaten Sampang

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | t <sub>hitung</sub> | p-value | Keterangan |
|------------|-----------|-----------|---------------------|---------|------------|
| Intersep   | 49,420    | 0,616     | 80,149              | 0,000   | Signifikan |
| $\alpha_1$ | 4,854     | 1,600     | 3,034               | 0,016   | Signifikan |
| $\alpha_2$ | 5,999     | 1,378     | 4,354               | 0,002   | Signifikan |
| $\alpha_3$ | 10,126    | 1,100     | 9,204               | 0,000   | Signifikan |
| $\alpha_4$ | 4,130     | 1,028     | 4,017               | 0,003   | Signifikan |
| $\alpha_5$ | 7,796     | 1,517     | 5,138               | 0,001   | Signifikan |
| $\alpha_6$ | 8,419     | 1,382     | 6,092               | 0,000   | Signifikan |
| $\alpha_7$ | 10,589    | 0,873     | 12,121              | 0,000   | Signifikan |

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat diperoleh fungsi *B-spline* IPM Kabupaten Sampang sebagai berikut.

$$\hat{y} = 49,420B_0 + 4,854B_1 + 5,999B_2 + 10,126B_3 + 4,130B_4 + 7,796B_5 + 8,419B_6 + 10,589B_7 \quad (4.4)$$

dengan

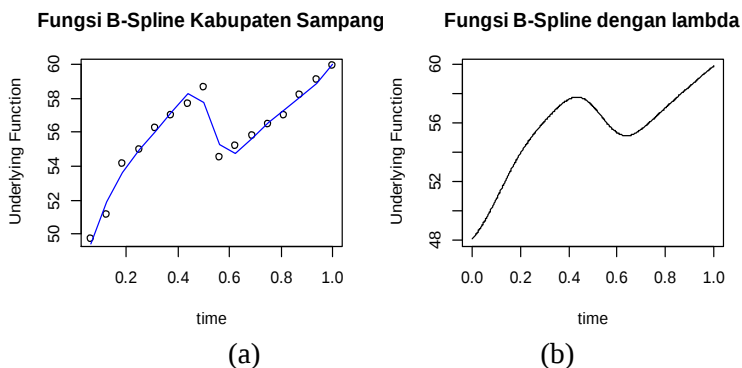
$$B_0 = B_{-3,4}(t), B_1 = B_{-2,4}(t), B_2 = B_{-1,4}(t), B_3 = B_{0,4}(t), B_4 = B_{1,4}(t), B_5 = B_{2,4}(t), \\ B_6 = B_{3,4}(t), B_7 = B_{4,4}(t)$$

Dari Tabel 4.12. Secara parsial estimasi untuk semua koefisien signifikan pada  $\alpha=5\%$  dan dari Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa secara simultan koefisien basis tersebut sangat signifikan.

**Tabel 4.13.** Keباikan model *B-spline* IPM Kabupaten Sampang

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| RSE                | 0,640     |
| Adj R <sup>2</sup> | 0,9454    |
| Statistika Uji F   | 38,08     |
| p-value            | 1,594e-05 |

Berdasarkan Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa model *B-spline* pada IPM Kabupaten Sampang menghasilkan koefisien determinasi sebesar 94,54%, artinya model *B-spline* tersebut mampu menjelaskan variasi variabel IPM Kabupaten Sampang sebesar 94,54%. Secara visual, *fitted value* dari persamaan 4.4 disajikan pada gambar 4.10 berikut ini.



**Gambar 4.10.** Fungsi B-spline IPM di Kabupaten Sampang

Apabila fungsi *B-spline* pada Gambar 4.10a diberi pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva berupa parameter pemulus ( $\lambda$ ) akan memberikan hasil kurva yang lebih halus seperti yang terlihat pada Gambar 4.10b.

## 2. Kabupaten Nganjuk

Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada fungsi *B-spline* IPM Kabupaten Nganjuk yang akan digunakan untuk menentukan model *B-spline* terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini.

**Tabel 4.14.** Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada Fungsi IPM Kabupaten Nganjuk

| <i>Knot</i> | $v=1$             |        | $v=2$             |       | $v=3$             |       |
|-------------|-------------------|--------|-------------------|-------|-------------------|-------|
|             | Titik <i>knot</i> | GCV    | Titik <i>knot</i> | GCV   | Titik <i>knot</i> | GCV   |
| 1           | 0,266             | 2,262  | 0,503             | 1,677 | 0,714             | 2,044 |
| 2           | 0,491             | 0,256  | 0,562             | 1,219 | 0,498             | 1,249 |
|             | 0,562             |        | 0,643             |       | 0,562             |       |
| 3           | 0,492             | 0,0982 | 0,437             | 0,402 | 0,4999            | 0,998 |
|             | 0,567             |        | 0,530             |       | 0,588             |       |
|             | 0,720             |        | 0,625             |       | 0,687             |       |
| 4           | 0,187             | 0,065  | 0,437             | 0,362 | 0,374             | 0,618 |
|             | 0,496             |        | 0,539             |       | 0,499             |       |
|             | 0,567             |        | 0,625             |       | 0,562             |       |
|             | 0,721             |        | 0,750             |       | 0,687             |       |

Berdasarkan Tabel 4.14 diperoleh bahwa fungsi *B-spline* IPM Kabupaten Nganjuk pada derajat 1 sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, pada derajat 2 fungsi *B-spline* sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, dan pada derajat 3 fungsi *B-spline* sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum.

Pada penelitian ini dipilih fungsi *B-spline* pada derajat 3 dengan 4 *knot*, karena fungsi *B-spline* mempunyai turunan kedua jika berderajat  $v > 2$ . Titik *knot* fungsi *B-spline* kubik pada IPM Kota Surabaya terletak pada  $t$  sebesar 0,372, 0,499, 0,562, dan 0,687, dimana  $t$  sudah distandarisasikan dari 0-1. Tabel 4.15 berikut adalah hasil estimasi parameter *B-spline* ( $v=3$  dan *knot*=4) IPM Kabupaten Nganjuk.

**Tabel 4.15.** Estimasi Parameter *B-spline* IPM Kabupaten Nganjuk

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | $t_{hitung}$ | $p-value$ | Keterangan       |
|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|------------------|
| Intersep   | 64,497    | 0,5352    | 120,513      | 0,000     | Signifikan       |
| $\alpha_1$ | 2,643     | 1,3878    | 1,904        | 0,093     | Tidak Signifikan |
| $\alpha_2$ | 2,917     | 1,1964    | 2,439        | 0,041     | Tidak Signifikan |
| $\alpha_3$ | 7,189     | 0,9552    | 7,526        | 0,000     | Signifikan       |
| $\alpha_4$ | -0,525    | 0,8921    | -0,588       | 0,572     | Tidak Signifikan |
| $\alpha_5$ | 6,904     | 1,3178    | 5,239        | 0,001     | Signifikan       |
| $\alpha_6$ | 4,777     | 1,200     | 3,981        | 0,004     | Signifikan       |
| $\alpha_7$ | 6,322     | 0,7584    | 8,336        | 0,000     | Signifikan       |

Berdasarkan Tabel 4.15 dapat diperoleh fungsi *B-spline* IPM Kabupatanaen Nganjuk sebagai berikut.

$$\hat{y} = 64,497B_0 + 2,643B_1 + 2,917B_2 + 7,189B_3 - 0,525B_4 + 6,904B_5 + 4,777B_6 + 6,322B_7 \quad (4.5)$$

dengan

$$B_0 = B_{-3,4}(t), B_1 = B_{-2,4}(t), B_2 = B_{-1,4}(t), B_3 = B_{0,4}(t), B_4 = B_{1,4}(t), B_5 = B_{2,4}(t),$$

$$B_6 = B_{3,4}(t), B_7 = B_{4,4}(t)$$

Secara parsial estimasi untuk semua koefisien signifikan pada  $\alpha=5\%$  kecuali koefisien pada basis  $B_{-2,4}$ ,  $B_{-1,4}$ , dan  $B_{1,4}$  tetapi secara simultan sangat signifikan, hal tersebut dapat dilihat dari  $p-value$  pada Tabel 4.16.

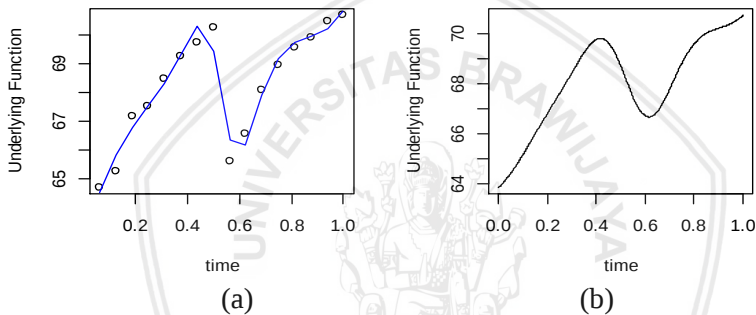
**Tabel 4.16.** Kebaikan model *B-spline* IPM Kabupaten Nganjuk

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| RSE                | 0,5559    |
| Adj R <sup>2</sup> | 0,918     |
| Statistika uji F   | 24,98     |
| <i>p-value</i>     | 7,865e-05 |

Berdasarkan Tabel 4.16 dapat dilihat bahwa model *B-spline* pada IPM Kabupaten Nganjuk menghasilkan koefisien determinasi sebesar 91,80%, artinya model *B-spline* tersebut mampu menjelaskan variasi variabel IPM Kabupaten Nganjuk sebesar 94,54%. Secara visual, *fitted value* dari persamaan 4.5 disajikan pada gambar 4.11 berikut ini.

## Fungsi B-Spline Kabupaten Nganju

### Fungsi B-Spline dengan lambda



**Gambar 4.11.** Fungsi *B-spline* IPM di Kabupaten Nganjuk

Apabila fungsi *B-spline* pada Gambar 4.11a diberi pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva berupa parameter pemulus ( $\lambda$ ) akan memberikan hasil kurva yang lebih halus seperti yang terlihat pada Gambar 4.11b.

### 3. Kota Surabaya

Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada fungsi *B-spline* IPM Kota Surabaya yang akan digunakan untuk menentukan model *B-spline* terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut ini.

**Tabel 4.17.** Nilai GCV menurut banyaknya knot, letak knot dan derajat  $v$  pada Fungsi IPM Kota Surabaya

| Knot | $v=1$      |       | $v=2$      |       | $v=3$        |                |
|------|------------|-------|------------|-------|--------------|----------------|
|      | Titik knot | GCV   | Titik knot | GCV   | Titik knot   | GCV            |
| 1    | 0,2783     | 0,421 | 0,589      | 0,479 | 0,125        | 0,251          |
| 2    | 0,125      | 0,190 | 0,125      | 0,066 | 0,125        | 0,023          |
|      | 0,250      |       | 0,250      |       | 0,250        |                |
| 3    | 0,125      | 0,168 | 0,125      | 0,043 | <b>0,125</b> | <b>0,00862</b> |
|      | 0,250      |       | 0,250      |       | <b>0,250</b> |                |
|      | 0,853      |       | 0,760      |       | <b>0,375</b> |                |
| 4    | 0,125      | 0,201 | 0,125      | 0,033 | 0,125        | 0,00865        |
|      | 0,250      |       | 0,250      |       | 0,250        |                |
|      | 0,500      |       | 0,375      |       | 0,375        |                |
|      | 0,843      |       | 0,500      |       | 0,874        |                |

Berdasarkan Tabel 4.17 diperoleh bahwa fungsi *B-spline* IPM Kota Surabaya pada derajat 1 sebanyak 3 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, pada derajat 2 fungsi *B-spline* sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, dan pada derajat 3 fungsi *B-spline* sebanyak 3 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum.

Pada penelitian ini dipilih fungsi *B-spline* pada derajat 3 dengan 3 *knot*, karena fungsi *B-spline* mempunyai turunan kedua jika berderajat  $v > 2$ . Titik *knot* fungsi *B-spline* kubik pada IPM Kota Surabaya terletak pada  $t$  sebesar 0,125, 0,250 dan 0,375, dimana  $t$  sudah distandarisasikan dari 0-1. Tabel 4.18 berikut adalah hasil estimasi parameter *B-spline* ( $v=3$  dan *knot*=3) IPM Kota Surabaya.

**Tabel 4.18.** Estimasi Parameter *B-spline* IPM Kota Surabaya

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | $t_{hitung}$ | $p$ -value | Keterangan |
|------------|-----------|-----------|--------------|------------|------------|
| Intersep   | 72,00     | 0,069     | 1033,7       | 0,000      | Signifikan |
| $\alpha_1$ | -6,138    | 0,264     | -23,21       | 0,000      | Signifikan |
| $\alpha_2$ | 2,249     | 0,188     | 11,92        | 0,000      | Signifikan |
| $\alpha_3$ | 2,393     | 0,114     | 20,95        | 0,000      | Signifikan |
| $\alpha_4$ | 5,847     | 0,149     | 39,20        | 0,000      | Signifikan |
| $\alpha_5$ | 5,899     | 0,141     | 41,69        | 0,000      | Signifikan |
| $\alpha_6$ | 9,125     | 0,092     | 98,89        | 0,000      | Signifikan |

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat diperoleh fungsi *B-spline* IPM Kota Surabaya sebagai berikut.

$$\hat{y} = 72,00B_0 - 6,138B_1 + 2,249B_2 + 2,393B_3 + 5,847B_4 + 5,899B_5 + 9,125B_6 \quad (4.6)$$

dengan

$$B_0 = B_{-3,4}(t), B_1 = B_{-2,4}(t), B_2 = B_{-1,4}(t), B_3 = B_{0,4}(t), B_4 = B_{1,4}(t), B_5 = B_{2,4}(t)$$

$$B_6 = B_{3,4}(t)$$

Dari Tabel 4.18 dapat dilihat bahwa secara parsial estimasi untuk semua koefisien signifikan pada  $\alpha=5\%$  dan dari *p-value* statistika uji F pada Tabel 4.19 menunjukkan bahwa secara simultan semua koefisien sangat signifikan.

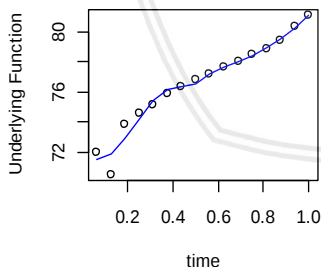
**Tabel 4.19.** Kebaikan model *B-spline* IPM Kota Surabaya

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| RSE                       | 0.0696    |
| <i>Adj R</i> <sup>2</sup> | 0.9994    |
| Statistika uji F          | 38,08     |
| <i>p-value</i>            | 4,622e-15 |

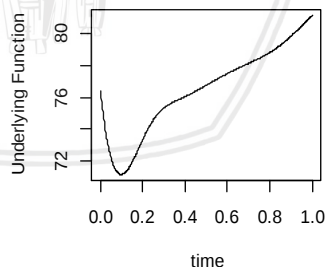
Berdasarkan Tabel 4.19 dapat dilihat bahwa model *B-spline* pada IPM Kota Surabaya menghasilkan koefisien determinasi sebesar 99,94%, artinya model *B-spline* tersebut mampu menjelaskan variasi variabel IPM Kota Surabaya sebesar 99,94%. Secara visual, *fitted value* dari persamaan 4.6 disajikan pada gambar 4.12 berikut ini.

**Fungsi B-Spline Kota Surabaya**

**Fungsi B-Spline dengan lambda**



(a)



(b)

**Gambar 4.12.** Fungsi *B-spline* IPM di Kota Surabaya

Apabila fungsi *B-spline* pada Gambar 4.12a diberi pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan

kurva berupa parameter pemulus ( $\lambda$ ) akan memberikan hasil kurva yang lebih halus seperti yang terlihat pada Gambar 4.12b.

Kurva model *B-spline* dari kabupaten/kota Jawa Timur untuk variabel IPM secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran 18. Secara umum kurva yang mewakili kabupaten/kota menunjukkan tren yang menurun dari tahun ke tahun.

### 4.2.3. Pertumbuhan Ekonomi

#### 1. Kabupaten Sampang

Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang yang akan digunakan untuk menentukan model *B-spline* terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini.

**Tabel 4.20.** Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada Fungsi *B-spline* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sampang

| Knot | v=1        |        | v=2        |       | v=3          |              |
|------|------------|--------|------------|-------|--------------|--------------|
|      | Titik knot | GCV    | Titik knot | GCV   | Titik knot   | GCV          |
| 1    | 0,562      | 63,006 | 0,281      | 77,61 | <b>0,582</b> | <b>80.23</b> |
| 2    | 0,499      | 57,695 | 0,536      | 69,05 | 0,749        | 89.626       |
|      | 0,562      |        | 0,625      |       | 0,874        |              |
| 3    | 0,499      | 41,656 | 0,437      | 79,31 | 0,499        | 101.405      |
|      | 0,562      |        | 0,517      |       | 0,562        |              |
|      | 0,687      |        | 0,625      |       | 0,687        |              |
| 4    | 0,249      | 48,015 | 0,437      | 90,66 | 0,374        | 119.941      |
|      | 0,499      |        | 0,523      |       | 0,493        |              |
|      | 0,562      |        | 0,625      |       | 0,562        |              |
|      | 0,687      |        | 0,750      |       | 0,687        |              |

Berdasarkan Tabel 4.20 diperoleh bahwa fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang pada derajat 1 sebanyak 3 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, pada derajat 2 fungsi *B-spline* sebanyak 2 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, dan pada derajat 3 fungsi *B-spline* sebanyak 1 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum.

Pada penelitian ini dipilih fungsi *B-spline* pada derajat 3 dengan 1 *knot*, karena fungsi *B-spline* mempunyai turunan kedua jika berderajat

$v > 2$ . Titik *knot* fungsi *B-spline* kubik pada IPM Kota Surabaya terletak pada  $t$  sebesar 0,582, dimana  $t$  sudah distandarisasikan dari 0-1. Tabel 4.21 berikut adalah hasil estimasi parameter *B-spline* ( $v=3$  dan  $knot=1$ ).

**Tabel 4.21.** Estimasi Parameter *B-spline* IPM Kota Surabaya

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | $t_{hitung}$ | $p$ -value | Keterangan       |
|------------|-----------|-----------|--------------|------------|------------------|
| Intersep   | 13,736    | 6,496     | 2,115        | 0,058      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_1$ | -18,66    | 14,888    | -1,253       | 0,236      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_2$ | 23,683    | 13,802    | 1,716        | 0,114      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_3$ | -17,947   | 12,761    | -1,406       | 0,187      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_4$ | -8,075    | 9,056     | -0,892       | 0,391      | Tidak Signifikan |

Berdasarkan Tabel 4.21 dapat diperoleh fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang sebagai berikut.

$$\hat{y} = 13,736B_0 - 18,66B_1 + 23,683B_2 - 17,947B_3 - 8,075B_4 \quad (4.7)$$

dengan

$$B_0 = B_{-3,4}(t), B_1 = B_{-2,4}(t), B_2 = B_{-1,4}(t), B_3 = B_{0,4}(t), B_4 = B_{1,4}(t)$$

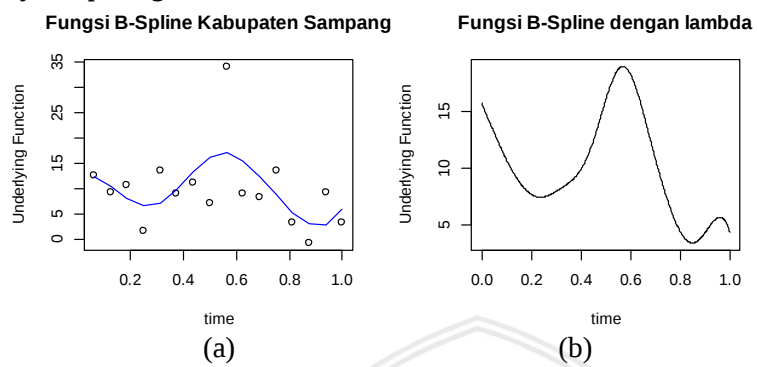
Dari Tabel 4.21 dapat dilihat bahwa secara parsial estimasi untuk semua koefisien tidak signifikan pada  $\alpha=5\%$  dan dari  $p$ -value statistika uji F pada Tabel 4.22 dapat dilihat bahwa secara simultan juga tidak signifikan.

**Tabel 4.22.** Kebaikan model *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang

|                  |        |
|------------------|--------|
| RSE              | 7,427  |
| Adj $R^2$        | 0,08   |
| Statistika Uji F | 1,326  |
| $p$ -value       | 0,3202 |

Berdasarkan Tabel 4.22 dapat dilihat bahwa model *B-spline* pada pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang menghasilkan koefisien determinasi sebesar 8%, artinya model *B-spline* tersebut hanya mampu

menjelaskan variasi variabel pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang sebesar 8%. Secara visual, *fitted value* dari persamaan 4.7 disajikan pada gambar 4.13 berikut ini.



**Gambar 4.13.** Fungsi *B-spline* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sampang

Apabila fungsi *B-spline* pada Gambar 4.13a diberi pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva berupa parameter pemulus ( $\lambda$ ) akan memberikan hasil kurva yang lebih halus seperti yang terlihat pada Gambar 4.13b.

## 2. Kota Blitar

Pada penentuan model *B-spline* ini akan dipilih derajat  $v$  dan banyaknya *knot* yang memiliki GCV paling minimum. Tabel 4.23 berikut adalah nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kota Blitar yang akan digunakan untuk menentukan model *B-spline* terbaik.

**Tabel 4.23.** Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada Fungsi Pertumbuhan ekonomi Kota Blitar

| <i>Knot</i> | $v=1$             |         | $v=2$             |         | $v=3$             |               |
|-------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------------|
|             | Titik <i>knot</i> | GCV     | Titik <i>knot</i> | GCV     | Titik <i>knot</i> | GCV           |
| 1           | 0,562             | 212.00  | 0.298             | 261.163 | <b>0.553</b>      | <b>282.15</b> |
| 2           | 0.499             | 198.14  | 0.499             | 229.307 | 0.625             | 312.87        |
|             | 0.562             |         | 0.590             |         | 0.687             |               |
| 3           | 0.499             | 105.791 | 0.543             | 219.058 | 0.499             | 286.77        |
|             | 0.562             |         | 0.625             |         | 0.562             |               |
|             | 0.687             |         | 0.750             |         | 0.687             |               |

| Knot | v=1        |         | v=2        |         | v=3        |        |
|------|------------|---------|------------|---------|------------|--------|
|      | Titik knot | GCV     | Titik knot | GCV     | Titik knot | GCV    |
| 4    | 0.249      | 111,212 | 0.437      | 230.919 | 0.499      | 331.79 |
|      | 0.499      |         | 0.523      |         | 0.562      |        |
|      | 0.562      |         | 0.625      |         | 0.687      |        |
|      | 0.687      |         | 0.750      |         | 0.812      |        |

Berdasarkan Tabel 4.23 diperoleh bahwa fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kota Blitar pada derajat 1 sebanyak 3 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, pada derajat 2 fungsi *B-spline* sebanyak 3 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, dan pada derajat 3 fungsi *B-spline* sebanyak 1 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum.

Pada penelitian ini dipilih fungsi *B-spline* derajat 3 dengan 1 *knot*, karena fungsi *B-spline* mempunyai turunan kedua jika berderajat  $v > 2$ . Titik *knot* fungsi *B-spline* kubik pada pertumbuhan ekonomi Kota Blitar terletak pada  $t$  sebesar 0,553, dimana  $t$  sudah distandarisasikan dari 0-1. Tabel 4.24 berikut adalah hasil estimasi parameter fungsi *B-spline* ( $v=3$  dan *knot*=1) pertumbuhan ekonomi Kota Blitar.

**Tabel 4.24.** Estimasi Parameter *B-spline* Pertumbuhan ekonomi Kota Blitar

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | $t_{hitung}$ | $p$ -value | Keterangan       |
|------------|-----------|-----------|--------------|------------|------------------|
| Intersep   | 18,41     | 12,27     | 1,501        | 0,162      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_1$ | -31,41    | 27,52     | -1,142       | 0,278      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_2$ | 41,32     | 25,99     | 1,589        | 0,14       | Tidak Signifikan |
| $\alpha_3$ | -23,8     | 24,27     | -0,98        | 0,348      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_4$ | -10,35    | 16,97     | -0,61        | 0,554      | Tidak Signifikan |

Berdasarkan Tabel 4.24 dapat diperoleh fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kota Blitar pada persamaan (4.8) berikut ini.

$$\hat{y} = 18,41B_0 - 31,41B_1 + 41,32B_2 - 23,8B_3 - 10,35B_4 \quad (4.8)$$

dengan

$$B_0 = B_{-3,4}(t), B_1 = B_{-2,4}(t), B_2 = B_{-1,4}(t), B_3 = B_{0,4}(t), B_4 = B_{1,4}(t)$$

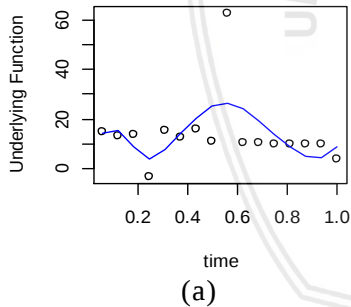
Berdasarkan Tabel 4.24 dapat dilihat bahwa secara parsial estimasi untuk semua koefisien tidak signifikan pada  $\alpha=5\%$  dan dari *p-value* statistika uji F pada Tabel 4.25 dapat dilihat bahwa model *B-spline* secara simultan juga tidak signifikan.

**Tabel 4.25.** Keabakan Model *B-spline* Pertumbuhan ekonomi Kota Blitar

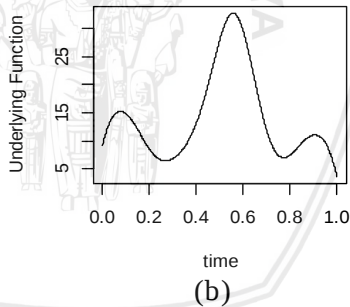
|                           |       |
|---------------------------|-------|
| RSE                       | 13,93 |
| <i>Adj R</i> <sup>2</sup> | 0.003 |
| Statistika uji F          | 0,987 |
| <i>p-value</i>            | 0,454 |

Model *B-spline* pada pertumbuhan ekonomi Kota Blitar menghasilkan koefisien determinasi sebesar 0,3%, artinya model *B-spline* tersebut mampu menjelaskan variasi variabel pertumbuhan ekonomi Kota Blitar sebesar 0,3%. Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.8) disajikan pada gambar 4.14 berikut ini.

**Fungsi B-Spline Kota Blitar**



**Fungsi B-Spline dengan lambda**



**Gambar 4.14.** Fungsi *B-spline* Pertumbuhan ekonomi di Kota Blitar

Apabila fungsi *B-spline* pada Gambar 4.14a diberi pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva berupa parameter pemulus ( $\lambda$ ) akan memberikan hasil kurva yang lebih halus seperti yang terlihat pada Gambar 4.14b. Dari fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kota Blitar tersebut dapat dihitung *Velocity* dari turunan pertama fungsi *B-spline* dan *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline*.

### 3. Kabupaten Bojonegoro

Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada fungsi *B-spline* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro yang akan digunakan untuk menentukan model *B-spline* terbaik dapat dilihat pada Tabel 4.26 berikut ini.

**Tabel 4.26.** Nilai GCV menurut banyaknya *knot*, letak *knot* dan derajat  $v$  pada Fungsi Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro

| <i>Knot</i> | $v=1$             |        | $v=2$             |       | $v=3$             |              |
|-------------|-------------------|--------|-------------------|-------|-------------------|--------------|
|             | Titik <i>knot</i> | GCV    | Titik <i>knot</i> | GCV   | Titik <i>knot</i> | GCV          |
| 1           | 0,250             | 681,72 | 0,822             | 649,4 | 0,728             | 773,5        |
| 2           | 0,563             | 613,86 | 0,556             | 730,2 | 0,486             | 827,9        |
|             | 0,863             |        | 0,625             |       | 0,562             |              |
| 3           | 0,499             | 607,65 | 0,437             | 663,9 | <b>0,249</b>      | <b>668,3</b> |
|             | 0,562             |        | 0,515             |       | <b>0,316</b>      |              |
|             | 0,701             |        | 0,625             |       | <b>0,533</b>      |              |
| 4           | 0,249             | 478,10 | 0,187             | 530,2 | 0,249             | 774,06       |
|             | 0,493             |        | 0,281             |       | 0,334             |              |
|             | 0,562             |        | 0,526             |       | 0,562             |              |
|             | 0,702             |        | 0,625             |       | 0,638             |              |

Berdasarkan Tabel 4.26 diperoleh bahwa fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro pada derajat 1 sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, pada derajat 2 fungsi *B-spline* sebanyak 4 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum, dan pada derajat 3 fungsi *B-spline* sebanyak 3 *knot* memiliki nilai GCV paling minimum.

Pada penelitian ini dipilih fungsi *B-spline* pada derajat 3 dengan 3 *knot*, karena fungsi *B-spline* mempunyai turunan kedua jika berderajat  $v > 2$ . Titik *knot* fungsi *B-spline* kubik pada pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro terletak pada  $t$  sebesar 0,249, 0,316, dan 0,533, dimana  $t$  sudah distandarisasikan dari 0-1. Tabel 4.26 berikut adalah hasil estimasi parameter *B-spline* ( $v=3$  dan  $knot=3$ ) pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro.

**Tabel 4.27.** Estimasi Parameter *B-spline* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | t hitung | p-value | Keterangan       |
|------------|-----------|-----------|----------|---------|------------------|
| Intersep   | 16,71     | 19,29     | 0,866    | 0,409   | Tidak Signifikan |
| $\alpha_1$ | -74,63    | 49,56     | -1,506   | 0,166   | Tidak Signifikan |
| $\alpha_2$ | 88,54     | 36,19     | 2,447    | 0,037   | Signifikan       |
| $\alpha_3$ | -33,18    | 31,32     | -1,06    | 0,317   | Tidak Signifikan |
| $\alpha_4$ | 93,07     | 41,28     | 2,255    | 0,051   | Tidak Signifikan |
| $\alpha_5$ | -86,88    | 37,81     | -2,298   | 0,047   | Signifikan       |
| $\alpha_6$ | 30,11     | 26,03     | 1,157    | 0,277   | Tidak Signifikan |

Berdasarkan Tabel 4.27 dapat diperoleh fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro sebagai berikut.

$$\hat{y} = 16,71B_0 - 74,63B_1 + 88,54B_2 - 33,18B_3 + 93,07B_4 - 86,88B_5 + 30,11B_6 \quad (4.9)$$

dengan

$$B_0 = B_{-3,4}(t), B_1 = B_{-2,4}(t), B_2 = B_{-1,4}(t), B_3 = B_{0,4}(t), B_4 = B_{1,4}(t), B_5 = B_{2,4}(t), B_6 = B_{3,4}(t)$$

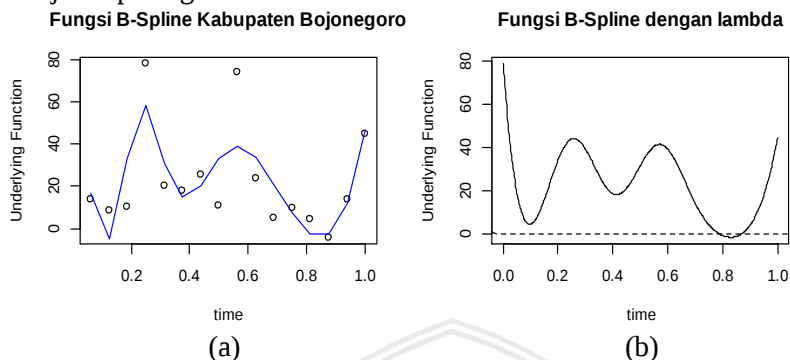
Secara parsial estimasi hanya terdapat beberapa koefisien yang signifikan pada  $\alpha=5\%$ , dan dari  $p$ -value pada Tabel 4.28 dapat dilihat bahwa secara simultan juga tidak signifikan.

**Tabel 4.28.** Kebaikan model *B-spline* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro

|                    |        |
|--------------------|--------|
| RSE                | 19,41  |
| Adj R <sup>2</sup> | 0,3285 |
| Statistika Uji F   | 2,223  |
| p-value            | 0,1355 |

Berdasarkan Tabel 4.28 dapat dilihat bahwa model *B-spline* pada pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro menghasilkan koefisien determinasi sebesar 32%, artinya model *B-spline* tersebut mampu

menjelaskan variasi variabel pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro sebesar 32%. Secara visual, *fitted value* dari persamaan 4.9 disajikan pada gambar 4.15 berikut ini.



**Gambar 4.15.** Fungsi *B-spline* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro

Apabila fungsi *B-spline* pada Gambar 4.15a diberi pengontrol keseimbangan antara kesesuaian kurva terhadap data dan kemulusan kurva berupa parameter pemulus ( $\lambda$ ) akan memberikan hasil kurva yang lebih halus seperti yang terlihat pada Gambar 4.15b.

Kurva model *B-spline* dari kabupaten/kota Jawa Timur untuk variabel pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran 21, tetapi dalam pembahasan ini hanya mengambil beberapa kabupaten/kota saja, pemilihan Kabupaten/kota dipertimbangkan dari nilai rata-rata kabupaten/kota paling rendah, sedang, dan paling tinggi. Secara umum kurva yang mewakili kabupaten/kota menunjukkan pola acak atau tidak memiliki pola tertentu.

### 4.3. Estimasi Kurva *Velocity*

Estimasi laju perubahan fungsi indikator penelitian (kecepatan/*Velocity*) dilakukan dengan menghitung turunan pertama dari fungsi yang mendasarinya. Keuntungan menggunakan FCA pada penelitian ini adalah dapat menghitung laju perubahan dari fungsi yang mendasarinya serta dapat menghitung laju perubahan kecepatan (percepatan/*Acceleration*) dari fungsi yang mendasarinya. Dalam pembahasan ini hanya mengambil beberapa kabupaten/kota saja, pemilihan Kabupaten/kota dipertimbangkan dari nilai rata-rata kabupaten/kota paling rendah, sedang, dan paling tinggi.

### 4.3.1. Persentase Penduduk Miskin

#### 1. Kota Malang

Berikut adalah estimasi parameter fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi persentase penduduk miskin Kota Malang.

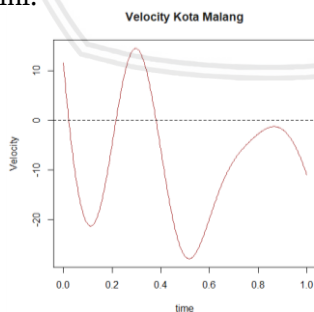
**Tabel 4.29.** Estimasi Parameter Turunan Pertama *B-spline* Persentase Penduduk Miskin Kota Malang

| Parameter  | Koefisien | Std.Error | $t_{hitung}$ | $p$ -value | Keterangan       |
|------------|-----------|-----------|--------------|------------|------------------|
| Intersep   | -21,738   | 2,659     | -8,176       | 0,000      | Signifikan       |
| $\alpha_1$ | 6,700     | 6,020     | 1,113        | 0,298      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_2$ | -15,798   | 7,497     | -2,107       | 0,068      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_3$ | 16,173    | 5,702     | 2,836        | 0,021      | Signifikan       |
| $\alpha_4$ | 27,675    | 4,082     | 6,779        | 0,000      | Signifikan       |
| $\alpha_5$ | -6,467    | 5,959     | -1,085       | 0,309      | Tidak Signifikan |
| $\alpha_6$ | 31,312    | 5,672     | 5,520        | 0,000      | Signifikan       |
| $\alpha_7$ | 16,932    | 3,655     | 4,633        | 0,002      | Signifikan       |

Berdasarkan Tabel 4.29 dapat diperoleh fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kota Malang sebagai berikut.

$$\hat{y} = -21,738B_0 + 6,7B_1 - 15,798B_2 + 16,173B_3 + 27,675B_4 - 6,467B_5 + 31,312B_6 + 16,932B_7 \quad (4.10)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan 4.10 disajikan pada gambar 4.16 berikut ini.



**Gambar 4.16.** Fungsi *Velocity* Persentase Penduduk Miskin Kota Malang

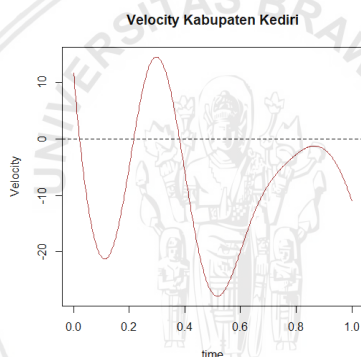
Berdasarkan Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa laju perubahan (kecepatan/*velocity*) dari fungsi persentase penduduk miskin Kota Malang mengalami naik turun di sekitar -25 sampai 10. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju perubahan presentase penduduk miskin Kota Malang tidak terlalu cepat.

## 2. Kabupaten Kediri

Estimasi parameter fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri dapat dilihat pada Lampiran 9 dan diperoleh fungsi *Velocity* dari turunan fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri sebagai berikut.

$$\hat{y} = 11,734B_0 - 14,960B_1 + 3,996B_2 - 75,725B_3 + 25,533B_4 - 34,139B_5 + 22,730B_6 - 9,900B_7 \quad (4.11)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.11) disajikan pada Gambar 4.17 berikut ini.



**Gambar 4.17.** Fungsi *Velocity* Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Kediri

Berdasarkan Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa laju perubahan (kecepatan/*velocity*) dari fungsi persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri mengalami mengalami naik turun di sekitar -25 sampai 10. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju perubahan presentase penduduk miskin Kabupaten Kediri pergerakannya tidak terlalu cepat dari waktu ke waktu.

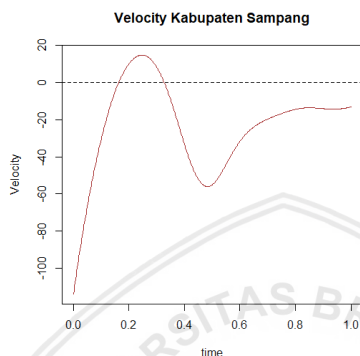
## 3. Kabupaten Sampang

Estimasi parameter fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang dapat dilihat pada

Lampiran 9 dan diperoleh fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi *B-spline* Persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang sebagai berikut.

$$\hat{y} = -110,42B_0 - 22,84B_1 + 190,75B_2 + 21,52B_3 + 87,90B_4 + 100,62B_5 \quad (4.12)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.12) disajikan pada gambar 4.18 berikut ini.



**Gambar 4.18.** Fungsi *Velocity* Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Sampang

Berdasarkan Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa laju perubahan (kecepatan/*velocity*) dari fungsi persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang mengalami kenaikan kecepatan yang besar pada periode awal, lalu kecepatan turun sampai periode pertengahan dan naik sesaat hingga pada periode akhir laju perubahan persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang cenderung stabil.

Kurva *velocity* dari kabupaten/kota Jawa Timur untuk variabel persentase penduduk miskin secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran 16. Secara umum kurva yang mewakili kabupaten/kota menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun

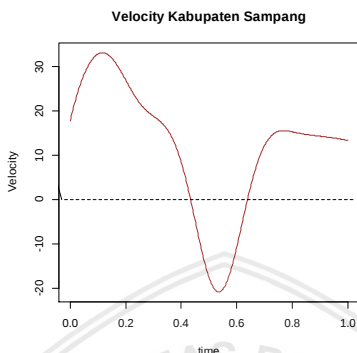
#### 4.3.2. IPM

##### 1. Kabupaten Sampang

Estimasi parameter fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi IPM Kabupaten Sampang dapat dilihat pada Lampiran 10 dan diperoleh fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi *B-spline* IPM Kabupaten Sampang sebagai berikut.

$$\hat{y} = 17,427B_0 + 4,712B_1 + 32,477B_2 - 6,223B_3 + 7,797B_4 - 94,526B_5 + 32,738B_6 - 4,505B_7 \quad (4.13)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.13) disajikan pada Gambar 4.19 berikut ini.



**Gambar 4.19.** Fungsi *Velocity* IPM Kabupaten Sampang

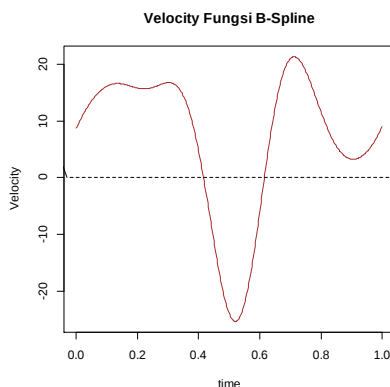
Berdasarkan Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa laju perubahan (kecepatan/*velocity*) dari fungsi IPM Kabupaten Sampang mengalami naik turun di sekitar -20 sampai 30. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju perubahan IPM Kota Malang jalannya tidak terlalu cepat. Kenaikan kecepatan terjadi sesaat di periode awal, lalu kecepatan mengalami penurunan secara drastis sampai periode pertengahan dan naik beberapa saat hingga pada periode akhir laju perubahan IPM Kabupaten Sampang cenderung stabil.

## 2. Kabupaten Nganjuk

Estimasi parameter fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi IPM Kabupaten Nganjuk dapat dilihat pada Lampiran 10 dan diperoleh fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi *B-spline* IPM Kabupaten Nganjuk sebagai berikut.

$$\hat{y} = 8,316B_0 + 4,615B_1 + 9,828B_2 - 7,577B_3 + 11,559B_4 - 99,588B_5 + 73,304B_6 - 3,373B_7 \quad (4.14)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.14) disajikan pada Gambar 4.20 berikut ini.



**Gambar 4.20.** Fungsi *Velocity* IPM Kabupaten Nganjuk

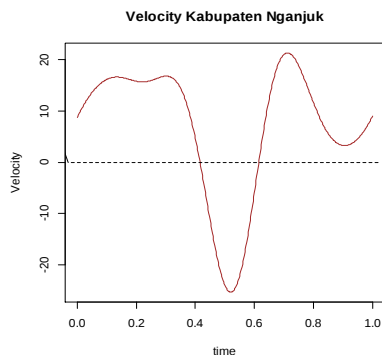
Berdasarkan Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa laju perubahan (kecepatan/*velocity*) dari fungsi IPM Kabupaten Nganjuk mengalami kenaikan kecepatan sesaat pada periode awal, lalu kecepatan cenderung stabil pada beberapa saat dan kemudian mengalami penurunan secara drastis sampai periode pertengahan, lalu kembali naik hingga mencapai kecepatan tertinggi. Kecepatan fungsi IPM Kabupaten Nganjuk kembali mengalami penurunan dan kemudian naik pada periode akhir.

### 3. Kota Surabaya

Estimasi parameter fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi IPM Kota Surabaya dapat dilihat pada Lampiran 10 dan diperoleh fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi *B-spline* IPM Kota Surabaya sebagai berikut.

$$\hat{y} = -121,128B_0 - 24,566B_1 + 181,71B_2 + 127,60B_3 + 126,75B_4 + 127,75B_5 + 128,816B_6 \quad (4.15)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.15) disajikan pada gambar 4.21 berikut ini.



**Gambar 4.21.** Fungsi *Velocity* IPM Kota Surabaya

Berdasarkan Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa laju perubahan (kecepatan/*velocity*) dari fungsi IPM Kota Surabaya mengalami kenaikan kecepatan yang cukup tinggi pada periode awal, kemudian pada periode pertengahan hingga akhir periode IPM Kota Surabaya cenderung stabil.

Kurva *velocity* dari kabupaten/kota Jawa Timur untuk variabel IPM secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran 19. Secara umum kurva yang mewakili kabupaten/kota menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun dan pada periode pertengahan selalu mengalami penurunan yang sangat signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pada pertengahan periode tersebut terjadi laju perubahan sangat besar pada IPM yang disebabkan oleh perubahan metode perhitungan variabel IPM

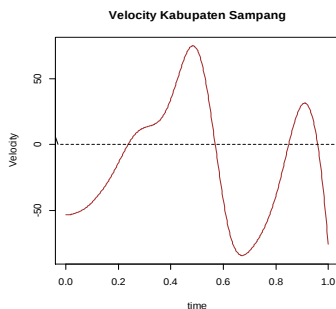
### 4.3.3. Pertumbuhan Ekonomi

#### 1. Kabupaten Sampang

Estimasi parameter fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro dapat dilihat pada Lampiran 11 dan diperoleh fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang sebagai berikut.

$$\hat{y} = -35,5B_0 - 119,41B_1 + 270,53B_2 - 82,6B_3 - 18,36B_4 \quad (4.16)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.16) disajikan pada gambar 4.22 berikut ini.



**Gambar 4.22.** Fungsi *Velocity* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sampang

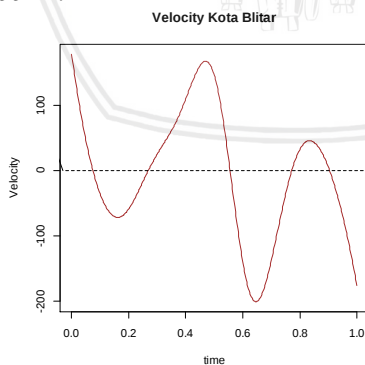
Berdasarkan Gambar 4.22 dapat dilihat bahwa laju perubahan (kecepatan/*velocity*) dari fungsi pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang mengalami mengalami naik turun di sekitar -70 sampai 70. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju perubahan pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang pergerakannya cukup cepat dari waktu ke waktu.

## 2. Kota Blitar

Estimasi parameter fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi pertumbuhan ekonomi Kota Blitar dapat dilihat pada Lampiran 11 dan diperoleh fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kota Blitar sebagai berikut.

$$\hat{y} = 258,42B_0 - 604,99B_1 + 276,02B_2 - 581,25B_3 - 212,92B_4 \quad (4.17)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.17) disajikan pada gambar 4.22 berikut ini.



**Gambar 4.23.** Fungsi *Velocity* Pertumbuhan Ekonomi Kota Blitar

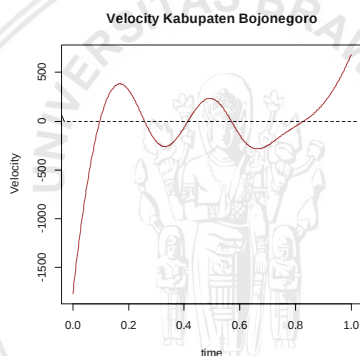
Berdasarkan Gambar 4.23 dapat dilihat bahwa laju perubahan (kecepatan/*velocity*) dari fungsi pertumbuhan ekonomi Kota Blitar mengalami naik turun di sekitar -200 sampai 150. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju perubahan pertumbuhan ekonomi Kota Blitar sangat cepat hingga periode akhir.

### 3. Kabupaten Bojonegoro

Estimasi parameter fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro dapat dilihat pada Lampiran 11 dan diperoleh fungsi *Velocity* dari turunan pertama fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro sebagai berikut.

$$\hat{y} = -1754,6B_0 - 235,8B_1 + 1689,1B_2 + 2133,9B_3 + 1416,7B_4 + 1791,1B_5 + 1595,1B_6 \quad (4.18)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.18) disajikan pada gambar 4.24 berikut ini.



**Gambar 4.24.** Fungsi *Velocity* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro

Berdasarkan Gambar 4.24 dapat dilihat bahwa laju perubahan (kecepatan/*velocity*) dari fungsi pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro mengalami laju perubahan yang sangat cepat pada periode awal, kemudian kecepatan kembali turun sampai di sekitar nilai 0 dan pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro mengalami naik turun di sekitar nilai 0 hingga periode akhir. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju perubahan pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang pada periode pertengahan hingga akhir jalannya tidak terlalu cepat.

Kurva *velocity* dari kabupaten/kota Jawa Timur untuk variabel pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran 22. Secara umum kurva yang mewakili kabupaten/kota menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun dan terdapat beberapa kabupaten/kota yang stabil pada akhir periode.

#### 4.4. Estimasi Kurva *Acceleration*

Pendugaan laju perubahan kecepatan (percepatan/ *Acceleration*) dilakukan dengan menghitung hasil turunan kedua dari fungsi yang mendasarinya.

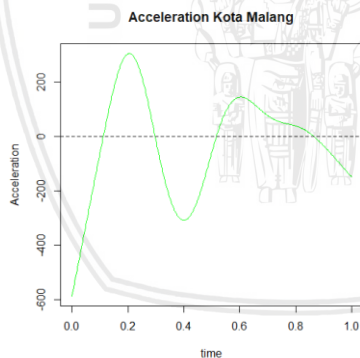
##### 4.4.1. Persentase Penduduk Miskin

###### 1. Kota Malang

Estimasi parameter fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi persentase penduduk miskin Kota Malang dapat dilihat pada Lampiran 12 dan dapat diperoleh fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline* Persentase penduduk miskin Kota Malang sebagai berikut.

$$\hat{y} = -29,933B_0 + 106,829B_1 - 210,409B_2 + 515,655B_3 - 196,927B_4 + 222,347B_5 - 5,511B_6 + 28,832B_7 \quad (4.19)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.19) disajikan pada gambar 4.25 berikut ini.



**Gambar 4.25.** Fungsi *Acceleration* Persentase Penduduk Miskin Kota Malang

Berdasarkan Gambar 4.25 dapat dilihat bahwa laju perubahan kecepatan (percepatan/*velocity*) dari fungsi persentase penduduk miskin Kota Malang mengalami naik turun di sekitar -600 sampai 250. Hal

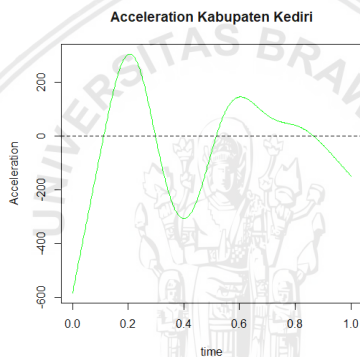
tersebut menunjukkan bahwa laju perubahan kecepatan presentase penduduk miskin Kota Malang terjadi sangat cepat dari waktu ke waktu.

## 2. Kabupaten Kediri

Estimasi parameter fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi Persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri dapat dilihat pada Lampiran 12 dan diperoleh fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri sebagai berikut.

$$\hat{y} = -586,87B_0 + 92,65B_1 + 22,85B_2 + 665,88B_3 + 1108,50B_4 - 422,38B_5 + 1421,26B_6 + 521,43B_7 \quad (4.20)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.20) disajikan pada gambar 4.26 berikut ini.



**Gambar 4.26.** Fungsi *Acceleration* Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Kediri

Berdasarkan Gambar 4.26 dapat dilihat bahwa laju perubahan kecepatan (percepatan/*velocity*) dari fungsi persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri mengalami kenaikan percepatan yang cukup besar pada periode awal, kemudian percepatan mengalami penurunan pada pertengahan periode dan persentase penduduk miskin Kabupaten Kediri mengalami kenaikan kembali hingga pada akhir periode percepatan perlahan turun.

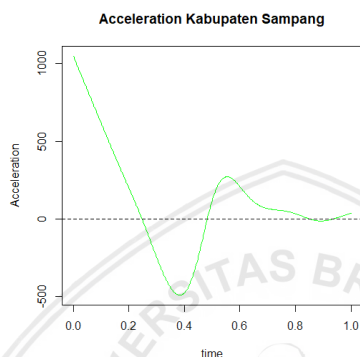
## 3. Kabupaten Sampang

Estimasi parameter fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang dapat dilihat pada

Lampiran 12 dan diperoleh fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline* persentase penduduk miskin Kabupaten Bojonegoro sebagai berikut.

$$\hat{y} = 1033,69B_0 + 84,09B_1 - 660,49B_2 - 1947,55B_3 - 27,91B_4 - 1146,19B_5 \quad (4.21)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.21) disajikan pada gambar 4.27 berikut ini.



**Gambar 4.27.** Fungsi *Acceleration* Persentase Penduduk Miskin Kabupaten Sampang

Berdasarkan Gambar 4.27 dapat dilihat bahwa laju perubahan kecepatan (percepatan/*velocity*) dari fungsi persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang mengalami penurunan percepatan yang cukup besar pada periode awal sampai pertengahan periode, kemudian percepatan mengalami kenaikan sesaat dan persentase penduduk miskin Kabupaten Sampang pada akhir periode percepatan perlahan turun dan cenderung stabil di sekitar nilai 0 atau cenderung bernilai tetap.

Kurva *acceleration* dari kabupaten/kota Jawa Timur untuk variabel persentase penduduk miskin secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran 17. Secara umum kurva yang mewakili kabupaten/kota menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun.

#### 4.4.2. IPM

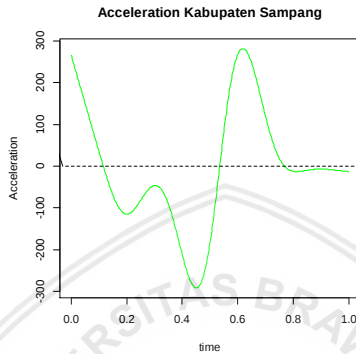
##### 1. Kabupaten Sampang

Estimasi parameter fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi IPM Kabupaten Sampang dapat dilihat pada Lampiran 13 dan diperoleh

fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline* IPM Kabupaten Sampang sebagai berikut.

$$\hat{y} = 239,24B_0 + 247,46B_1 - 712,80B_2 - 69,22B_3 - 713,68B_4 - 16,04B_5 + 118,43B_6 - 327,19B_7 \quad (4.22)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.22) disajikan pada gambar 4.28 berikut ini.



**Gambar 4.28.** Fungsi *Acceleration* IPM Kabupaten Sampang

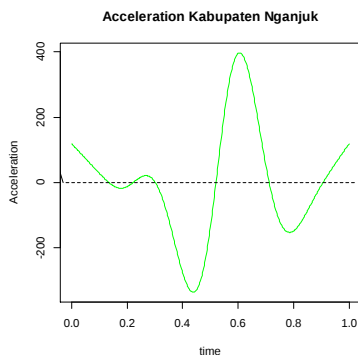
Berdasarkan Gambar 4.28 dapat dilihat bahwa laju perubahan kecepatan (percepatan/*velocity*) dari fungsi IPM Kabupaten Sampang mengalami naik turun di awal hingga pertengahan periode dan percepatan fungsi IPM Kabupaten Sampang pada akhir periode cenderung stabil dan berada di sekitar nilai 0 yang berarti cenderung bernilai tetap di akhir periode.

## 2. Kabupaten Nganjuk

Estimasi parameter fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi IPM Kabupaten Nganjuk dapat dilihat pada Lampiran 13 dan diperoleh fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline* IPM Kabupaten Nganjuk sebagai berikut.

$$\hat{y} = 95,28B_0 + 228,91B_1 - 505,87B_2 + 256,21B_3 - 850,00B_4 + 651,22B_5 + 36,5B_6 - 346,99B_7 \quad (4.23)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.23) disajikan pada gambar 4.29 berikut ini.



**Gambar 4.29.** Fungsi *Acceleration* IPM Kabupaten Nganjuk

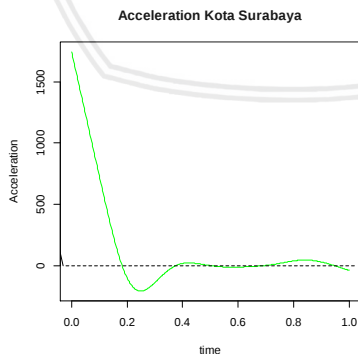
Berdasarkan Gambar 4.29 dapat dilihat bahwa laju perubahan kecepatan (percepatan/*velocity*) dari fungsi IPM Kabupaten Nganjuk mengalami naik turun di sekitar angka -350 sampai 400 hingga akhir periode.

### 3. Kota Surabaya

Estimasi parameter fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi IPM Kota Surabaya dapat dilihat pada Lampiran 13 dan dapat diperoleh fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline* IPM Kota Surabaya sebagai berikut.

$$\hat{y} = 1744,3B_0 - 517,1B_1 + 342,1B_2 - 1098,8B_3 - 2556,1B_4 - 1294,5B_5 - 1790,6B_6 \quad (4.24)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.24) disajikan pada gambar 4.30 berikut ini.



**Gambar 4.30.** Fungsi *Acceleration* IPM Kota Surabaya

Berdasarkan Gambar 4.30 dapat dilihat bahwa laju perubahan kecepatan (percepatan/*velocity*) dari fungsi IPM Kota Surabaya mengalami penurunan percepatan di awal periode dan pada pertengahan periode hingga akhir periode percepatan fungsi IPM Kota Surabaya cenderung stabil di sekitar nilai 0 yang berarti percepatan IPM Kota Surabaya cenderung tetap.

Kurva *acceleration* dari kabupaten/kota Jawa Timur untuk variabel IPM secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran 20. Secara umum kurva yang mewakili kabupaten/kota menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun.

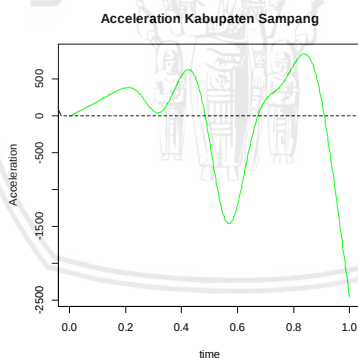
### 4.4.3. Pertumbuhan Ekonomi

#### 1. Kabupaten Sampang

Berikut adalah estimasi parameter fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang dapat dilihat pada Lampiran 14 dan diperoleh fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro sebagai berikut.

$$\hat{y} = 8,984B_0 - 127,852B_1 + 1509,04B_2 - 1887,87B_3 + 1154,728B_4 \quad (4.25)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.25) disajikan pada gambar 4.30 berikut ini.



**Gambar 4.31.** Fungsi *Acceleration* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sampang

Berdasarkan Gambar 4.31 dapat dilihat bahwa laju perubahan kecepatan (percepatan/*velocity*) dari fungsi pertumbuhan ekonomi Kabupaten Sampang mengalami kenaikan percepatan secara perlahan

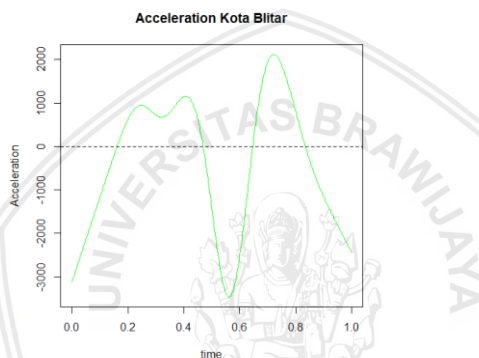
hingga di pertengahan periode, percepatan mengalami penurunan sesaat dan naik kembali, kemudian pada akhir periode percepatan pertumbuhan ekonomi mengalami penurunan yang sangat drastis.

## 2. Kota Blitar

Estimasi parameter fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi pertumbuhan ekonomi Kota Blitar dapat dilihat pada Lampiran 14 dan diperoleh fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kota Blitar sebagai berikut.

$$\hat{y} = -3501,5B_0 + 1982,7B_1 + 6973,5B_2 + 263,8B_3 + 5761,4B_4 \quad (4.26)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.26) disajikan pada Gambar 4.32 berikut ini.



**Gambar 4.32.** Fungsi *Acceleration* Pertumbuhan Ekonomi Kota Blitar

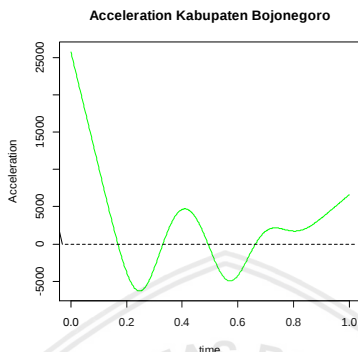
Berdasarkan Gambar 4.32 dapat dilihat bahwa laju perubahan kecepatan (percepatan/*velocity*) dari fungsi pertumbuhan ekonomi Kota Blitar mengalami naik turun di sekitar angka -3000 sampai 2000 dari waktu ke waktu. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi Kota Blitar mengalami percepatan yang pergerakannya sangat cepat.

## 3. Kabupaten Bojonegoro

Estimasi parameter fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro dapat dilihat pada Lampiran 14 dan diperoleh fungsi *Acceleration* dari turunan kedua fungsi *B-spline* pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro sebagai berikut.

$$\hat{y} = 26101B_0 - 6415B_1 + 1819B_2 - 38624B_3 - 12388B_4 - 36015B_5 - 22485B_6 \quad (4.27)$$

Secara visual, *fitted value* dari persamaan (4.27) disajikan pada gambar 4.33 berikut ini.



**Gambar 4.33.** Fungsi *Acceleration* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro

Berdasarkan Gambar 4.33 dapat dilihat bahwa laju perubahan kecepatan (percepatan/*velocity*) dari fungsi pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro mengalami penurunan percepatan pada awal periode, kemudian percepatan pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro mengalami naik turun di sekitar nilai 0 pada pertengahan periode hingga akhir periode yang berarti pertumbuhan ekonomi Kabupaten Bojonegoro pergerakannya tidak terlalu cepat.

Kurva *acceleration* dari kabupaten/kota Jawa Timur untuk variabel pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran 23. Secara umum kurva yang mewakili kabupaten/kota menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun.

## 4.5. Functional Cluster Analysis (FCA)

### 4.5.1. Penentuan Jumlah Cluster Optimal

Untuk menentukan jumlah *cluster* yang optimal, dapat dilihat berdasarkan nilai BIC. Semakin besar nilai BIC maka menunjukkan bukti yang kuat untuk model. Sehingga pada penelitian ini mencari jumlah *cluster* yang menghasilkan nilai BIC terbesar. Secara lengkap nilai BIC untuk persentase penduduk miskin, IPM, dan pertumbuhan ekonomi pada  $k=2,3,4$ , dan 5 dapat dilihat pada Lampiran 15 dan diringkas pada Tabel 4.30.

**Tabel 4.30.** Nilai BIC untuk Persentase Penduduk Miskin, IPM, dan Pertumbuhan Ekonomi

| <i>k</i> | BIC                        |          |                     |
|----------|----------------------------|----------|---------------------|
|          | Presentase Penduduk Miskin | IPM      | Pertumbuhan Ekonomi |
| 2        | -4292,11                   | -3554,14 | -2964,10            |
| 3        | -3230,55                   | -4073,97 | -19517,07           |
| 4        | -4568,69                   | -3799,92 | -8013,71            |
| 5        | -4017,37                   | -2692,87 | -9128,45            |

Berdasarkan Tabel 4.30 dapat dilihat bahwa nilai BIC presentase penduduk miskin terbesar adalah pada  $k=3$  sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah *cluster* yang optimal untuk variabel presentase penduduk miskin adalah 3 *cluster* dan pada IPM nilai BIC terbesar adalah pada  $k=5$  sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah *cluster* yang optimal untuk variabel IPM adalah 5 *cluster*. Sedangkan untuk pertumbuhan ekonomi nilai BIC terbesar adalah saat  $k=2$  sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah *cluster* yang optimal untuk variabel pertumbuhan ekonomi adalah 2 *cluster*.

#### 4.5.2. Penentuan Jarak Kurva ke Pusat

Setelah didapatkan banyaknya *cluster* optimal yang terbentuk, selanjutnya teknik pengelompokan berbasis model ini mendefinisikan ukuran jarak untuk setiap kurva. Pada pendekatan BSD, jarak ke setiap pusat *cluster* dihitung untuk setiap kurva dengan menentukan jumlah jarak kuadrat antara kurva dan pusat *cluster* pada titik waktu yang tersedia dan membaginya dengan jumlah titik waktu untuk kurva yang sesuai. Pusat *cluster* dan jarak antara kurva dengan pusat *cluster* dapat dilihat pada Lampiran 25. Penentuan anggota *cluster* kurva dilakukan dengan membandingkan jarak kurva dari setiap pusat *cluster*. Jarak kurva dengan pusat *cluster* terkecil akan masuk dalam satu *cluster* tersebut.

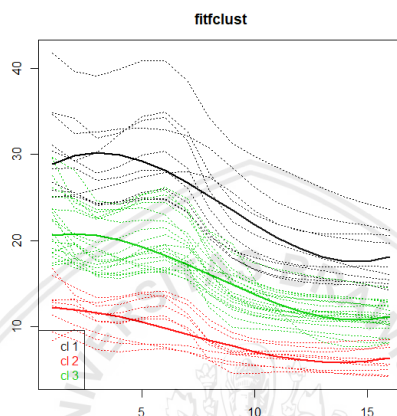
#### 4.5.3. Pengelompokan Kurva

Pengelompokan kurva dilakukan dengan menggunakan pendekatan berbasis model pada masing-masing variabel berdasarkan

banyaknya *cluster* yang optimal. Berikut adalah hasil pengelompokan Kabupaten/kota di Jawa Timur untuk masing-masing variabel.

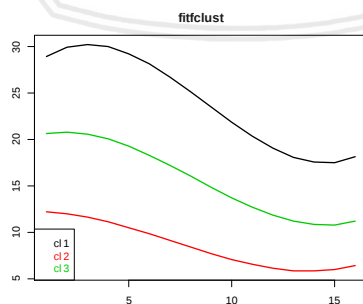
### 1. Pengelompokan Kurva Persentase Penduduk Miskin

Pengelompokan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan persentase penduduk miskin ini dilakukan menggunakan FCA. Gambar 4.34 berikut adalah gambaran mengenai banyaknya *cluster* yang terbentuk untuk variabel persentase penduduk miskin.

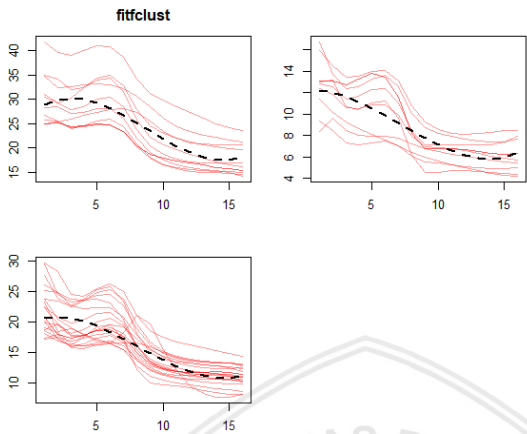


**Gambar 4.34.** Pengelompokan Kabupaten/kota berdasarkan Variabel Persentase Penduduk Miskin

Berdasarkan Gambar 4.34 dapat dilihat bahwa *cluster* optimal yang terbentuk untuk variabel Persentase penduduk miskin adalah sebanyak 3 *cluster*. Dari pengelompokan kurva tersebut didapatkan plot pusat *cluster* yang dapat dilihat pada Gambar 4.35 dan plot terpisah untuk setiap *cluster* dengan jarak ke pusat *cluster* pada Gambar 4.36.



**Gambar 4.35.** Pusat *Cluster* dari Variabel Persentase Penduduk Miskin



**Gambar 4.36.** Plot Terpisah untuk Setiap *Cluster* dari Variabel Persentase Penduduk Miskin

Dari proses pengelompokan kurva berbasis model tersebut dihasilkan anggota *cluster* untuk variabel persentase penduduk miskin yang dapat dilihat pada Lampiran 25 dan disajikan di Tabel 4.33. Estimasi parameter kurva pada Gambar 4.35 dapat dilihat pada Lampiran 25.

**Tabel 4.31.** Anggota *Cluster* untuk Variabel Persentase Penduduk Miskin

| <i>Cluster</i> | Jumlah Anggota | Anggota                                                                                                                                                                                                |
|----------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | 10             | Kabupaten Pacitan, Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Ngawi, Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Tuban, Kabupaten Bangkalan, Kabupaten Sampang, Kabupaten Pamekasan, Kabupaten Sumenep. |
| 2              | 9              | Kabupaten Sidoarjo, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Malang, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Madiun, Kota Surabaya, Kota Batu.                                                                       |

|   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | 19 | Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Tulungagung, Kabupaten Blitar, Kabupaten Kediri, Kabupaten Malang, Kabupaten Lumajang, Kabupaten Jember, Kabupaten Banyuwangi, Kabupaten Situbondo, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Jombang, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Madiun, Kabupaten Magetan, Kabupaten Lamongan, Kabupaten Gresik, Kota Probolinggo. |
|---|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Identifikasi karakteristik tiap *cluster* menggambarkan keadaan umum *cluster* yang terbentuk dari hasil FCA. Anggota masing-masing *cluster* memiliki karakteristik yang berbeda-beda dengan *cluster* lain. Berikut ringkasan statistika deskriptif masing-masing *cluster* untuk variabel persentase penduduk miskin.

**Tabel 4.32.** Statistika Deskriptif Hasil *Cluster* Variabel Persentase Penduduk Miskin

| <i>Cluster</i> | Rata-rata | Minimum | Maksimum |
|----------------|-----------|---------|----------|
| 1              | 24,30     | 20,04   | 33,18    |
| 2              | 8,53      | 6,21    | 11,07    |
| 3              | 15,90     | 12,79   | 20,84    |

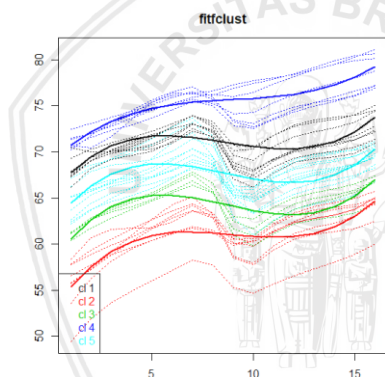
Karakteristik masing-masing *cluster* untuk persentase penduduk miskin berdasarkan Tabel 4.32 dapat dilihat bahwa dalam periode waktu 2002 hingga 2017, sebagian besar persentase penduduk miskin di Jawa Timur pada *cluster* 1 adalah sebesar 24,30%. Persentase penduduk miskin terendah pada *cluster* 1 adalah 20,04% yang dicapai oleh Kabupaten Ngawi. Sedangkan pada periode waktu yang sama, persentase penduduk miskin tertinggi pada *cluster* 1 adalah sebesar 33,18% yang diduduki oleh Kabupaten Sampang. Pada *cluster* 2 sebagian besar persentase penduduk miskin di Jawa Timur adalah sebesar 8,53%. Persentase penduduk miskin terendah pada *cluster* 2 adalah 6,21% yang dicapai oleh Kota Malang. Sedangkan pada periode waktu yang sama, persentase penduduk miskin tertinggi pada *cluster* 2 adalah sebesar 11,07% yang dicapai oleh Kota Kediri. Pada *cluster* 3 sebagian besar persentase penduduk miskin di Jawa Timur adalah sebesar 15,90%. Persentase penduduk miskin terendah pada *cluster* 3 adalah 12,79% yang dicapai oleh Kabupaten Banyuwangi. Sedangkan

pada periode waktu yang sama, persentase penduduk miskin tertinggi pada *cluster* 3 adalah sebesar 20,84% yang diduduki oleh Kabupaten Lamongan.

Dari hasil deskripsi tersebut dapat disimpulkan bahwa *cluster* 1 memiliki persentase penduduk miskin tertinggi dibandingkan dengan *cluster* yang lain, sedangkan pada *cluster* 2 memiliki persentase penduduk miskin terendah dibandingkan dengan *cluster* yang lain. Sehingga wilayah pada *cluster* 1 tersebut membutuhkan bantuan pemerintah yang lebih dalam rangka menurunkan persentase penduduk miskin untuk mencapai pemerataan wilayah di Jawa Timur.

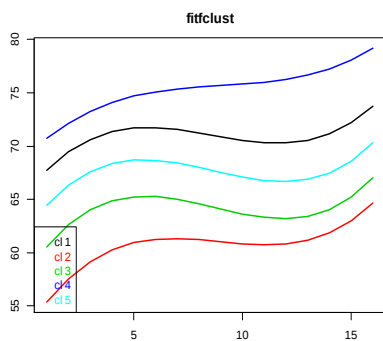
## 2. Pengelompokan Kurva IPM

Pengelompokan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan IPM ini dilakukan menggunakan *Functional Cluster Analysis* (FCA). Gambar 4.35 berikut adalah gambaran mengenai banyaknya *cluster* yang terbentuk untuk variabel IPM.

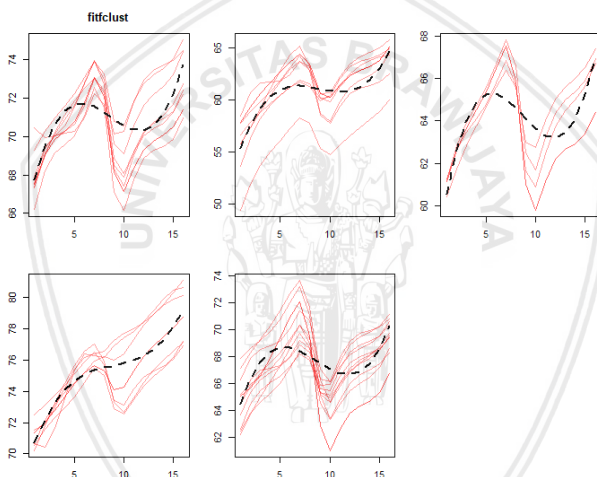


**Gambar 4.37.** Pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan variabel IPM

Berdasarkan Gambar 4.35 dapat dilihat bahwa *cluster* optimal yang terbentuk untuk variabel IPM adalah sebanyak 5 *cluster*. Dari pengelompokan kurva tersebut didapatkan plot pusat *cluster* IPM yang dapat dilihat pada Gambar 4.38 dan plot terpisah untuk setiap *cluster* dengan jarak ke pusat *cluster* pada Gambar 4.39. Estimasi parameter kurva pada Gambar 4.38 dapat dilihat pada Lampiran 25.



**Gambar 4.38.** Pusat *Cluster* dari Variabel IPM



**Gambar 4.39.** Plot terpisah untuk Setiap *Cluster* dari Variabel IPM

Dari proses pengelompokan kurva berbasis model tersebut dihasilkan anggota *cluster* untuk variabel IPM yang dapat dilihat pada Tabel 4.35.

**Tabel 4.33.** Anggota *Cluster* untuk Variabel IPM

| <i>Cluster</i> | Jumlah Anggota | Anggota                                                                  |
|----------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1              | 8              | Kabupaten Tulungagung, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Jombang, Kabupaten |

| Cluster | Jumlah Anggota | Anggota                                                                                                                                                                                                            |
|---------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                | Magetan, Kabupaten Gresik, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, dan Kota Batu                                                                                                                                          |
| 2       | 8              | Kabupaten Jember, Kabupaten Situbondo, Kabupaten Bondowoso, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Bangkalan, Kabupaten Sampang, Kabupaten Pamekasan, dan Kabupaten Sumenep                                              |
| 3       | 4              | Kabupaten Lumajang, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Bojonegoro, Kabupaten Tuban,                                                                                                                                     |
| 4       | 7              | Kabupaten Sidoarjo, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Malang, Kota Mojokerto, Kota Madiun, Kota Surabaya.                                                                                                             |
| 5       | 11             | Kabupaten Pacitan, Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Blitar, Kabupaten Kediri, Kabupaten Malang, Kabupaten Banyuwangi, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Madiun, Kabupaten Ngawi, Kabupaten Lamongan. |

Identifikasi karakteristik tiap *cluster* menggambarkan keadaan umum *cluster* yang terbentuk dari hasil FCA. Anggota masing-masing *cluster* memiliki karakteristik yang berbeda-beda dengan *cluster* lain. Berikut ringkasan statistika deskriptif masing-masing *cluster* untuk variabel IPM.

**Tabel 4.34.** Statistika Deskriptif Hasil *Cluster* Variabel IPM

| Cluster | Rata-rata | Mininum | Maksimum |
|---------|-----------|---------|----------|
| 1       | 70,75     | 69,24   | 72,27    |
| 2       | 60, 71    | 55,98   | 62,04    |
| 3       | 64,15     | 63,42   | 64,65    |
| 4       | 75,37     | 73,95   | 76,65    |
| 5       | 67,47     | 66,18   | 68,83    |

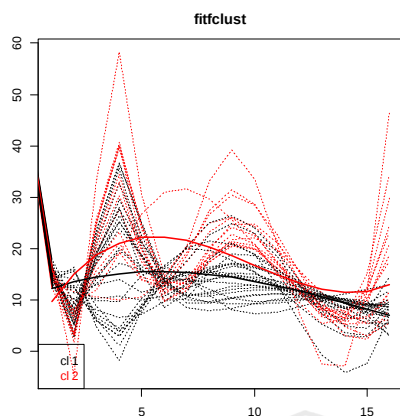
Karakteristik masing-masing *cluster* untuk IPM berdasarkan Tabel 4.34 dapat dilihat bahwa dalam periode waktu 2002 hingga 2017, sebagian besar IPM di Jawa Timur pada *cluster* 1 adalah sebesar 70,75.

IPM terendah pada *cluster* 1 adalah 69,24. Sedangkan pada periode waktu yang sama, IPM tertinggi pada *cluster* 1 adalah sebesar 72,27. Pada *cluster* 2 sebagian besar IPM di Jawa Timur adalah sebesar 60,71. IPM terendah pada *cluster* 2 adalah 55,98. Sedangkan pada periode waktu yang sama, IPM tertinggi pada *cluster* 2 adalah sebesar 62,04. Pada *cluster* 3 sebagian besar IPM di Jawa Timur adalah sebesar 64,65. IPM terendah pada *cluster* 3 adalah 63,42. Sedangkan pada periode waktu yang sama, IPM tertinggi pada *cluster* 3 adalah sebesar 64,15. Pada *cluster* 4 sebagian besar IPM di Jawa Timur adalah sebesar 75,37. IPM terendah pada *cluster* 4 adalah 73,95. Sedangkan pada periode waktu yang sama, IPM tertinggi pada *cluster* 4 adalah sebesar 76,65. Pada *cluster* 5 sebagian besar IPM di Jawa Timur adalah sebesar 67,47. IPM terendah pada *cluster* 5 adalah 66,18. Sedangkan pada periode waktu yang sama, IPM tertinggi pada *cluster* 5 adalah sebesar 68,83.

Dari hasil deskripsi tersebut dapat disimpulkan bahwa *cluster* 2 memiliki IPM terendah dibandingkan dengan *cluster* yang lain, sedangkan pada *cluster* 4 memiliki IPM tertinggi dibandingkan dengan *cluster* yang lain. Urutan *cluster* yang memiliki rata-rata IPM terendah hingga tertinggi adalah *cluster* 2, *cluster* 3, *cluster* 5, *cluster* 1, *cluster* 4. Sehingga wilayah pada *cluster* 2 tersebut membutuhkan bantuan pemerintah yang lebih banyak dalam meningkatkan pembangunan di bidang pendidikan, kesehatan, dan pendapatan untuk mencapai penyetaraan IPM di Jawa Timur.

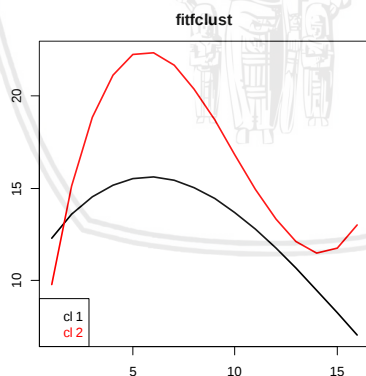
### **3. Pengelompokan Kurva Pertumbuhan Ekonomi**

Pengelompokan kabupaten/kota di Jawa Timur berdasarkan pertumbuhan ekonomi ini dilakukan menggunakan *Functional Cluster Analysis* (FCA). Gambar 4.34 berikut adalah gambaran mengenai banyaknya *cluster* yang terbentuk untuk variabel IPM.



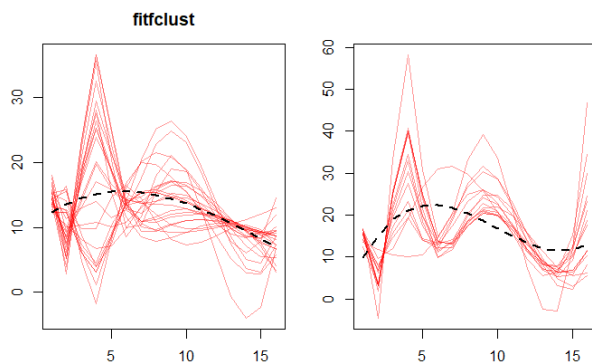
**Gambar 4.40.** Pengelompokan Kabupaten/kota berdasarkan Variabel Pertumbuhan Ekonomi

Berdasarkan Gambar 4.40 dapat dilihat bahwa *cluster* optimal yang terbentuk untuk variabel pertumbuhan ekonomi adalah sebanyak 2 *cluster*. Dari pengelompokan kurva tersebut didapatkan plot pusat *cluster* yang dapat dilihat pada Gambar 4.41 dan plot terpisah untuk setiap *cluster* dengan jarak ke pusat *cluster* pada Gambar 4.42.



**Gambar 4.41.** Pusat *Cluster* dari Variabel Pertumbuhan Ekonomi

Estimasi parameter kurva pada Gambar 4.41 dapat dilihat pada Lampiran 25. Estimasi parameter dilakukan dengan menggunakan algoritma EM.



**Gambar 4.42.** Plot terpisah untuk Setiap *Cluster* dari Variabel Pertumbuhan Ekonomi

Dari proses pengelompokan kurva berbasis model tersebut dihasilkan anggota *cluster* untuk variabel pertumbuhan ekonomi yang dapat dilihat pada Tabel 4.35.

**Tabel 4.35.** Anggota *Cluster* untuk Variabel Pertumbuhan ekonomi

| <i>Cluster</i> | Jumlah Anggota | Anggota                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | 24             | Kabupaten Sampang, Kota Probolinggo, Kota Mojokerto, Kabupaten Bangkalan, Kabupaten Pacitan, Kota Kediri, Kabupaten Bondowoso, Kota Pasuruan, Kabupaten Pamekasan, Kabupaten Ponorogo, Kabupaten Situbondo, Kota Madiun, Kabupaten Lumajang, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Ngawi, Kota Malang, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Magetan, Kabupaten Gresik, Kota Blitar, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Tulungagung, Kota Surabaya. |
| 2              | 14             | Kabupaten Kediri, Kabupaten Madiun, Kabupaten Tuban, Kabupaten Sumenep, Kabupaten Jember, Kota Batu, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Blitar, Kabupaten Banyuwangi, Kabupaten Malang, Kabupaten                                                                                                                                                                                                                                                          |

| Cluster | Jumlah Anggota | Anggota                                                                               |
|---------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                | Jombang, Kabupaten Lamongan, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Bojonegoro, Kota Pasuruan. |

Identifikasi karakteristik tiap *cluster* menggambarkan keadaan umum *cluster* yang terbentuk dari hasil FCA. Anggota masing-masing *cluster* memiliki karakteristik yang berbeda-beda dengan *cluster* lain. Berikut ringkasan statistika deskriptif masing-masing *cluster* untuk variabel pertumbuhan ekonomi.

**Tabel 4.36.** Statistika Deskriptif Hasil *Cluster* Variabel Pertumbuhan Ekonomi

| Cluster | Rata-rata | Minimum | Maksimum |
|---------|-----------|---------|----------|
| 1       | 12,56     | 9,67    | 14,61    |
| 2       | 16,63     | 14,93   | 22,33    |

Karakteristik masing-masing *cluster* untuk pertumbuhan ekonomi berdasarkan Tabel 4.36 dapat dilihat bahwa dalam periode waktu 2002 hingga 2017, sebagian besar pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur pada *cluster* 1 adalah sebesar 12,56%. pertumbuhan ekonomi terendah pada *cluster* 1 adalah 9,67%. Sedangkan pada periode waktu yang sama, pertumbuhan ekonomi tertinggi pada *cluster* 1 adalah sebesar 14,61%. Pada *cluster* 2 sebagian besar pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur adalah sebesar 16,63%. pertumbuhan ekonomi terendah pada *cluster* 2 adalah 14,93%. Sedangkan pada periode waktu yang sama, pertumbuhan ekonomi tertinggi pada *cluster* 2 adalah sebesar 22,33%.

Dari hasil deskripsi tersebut dapat disimpulkan bahwa *cluster* 1 memiliki rata-rata pertumbuhan ekonomi lebih rendah dibandingkan dengan *cluster* 2, sehingga wilayah pada *cluster* 1 tersebut membutuhkan bantuan pemerintah yang lebih banyak dalam meningkatkan produksi untuk meningkatkan perekonomian daerah sehingga tercapai pemerataan pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan *Functional Cluster Analysis* (FCA) yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Fungsi dasar untuk membentuk FCA dari setiap kabupaten/kota pada variabel persentase penduduk miskin memiliki pola menurun dari waktu ke waktu, sedangkan untuk variabel IPM memiliki pola naik pada periode awal kemudian pada periode pertengahan selama satu periode turun secara serentak yang disebabkan oleh perubahan metode dalam menghitung IPM, dan kemudian naik secara terus-menerus sampai akhir periode. Untuk variabel pertumbuhan ekonomi terjadi fluktuasi dari waktu ke waktu dan memiliki pola acak atau tidak memiliki pola tertentu.
2. Laju perubahan dari fungsi dasar kabupaten/kota Jawa Timur untuk variabel persentase penduduk miskin, IPM, dan pertumbuhan ekonomi menunjukkan fluktuasi yang berbeda-beda di setiap kabupaten/kota dari waktu ke waktu dan pada variabel persentase penduduk miskin terdapat beberapa kabupaten/kota yang stabil pada akhir periode, sedangkan pada variabel IPM selalu terjadi penurunan pada pertengahan periode.
3. Laju perubahan kecepatan dari fungsi *velocity* dari kabupaten/kota Jawa Timur untuk variabel persentase penduduk miskin, IPM, dan pertumbuhan ekonomi menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun.
4. Penerapan FCA untuk segmentasi wilayah menghasilkan jumlah *cluster* dan anggota *cluster* yang berbeda-beda pada setiap variabel. *Cluster* yang memiliki rata-rata persentase penduduk miskin tertinggi dan *cluster* yang memiliki rata-rata IPM dan pertumbuhan ekonomi terendah akan diprioritaskan pemerintah dalam pemberian bantuan dana agar pemerataan pembangunan wilayah dapat tercapai.

#### 5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil FCA ini, yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya, peneliti dapat menggunakan metode pembentukan kurva nonparametrik selain model *B-spline*, yaitu

dapat menggunakan pendekatan *kernel*, *spline*, *K-Nearest Neighbor*, dan *Estimator Deret Fourier*.

2. Segmentasi wilayah ini dapat digunakan pemerintah dalam memetakan Dana Alokasi Umum untuk pembangunan secara merata dan mengutamakan pada wilayah-wilayah yang tergolong dalam kelompok persentase penduduk miskin yang tinggi, IPM yang rendah, serta pertumbuhan ekonomi yang rendah.



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2014. *Kajian Indikator Sustainable Development Goals (SDGs)*. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik, 2007. *Analisis dan Perhitungan Tingkat Kemiskinan Tahun 2007*, Jakarta.
- Benko, M., 2004. Functional Principal Components Analysis, Implementation and Applications. *Thesis*. Center of Applied Statistics and Economics, Humboldt University, Berlin.
- Boediono, 1999. *Teori Pertumbuhan Ekonomi*. BPFE, Yogyakarta.
- Budiantara, I.N., 2006. Model *Spline* dengan knots optimal. *Jurnal Ilmu Dasar*, 7, hal.77-85.
- Budiantara, I N., 2009. *Spline Dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik: Sebuah Pemodelan Statistika Masa Kini dan Masa Mendatang*. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Burnham, K.P. and Anderson, D.R. 2002. Model Selection and Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. 2nd Edition, Springer-Verlag, New York.
- Dass, M. dan Shropshire, C., 2012. Introducing Functional Data Analysis to Managerial Science. *Organizational Research Methods*, 15(4), hal. 693-721.
- Eubank, R., 1999. *Nonparametrik Regression and Spline Smoothing*. Marcel Dekker, New York.
- Fernandes, A.A.R., 2015, *Spline Estimator for Bi-Responses and Multi-Predictors Nonparametric Regression Model in Case of Longitudinal Data*, Disertasi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Gaffney, S., 2004. Probabilistic Curve-aligned Clustering and Prediction with Regression Mixture Models. *Disertasi*. University of California, Irvine).

- Gyorfy, L., 2002. *A Distribution-Free Theory of Nonparametric Regression*. Springer-Verlag, New York.
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B. J. dan Anderson, R.E. 2010. *Multivariate Data Analysis*, 7<sup>th</sup>. Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Hardle, W. 1990. *Applied Nonparametrik Regression*. Cambrige University Press, New York.
- Hayati, B. T. dan Alfana, M. A. F., 2016. Kebijakan Kependudukan di Kabupaten Sleman Pasca Berakhirnya MDGs. *Jurnal Kajian*
- Jacques, J. dan Preda, C., 2014. Functional Data clustering: a survey. *Advances in Data Analysis and Classifications*, 8(3), hal. 24.
- James, G.M. dan Sugar, C.A., 2003. Clustering for sparsely sampled functional data. *Journal of the American Statistical Association*, 98(462), hal. 397-408.
- Jhingan, M.L., 2000. *Ekonomi Pembangunan dan Perencanaan*. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Johnson, R.A. and Wichern, D.W., 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Pearson Eduation, New Jersey.
- Ordonez, C., Barzola, O.R., dan Sierra, C., 2016. Sediment Particle Size Distributions Apportionment by Means of Functional Cluster Analysis (FCA). *Catena*, 137, hal. 31-36.
- Ramsay, J.O dan Silverman, B.W., 2005. *Functional Data Analysis*, 2<sup>nd</sup>. Springer, New York.
- Reddy, S. K., & Dass, M., 2006. Modeling on-line art auction dynamics using functional data analysis. *Statistical Science*, 21(2), hal. 179-193.
- Rencher, A.C., 2002. *Methods of Multivariate Analysis*, 2<sup>nd</sup>. Springer, New York.
- Santoso, 2010. *Statistik Multivariat, Konsep dan Aplikasi dengan SPSS*. PT Alex Media Komputindo, Jakarta.

- Siswadi dan Suharjo, 1998. *Analisis Regresi dan Korelasi Data Peubah Ganda*. IPB Press kampus IPB Taman Kencana Bogor. Bogor.
- Strandberg, J., 2013. *Cluster analysis for functional data*. *Master Thesis*. Department of Mathematics and Mathematical Statistics, Umei University Supervisors: Konrad Abramowicz and Lina Schelin.
- Wu, H. dan Zhang, J.T., 2006. *Nonparametrik Regression Methods for Longitudinal Data Analysis*. Wiley-Interscience, USA.





## LAMPIRAN

Lampiran 1. Data IPM, Indeks Pembangunan, dan Pertumbuhan Ekonomi tiap Kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur pada periode 2002 hingga 2017

| No | Wilayah            | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|--------------------|-------|--------|-------|--------|
| 1  | Kabupaten Pacitan  | 2002  | 25,02  | 65,7  | 12,96  |
|    |                    | 2003  | 24,98  | 64,07 | 9,82   |
|    |                    | 2004  | 24,73  | 67,59 | 10,83  |
|    |                    | 2005  | 24,25  | 68,09 | -3,19  |
|    |                    | 2006  | 25,39  | 69,78 | 14,76  |
|    |                    | 2007  | 23,31  | 70,48 | 11,68  |
|    |                    | 2008  | 21,17  | 70,91 | 14,71  |
|    |                    | 2009  | 19,01  | 71,45 | 9,95   |
|    |                    | 2010  | 19,50  | 61,14 | 23,66  |
|    |                    | 2011  | 18,10  | 62,03 | 11,36  |
|    |                    | 2012  | 17,23  | 62,94 | 11,66  |
|    |                    | 2013  | 16,66  | 63,38 | 11,07  |
|    |                    | 2014  | 16,18  | 63,81 | 11,43  |
|    |                    | 2015  | 16,68  | 64,92 | 10,47  |
|    |                    | 2016  | 15,49  | 65,74 | 10,15  |
|    |                    | 2017  | 15,42  | 66,51 | 8,17   |
| 2  | Kabupaten Ponorogo | 2002  | 20,82  | 62,6  | 13,33  |
|    |                    | 2003  | 17,76  | 62,65 | 10,54  |
|    |                    | 2004  | 17,61  | 65,65 | 11,11  |
|    |                    | 2005  | 17,60  | 66,45 | 19,19  |
|    |                    | 2006  | 18,45  | 67,13 | 15,14  |
|    |                    | 2007  | 18,23  | 68,55 | 12,55  |
|    |                    | 2008  | 16,62  | 69,07 | 15,4   |
|    |                    | 2009  | 14,63  | 69,75 | 12,41  |
|    |                    | 2010  | 13,22  | 64,13 | 17,04  |
|    |                    | 2011  | 12,30  | 65,28 | 11,15  |
|    |                    | 2012  | 11,72  | 66,16 | 10,92  |
|    |                    | 2013  | 11,87  | 67,03 | 10,01  |
|    |                    | 2014  | 11,53  | 67,4  | 10,21  |
|    |                    | 2015  | 11,91  | 68,16 | 11,36  |
|    |                    | 2016  | 11,75  | 68,93 | 10,08  |
|    |                    | 2017  | 11,39  | 69,26 | 8,17   |

## Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah               | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|-----------------------|-------|--------|-------|--------|
| 3  | Kabupaten Trenggalek  | 2002  | 29,55  | 68,2  | 13,75  |
|    |                       | 2003  | 24,12  | 67,8  | 10,32  |
|    |                       | 2004  | 24,09  | 69,42 | 11,39  |
|    |                       | 2005  | 23,17  | 70,18 | 22,57  |
|    |                       | 2006  | 24,74  | 71,22 | 16,66  |
|    |                       | 2007  | 22,79  | 71,68 | 12,56  |
|    |                       | 2008  | 20,64  | 72,15 | 16,02  |
|    |                       | 2009  | 18,27  | 72,72 | 11,47  |
|    |                       | 2010  | 16,00  | 63,67 | 28,42  |
|    |                       | 2011  | 14,90  | 64,27 | 12,33  |
|    |                       | 2012  | 14,16  | 65,01 | 11,46  |
|    |                       | 2013  | 13,50  | 65,76 | 10,42  |
|    |                       | 2014  | 13,10  | 66,16 | 11,71  |
|    |                       | 2015  | 13,39  | 67,25 | 10,88  |
|    |                       | 2016  | 13,24  | 67,78 | 9,4    |
|    |                       | 2017  | 12,96  | 68,1  | 8,05   |
| 4  | Kabupaten Tulungagung | 2002  | 18,12  | 67,6  | 15,4   |
|    |                       | 2003  | 16,70  | 68,79 | 11,72  |
|    |                       | 2004  | 16,44  | 69,93 | 12,03  |
|    |                       | 2005  | 17,56  | 70,48 | 48,88  |
|    |                       | 2006  | 19,44  | 70,7  | 16,09  |
|    |                       | 2007  | 17,83  | 72    | 13,05  |
|    |                       | 2008  | 12,41  | 72,45 | 15,27  |
|    |                       | 2009  | 10,60  | 72,93 | 10,42  |
|    |                       | 2010  | 10,64  | 67,28 | 5,31   |
|    |                       | 2011  | 9,90   | 67,76 | 12,42  |
|    |                       | 2012  | 9,37   | 68,29 | 11,45  |
|    |                       | 2013  | 9,03   | 69,3  | 10,64  |
|    |                       | 2014  | 8,75   | 69,49 | 10,86  |
|    |                       | 2015  | 8,57   | 70,07 | 10,22  |
|    |                       | 2016  | 8,23   | 70,82 | 9,54   |
|    |                       | 2017  | 8,04   | 71,24 | 8,4    |

## Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah          | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|------------------|-------|--------|-------|--------|
| 5  | Kabupaten Blitar | 2002  | 18,57  | 67,4  | 13,63  |
|    |                  | 2003  | 17,19  | 67,67 | 11,11  |
|    |                  | 2004  | 16,13  | 69,45 | 11,21  |
|    |                  | 2005  | 16,11  | 70,33 | 53,58  |
|    |                  | 2006  | 17,91  | 72,05 | 16,73  |
|    |                  | 2007  | 16,47  | 72,28 | 14,06  |
|    |                  | 2008  | 14,53  | 72,74 | 15,43  |
|    |                  | 2009  | 13,19  | 73,22 | 10,11  |
|    |                  | 2010  | 12,13  | 64,79 | 40,71  |
|    |                  | 2011  | 11,30  | 65,47 | 11,1   |
|    |                  | 2012  | 10,71  | 66,17 | 10,3   |
|    |                  | 2013  | 10,53  | 66,49 | 9,5    |
|    |                  | 2014  | 10,22  | 66,88 | 10,96  |
|    |                  | 2015  | 9,97   | 68,13 | 10,93  |
|    |                  | 2016  | 9,88   | 68,88 | 9,54   |
|    |                  | 2017  | 9,80   | 69,33 | 7,91   |
| 6  | Kabupaten Kediri | 2002  | 19,88  | 66,1  | 13,7   |
|    |                  | 2003  | 19,62  | 68,39 | 10,2   |
|    |                  | 2004  | 17,27  | 68,15 | 11,41  |
|    |                  | 2005  | 17,64  | 68,67 | 20,61  |
|    |                  | 2006  | 19,28  | 69,34 | 15,11  |
|    |                  | 2007  | 18,98  | 70,39 | 13,82  |
|    |                  | 2008  | 18,85  | 70,85 | 14,5   |
|    |                  | 2009  | 17,05  | 71,33 | 9,26   |
|    |                  | 2010  | 15,52  | 66,24 | 59,4   |
|    |                  | 2011  | 14,40  | 66,84 | 11,89  |
|    |                  | 2012  | 13,67  | 67,29 | 10,6   |
|    |                  | 2013  | 13,17  | 68,01 | 11,12  |
|    |                  | 2014  | 12,77  | 68,44 | 10,56  |
|    |                  | 2015  | 12,91  | 68,91 | 9,88   |
|    |                  | 2016  | 12,72  | 69,87 | 8,9    |
|    |                  | 2017  | 12,25  | 70,47 | 8      |

## Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah            | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|--------------------|-------|--------|-------|--------|
| 7  | Kabupaten Malang   | 2002  | 19,05  | 65,2  | 14,55  |
|    |                    | 2003  | 18,24  | 65,94 | 11,49  |
|    |                    | 2004  | 16,22  | 66,44 | 11,56  |
|    |                    | 2005  | 16,17  | 66,92 | 52,8   |
|    |                    | 2006  | 17,10  | 68,39 | 18,26  |
|    |                    | 2007  | 15,66  | 69,07 | 12,98  |
|    |                    | 2008  | 15,08  | 69,55 | 13,85  |
|    |                    | 2009  | 13,57  | 70,09 | 9,5    |
|    |                    | 2010  | 12,54  | 63,47 | 36,77  |
|    |                    | 2011  | 11,70  | 63,97 | 12,71  |
|    |                    | 2012  | 11,01  | 64,71 | 11,54  |
|    |                    | 2013  | 11,44  | 65,2  | 10,34  |
|    |                    | 2014  | 11,07  | 65,59 | 11,55  |
|    |                    | 2015  | 11,53  | 66,63 | 11,24  |
|    |                    | 2016  | 11,49  | 67,51 | 10,05  |
|    |                    | 2017  | 11,04  | 68,47 | 22,98  |
| 8  | Kabupaten Lumajang | 2002  | 22,31  | 61,4  | 14,05  |
|    |                    | 2003  | 19,77  | 61,96 | 10,77  |
|    |                    | 2004  | 17,96  | 64,02 | 11,69  |
|    |                    | 2005  | 18,95  | 64,5  | 30,91  |
|    |                    | 2006  | 20,02  | 65,9  | 15,59  |
|    |                    | 2007  | 20,09  | 66,2  | 12,03  |
|    |                    | 2008  | 18,17  | 66,65 | 13,38  |
|    |                    | 2009  | 15,83  | 67,26 | 9,82   |
|    |                    | 2010  | 13,98  | 59,62 | 13,47  |
|    |                    | 2011  | 13,00  | 60,72 | 12,75  |
|    |                    | 2012  | 12,36  | 61,31 | 10,6   |
|    |                    | 2013  | 12,09  | 61,87 | 10,42  |
|    |                    | 2014  | 11,75  | 62,33 | 11,95  |
|    |                    | 2015  | 11,52  | 63,02 | 11,07  |
|    |                    | 2016  | 11,22  | 63,74 | 9,16   |
|    |                    | 2017  | 10,87  | 64,23 | 7,69   |

# Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah              | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|----------------------|-------|--------|-------|--------|
| 9  | Kabupaten Jember     | 2002  | 18,68  | 58,1  | 15,39  |
|    |                      | 2003  | 19,76  | 58,62 | 10,99  |
|    |                      | 2004  | 17,24  | 60,9  | 11,91  |
|    |                      | 2005  | 18,55  | 61,72 | 37,77  |
|    |                      | 2006  | 18,54  | 63,04 | 16,32  |
|    |                      | 2007  | 18,57  | 63,27 | 12,79  |
|    |                      | 2008  | 17,74  | 63,71 | 14,39  |
|    |                      | 2009  | 15,43  | 64,33 | 10,14  |
|    |                      | 2010  | 13,27  | 59,94 | 45,38  |
|    |                      | 2011  | 12,40  | 60,64 | 10,62  |
|    |                      | 2012  | 11,77  | 61,31 | 10,54  |
|    |                      | 2013  | 11,63  | 62,43 | 8,38   |
|    |                      | 2014  | 11,28  | 62,64 | 11,69  |
|    |                      | 2015  | 11,22  | 63,04 | 10,83  |
|    |                      | 2016  | 10,97  | 64,01 | 10,26  |
|    |                      | 2017  | 11,00  | 64,96 | 6,39   |
| 10 | Kabupaten Banyuwangi | 2002  | 17,40  | 62,6  | 14,8   |
|    |                      | 2003  | 17,85  | 64,56 | 10,68  |
|    |                      | 2004  | 15,90  | 65,35 | 12,35  |
|    |                      | 2005  | 15,58  | 66,02 | 52,31  |
|    |                      | 2006  | 16,64  | 66,8  | 16,32  |
|    |                      | 2007  | 15,33  | 67,24 | 13,4   |
|    |                      | 2008  | 13,91  | 67,8  | 15,76  |
|    |                      | 2009  | 12,16  | 68,36 | 11,58  |
|    |                      | 2010  | 11,25  | 64,54 | 41,3   |
|    |                      | 2011  | 10,50  | 65,48 | 13,24  |
|    |                      | 2012  | 9,94   | 66,12 | 13,42  |
|    |                      | 2013  | 9,57   | 66,74 | 11,91  |
|    |                      | 2014  | 9,29   | 67,31 | 12,29  |
|    |                      | 2015  | 9,17   | 68,08 | 12,33  |
|    |                      | 2016  | 8,79   | 69    | 9,85   |
|    |                      | 2017  | 8,64   | 69,64 | 1,87   |

## Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah             | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|---------------------|-------|--------|-------|--------|
| 11 | Kabupaten Bondowoso | 2002  | 25,81  | 54,1  | 14,02  |
|    |                     | 2003  | 25,43  | 54,85 | 10,37  |
|    |                     | 2004  | 24,36  | 59    | 11,06  |
|    |                     | 2005  | 24,31  | 59,9  | -2,98  |
|    |                     | 2006  | 26,23  | 60,36 | 16,59  |
|    |                     | 2007  | 24,23  | 60,76 | 12,43  |
|    |                     | 2008  | 22,23  | 61,26 | 13     |
|    |                     | 2009  | 20,18  | 62,11 | 9,85   |
|    |                     | 2010  | 17,89  | 59,47 | 25,49  |
|    |                     | 2011  | 16,70  | 60,46 | 12,18  |
|    |                     | 2012  | 15,76  | 62,24 | 11,32  |
|    |                     | 2013  | 15,23  | 63,21 | 10,89  |
|    |                     | 2014  | 14,76  | 63,43 | 10,88  |
|    |                     | 2015  | 14,96  | 63,95 | 10,79  |
|    |                     | 2016  | 15,00  | 64,52 | 9,51   |
|    |                     | 2017  | 14,54  | 64,75 | 8,16   |
| 12 | Kabupaten Situbondo | 2002  | 23,71  | 56,2  | 13,71  |
|    |                     | 2003  | 20,57  | 55,89 | 11,32  |
|    |                     | 2004  | 18,54  | 59,94 | 12,13  |
|    |                     | 2005  | 18,51  | 60,23 | 28,38  |
|    |                     | 2006  | 17,43  | 61,79 | 16,6   |
|    |                     | 2007  | 15,60  | 62,64 | 12,53  |
|    |                     | 2008  | 18,02  | 63,06 | 14,06  |
|    |                     | 2009  | 15,99  | 63,69 | 9,99   |
|    |                     | 2010  | 16,23  | 60,07 | 2,65   |
|    |                     | 2011  | 15,10  | 60,82 | 11,79  |
|    |                     | 2012  | 14,30  | 62,23 | 11,56  |
|    |                     | 2013  | 13,59  | 63,43 | 10,77  |
|    |                     | 2014  | 13,15  | 63,91 | 11,08  |
|    |                     | 2015  | 13,63  | 64,53 | 10,31  |
|    |                     | 2016  | 13,34  | 65,08 | 9,43   |
|    |                     | 2017  | 13,05  | 65,68 | 14,76  |

# Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah               | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|-----------------------|-------|--------|-------|--------|
| 13 | Kabupaten Probolinggo | 2002  | 25,01  | 56,8  | 14,43  |
|    |                       | 2003  | 25,29  | 57,2  | 9,61   |
|    |                       | 2004  | 26,17  | 59,12 | 11,19  |
|    |                       | 2005  | 26,08  | 59,75 | 37,14  |
|    |                       | 2006  | 28,06  | 60,63 | 16,71  |
|    |                       | 2007  | 27,42  | 60,97 | 13,29  |
|    |                       | 2008  | 30,13  | 61,44 | 14,1   |
|    |                       | 2009  | 27,69  | 62,13 | 10,25  |
|    |                       | 2010  | 25,22  | 59,83 | 11,12  |
|    |                       | 2011  | 23,50  | 60,3  | 12,29  |
|    |                       | 2012  | 22,15  | 61,33 | 11,39  |
|    |                       | 2013  | 21,12  | 62,61 | 10,82  |
|    |                       | 2014  | 20,44  | 63,04 | 11,17  |
|    |                       | 2015  | 20,82  | 63,83 | 10,93  |
|    |                       | 2016  | 20,98  | 64,12 | 9,27   |
|    |                       | 2017  | 20,52  | 65,68 | 6,86   |
| 14 | Kabupaten Pasuruan    | 2002  | 22,48  | 61,5  | 15,95  |
|    |                       | 2003  | 20,51  | 62,05 | 10,91  |
|    |                       | 2004  | 20,27  | 63,68 | 12,34  |
|    |                       | 2005  | 20,16  | 64,17 | 7,52   |
|    |                       | 2006  | 21,67  | 65,29 | 49,81  |
|    |                       | 2007  | 19,88  | 65,52 | 19,5   |
|    |                       | 2008  | 18,04  | 66,02 | 34,07  |
|    |                       | 2009  | 15,58  | 66,84 | 3,79   |
|    |                       | 2010  | 13,18  | 60,79 | 60,48  |
|    |                       | 2011  | 12,30  | 61,43 | 12,66  |
|    |                       | 2012  | 11,54  | 62,31 | 10,69  |
|    |                       | 2013  | 11,22  | 63,74 | 8,47   |
|    |                       | 2014  | 10,86  | 64,35 | 10,79  |
|    |                       | 2015  | 10,72  | 65,04 | 9,57   |
|    |                       | 2016  | 10,57  | 65,71 | 8,82   |
|    |                       | 2017  | 10,34  | 65,68 | 17,89  |

# Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah             | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|---------------------|-------|--------|-------|--------|
| 15 | Kabupaten Sidoarjo  | 2002  | 13,15  | 71,7  | 13,96  |
|    |                     | 2003  | 13,01  | 71,05 | 9,62   |
|    |                     | 2004  | 12,77  | 73,32 | 10,46  |
|    |                     | 2005  | 14,02  | 73,98 | 48     |
|    |                     | 2006  | 12,97  | 74,54 | 11,52  |
|    |                     | 2007  | 13,05  | 74,87 | 12,39  |
|    |                     | 2008  | 8,35   | 75,35 | 12,91  |
|    |                     | 2009  | 6,91   | 75,88 | 8,38   |
|    |                     | 2010  | 7,45   | 73,75 | 32,68  |
|    |                     | 2011  | 7,00   | 74,48 | 12,49  |
|    |                     | 2012  | 6,42   | 75,14 | 11,64  |
|    |                     | 2013  | 6,69   | 76,39 | 9,49   |
|    |                     | 2014  | 6,40   | 76,78 | 9,93   |
|    |                     | 2015  | 6,44   | 77,43 | 9,21   |
|    |                     | 2016  | 6,39   | 78,17 | 7,85   |
|    |                     | 2017  | 6,23   | 66,69 | 13,26  |
| 16 | Kabupaten Mojokerto | 2002  | 20,18  | 67,7  | 10,87  |
|    |                     | 2003  | 17,18  | 70,03 | 9,87   |
|    |                     | 2004  | 16,09  | 69,54 | 10,94  |
|    |                     | 2005  | 16,00  | 70,26 | 44,23  |
|    |                     | 2006  | 16,90  | 70,61 | 15,17  |
|    |                     | 2007  | 14,86  | 71,99 | 12,08  |
|    |                     | 2008  | 14,61  | 72,51 | 14,69  |
|    |                     | 2009  | 13,24  | 72,93 | 9,54   |
|    |                     | 2010  | 12,23  | 68,14 | 48,24  |
|    |                     | 2011  | 11,40  | 68,71 | 12,15  |
|    |                     | 2012  | 10,67  | 69,17 | 11,03  |
|    |                     | 2013  | 10,94  | 69,84 | 9,22   |
|    |                     | 2014  | 10,56  | 70,22 | 10,09  |
|    |                     | 2015  | 10,57  | 70,85 | 9,55   |
|    |                     | 2016  | 10,61  | 71,38 | 8,89   |
|    |                     | 2017  | 10,19  | 72,26 | 19,52  |

## Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah           | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|-------------------|-------|--------|-------|--------|
| 17 | Kabupaten Jombang | 2002  | 25,15  | 66    | 14,09  |
|    |                   | 2003  | 24,57  | 68,81 | 9,91   |
|    |                   | 2004  | 24,13  | 68,68 | 11,41  |
|    |                   | 2005  | 24,07  | 69,43 | 51,33  |
|    |                   | 2006  | 23,34  | 70,29 | 15,83  |
|    |                   | 2007  | 21,21  | 71,44 | 12,19  |
|    |                   | 2008  | 16,46  | 71,85 | 13,13  |
|    |                   | 2009  | 14,46  | 72,33 | 8,04   |
|    |                   | 2010  | 13,84  | 66,2  | 42,11  |
|    |                   | 2011  | 12,90  | 66,84 | 11,51  |
|    |                   | 2012  | 12,19  | 67,82 | 10,14  |
|    |                   | 2013  | 11,12  | 68,63 | 9,48   |
|    |                   | 2014  | 10,80  | 69,07 | 10,21  |
|    |                   | 2015  | 10,79  | 69,59 | 10,08  |
|    |                   | 2016  | 10,70  | 70,03 | 9,17   |
|    |                   | 2017  | 10,48  | 70,88 | 36,26  |
| 18 | Kabupaten Nganjuk | 2002  | 27,55  | 64,7  | 13,28  |
|    |                   | 2003  | 23,53  | 65,26 | 10,69  |
|    |                   | 2004  | 23,38  | 67,16 | 11,33  |
|    |                   | 2005  | 23,35  | 67,51 | 42,35  |
|    |                   | 2006  | 25,83  | 68,47 | 16,49  |
|    |                   | 2007  | 23,79  | 69,25 | 13,65  |
|    |                   | 2008  | 19,77  | 69,73 | 14,2   |
|    |                   | 2009  | 17,22  | 70,27 | 10,18  |
|    |                   | 2010  | 14,91  | 65,6  | 15,2   |
|    |                   | 2011  | 13,90  | 66,58 | 11,48  |
|    |                   | 2012  | 13,17  | 68,07 | 10,8   |
|    |                   | 2013  | 13,55  | 68,98 | 10,91  |
|    |                   | 2014  | 13,14  | 69,59 | 10,36  |
|    |                   | 2015  | 12,69  | 69,9  | 10,89  |
|    |                   | 2016  | 12,25  | 70,5  | 10,42  |
|    |                   | 2017  | 11,98  | 70,69 | 8,42   |

## Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah           | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|-------------------|-------|--------|-------|--------|
| 19 | Kabupaten Madiun  | 2002  | 26,10  | 64,2  | 14,44  |
|    |                   | 2003  | 24,46  | 67,07 | 11,18  |
|    |                   | 2004  | 23,71  | 66,33 | 12,12  |
|    |                   | 2005  | 21,32  | 66,9  | 33,88  |
|    |                   | 2006  | 22,66  | 67,75 | 14,59  |
|    |                   | 2007  | 20,98  | 68,24 | 11,48  |
|    |                   | 2008  | 18,50  | 68,63 | 15,18  |
|    |                   | 2009  | 16,97  | 69,28 | 9,59   |
|    |                   | 2010  | 15,45  | 64,87 | 39,57  |
|    |                   | 2011  | 14,40  | 65,98 | 11,82  |
|    |                   | 2012  | 13,66  | 67,32 | 11,2   |
|    |                   | 2013  | 12,40  | 68,07 | 10,46  |
|    |                   | 2014  | 12,04  | 68,6  | 10,62  |
|    |                   | 2015  | 12,54  | 69,39 | 10,58  |
|    |                   | 2016  | 12,69  | 69,67 | 9,23   |
|    |                   | 2017  | 12,28  | 70,27 | 17,63  |
| 20 | Kabupaten Magetan | 2002  | 17,16  | 67,4  | 15,72  |
|    |                   | 2003  | 17,39  | 69,78 | 10,53  |
|    |                   | 2004  | 17,14  | 69,78 | 11,96  |
|    |                   | 2005  | 17,12  | 69,91 | 32,37  |
|    |                   | 2006  | 18,27  | 70,55 | 15,47  |
|    |                   | 2007  | 16,87  | 71,2  | 11,94  |
|    |                   | 2008  | 15,67  | 71,79 | 15     |
|    |                   | 2009  | 13,97  | 72,32 | 9,65   |
|    |                   | 2010  | 12,94  | 67,58 | 24,33  |
|    |                   | 2011  | 12,00  | 68,52 | 11,22  |
|    |                   | 2012  | 11,46  | 69,56 | 10,13  |
|    |                   | 2013  | 12,14  | 69,86 | 10,78  |
|    |                   | 2014  | 11,80  | 70,29 | 10,9   |
|    |                   | 2015  | 11,35  | 71,39 | 10,33  |
|    |                   | 2016  | 11,03  | 71,94 | 9,35   |
|    |                   | 2017  | 10,48  | 72,6  | 8,89   |

# Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah              | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|----------------------|-------|--------|-------|--------|
| 21 | Kabupaten Ngawi      | 2002  | 26,70  | 62,3  | 14,01  |
|    |                      | 2003  | 25,17  | 64,18 | 9,72   |
|    |                      | 2004  | 25,26  | 64,39 | 10,79  |
|    |                      | 2005  | 23,43  | 65,15 | 21,84  |
|    |                      | 2006  | 25,31  | 65,96 | 16,22  |
|    |                      | 2007  | 23,33  | 67,52 | 12,36  |
|    |                      | 2008  | 20,86  | 68,02 | 14,18  |
|    |                      | 2009  | 19,01  | 68,41 | 10,4   |
|    |                      | 2010  | 18,26  | 64,52 | 30,18  |
|    |                      | 2011  | 16,70  | 65,84 | 12,5   |
|    |                      | 2012  | 15,94  | 66,72 | 11,93  |
|    |                      | 2013  | 15,38  | 67,25 | 12,17  |
|    |                      | 2014  | 14,88  | 67,78 | 10,26  |
|    |                      | 2015  | 15,61  | 68,32 | 12,5   |
|    |                      | 2016  | 15,27  | 68,96 | 10,15  |
|    |                      | 2017  | 14,91  | 69,27 | 4,43   |
| 22 | Kabupaten Bojonegoro | 2002  | 28,34  | 60,6  | 13,59  |
|    |                      | 2003  | 28,12  | 61,22 | 8,67   |
|    |                      | 2004  | 27,70  | 63,24 | 10,43  |
|    |                      | 2005  | 27,12  | 63,6  | 78,1   |
|    |                      | 2006  | 28,38  | 64,93 | 20,15  |
|    |                      | 2007  | 26,37  | 65,5  | 18,01  |
|    |                      | 2008  | 23,87  | 65,83 | 25,45  |
|    |                      | 2009  | 21,27  | 66,38 | 10,74  |
|    |                      | 2010  | 18,78  | 62,19 | 74,21  |
|    |                      | 2011  | 17,50  | 63,22 | 23,67  |
|    |                      | 2012  | 16,60  | 64,2  | 5,17   |
|    |                      | 2013  | 15,95  | 64,85 | 9,75   |
|    |                      | 2014  | 15,48  | 65,27 | 4,6    |
|    |                      | 2015  | 15,71  | 66,17 | -4,14  |
|    |                      | 2016  | 14,60  | 66,73 | 14     |
|    |                      | 2017  | 14,34  | 67,28 | 44,8   |

## Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah            | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|--------------------|-------|--------|-------|--------|
| 23 | Kabupaten Tuban    | 2002  | 30,39  | 61,1  | 13,6   |
|    |                    | 2003  | 29,10  | 63,27 | 11,11  |
|    |                    | 2004  | 28,36  | 63,63 | 12,64  |
|    |                    | 2005  | 28,28  | 64,21 | 3,62   |
|    |                    | 2006  | 30,52  | 66,46 | 19,47  |
|    |                    | 2007  | 28,51  | 66,61 | 14,27  |
|    |                    | 2008  | 25,84  | 67,02 | 15,54  |
|    |                    | 2009  | 23,01  | 67,68 | 11,1   |
|    |                    | 2010  | 20,19  | 61,33 | 54,96  |
|    |                    | 2011  | 18,80  | 62,47 | 11,59  |
|    |                    | 2012  | 17,78  | 63,36 | 11,16  |
|    |                    | 2013  | 17,16  | 64,14 | 10,21  |
|    |                    | 2014  | 16,64  | 64,58 | 11,74  |
|    |                    | 2015  | 17,08  | 65,52 | 9,35   |
|    |                    | 2016  | 17,14  | 66,19 | 8,15   |
|    |                    | 2017  | 16,87  | 66,77 | 25,12  |
| 24 | Kabupaten Lamongan | 2002  | 29,66  | 63,9  | 13,34  |
|    |                    | 2003  | 27,81  | 64,79 | 9,89   |
|    |                    | 2004  | 25,74  | 66,59 | 12,69  |
|    |                    | 2005  | 23,13  | 66,86 | 24,29  |
|    |                    | 2006  | 25,74  | 67,41 | 17,21  |
|    |                    | 2007  | 25,79  | 67,88 | 12,61  |
|    |                    | 2008  | 22,51  | 68,33 | 15,32  |
|    |                    | 2009  | 20,47  | 69,03 | 11,13  |
|    |                    | 2010  | 18,70  | 65,4  | 69,78  |
|    |                    | 2011  | 17,40  | 66,21 | 12,03  |
|    |                    | 2012  | 16,64  | 67,51 | 12,41  |
|    |                    | 2013  | 16,12  | 68,9  | 11,75  |
|    |                    | 2014  | 15,68  | 69,42 | 11,63  |
|    |                    | 2015  | 15,38  | 69,84 | 11,77  |
|    |                    | 2016  | 14,89  | 70,34 | 10,27  |
|    |                    | 2017  | 14,42  | 71,11 | 28,79  |

# Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah             | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|---------------------|-------|--------|-------|--------|
| 25 | Kabupaten Gresik    | 2002  | 23,67  | 69,3  | 15,62  |
|    |                     | 2003  | 23,20  | 70,36 | 11,95  |
|    |                     | 2004  | 23,07  | 70,77 | 12,63  |
|    |                     | 2005  | 22,95  | 71,64 | 11,8   |
|    |                     | 2006  | 25,19  | 72,51 | 15,77  |
|    |                     | 2007  | 23,98  | 73    | 13,47  |
|    |                     | 2008  | 21,43  | 73,49 | 12,92  |
|    |                     | 2009  | 19,14  | 73,98 | 10,54  |
|    |                     | 2010  | 16,42  | 69,9  | 55,19  |
|    |                     | 2011  | 15,30  | 71,11 | 12,45  |
|    |                     | 2012  | 14,30  | 72,12 | 9,97   |
|    |                     | 2013  | 13,89  | 72,47 | 9,56   |
|    |                     | 2014  | 13,41  | 72,84 | 11,48  |
|    |                     | 2015  | 13,63  | 73,57 | 6,13   |
|    |                     | 2016  | 13,19  | 74,46 | 5,89   |
|    |                     | 2017  | 12,80  | 74,84 | 4,39   |
| 26 | Kabupaten Bangkalan | 2002  | 34,68  | 57,6  | 12,44  |
|    |                     | 2003  | 32,35  | 59,35 | 9,13   |
|    |                     | 2004  | 32,88  | 59,49 | 10,25  |
|    |                     | 2005  | 32,81  | 60,24 | 35     |
|    |                     | 2006  | 33,53  | 62,72 | 12,55  |
|    |                     | 2007  | 31,56  | 62,97 | 10,03  |
|    |                     | 2008  | 32,70  | 63,4  | 11,19  |
|    |                     | 2009  | 30,45  | 64    | 7,11   |
|    |                     | 2010  | 28,12  | 57,23 | 44,89  |
|    |                     | 2011  | 26,20  | 58,63 | 10,4   |
|    |                     | 2012  | 24,62  | 59,65 | 0,81   |
|    |                     | 2013  | 23,14  | 60,19 | 7,23   |
|    |                     | 2014  | 22,38  | 60,71 | 10,13  |
|    |                     | 2015  | 22,57  | 61,49 | -12,35 |
|    |                     | 2016  | 21,41  | 62,06 | 3,18   |
|    |                     | 2017  | 21,32  | 62,3  | 4,42   |

# Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah             | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|---------------------|-------|--------|-------|--------|
| 27 | Kabupaten Sampang   | 2002  | 41,78  | 49,7  | 12,5   |
|    |                     | 2003  | 39,41  | 51,12 | 9,22   |
|    |                     | 2004  | 39,75  | 54,16 | 10,61  |
|    |                     | 2005  | 39,68  | 54,98 | 1,6    |
|    |                     | 2006  | 41,03  | 56,27 | 13,49  |
|    |                     | 2007  | 39,42  | 56,99 | 9,04   |
|    |                     | 2008  | 34,53  | 57,66 | 11,25  |
|    |                     | 2009  | 31,94  | 58,68 | 7,03   |
|    |                     | 2010  | 32,47  | 54,49 | 34,06  |
|    |                     | 2011  | 30,20  | 55,17 | 9,04   |
|    |                     | 2012  | 27,88  | 55,78 | 8,27   |
|    |                     | 2013  | 26,97  | 56,45 | 13,42  |
|    |                     | 2014  | 25,80  | 56,98 | 3,25   |
|    |                     | 2015  | 25,69  | 58,18 | -0,7   |
|    |                     | 2016  | 24,11  | 59,09 | 9,25   |
|    |                     | 2017  | 23,56  | 59,9  | 3,31   |
| 28 | Kabupaten Pamekasan | 2002  | 34,87  | 58,3  | 12,76  |
|    |                     | 2003  | 33,93  | 61,04 | 9,96   |
|    |                     | 2004  | 32,39  | 61,18 | 11,18  |
|    |                     | 2005  | 32,46  | 61,78 | 7,91   |
|    |                     | 2006  | 34,14  | 61,98 | 14,36  |
|    |                     | 2007  | 32,43  | 62,49 | 10,27  |
|    |                     | 2008  | 26,32  | 63,13 | 11,64  |
|    |                     | 2009  | 24,32  | 63,81 | 7,69   |
|    |                     | 2010  | 22,47  | 59,37 | 29,66  |
|    |                     | 2011  | 20,90  | 60,42 | 13,37  |
|    |                     | 2012  | 19,54  | 61,21 | 12,26  |
|    |                     | 2013  | 18,45  | 62,27 | 11,33  |
|    |                     | 2014  | 17,74  | 62,66 | 11,68  |
|    |                     | 2015  | 17,41  | 63,1  | 11,13  |
|    |                     | 2016  | 16,70  | 63,98 | 9,99   |
|    |                     | 2017  | 16,00  | 64,93 | 8,22   |

# Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah           | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|-------------------|-------|--------|-------|--------|
| 29 | Kabupaten Sumenep | 2002  | 31,08  | 56,5  | 13,8   |
|    |                   | 2003  | 29,15  | 55,3  | 9,67   |
|    |                   | 2004  | 30,34  | 60,5  | 11,8   |
|    |                   | 2005  | 32,50  | 61,19 | 39,15  |
|    |                   | 2006  | 34,86  | 63,08 | 18,02  |
|    |                   | 2007  | 32,98  | 63,71 | 11,05  |
|    |                   | 2008  | 29,46  | 64,24 | 12,39  |
|    |                   | 2009  | 26,89  | 64,82 | 9,62   |
|    |                   | 2010  | 24,61  | 57,27 | 41,84  |
|    |                   | 2011  | 23,10  | 58,7  | 15,33  |
|    |                   | 2012  | 21,88  | 60,08 | 15,02  |
|    |                   | 2013  | 21,13  | 60,84 | 26,3   |
|    |                   | 2014  | 20,49  | 61,43 | 11,64  |
|    |                   | 2015  | 20,20  | 62,38 | -4,08  |
|    |                   | 2016  | 20,09  | 63,42 | 6,68   |
|    |                   | 2017  | 19,62  | 64,28 | 5,55   |
| 30 | Kota Kediri       | 2002  | 15,97  | 70,8  | 13,29  |
|    |                   | 2003  | 14,45  | 70,89 | 11,13  |
|    |                   | 2004  | 13,58  | 72,68 | 13,76  |
|    |                   | 2005  | 13,62  | 73,22 | 30,83  |
|    |                   | 2006  | 13,85  | 73,59 | 14,8   |
|    |                   | 2007  | 13,67  | 74,45 | 9,01   |
|    |                   | 2008  | 11,71  | 75,11 | 12,91  |
|    |                   | 2009  | 10,41  | 75,68 | 11,18  |
|    |                   | 2010  | 9,31   | 72,2  | 2,82   |
|    |                   | 2011  | 8,60   | 72,93 | 10,29  |
|    |                   | 2012  | 8,11   | 73,66 | 12,04  |
|    |                   | 2013  | 8,20   | 74,18 | 9,28   |
|    |                   | 2014  | 7,95   | 74,62 | 9,24   |
|    |                   | 2015  | 8,51   | 75,67 | 10,35  |
|    |                   | 2016  | 8,40   | 76,33 | 8,96   |
|    |                   | 2017  | 8,49   | 77,13 | 1,91   |

Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah     | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|-------------|-------|--------|-------|--------|
| 31 | Kota Blitar | 2002  | 12,82  | 71    | 14,94  |
|    |             | 2003  | 12,39  | 69,59 | 13,13  |
|    |             | 2004  | 11,75  | 74,61 | 13,65  |
|    |             | 2005  | 11,67  | 75,1  | -3,29  |
|    |             | 2006  | 11,99  | 75,58 | 15,42  |
|    |             | 2007  | 12,02  | 75,88 | 12,59  |
|    |             | 2008  | 9,34   | 76,6  | 15,98  |
|    |             | 2009  | 7,56   | 76,98 | 10,88  |
|    |             | 2010  | 7,63   | 72,56 | 62,84  |
|    |             | 2011  | 7,10   | 73,08 | 10,56  |
|    |             | 2012  | 6,73   | 73,53 | 10,38  |
|    |             | 2013  | 7,39   | 74,53 | 10,02  |
|    |             | 2014  | 7,15   | 75,26 | 9,84   |
|    |             | 2015  | 7,29   | 76    | 9,87   |
|    |             | 2016  | 7,18   | 76,71 | 9,69   |
|    |             | 2017  | 8,03   | 77,1  | 3,83   |
| 32 | Kota Malang | 2002  | 9,37   | 71,4  | 16,29  |
|    |             | 2003  | 8,50   | 68,33 | 11,82  |
|    |             | 2004  | 7,22   | 73,19 | 13,42  |
|    |             | 2005  | 7,20   | 73,85 | 48,72  |
|    |             | 2006  | 7,42   | 75,34 | 15,52  |
|    |             | 2007  | 7,19   | 75,72 | 13,13  |
|    |             | 2008  | 7,22   | 76,19 | 17,55  |
|    |             | 2009  | 5,58   | 76,69 | 7,89   |
|    |             | 2010  | 5,90   | 76,69 | 11,16  |
|    |             | 2011  | 5,50   | 77,36 | 10,6   |
|    |             | 2012  | 5,19   | 78,04 | 10,01  |
|    |             | 2013  | 4,85   | 78,44 | 9,69   |
|    |             | 2014  | 4,80   | 78,96 | 8,07   |
|    |             | 2015  | 4,60   | 80,05 | 10,61  |
|    |             | 2016  | 4,33   | 80,46 | 9,66   |
|    |             | 2017  | 4,17   | 80,65 | 0,9    |

## Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah          | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|------------------|-------|--------|-------|--------|
| 33 | Kota Probolinggo | 2002  | 23,25  | 67,7  | 15,65  |
|    |                  | 2003  | 18,71  | 68,28 | 11,83  |
|    |                  | 2004  | 18,07  | 70,52 | 11,57  |
|    |                  | 2005  | 17,98  | 71,31 | -1,12  |
|    |                  | 2006  | 17,82  | 71,51 | 15,96  |
|    |                  | 2007  | 16,19  | 72,76 | 12,15  |
|    |                  | 2008  | 23,29  | 73,29 | 13,69  |
|    |                  | 2009  | 21,06  | 73,73 | 7,7    |
|    |                  | 2010  | 19,03  | 67,3  | 17,21  |
|    |                  | 2011  | 17,70  | 68,14 | 8,05   |
|    |                  | 2012  | 18,33  | 68,93 | 9,5    |
|    |                  | 2013  | 17,35  | 70,05 | 9,61   |
|    |                  | 2014  | 8,37   | 70,49 | 9,19   |
|    |                  | 2015  | 8,17   | 71,01 | 10,11  |
|    |                  | 2016  | 7,97   | 71,5  | 9,11   |
|    |                  | 2017  | 7,84   | 72,09 | 3,17   |
| 34 | Kota Pasuruan    | 2002  | 16,76  | 67,7  | 14,62  |
|    |                  | 2003  | 13,63  | 68,02 | 12,07  |
|    |                  | 2004  | 12,50  | 70,77 | 12,92  |
|    |                  | 2005  | 12,43  | 71,44 | -12,12 |
|    |                  | 2006  | 13,71  | 71,98 | 17,41  |
|    |                  | 2007  | 12,61  | 72,2  | 16,19  |
|    |                  | 2008  | 11,20  | 72,6  | 15,71  |
|    |                  | 2009  | 9,34   | 73,01 | 10,8   |
|    |                  | 2010  | 9,00   | 69,69 | 35,82  |
|    |                  | 2011  | 8,40   | 70,41 | 10,31  |
|    |                  | 2012  | 7,88   | 72,01 | 9,13   |
|    |                  | 2013  | 7,57   | 72,89 | 8,79   |
|    |                  | 2014  | 7,34   | 73,23 | 10,03  |
|    |                  | 2015  | 7,47   | 73,78 | 10,43  |
|    |                  | 2016  | 7,62   | 74,11 | 9,48   |
|    |                  | 2017  | 7,53   | 74,39 | 11,04  |

Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah        | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|----------------|-------|--------|-------|--------|
| 35 | Kota Mojokerto | 2002  | 12,38  | 72,8  | 13,19  |
|    |                | 2003  | 11,78  | 72,27 | 12,66  |
|    |                | 2004  | 10,76  | 74,22 | 10,56  |
|    |                | 2005  | 10,70  | 74,64 | 7,35   |
|    |                | 2006  | 10,72  | 75,15 | 19,19  |
|    |                | 2007  | 10,46  | 75,66 | 13,29  |
|    |                | 2008  | 8,88   | 76,11 | 15,89  |
|    |                | 2009  | 7,19   | 76,43 | 11,07  |
|    |                | 2010  | 7,41   | 72,78 | 3,79   |
|    |                | 2011  | 6,90   | 73,47 | 10,05  |
|    |                | 2012  | 6,46   | 74,2  | 9,67   |
|    |                | 2013  | 6,63   | 74,91 | 9,08   |
|    |                | 2014  | 6,42   | 75,04 | 8,9    |
|    |                | 2015  | 6,16   | 75,54 | 9,39   |
|    |                | 2016  | 5,73   | 76,38 | 9,42   |
|    |                | 2017  | 5,73   | 76,77 | 7,9    |
| 36 | Kota Madiun    | 2002  | 11,38  | 70,7  | 15,91  |
|    |                | 2003  | 10,16  | 71,94 | 12,64  |
|    |                | 2004  | 9,09   | 73,51 | 12,28  |
|    |                | 2005  | 9,11   | 73,88 | -6,92  |
|    |                | 2006  | 7,87   | 74,35 | 16,28  |
|    |                | 2007  | 7,07   | 75,42 | 15,38  |
|    |                | 2008  | 6,69   | 75,89 | 16,31  |
|    |                | 2009  | 5,93   | 76,23 | 10,78  |
|    |                | 2010  | 6,11   | 75,98 | 45,23  |
|    |                | 2011  | 5,70   | 76,48 | 11,54  |
|    |                | 2012  | 5,35   | 77,21 | 10,05  |
|    |                | 2013  | 5,00   | 78,41 | 10,59  |
|    |                | 2014  | 4,86   | 78,81 | 9,64   |
|    |                | 2015  | 4,89   | 79,48 | 10,23  |
|    |                | 2016  | 5,16   | 80,01 | 9,37   |
|    |                | 2017  | 4,94   | 80,13 | 2,27   |

## Lampiran 1. Lanjutan

| No | Wilayah       | Tahun | PM (%) | IPM   | PE (%) |
|----|---------------|-------|--------|-------|--------|
| 37 | Kota Surabaya | 2002  | 8,40   | 72    | 17,26  |
|    |               | 2003  | 9,44   | 70,53 | 12,95  |
|    |               | 2004  | 9,21   | 73,88 | 13,08  |
|    |               | 2005  | 7,35   | 74,6  | 34,17  |
|    |               | 2006  | 8,08   | 75,11 | 17,05  |
|    |               | 2007  | 7,98   | 75,87 | 14,66  |
|    |               | 2008  | 8,23   | 76,36 | 17,09  |
|    |               | 2009  | 6,72   | 76,82 | 10,36  |
|    |               | 2010  | 7,07   | 77,2  | 20,84  |
|    |               | 2011  | 6,60   | 77,62 | 12,52  |
|    |               | 2012  | 6,23   | 78,05 | 11,33  |
|    |               | 2013  | 5,97   | 78,51 | 11,17  |
|    |               | 2014  | 5,79   | 78,87 | 10,98  |
|    |               | 2015  | 5,82   | 79,47 | 10,61  |
|    |               | 2016  | 5,63   | 80,38 | 10,61  |
|    |               | 2017  | 5,39   | 81,07 | 4,64   |
| 38 | Kota Batu     | 2002  | 13,34  | 70,6  | 14,87  |
|    |               | 2003  | 12,97  | 69,71 | 10,89  |
|    |               | 2004  | 11,36  | 69,89 | 10,81  |
|    |               | 2005  | 9,85   | 71    | 23,24  |
|    |               | 2006  | 11,61  | 71,45 | 16,69  |
|    |               | 2007  | 9,71   | 72,83 | 12,34  |
|    |               | 2008  | 6,18   | 73,33 | 15,89  |
|    |               | 2009  | 4,81   | 73,88 | 11,17  |
|    |               | 2010  | 5,08   | 68,66 | 73,1   |
|    |               | 2011  | 4,70   | 69,76 | 12,29  |
|    |               | 2012  | 4,45   | 70,62 | 10,66  |
|    |               | 2013  | 4,75   | 71,55 | 9,97   |
|    |               | 2014  | 4,59   | 71,89 | 10,53  |
|    |               | 2015  | 4,71   | 72,62 | 9,4    |
|    |               | 2016  | 4,48   | 73,57 | 8,94   |
|    |               | 2017  | 4,31   | 74,26 | 1,85   |

## Lampiran 2. *Output* Statistika Deskriptif

### IPM

| Variable | N      | N*     | Mean    | SE Mean | StDev | Minimum | Q1     |
|----------|--------|--------|---------|---------|-------|---------|--------|
| Median   |        | Q3     | Maximum |         |       |         |        |
| PM       | 608    | 0      | 16.205  | 0.300   | 7.387 | 4.170   | 10.887 |
|          | 15.355 | 20.623 | 41.78   |         |       |         |        |

### IPM

| Variable | N      | N*     | Mean    | SE Mean | StDev | Minimum | Q1     |
|----------|--------|--------|---------|---------|-------|---------|--------|
| IPM      | 608    | 0      | 67.843  | 0.224   | 5.522 | 49.700  | 63.955 |
| Median   |        | Q3     | Maximum |         |       |         |        |
|          | 68.020 | 71.767 | 81.070  |         |       |         |        |

### Pertumbuhan Ekonomi

| Variable  | N      | N*     | Mean    | SE Mean | StDev  | Minimum |
|-----------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|
| PE        | 608    | 0      | 14.061  | 0.426   | 10.499 | -12.350 |
| Q1 Median |        | Q3     | Maximum |         |        |         |
|           | 10.022 | 11.410 | 14.098  | 78.100  |        |         |

## Lampiran 3. Output Pemilihan Model *B-spline* IPM

### IPM Kota Malang

```
> library(freeknotsplines)
> library(splines2)
> ##knot Kota Malang untuk IPM
> times <- seq(0.0625,1,0.0625)
> data=read.csv("D://IPM untuk fitfclust.csv",sep="," ,header=T)
> n1 <- data$Kota.Malang
> n1
[1] 9.37 8.50 7.22 7.20 7.42 7.19 7.42 5.58 5.90 5.50 5.21
[12] 4.87 4.80 4.60 4.33 4.17
> ###penentuan titik knot
> #banyak titik knot=1 dan linier
> xy.freekt11 <- freelsgen(times, n1, degree = 1, numknot = 1, seed
= 16)
> xy.freekt11
Slot "optknot":
[1] 0.1866824
Slot "GCV":
[1] 0.1783773
> #banyak titik knot=2 dan linier
> xy.freekt12 <- freelsgen(times, n1, degree = 1, numknot = 2, seed
= 16)
> xy.freekt12
Slot "optknot":
[1] 0.1968061 0.3125015
Slot "GCV":
[1] 0.173845
> #banyak titik knot=3 dan linier
> xy.freekt13 <- freelsgen(times, n1, degree = 1, numknot = 3, seed
= 16)
> xy.freekt13
Slot "optknot":
[1] 0.1924403 0.4374895 0.5000064
Slot "GCV":
[1] 0.03111885
> #banyak titik knot=4 dan linier
> xy.freekt14 <- freelsgen(times, n1, degree = 1, numknot = 4, seed
= 16)
> xy.freekt14
Slot "optknot":
[1] 0.1925067 0.4374977 0.5000116 0.6250194
Slot "GCV":
[1] 0.03341188
> #banyak titik knot=2 dan kuadratik
> xy.freekt21 <- freelsgen(times, n1, degree = 2, numknot = 1, seed
= 16)
> xy.freekt21
Slot "optknot":
[1] 0.1993613
Slot "GCV":
```

```
[1] 0.2141492
Slot "call":
freelsgen(x = times, y = n1, degree = 2, numknot = 1, seed = 16)
> #banyak titik knot=1 dan kuadratit
> xy.freekt22 <- freelsgen(times, n1, degree = 2, numknot = 2, seed
= 16)
> xy.freekt22
An object of class "freekt"
Slot "optknot":
[1] 0.2822930 0.4343405
Slot "GCV":
[1] 0.1488074
> #banyak titik knot=3 dan kuadratit
> xy.freekt23 <- freelsgen(times, n1, degree = 2, numknot = 3, seed
= 16)
> xy.freekt23
An object of class "freekt"
Slot "x":
Slot "optknot":
[1] 0.3749961 0.4523413 0.5625015
Slot "GCV":
[1] 0.1192293
> #banyak titik knot=4 dan kuadratit
> xy.freekt24 <- freelsgen(times, n1, degree = 2, numknot = 4, seed
= 16)
> xy.freekt24
An object of class "freekt"
Slot "optknot":
[1] 0.3749685 0.4587694 0.5625040 0.6875495
Slot "GCV":
[1] 0.1300389
> #banyak titik knot=1 dan kubik
> xy.freekt31 <- freelsgen(times, n1, numknot = 1, seed = 16)
> xy.freekt31
Slot "optknot":
[1] 0.2898566
Slot "GCV":
[1] 0.2080056
Slot "call":
freelsgen(x = times, y = n1, numknot = 1, seed = 16)
> #banyak titik knot=2 dan kubik
> xy.freekt32 <- freelsgen(times, n1, numknot = 2, seed = 16)
> xy.freekt32
Slot "optknot":
[1] 0.4280614 0.5000130
Slot "GCV":
[1] 0.1682075
> #banyak titik knot=3 dan kubik
> xy.freekt33 <- freelsgen(times, n1, numknot = 3, seed = 16)
> xy.freekt33
Slot "optknot":
[1] 0.1250136 0.3749992 0.4754551
Slot "GCV":
[1] 0.1639247
> #banyak titik knot=4 dan kubik
```

```
> xy.freekt34 <- freelsgen(times, n1, numknot = 4, seed = 16)
> xy.freekt34
Slot "optknot":
[1] 0.1250247 0.4374910 0.5000418 0.6250176
Slot "GCV":
[1] 0.1578975
```

## IPM Kabupaten Kediri

```
> #banyak titik knot=1 dan kubik
> xy.freekt31 <- freelsgen(times, n2, numknot = 1, seed = 16)
> xy.freekt31
An object of class "freekt"
Slot "optknot":
[1] 0.3119001
Slot "GCV":
[1] 0.9467996
> #banyak titik knot=2 dan kubik
> xy.freekt32 <- freelsgen(times, n2, numknot = 2, seed = 16)
> xy.freekt32
Slot "optknot":
[1] 0.4374948 0.5460070
Slot "GCV":
[1] 0.4799838
> #banyak titik knot=3 dan kubik
> xy.freekt33 <- freelsgen(times, n2, numknot = 3, seed = 16)
> xy.freekt33
An object of class "freekt"
Slot "optknot":
[1] 0.1856065 0.3074031 0.5893039
Slot "GCV":
[1] 0.1472782
> #banyak titik knot=4 dan kubik
> xy.freekt34 <- freelsgen(times, n2, numknot = 4, seed = 16)
> xy.freekt34
An object of class "freekt"
Slot "optknot":
[1] 0.1874255 0.2658102 0.4374763 0.5213476
Slot "GCV":
[1] 0.1473627
```

## IPM Kabupaten Sampang

```
> #banyak titik knot=1 dan kubik
> xy.freekt31 <- freelsgen(times, n3, numknot = 1, seed = 16)
> xy.freekt31
An object of class "freekt"
Slot "optknot":
[1] 0.1884215
Slot "GCV":
[1] 4.239913
> #banyak titik knot=2 dan kubik
> xy.freekt32 <- freelsgen(times, n3, numknot = 2, seed = 16)
```

```
> xy.freekt32
An object of class "freekt"
Slot "optknot":
[1] 0.4348152 0.5000053
Slot "GCV":
[1] 2.860487
> #banyak titik knot=3 dan kubik
> xy.freekt33 <- freelsgen(times, n3, numknot = 3, seed = 16)
> xy.freekt33
An object of class "freekt"
Slot "optknot":
[1] 0.4374913 0.5000008 0.6250047
Slot "GCV":
[1] 3.163191
> #banyak titik knot=4 dan kubik
> xy.freekt34 <- freelsgen(times, n3, numknot = 4, seed = 16)
> xy.freekt34
An object of class "freekt"
Slot "optknot":
[1] 0.3123987 0.4374423 0.5000060 0.6250086
Slot "GCV":
[1] 3.718475
```



## Lampiran 4. Output Pemilihan Model *B-spline* IPM

### IPM Kabupaten Sampang

```
> ##knot Kabupaten Sampang untuk IPM
> times <- seq(0.0625,1,0.0625)
> data=read.csv("D://IPM untuk fitfclust.csv",sep="," ,header=T)
> n4 <- data$Kabupaten.Sampang
> ###penentuan titik knot
> #banyak titik knot=1 dan linier
> xy.freekt11 <- freelsgen(times, n4, degree = 1, numknot = 1, seed
= 16)
> xy.freekt11
Slot "optknot":
[1] 0.2664254
Slot "GCV":
[1] 2.23568
> #banyak titik knot=2 dan linier
> xy.freekt12 <- freelsgen(times, n4, degree = 1, numknot = 2, seed
= 16)
> xy.freekt12
Slot "optknot":
[1] 0.4873507 0.5668125
Slot "GCV":
[1] 0.3855537
> #banyak titik knot=3 dan linier
> xy.freekt13 <- freelsgen(times, n4, degree = 1, numknot = 3, seed
= 16)
> xy.freekt13
Slot "optknot":
[1] 0.2052915 0.4999948 0.5668197
Slot "GCV":
[1] 0.1036953
> #banyak titik knot=4 dan linier
> xy.freekt14 <- freelsgen(times, n4, degree = 1, numknot = 4, seed
= 16)
> xy.freekt14
Slot "optknot":
[1] 0.2054583 0.4999700 0.5625101 0.8124175
Slot "GCV":
[1] 0.09406256
> #banyak titik knot=1 dan kuadratik
> xy.freekt21 <- freelsgen(times, n4, degree = 2, numknot = 1, seed
= 16)
> xy.freekt21
Slot "optknot":
[1] 0.522916
Slot "GCV":
[1] 0.974101
> #banyak titik knot=2 dan kuadratik
> xy.freekt22 <- freelsgen(times, n4, degree = 2, numknot = 2, seed
= 16)
> xy.freekt22
```

```
Slot "optknot":
[1] 0.5624972 0.6588613
Slot "GCV":
[1] 0.9053243
> #banyak titik knot=1 dan kubik
> xy.freekt31 <- freelsgen(times, n4, numknot = 1, seed = 16)
> xy.freekt31
Slot "optknot":
[1] 0.8070511
Slot "GCV":
[1] 1.463206
> #banyak titik knot=2 dan kubik
> xy.freekt32 <- freelsgen(times, n4, numknot = 2, seed = 16)
> xy.freekt32
Slot "optknot":
[1] 0.4999962 0.5625095
Slot "GCV":
[1] 0.9127446
> #banyak titik knot=3 dan kubik
> xy.freekt33 <- freelsgen(times, n4, numknot = 3, seed = 16)
> xy.freekt33
Slot "optknot":
[1] 0.3749377 0.4884736 0.5625025
Slot "GCV":
[1] 0.9884564
> #banyak titik knot=4 dan kubik
> xy.freekt34 <- freelsgen(times, n4, numknot = 4, seed = 16)
> xy.freekt34
Slot "optknot":
[1] 0.3749427 0.4999958 0.5625013 0.6875161
Slot "GCV":
[1] 0.8189325
```

## IPM Kabupaten Nganjuk

```
> #banyak titik knot=1 dan kubik
> xy.freekt31 <- freelsgen(times, n5, degree = 3, numknot = 1, seed
= 16)
> xy.freekt31
Slot "optknot":
[1] 0.7139237
Slot "GCV":
[1] 2.043999
> #banyak titik knot=2 dan kubik
> xy.freekt32 <- freelsgen(times, n5, degree = 3, numknot = 2, seed
= 16)
> xy.freekt32
Slot "optknot":
[1] 0.4982304 0.5625007
Slot "GCV":
[1] 1.24973
> #banyak titik knot=3 dan kubik
```

```
> xy.freekt33 <- freelsgen(times, n5, degree = 3, numknot = 3, seed
= 16)
> xy.freekt33
Slot "optknot":
[1] 0.49999965 0.5884838 0.6875118
Slot "GCV":
[1] 0.9989496
```

## IPM Kota Surabaya

```
> #banyak titik knot=1 dan kubik
> xy.freekt31 <- freelsgen(times, n6, degree = 3, numknot = 1, seed
= 16)
> xy.freekt31
Slot "optknot":
[1] 0.1250014
Slot "GCV":
[1] 0.2513917
> #banyak titik knot=2 dan kubik
> xy.freekt32 <- freelsgen(times, n6, degree = 3, numknot = 2, seed
= 16)
> xy.freekt32
Slot "optknot":
[1] 0.1250127 0.2500391
Slot "GCV":
[1] 0.02374308
> #banyak titik knot=3 dan kubik
> xy.freekt33 <- freelsgen(times, n6, degree = 3, numknot = 3, seed
= 16)
> xy.freekt33
Slot "optknot":
[1] 0.1250089 0.2500176 0.3750209
Slot "GCV":
[1] 0.008626194
> #banyak titik knot=4 dan kubik
> xy.freekt34 <- freelsgen(times, n6, degree = 3, numknot = 4, seed
= 16)
> xy.freekt34
Slot "optknot":
[1] 0.1250266 0.2500155 0.3751014 0.8749905
Slot "GCV":
[1] 0.008653874
```

## Lampiran 5. Output Pemilihan Model *B-spline* Pertumbuhan Ekonomi

### Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sampang

```
> library(freeknotsplines)
> library(splines2)
> library(fda)
> ##knot Kota Malang untuk IPM
> times <- seq(0.0625,1,0.0625)
> data=read.csv("D://PE untuk fifclust.csv",sep=";",header=T)
> n7 <- data$Kabupaten.Sampang
> n7
[1] 12.50  9.22 10.61  1.60 13.49  9.04 11.25  7.03 34.06  9.04
8.27 13.42  3.25
[14] -0.70  9.25  3.31
> ####penentuan titik knot
> #banyak titik knot=1 dan linier
> xy.freekt11 <- freelsgen(times, n7, degree = 1, numknot = 1, seed
= 16)
> xy.freekt11
Slot "optknot":
[1] 0.5624988
Slot "GCV":
[1] 63.00658
> #banyak titik knot=2 dan linier
> xy.freekt12 <- freelsgen(times, n7, degree = 1, numknot = 2, seed
= 16)
> xy.freekt12
Slot "optknot":
[1] 0.4999824 0.5625034
Slot "GCV":
[1] 57.69502
> #banyak titik knot=3 dan linier
> xy.freekt13 <- freelsgen(times, n7, degree = 1, numknot = 3, seed
= 16)
> xy.freekt13
Slot "optknot":
[1] 0.4999991 0.5625126 0.6875348
Slot "GCV":
[1] 41.65648
> #banyak titik knot=4 dan linier
> xy.freekt14 <- freelsgen(times, n7, degree = 1, numknot = 4, seed
= 16)
> xy.freekt14
Slot "optknot":
[1] 0.2498719 0.4999831 0.5625056 0.6875313
Slot "GCV":
[1] 48.01548
> #banyak titik knot=1 dan kuadratik
> xy.freekt21 <- freelsgen(times, n7, degree = 2, numknot = 1, seed
= 16)
```

```
> #banyak titik knot=1 dan kubik
> xy.freekt31 <- freelsgen(times, n7, degree = 3, numknot = 1, seed
= 16)
> xy.freekt31
Slot "optknot":
[1] 0.5822196
Slot "GCV":
[1] 80.22531
> #banyak titik knot=2 dan kubik
> xy.freekt32 <- freelsgen(times, n7, degree = 3, numknot = 2, seed
= 16)
> xy.freekt32
Slot "optknot":
[1] 0.7499903 0.8749816
Slot "GCV":
[1] 89.62628
> #banyak titik knot=3 dan kubik
> xy.freekt33 <- freelsgen(times, n7, degree = 3, numknot = 3, seed
= 16)
> xy.freekt33
Slot "optknot":
[1] 0.4999633 0.5625256 0.6875090
Slot "GCV":
[1] 101.4051
> #banyak titik knot=4 dan kubik
> xy.freekt34 <- freelsgen(times, n7, degree = 3, numknot = 4, seed
= 16)
> xy.freekt34
Slot "optknot":
[1] 0.3748397 0.4936251 0.5625060 0.6875161
Slot "GCV":
[1] 119.9416
```

## Pertumbuhan Ekonomi Kota Blitar

```
> #banyak titik knot=1 dan kubik
> xy.freekt31 <- freelsgen(times, n8, degree = 3, numknot = 1,
seed = 16)
> xy.freekt31
Slot "optknot":
[1] 0.5537728
Slot "GCV":
[1] 282.1559
> #banyak titik knot=2 dan kubik
> xy.freekt32 <- freelsgen(times, n8, degree = 3, numknot = 2,
seed = 16)
> xy.freekt32
Slot "optknot":
[1] 0.6249860 0.6875049
Slot "GCV":
[1] 312.8777
> #banyak titik knot=3 dan kubik
```

```

> xy.freekt33 <- freelsgen(times, n8, degree = 3, numknot = 3,
seed = 16)
> xy.freekt33
An object of class "freekt"
Slot "optknot":
[1] 0.4999945 0.5625372 0.6875032
Slot "GCV":
[1] 286.7733
> #banyak titik knot=4 dan kubik
> xy.freekt34 <- freelsgen(times, n8, degree = 3, numknot = 4,
seed = 16)
> xy.freekt34
Slot "optknot":
[1] 0.4999453 0.5625053 0.6875752 0.8126867
Slot "GCV":
[1] 331.7959

```

### Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro

```

> #banyak titik knot=1 dan kubik
> xy.freekt31 <- freelsgen(times, n9, degree = 3, numknot = 1, seed
= 16)
> xy.freekt31
Slot "optknot":
[1] 0.728186
Slot "GCV":
[1] 773.5821
> #banyak titik knot=2 dan kubik
> xy.freekt32 <- freelsgen(times, n9, degree = 3, numknot = 2, seed
= 16)
> xy.freekt32
Slot "optknot":
[1] 0.486319 0.562500
Slot "GCV":
[1] 827.9025
> #banyak titik knot=3 dan kubik
> xy.freekt33 <- freelsgen(times, n9, degree = 3, numknot = 3, seed
= 16)
> xy.freekt33
Slot "optknot":
[1] 0.2499945 0.3161752 0.5335048
Slot "GCV":
[1] 668.3085
> #banyak titik knot=4 dan kubik
> xy.freekt34 <- freelsgen(times, n9, degree = 3, numknot = 4, seed
= 16)
> xy.freekt34
Slot "optknot":
[1] 0.2499830 0.3344188 0.5624826 0.6383493
Slot "GCV":
[1] 774.0682

```

## Lampiran 6. Output Estimasi Parameter Fungsi *B-spline* IPM

### Estimasi Parameter Fungsi IPM Kota Malang

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 9.37     | 0.281         | 33.348  | 7.14E-10 |
| bSpline(times)1 | 0.5013   | 0.6362        | 0.788   | 0.453441 |
| bSpline(times)2 | -4.4043  | 0.7923        | -5.559  | 0.000535 |
| bSpline(times)3 | -0.3436  | 0.6026        | -0.57   | 0.584235 |
| bSpline(times)4 | -3.9148  | 0.4314        | -9.074  | 1.74E-05 |
| bSpline(times)5 | -3.7924  | 0.6297        | -6.022  | 0.000316 |
| bSpline(times)6 | -5.1089  | 0.5994        | -8.523  | 2.76E-05 |
| bSpline(times)7 | -5.1615  | 0.3862        | -13.363 | 9.41E-07 |

Residual standard error: 0.281 on 8 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.983, Adjusted R-squared: 0.9682

F-statistic: 66.15 on 7 and 8 DF, p-value: 1.886e-06

### Estimasi Parameter Fungsi IPM Kabupaten Kediri

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 19.8796  | 0.2717        | 73.172  | 1.36E-12 |
| bSpline(times)1 | 2.0431   | 0.7326        | 2.789   | 0.023609 |
| bSpline(times)2 | -4.2237  | 0.6062        | -6.967  | 0.000116 |
| bSpline(times)3 | -0.8401  | 0.5449        | -1.542  | 0.161691 |
| bSpline(times)4 | 0.4759   | 0.4415        | 1.078   | 0.312493 |
| bSpline(times)5 | -8.0447  | 0.5643        | -14.255 | 5.72E-07 |
| bSpline(times)6 | -6.4697  | 0.5759        | -11.235 | 3.54E-06 |
| bSpline(times)7 | -7.5756  | 0.3682        | -20.577 | 3.26E-08 |

Residual standard error: 0.2717 on 8 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9952, Adjusted R-squared: 0.9911

F-statistic: 239.4 on 7 and 8 DF, p-value: 1.183e-08

### IPM Kabupaten Sampang

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)     | 41.742   | 1.26          | 33.132  | 1.48E-11 | *** |
| bSpline(times)1 | -6.587   | 3.211         | -2.052  | 0.067327 | .   |
| bSpline(times)2 | 4.519    | 2.059         | 2.195   | 0.052918 | .   |
| bSpline(times)3 | -17.104  | 2.563         | -6.674  | 5.54E-05 | *** |
| bSpline(times)4 | -14.244  | 2.638         | -5.399  | 0.000302 | *** |
| bSpline(times)5 | -18.47   | 1.767         | -10.454 | 1.06E-06 | *** |

Residual standard error: 1.337 on 10 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9752, Adjusted R-squared: 0.9628

F-statistic: 78.65 on 5 and 10 DF, p-value: 1.066e-07

## Lampiran 7. Output Estimasi Parameter Fungsi B-spline IPM

### Estimasi Parameter Fungsi IPM Kabupaten Sampang

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t )     |
|-----------------|----------|---------------|---------|--------------|
| (Intercept)     | 49.42    | 0.6166        | 80.149  | 6.55e-13 *** |
| bSpline(times)1 | 4.8549   | 1.6004        | 3.034   | 0.016222 *   |
| bSpline(times)2 | 5.9998   | 1.3781        | 4.354   | 0.002433 **  |
| bSpline(times)3 | 10.1263  | 1.1002        | 9.204   | 1.57e-05 *** |
| bSpline(times)4 | 4.1309   | 1.0283        | 4.017   | 0.003856 **  |
| bSpline(times)5 | 7.7967   | 1.5174        | 5.138   | 0.000887 *** |
| bSpline(times)6 | 8.4193   | 1.3821        | 6.092   | 0.000292 *** |
| bSpline(times)7 | 10.5896  | 0.8736        | 12.121  | 1.99e-06 *** |

Residual standard error: 0.6404 on 8 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.9709, Adjusted R-squared: 0.9454  
F-statistic: 38.08 on 7 and 8 DF, p-value: 1.594e-05

### Estimasi Parameter Fungsi IPM Kabupaten Nganjuk

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 64.4975  | 0.5352        | 120.513 | 2.51E-14 |
| bSpline(times)1 | 2.643    | 1.3878        | 1.904   | 0.093333 |
| bSpline(times)2 | 2.9176   | 1.1964        | 2.439   | 0.040653 |
| bSpline(times)3 | 7.1896   | 0.9552        | 7.526   | 6.76E-05 |
| bSpline(times)4 | -0.525   | 0.8921        | -0.588  | 0.572448 |
| bSpline(times)5 | 6.9043   | 1.3178        | 5.239   | 0.000784 |
| bSpline(times)6 | 4.7772   | 1.2           | 3.981   | 0.004057 |
| bSpline(times)7 | 6.3222   | 0.7584        | 8.336   | 3.24E-05 |

Residual standard error: 0.5559 on 8 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.9562, Adjusted R-squared: 0.918  
F-statistic: 24.98 on 7 and 8 DF, p-value: 7.865e-05

### Estimasi Parameter Fungsi IPM Kabupaten Nganjuk

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 72       | 0.06965       | 1033.7  | < 2e-16  |
| bSpline(times)1 | -6.1387  | 0.26444       | -23.21  | 2.43E-09 |
| bSpline(times)2 | 2.24919  | 0.18875       | 11.92   | 8.17E-07 |
| bSpline(times)3 | 2.39366  | 0.11429       | 20.95   | 6.04E-09 |
| bSpline(times)4 | 5.84732  | 0.14917       | 39.2    | 2.28E-11 |
| bSpline(times)5 | 5.89964  | 0.14152       | 41.69   | 1.31E-11 |
| bSpline(times)6 | 9.12549  | 0.09228       | 98.89   | 5.61E-15 |

Residual standard error: 0.06965 on 9 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.9997, Adjusted R-squared: 0.9994  
F-statistic: 4363 on 6 and 9 DF, p-value: 4.622e-15

## Lampiran 8. Output Estimasi Parameter Fungsi B-spline Pertumbuhan Ekonomi

### Estimasi Parameter Fungsi Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sampang

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 13.736   | 6.496         | 2.115   | 0.0581   |
| bSpline(times)1 | -18.66   | 14.888        | -1.253  | 0.236    |
| bSpline(times)2 | 23.683   | 13.802        | 1.716   | 0.1142   |
| bSpline(times)3 | -17.947  | 12.761        | -1.406  | 0.1872   |
| bSpline(times)4 | -8.075   | 9.056         | -0.892  | 0.3917   |

Residual standard error: 7.427 on 11 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3254, Adjusted R-squared: 0.08006

F-statistic: 1.326 on 4 and 11 DF, p-value: 0.3202

### Estimasi Parameter Fungsi Pertumbuhan Ekonomi Kota Blitar

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 18.41    | 12.27         | 1.501   | 0.162    |
| bSpline(times)1 | -31.41   | 27.52         | -1.142  | 0.278    |
| bSpline(times)2 | 41.32    | 25.99         | 1.589   | 0.14     |
| bSpline(times)3 | -23.8    | 24.27         | -0.98   | 0.348    |
| bSpline(times)4 | -10.35   | 16.97         | -0.61   | 0.554    |

Residual standard error: 13.93 on 11 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2642, Adjusted R-squared: -0.003354

F-statistic: 0.9875 on 4 and 11 DF, p-value: 0.4538

### Estimasi Parameter Fungsi Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 16.71    | 19.29         | 0.866   | 0.4089   |
| bSpline(times)1 | -74.63   | 49.56         | -1.506  | 0.1664   |
| bSpline(times)2 | 88.54    | 36.19         | 2.447   | 0.0369   |
| bSpline(times)3 | -33.18   | 31.32         | -1.06   | 0.3169   |
| bSpline(times)4 | 93.07    | 41.28         | 2.255   | 0.0506   |
| bSpline(times)5 | -86.88   | 37.81         | -2.298  | 0.0472   |
| bSpline(times)6 | 30.11    | 26.03         | 1.157   | 0.2771   |

Residual standard error: 19.41 on 9 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.5971, Adjusted R-squared: 0.3285

F-statistic: 2.223 on 6 and 9 DF, p-value: 0.1355

## Lampiran 9. Output Estimasi Parameter Fungsi Velocity Persentase Penduduk Miskin

### Fungsi Velocity IPM Kota Malang

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | -21.738  | 2.659         | -8.176  | 3.73E-05 |
| bSpline(times)1 | 6.7      | 6.02          | 1.113   | 0.29806  |
| bSpline(times)2 | -15.798  | 7.497         | -2.107  | 0.068154 |
| bSpline(times)3 | 16.173   | 5.702         | 2.836   | 0.021937 |
| bSpline(times)4 | 27.675   | 4.082         | 6.779   | 0.000141 |
| bSpline(times)5 | -6.467   | 5.959         | -1.085  | 0.309389 |
| bSpline(times)6 | 31.312   | 5.672         | 5.52    | 0.00056  |
| bSpline(times)7 | 16.932   | 3.655         | 4.633   | 0.001682 |

### Fungsi Velocity IPM Kabupaten Kediri

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 11.734   | 8.55          | 1.373   | 0.20715  |
| bSpline(times)1 | -14.96   | 23.055        | -0.649  | 0.53461  |
| bSpline(times)2 | 3.996    | 19.077        | 0.209   | 0.83932  |
| bSpline(times)3 | -75.725  | 17.146        | -4.417  | 0.00224  |
| bSpline(times)4 | 25.533   | 13.894        | 1.838   | 0.10341  |
| bSpline(times)5 | -51.027  | 17.759        | -2.873  | 0.02072  |
| bSpline(times)6 | -34.139  | 18.122        | -1.884  | 0.09634  |
| bSpline(times)7 | -9.9     | 11.586        | -0.855  | 0.41766  |

### Fungsi Velocity IPM Kabupaten Sampang

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)     | -110.42  | 10.61         | -10.403 | 1.11E-06 | *** |
| bSpline(times)1 | -22.84   | 27.05         | -0.844  | 0.41821  |     |
| bSpline(times)2 | 190.75   | 17.35         | 10.996  | 6.61E-07 | *** |
| bSpline(times)3 | 21.52    | 21.59         | 0.997   | 0.34244  |     |
| bSpline(times)4 | 87.9     | 22.23         | 3.954   | 0.00271  | **  |
| bSpline(times)5 | 100.62   | 14.88         | 6.76    | 4.98E-05 | *** |

## Lampiran 10. Output Estimasi Parameter Fungsi Velocity IPM

### Fungsi Velocity IPM Kabupaten Sampang

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)     | 17.427   | 3.11          | 5.604   | 0.000508 | *** |
| bSpline(times)1 | 4.712    | 8.072         | 0.584   | 0.575471 |     |
| bSpline(times)2 | 32.477   | 6.95          | 4.673   | 0.001597 | **  |
| bSpline(times)3 | -6.223   | 5.549         | -1.121  | 0.294611 |     |
| bSpline(times)4 | 7.797    | 5.186         | 1.503   | 0.171167 |     |
| bSpline(times)5 | -94.526  | 7.653         | -12.352 | 1.72E-06 | *** |
| bSpline(times)6 | 32.738   | 6.971         | 4.696   | 0.001548 | **  |
| bSpline(times)7 | -4.505   | 4.406         | -1.022  | 0.336489 |     |

### Fungsi Velocity IPM Kabupaten Nganjuk

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |  |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|--|
| (Intercept)     | 8.316    | 4.731         | 1.758   | 0.116852 |  |
| bSpline(times)1 | 4.615    | 12.269        | 0.376   | 0.716599 |  |
| bSpline(times)2 | 9.828    | 10.577        | 0.929   | 0.379992 |  |
| bSpline(times)3 | 7.577    | 8.445         | 0.897   | 0.39576  |  |
| bSpline(times)4 | 11.559   | 7.887         | 1.466   | 0.18092  |  |
| bSpline(times)5 | -99.588  | 11.65         | -8.548  | 2.7e-05  |  |
| bSpline(times)6 | 73.304   | 10.609        | 6.91    | 0.000123 |  |
| bSpline(times)7 | -3.373   | 6.705         | -0.503  | 0.628489 |  |

### Fungsi Velocity IPM Kota Surabaya

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |  |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|--|
| (Intercept)     | -121.128 | 7.451         | -16.256 | 5.60E-08 |  |
| bSpline(times)1 | -24.566  | 14.225        | -1.727  | 0.118    |  |
| bSpline(times)2 | 181.71   | 14.478        | 12.55   | 5.25E-07 |  |
| bSpline(times)3 | 127.604  | 13.549        | 9.418   | 5.88E-06 |  |
| bSpline(times)4 | 126.753  | 13.855        | 9.148   | 7.47E-06 |  |
| bSpline(times)5 | 127.754  | 14.192        | 9.002   | 8.52E-06 |  |
| bSpline(times)6 | 128.816  | 10.301        | 12.506  | 5.41E-07 |  |

## Lampiran 11. Output Estimasi Parameter Fungsi Velocity Pertumbuhan Ekonomi

### Fungsi Velocity Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sampang

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | -35.5    | 32.36         | -1.097  | 0.2961   |
| bSpline(times)1 | -119.41  | 74.17         | -1.61   | 0.13573  |
| bSpline(times)2 | 270.53   | 68.76         | 3.934   | 0.00234  |
| bSpline(times)3 | -82.6    | 63.58         | -1.299  | 0.22046  |
| bSpline(times)4 | -18.36   | 45.12         | -0.407  | 0.6918   |

### Fungsi Velocity Pertumbuhan Ekonomi Kota Blitar

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 258.42   | 93.75         | 2.757   | 0.01867  |
| bSpline(times)1 | -604.99  | 210.24        | -2.878  | 0.01503  |
| bSpline(times)2 | 276.02   | 198.61        | 1.39    | 0.19209  |
| bSpline(times)3 | -581.25  | 185.47        | -3.134  | 0.00951  |
| bSpline(times)4 | -212.92  | 129.64        | -1.642  | 0.12876  |

### Fungsi Velocity Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | -1754.6  | 291.3         | -6.023  | 0.000197 |
| bSpline(times)1 | -235.8   | 748.4         | -0.315  | 0.759914 |
| bSpline(times)2 | 1689.1   | 546.4         | 3.091   | 0.012902 |
| bSpline(times)3 | 2133.9   | 472.9         | 4.513   | 0.001462 |
| bSpline(times)4 | 1416.7   | 623.3         | 2.273   | 0.049123 |
| bSpline(times)5 | 1791.1   | 570.9         | 3.137   | 0.011981 |
| bSpline(times)6 | 1595.1   | 393           | 4.059   | 0.002846 |

## Lampiran 12. *Output* Estimasi Parameter Fungsi *Acceleration* Persentase Penduduk Miskin

### Fungsi *Acceleration* IPM Kota Malang

Coefficients:

|                  | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|------------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)      | -29.933  | 43.331        | -0.691  | 0.509233 |
| bSpline(times) 1 | 106.829  | 98.12         | 1.089   | 0.307966 |
| bSpline(times) 2 | -210.409 | 122.178       | -1.722  | 0.123344 |
| bSpline(times) 3 | 515.655  | 92.934        | 5.549   | 0.000542 |
| bSpline(times) 4 | -196.927 | 66.53         | -2.96   | 0.018147 |
| bSpline(times) 5 | 222.347  | 97.115        | 2.29    | 0.051303 |
| bSpline(times) 6 | -5.511   | 92.443        | -0.06   | 0.953924 |
| bSpline(times) 7 | 28.832   | 59.565        | 0.484   | 0.641328 |

### Fungsi *Acceleration* IPM Kabupaten Kediri

Coefficients:

|                  | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|------------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)      | -586.87  | 132.55        | -4.428  | 0.002204 |
| bSpline(times) 1 | 92.65    | 357.43        | 0.259   | 0.802029 |
| bSpline(times) 2 | 22.85    | 295.75        | 0.077   | 0.940318 |
| bSpline(times) 3 | 665.88   | 265.82        | 2.505   | 0.036653 |
| bSpline(times) 4 | 1108.5   | 215.4         | 5.146   | 0.000878 |
| bSpline(times) 5 | -422.38  | 275.32        | -1.534  | 0.163534 |
| bSpline(times) 6 | 1421.26  | 280.95        | 5.059   | 0.000979 |
| bSpline(times) 7 | 521.43   | 179.61        | 2.903   | 0.019798 |

### Fungsi *Acceleration* IPM Kabupaten Sampang

Coefficients:

|                  | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------|----------|---------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)      | 1033.69  | 194.12        | 5.325   | 0.000335 | *** |
| bSpline(times) 1 | 84.09    | 494.71        | 0.17    | 0.868418 |     |
| bSpline(times) 2 | -660.49  | 317.25        | -2.082  | 0.063988 | .   |
| bSpline(times) 3 | -1947.55 | 394.85        | -4.932  | 0.000594 | *** |
| bSpline(times) 4 | -27.91   | 406.53        | -0.069  | 0.946613 |     |
| bSpline(times) 5 | -1146.19 | 272.2         | -4.211  | 0.001798 | **  |

## Lampiran 13. Output Estimasi Parameter Fungsi Acceleration IPM

### Fungsi Acceleration IPM Kabupaten Sampang

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 239.24   | 143.5         | 1.667   | 0.134    |
| bSpline(times)1 | 247.46   | 372.45        | 0.664   | 0.5251   |
| bSpline(times)2 | -712.8   | 320.7         | -2.223  | 0.0569   |
| bSpline(times)3 | -69.22   | 256.05        | -0.27   | 0.7937   |
| bSpline(times)4 | -713.68  | 239.31        | -2.982  | 0.0175   |
| bSpline(times)5 | -16.04   | 353.12        | -0.045  | 0.9649   |
| bSpline(times)6 | 118.43   | 321.65        | 0.368   | 0.7223   |
| bSpline(times)7 | -327.19  | 203.32        | -1.609  | 0.1462   |

\*

### Fungsi Acceleration IPM Kabupaten Nganjuk

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 95.28    | 175.28        | 0.544   | 0.6015   |
| bSpline(times)1 | 228.91   | 454.53        | 0.504   | 0.6281   |
| bSpline(times)2 | -505.87  | 391.84        | -1.291  | 0.2328   |
| bSpline(times)3 | 256.21   | 312.85        | 0.819   | 0.4365   |
| bSpline(times)4 | -850.33  | 292.17        | -2.91   | 0.0196 * |
| bSpline(times)5 | 651.22   | 431.6         | 1.509   | 0.1698   |
| bSpline(times)6 | 36.5     | 393.02        | 0.093   | 0.9283   |
| bSpline(times)7 | -346.99  | 248.38        | -1.397  | 0.1999   |

\*

### Fungsi Acceleration IPM Kota Surabaya

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 1744.3   | 160.7         | 10.854  | 1.80E-06 |
| bSpline(times)1 | -517.1   | 610.1         | -0.848  | 0.41867  |
| bSpline(times)2 | 342.1    | 435.5         | 0.786   | 0.45231  |
| bSpline(times)3 | -1098.8  | 263.7         | -4.167  | 0.00242  |
| bSpline(times)4 | -2556.1  | 344.2         | -7.427  | 3.99E-05 |
| bSpline(times)5 | -1294.5  | 326.5         | -3.964  | 0.00328  |
| bSpline(times)6 | -1790.6  | 212.9         | -8.41   | 1.48E-05 |

## Lampiran 14. *Output* Estimasi Parameter Fungsi *Acceleration* Pertumbuhan Ekonomi

### Fungsi *Acceleration* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sampang

Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 8.984    | 630.588       | 0.014   | 0.989    |
| bSpline(times)1 | -127.852 | 1445.259      | -0.088  | 0.931    |
| bSpline(times)2 | 1509.04  | 1339.842      | 1.126   | 0.284    |
| bSpline(times)3 | -1887.87 | 1238.792      | -1.524  | 0.156    |
| bSpline(times)4 | 1154.728 | 879.153       | 1.313   | 0.216    |

### Fungsi *Acceleration* Pertumbuhan Ekonomi Kota Blitar

Coefficients:

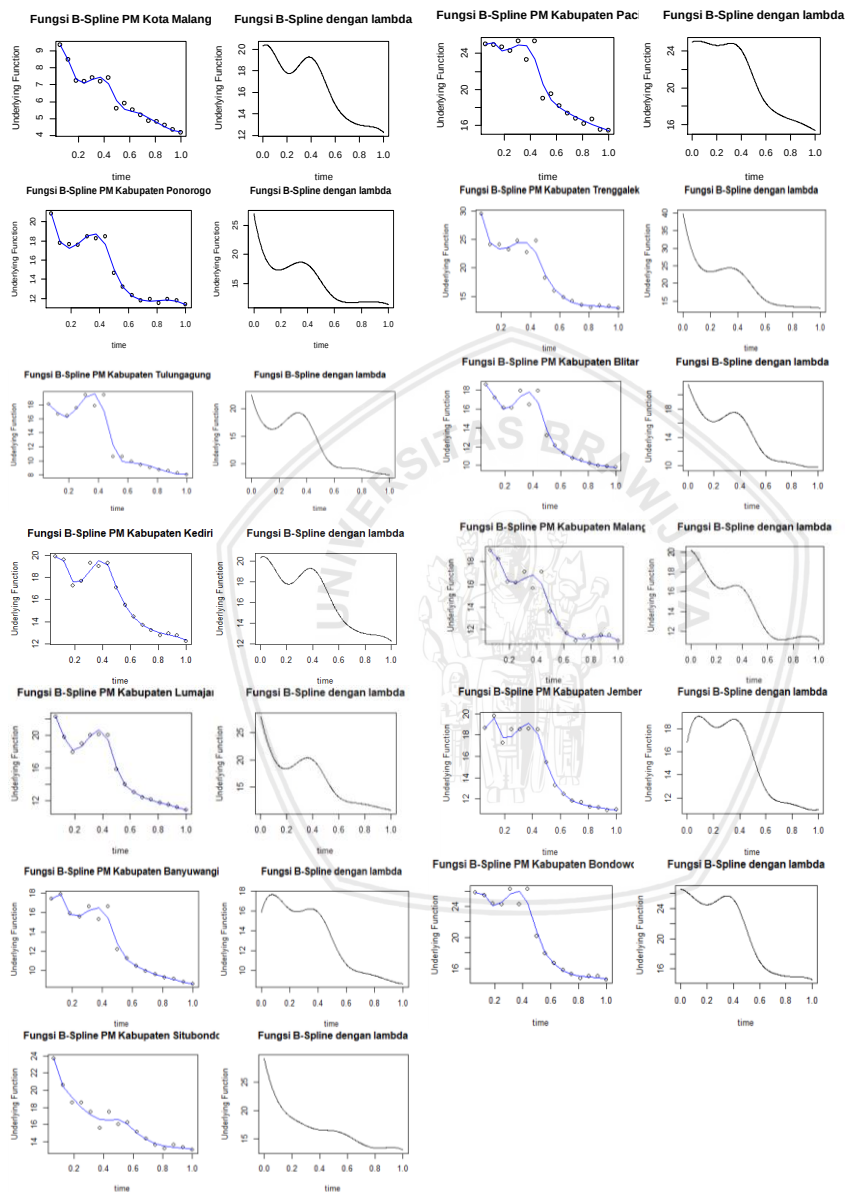
|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | -3501.5  | 1790.1        | -1.956  | 0.0763   |
| bSpline(times)1 | 1982.7   | 4014.4        | 0.494   | 0.6311   |
| bSpline(times)2 | 6973.5   | 3792.4        | 1.839   | 0.0931   |
| bSpline(times)3 | 263.8    | 3541.4        | 0.074   | 0.942    |
| bSpline(times)4 | 5761.4   | 2475.5        | 2.327   | 0.0401   |

### Fungsi *Acceleration* Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Bojonegoro

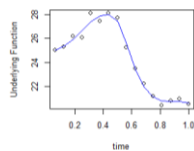
Coefficients:

|                 | Estimate | Std.<br>Error | t value | Pr(> t ) |
|-----------------|----------|---------------|---------|----------|
| (Intercept)     | 26101    | 4319          | 6.043   | 0.000192 |
| bSpline(times)1 | -6415    | 11096         | -0.578  | 0.577357 |
| bSpline(times)2 | 1819     | 8101          | 0.225   | 0.827375 |
| bSpline(times)3 | -38624   | 7011          | -5.509  | 0.000376 |
| bSpline(times)4 | -12388   | 9241          | -1.341  | 0.212903 |
| bSpline(times)5 | -36015   | 8465          | -4.255  | 0.002128 |
| bSpline(times)6 | -22485   | 5827          | -3.859  | 0.003852 |

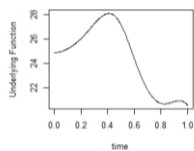
## Lampiran 15. Kurva Fungsi *B-spline* untuk Variabel Persentase Penduduk Miskin



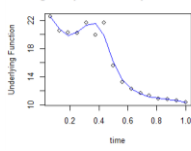
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Proboling



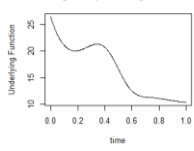
Fungsi B-Spline dengan lambda



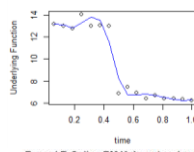
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Pasuruan



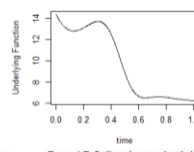
Fungsi B-Spline dengan lambda



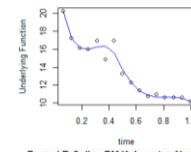
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Sidoarjo



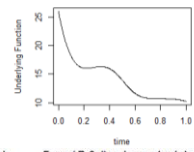
Fungsi B-Spline dengan lambda



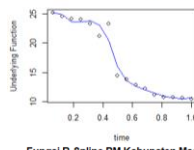
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Mojokerto



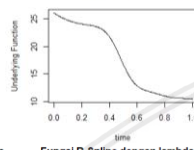
Fungsi B-Spline dengan lambda



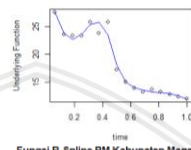
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Jombang



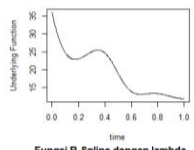
Fungsi B-Spline dengan lambda



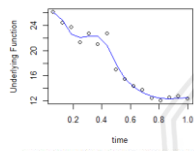
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Nganjuk



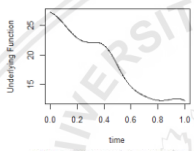
Fungsi B-Spline dengan lambda



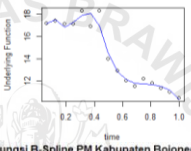
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Madiun



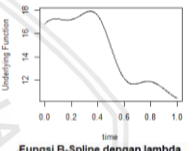
Fungsi B-Spline dengan lambda



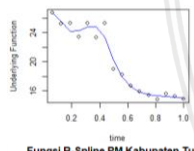
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Magelang



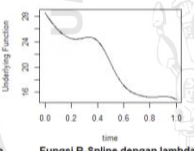
Fungsi B-Spline dengan lambda



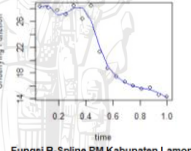
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Ngawi



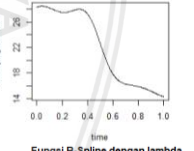
Fungsi B-Spline dengan lambda



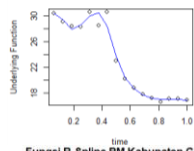
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Bojonegara



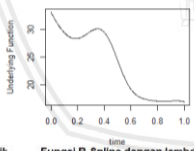
Fungsi B-Spline dengan lambda



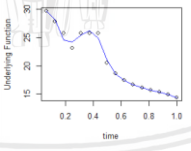
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Tuban



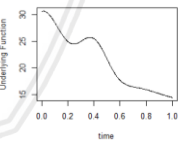
Fungsi B-Spline dengan lambda



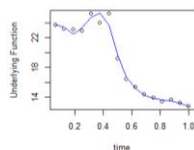
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Lamongan



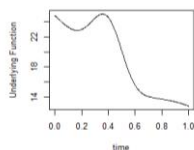
Fungsi B-Spline dengan lambda



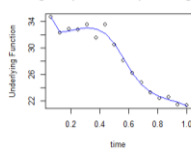
Fungsi B-Spline PM Kabupaten Gresik



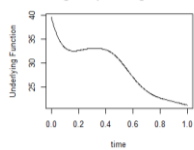
Fungsi B-Spline dengan lambda

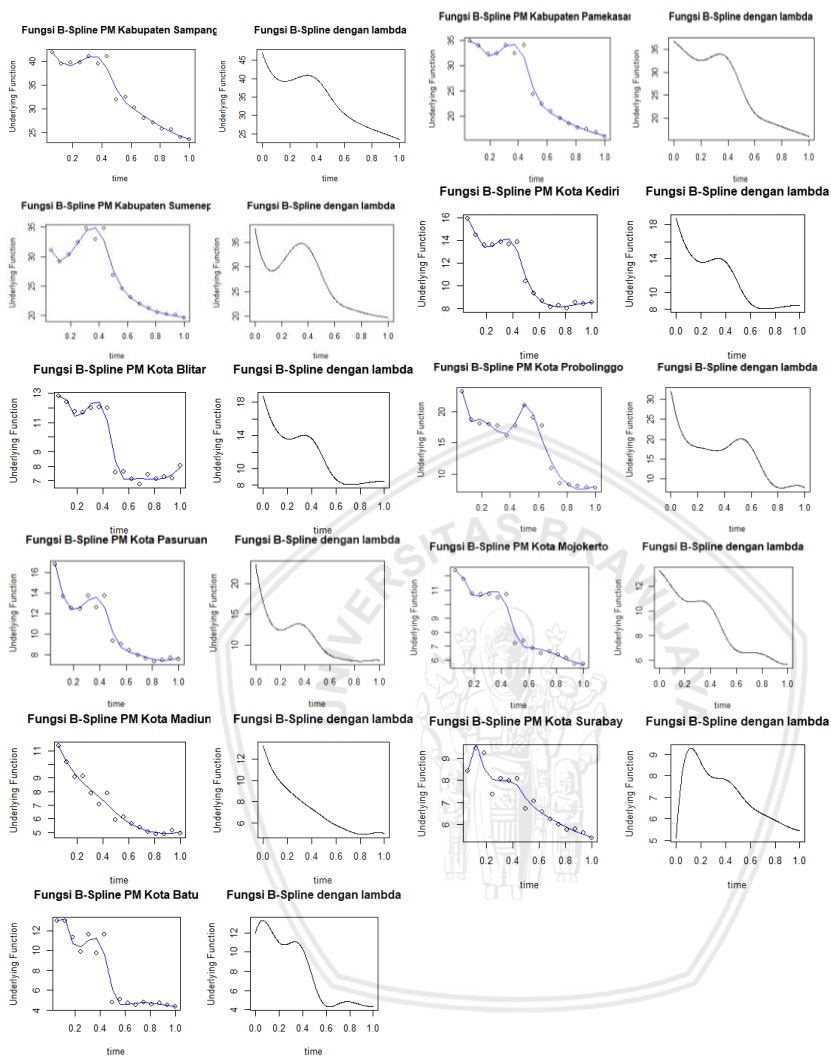


Fungsi B-Spline PM Kabupaten Bangkalan

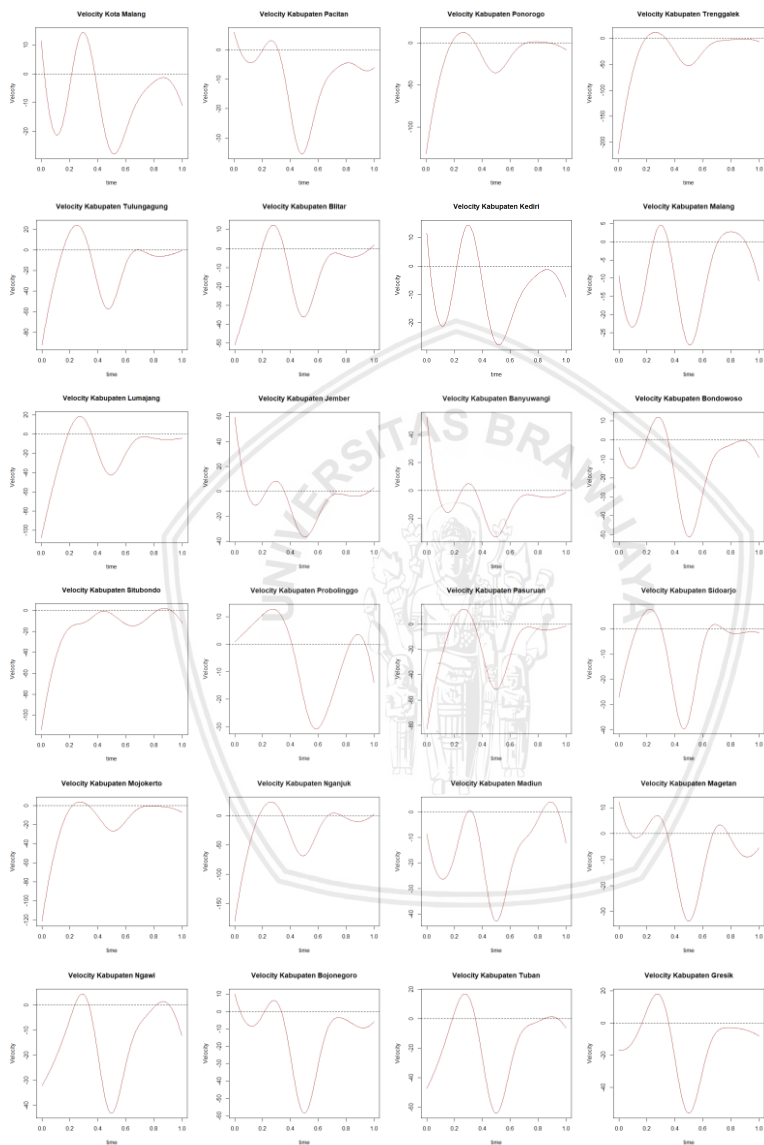


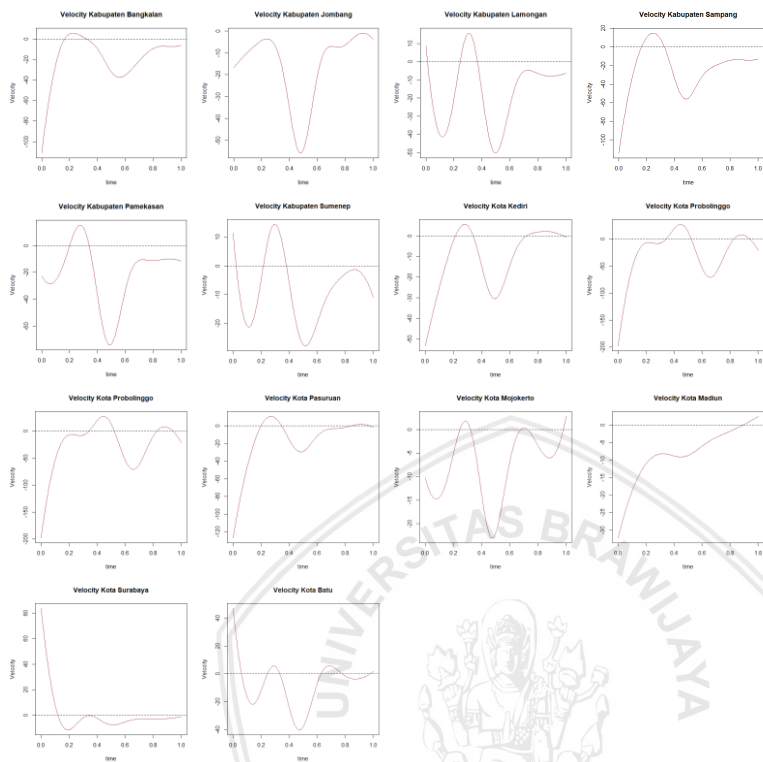
Fungsi B-Spline dengan lambda





## Lampiran 16. Kurva *Velocity B-spline* untuk Variabel Persentase Penduduk Miskin

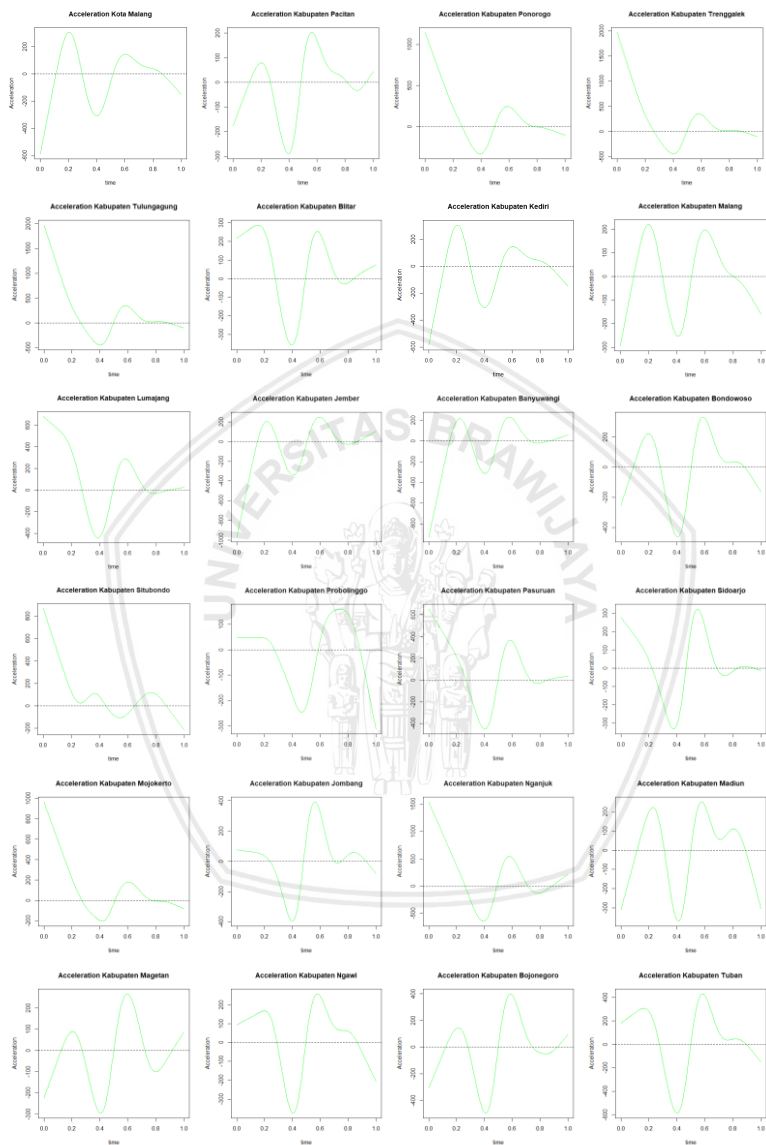


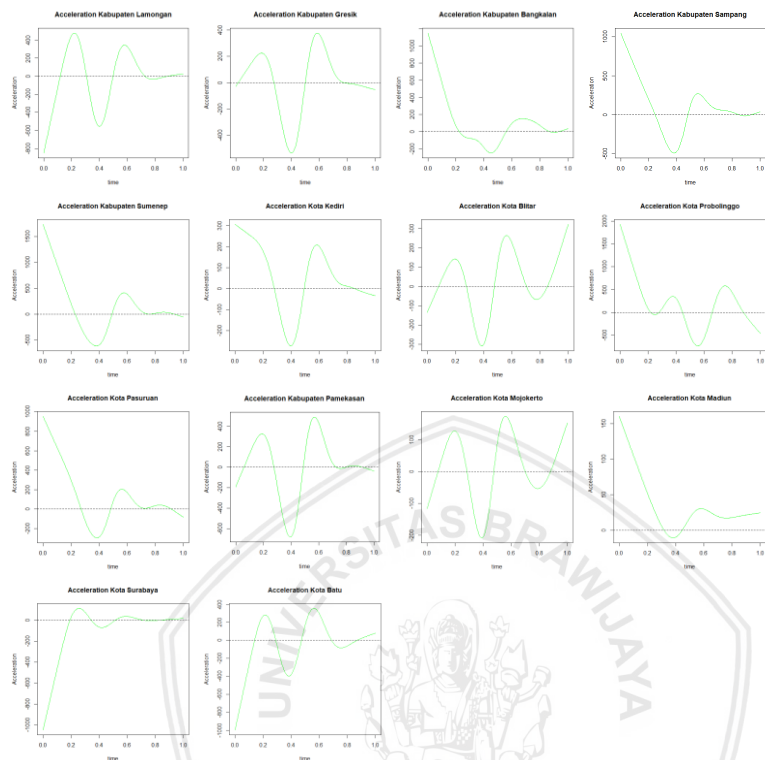


UNIVERSITAS BRAWIJAYA

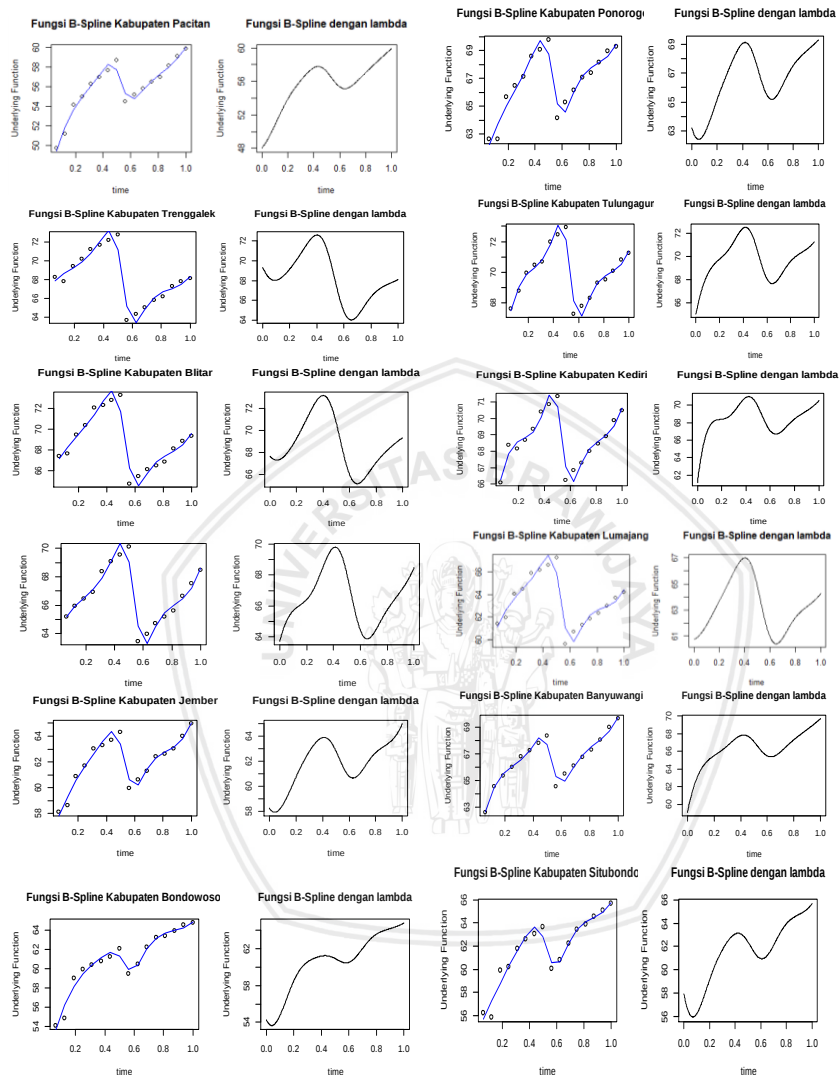


## Lampiran 17. Kurva *Acceleration B-spline* untuk Variabel Persentase Penduduk Miskin

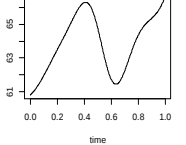




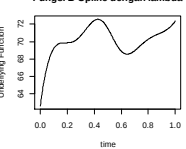
## Lampiran 18. Kurva Fungsi *B-spline* untuk Variabel IPM



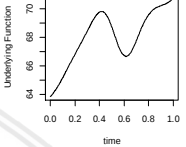
10/10/10



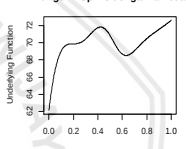
### Fungsi B-Spline dengan lambda



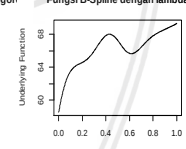
### Fungsi B-Spline dengan lambda



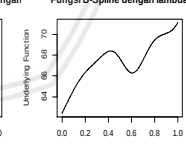
### Fungsi B-Spline dengan lambda



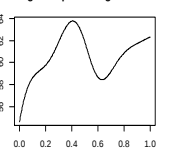
### Fungsi B-Spline dengan lambda



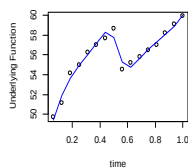
### Fungsi B-Spline dengan lambda



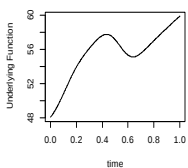
fungsi B-Spline dengan lambda



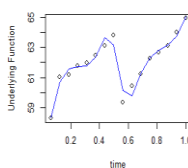
Fungsi B-Spline Kabupaten Sampang



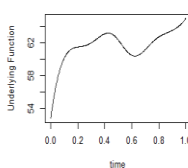
Fungsi B-Spline dengan lambda



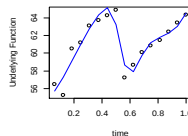
Fungsi B-Spline Kabupaten Pamekasan



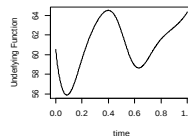
Fungsi B-Spline dengan lambda



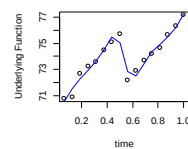
Fungsi B-Spline Kabupaten Sumenep



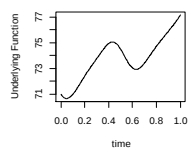
Fungsi B-Spline dengan lambda



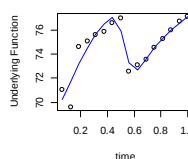
Fungsi B-Spline Kota Kediri



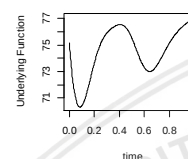
Fungsi B-Spline dengan lambda



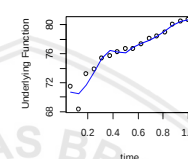
Fungsi B-Spline Kota Blitar



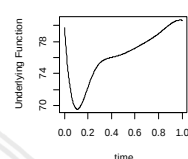
Fungsi B-Spline dengan lambda



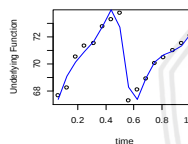
Fungsi B-Spline Kota Malang



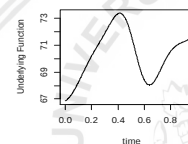
Fungsi B-Spline dengan lambda



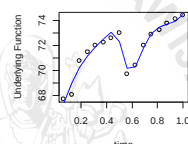
Fungsi B-Spline Kota Probolinggo



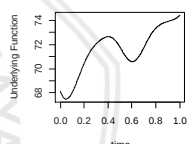
Fungsi B-Spline dengan lambda



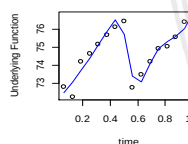
Fungsi B-Spline Kota Pasuruan



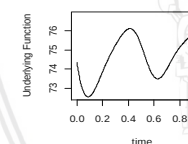
Fungsi B-Spline dengan lambda



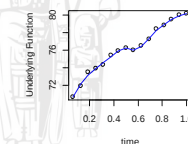
Fungsi B-Spline Kota Mojokerto



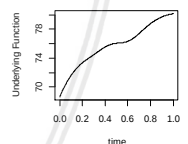
Fungsi B-Spline dengan lambda



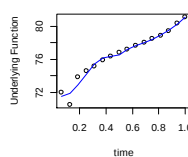
Fungsi B-Spline Kota Madiun



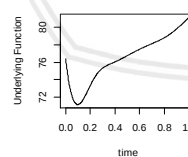
Fungsi B-Spline dengan lambda



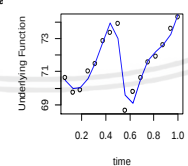
Fungsi B-Spline Kota Surabaya



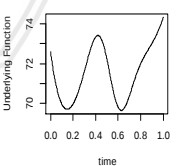
Fungsi B-Spline dengan lambda



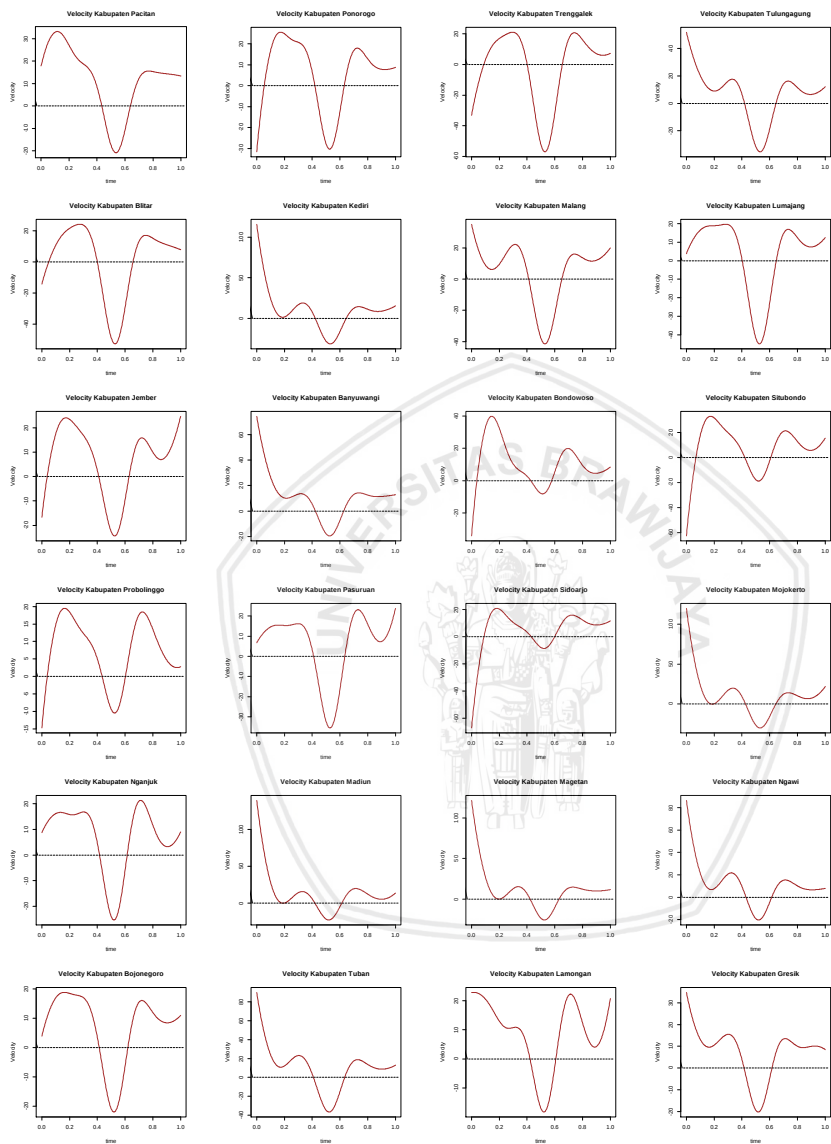
Fungsi B-Spline Kota Batu

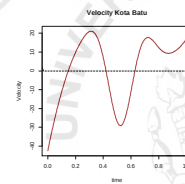
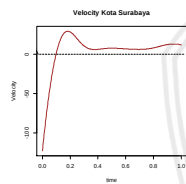
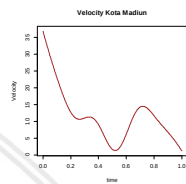
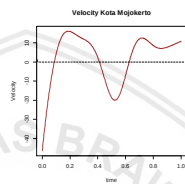
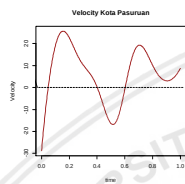
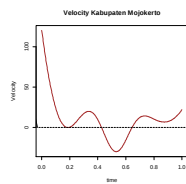
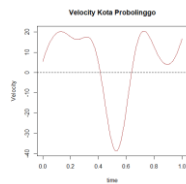
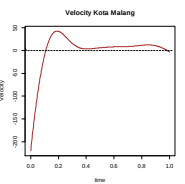
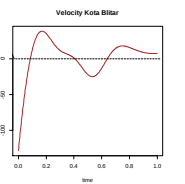
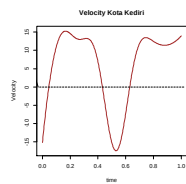
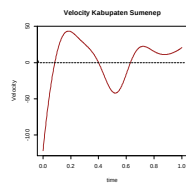
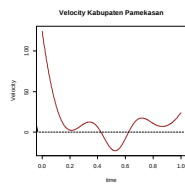
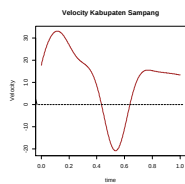
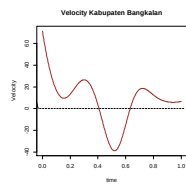


Fungsi B-Spline dengan lambda

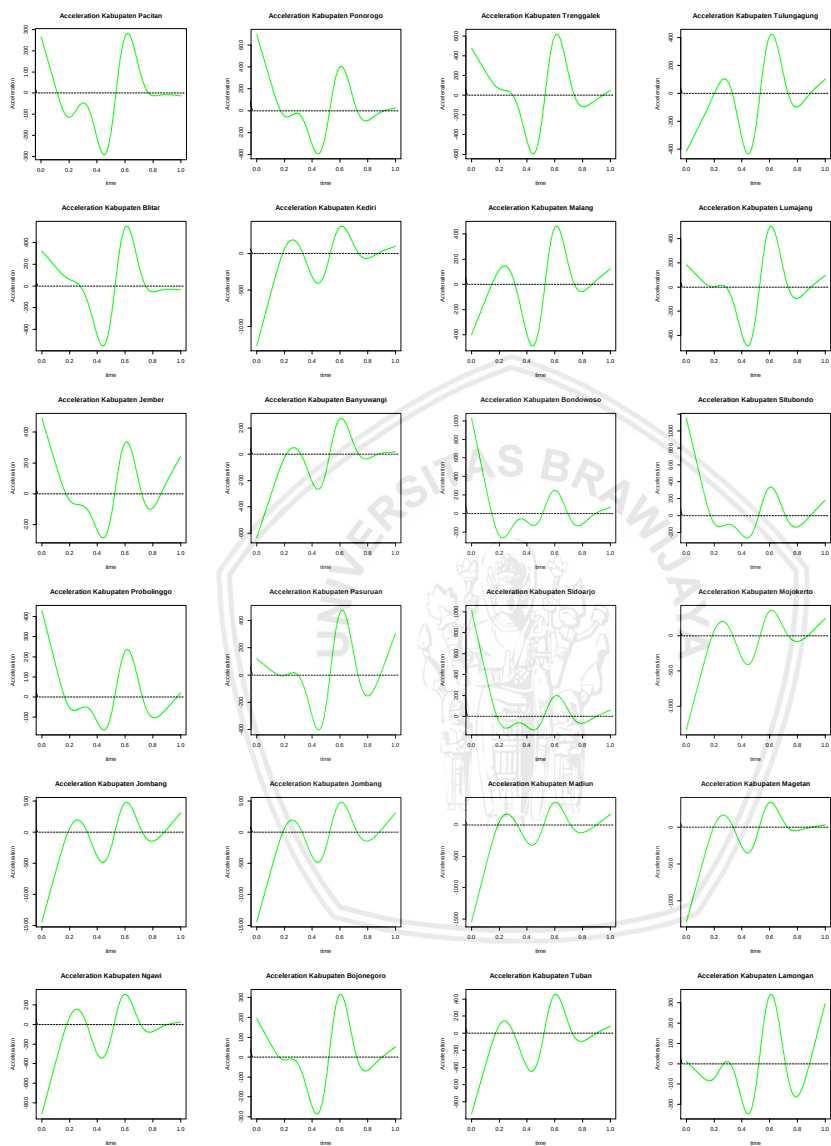


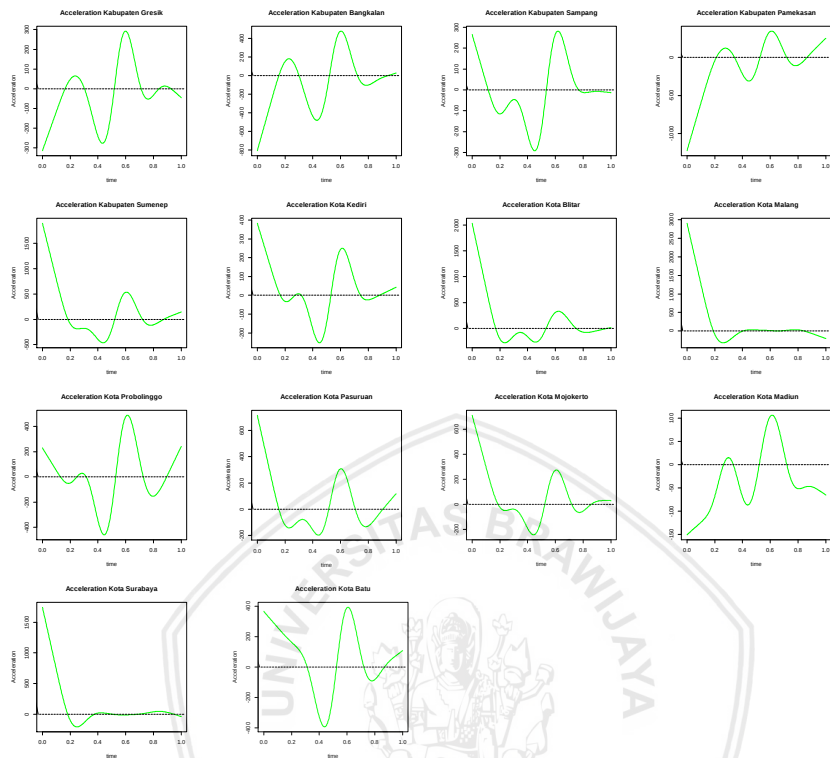
## Lampiran 19. Kurva *Velocity B-spline* untuk Variabel IPM



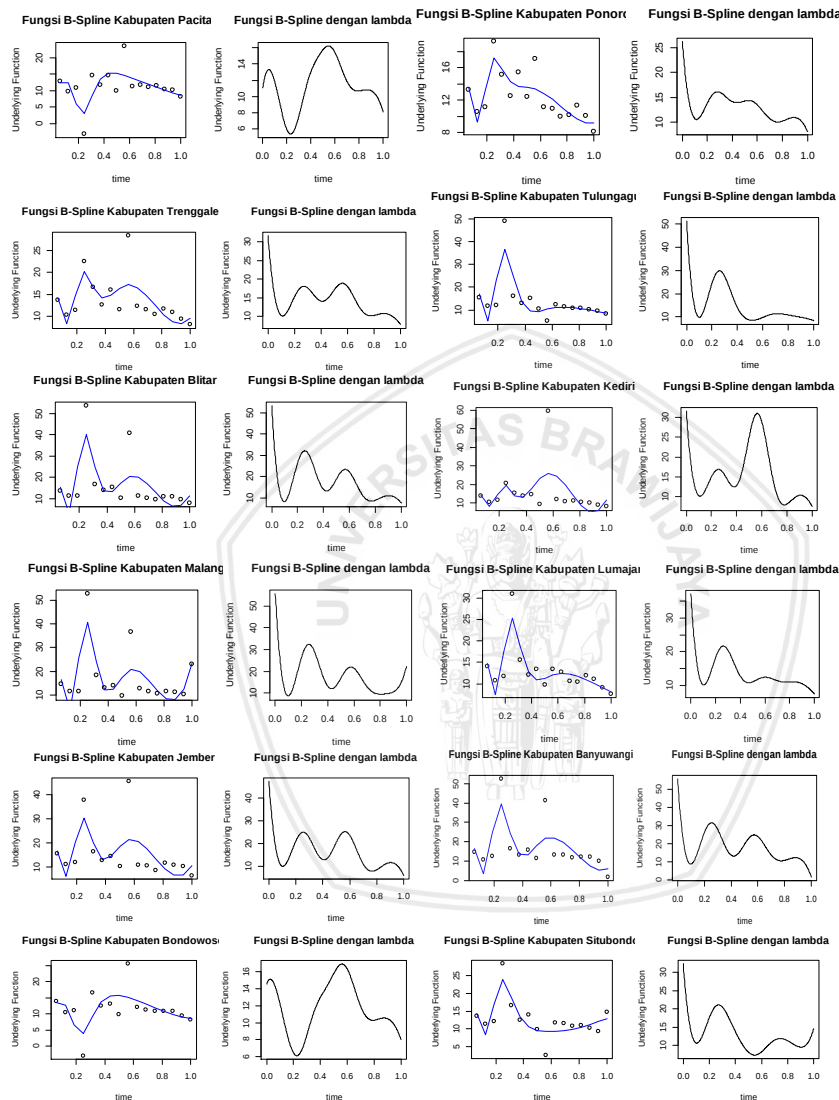


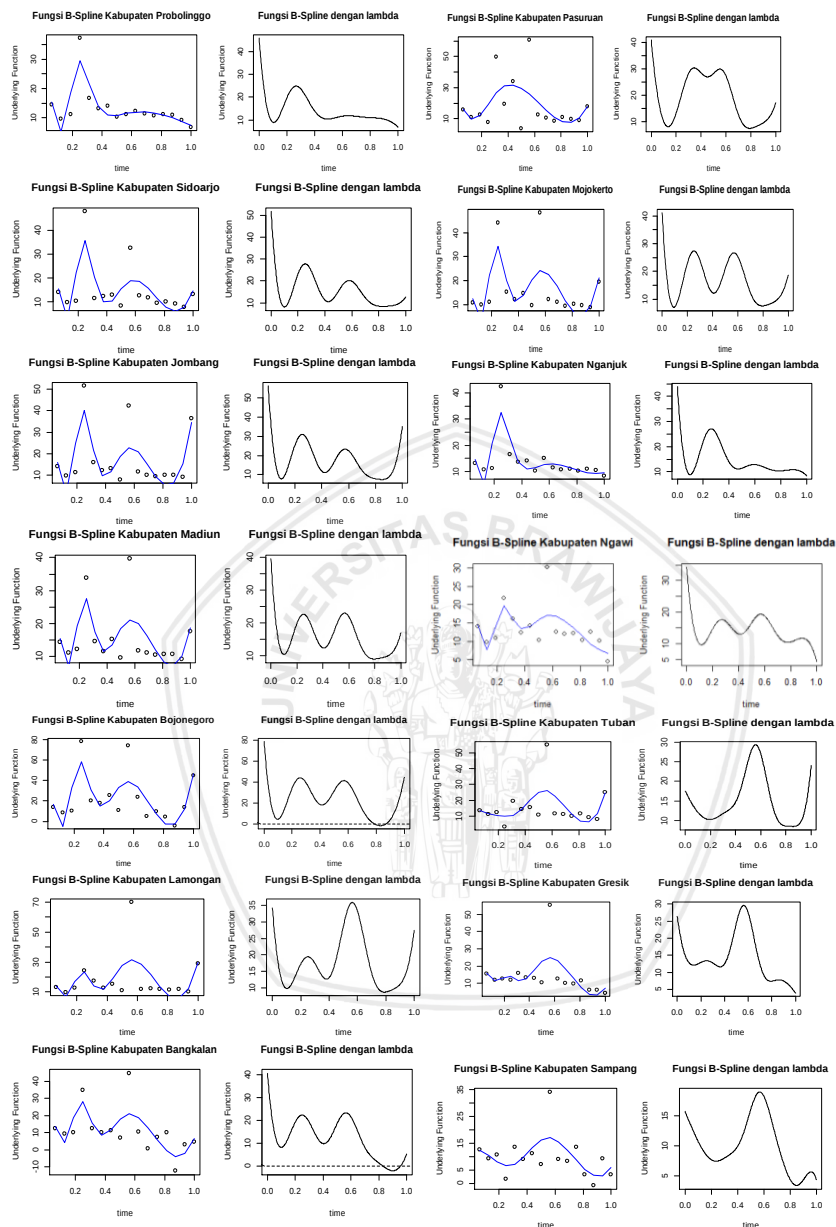
## Lampiran 20. Kurva Acceleration *B-spline* untuk Variabel IPM

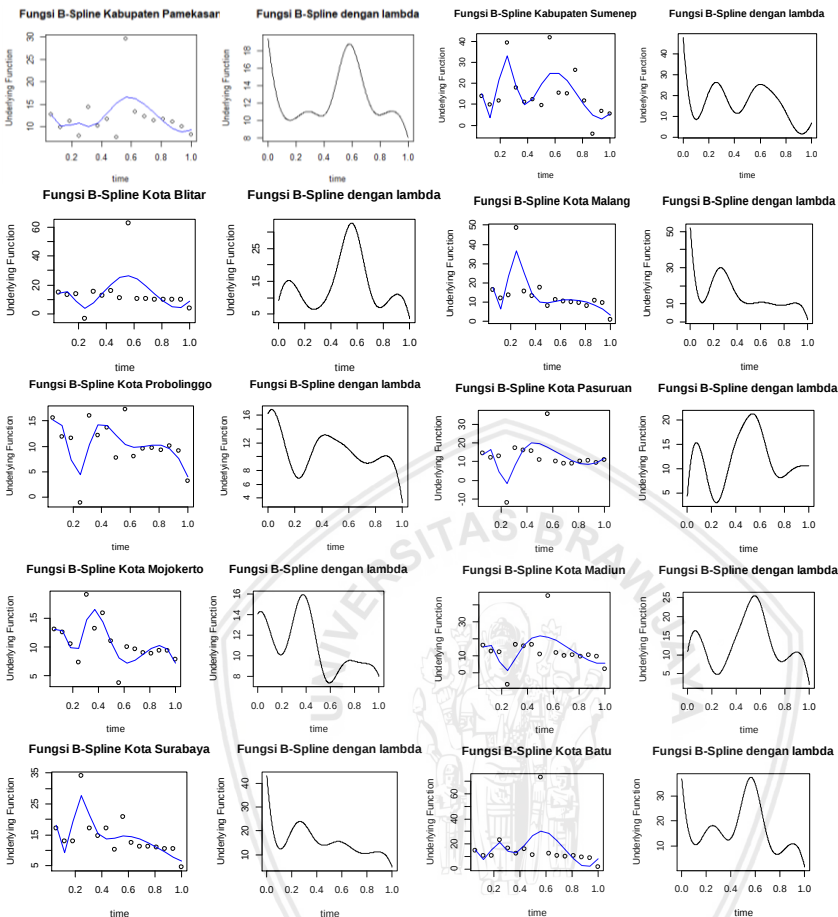




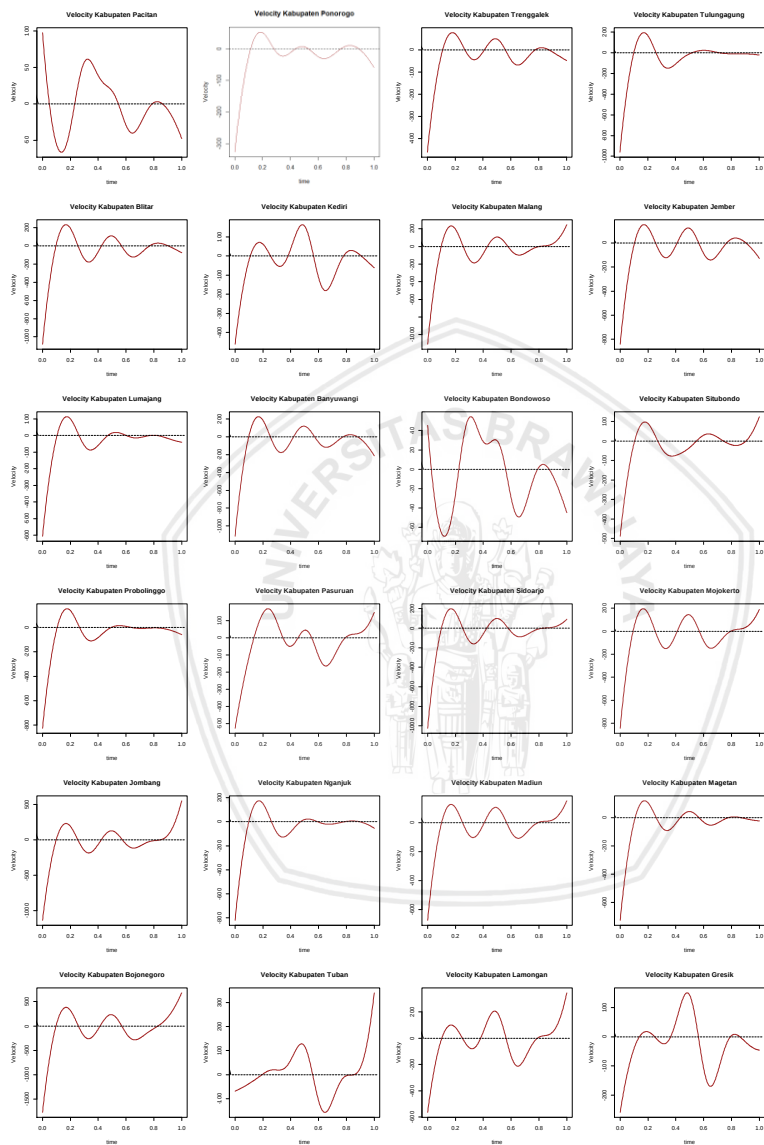
## Lampiran 21. Kurva Fungsi *B-spline* untuk Variabel Pertumbuhan Ekonomi

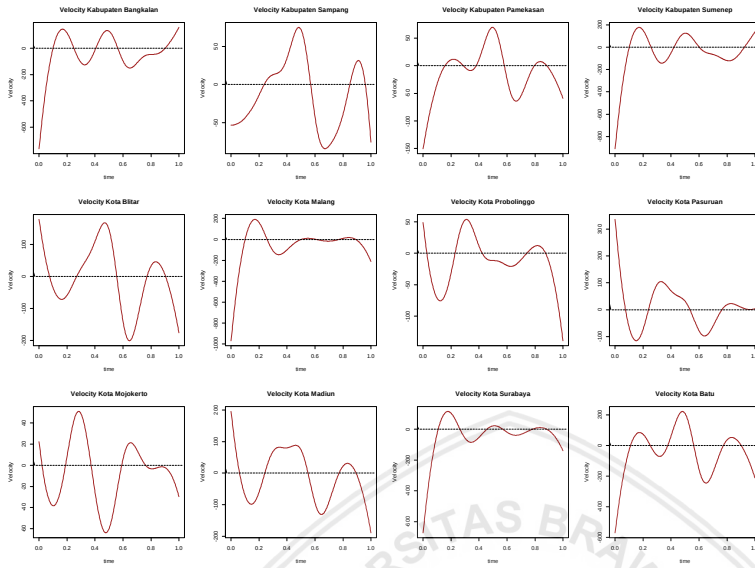




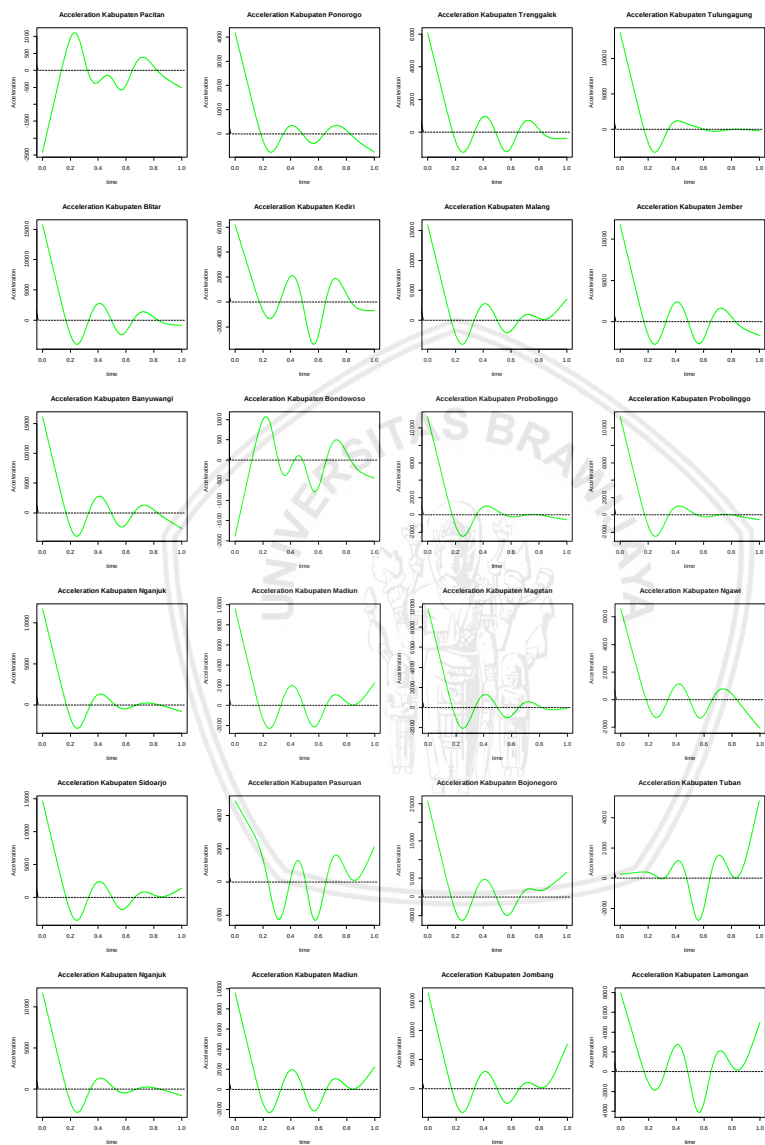


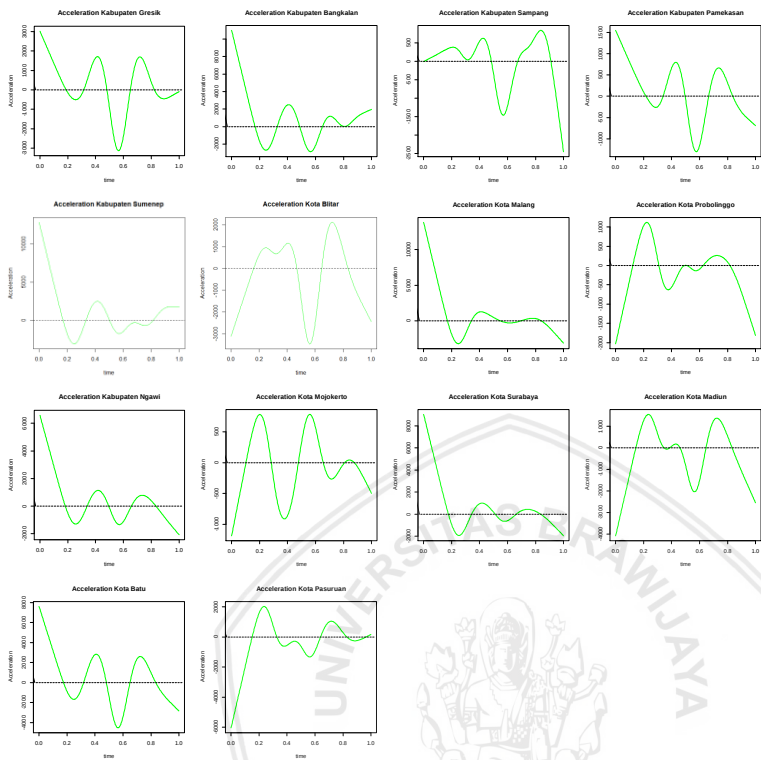
## Lampiran 22. Kurva *Velocity B-spline* untuk Variabel Pertumbuhan Ekonomi





## Lampiran 23. Kurva *Acceleration B-spline* untuk Variabel Pertumbuhan Ekonomi





## Lampiran 24. *Output* Penentuan Banyaknya *Cluster* Optimal

### IPM

```
> rez <- funHDDC(fdataPM,K=2,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 2      0.2          35 -4,292.11

SELECTED: model AKJBKQKDK with 2 clusters.
Selection Criterion: BIC.

> rez <- funHDDC(fdataPM,K=3,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 3      0.2          53 -3,230.55

SELECTED: model AKJBKQKDK with 3 clusters.
Selection Criterion: BIC.

> rez <- funHDDC(fdataPM,K=4,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 4      0.2          98 -4,568.69

SELECTED: model AKJBKQKDK with 4 clusters.
Selection Criterion: BIC.

> rez <- funHDDC(fdataPM,K=5,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 5      0.2         116 -4,017.37

SELECTED: model AKJBKQKDK with 5 clusters.
```

## IPM

```
> rez <- funHDDC(fdataipm,K=4,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 4      0.2      85 -3,799.92

SELECTED: model AKJBKQKDK with 4 clusters.
Selection Criterion: BIC.
> rez <- funHDDC(fdataipm,K=5,model='AkjBkQkDk')
Warning message:
In funHDDC(fdataipm, K = 5, model = "AkjBkQkDk") : All models diverged.
> rez <- funHDDC(fdataipm,K=5,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 5      0.2      96 -2,692.87

SELECTED: model AKJBKQKDK with 5 clusters.
Selection Criterion: BIC.
> rez <- funHDDC(fdataipm,K=3,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 3      0.2      60 -4,073.97

SELECTED: model AKJBKQKDK with 3 clusters.
Selection Criterion: BIC.

> rez <- funHDDC(fdataipm,K=2,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 2      0.2      35 -3,554.14

SELECTED: model AKJBKQKDK with 2 clusters.
Selection Criterion: BIC.
```

## Pertumbuhan Ekonomi

```
> rez <- funHDDC(fdataPE,K=2,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 2      0.2      42 -2,964.10

SELECTED: model AKJBKQKDK with 2 clusters.
Selection Criterion: BIC.

> rez <- funHDDC(fdataPE,K=4,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 4      0.2      92 -8,013.71

SELECTED: model AKJBKQKDK with 4 clusters.
Selection Criterion: BIC.

> rez <- funHDDC(fdataPE,K=3,model='AkjBkQkDk')
      model K threshold complexity      BIC
1 AKJBKQKDK 3      0.2      67 -19,517.07

SELECTED: model AKJBKQKDK with 3 clusters.
Selection Criterion: BIC.
```

```
> rez <- funHDDC(fdataPE,K=5,model='AkjBkQkDk')  
      model K threshold complexity      BIC  
1 AKJBKQKDK 5      0.2      110 -9,128.45
```

SELECTED: model AKJBKQKDK with 5 clusters.  
Selection Criterion: BIC.



## Lampiran 25. Output Functional Cluster Analysis

### Persentase Penduduk Miskin

```
> summary(res)
'funkyOutList' object with called algorithm(s):

fitfclust

call:
funcit(data = dataPM, k = 3, methods = c("fitfclust"), seed = 2406,
clusters = clusters, parallel = TRUE)

Summary of the Cluster Proportions:
          V1      V2      V3
fitfclust 0.2191 0.2155 0.5654

Summary of the Rand Indices:
          fitfclust
fitfclust 0.2187

Summary of the Calculation Time:
          user.self sys.self elapsed user.child sys.child
fitfclust 1.75      0.08      2          NA          NA
> Cluster(res)
[1] 1 3 3 3 3 3 3 3 3 1 3 1 3 2 3 3 3 3 3 1 1 1 3 1 1 1 1 2 2
2 3 2 2 2 2 2
Slot "prms":
$lambda.zero
      [,1]
[1,] -64.221188
[2,] 14.171134
[3,] 2.487830
[4,] -3.444835

$Lambda
      [,1]      [,2]
[1,] -0.4399913 13.103064
[2,] -2.4770750 -2.617706
[3,] 0.4519735 -1.082315
[4,] -0.3341691 0.687804

$alpha
      [,1]      [,2]
[1,] 0.6887037 -2.3980634
[2,] -0.2876876 2.2799510
[3,] -0.4010161 0.1181124

$Gamma
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]
[1,] 170.378809 -33.556841 -13.8959890 9.3914181
[2,] -33.556841 16.180928 0.8211460 -4.1927858
[3,] -13.895989 0.821146 1.5167694 -0.2970002
[4,] 9.391418 -4.192786 -0.2970002 1.0912396
$sigma
[1] 1.639384
```

```
Slot "centers":
      [,1]      [,2]      [,3]
[1,] 28.89286 12.199812 20.62546
[2,] 29.89671 12.004483 20.78681
[3,] 30.22137 11.640730 20.57754
[4,] 29.96683 11.141127 20.05715
[5,] 29.23307 10.538249 19.28515
[6,] 28.12006  9.864669 18.32106
[7,] 26.72778  9.152963 17.22438
[8,] 25.15620  8.435703 16.05464
[9,] 23.50532  7.745465 14.87133
[10,] 21.87509  7.114822 13.73397
[11,] 20.36550  6.576348 12.70207
[12,] 19.07653  6.162619 11.83514
[13,] 18.10816  5.906207 11.19270
[14,] 17.56036  5.839687 10.83425
[15,] 17.53311  5.995634 10.81931
[16,] 18.12639  6.406621 11.20738
```

```
Slot "props":
[1] 0.2191 0.2155 0.5654
```

```
Slot "dist2centers":
      [,1]      [,2]      [,3]
[1,] 14.384416 145.1716940 23.956104
[2,]  87.088449  42.7468511  2.172035
[3,]  29.352511 118.3138218 15.129186
[4,] 123.455007  26.1716003  9.293791
[5,] 112.094450  27.5691325  5.365838
[6,]  69.673185  57.3555969  2.427459
[7,] 105.441353  31.1050725  4.468235
[8,]  71.773125  55.4180292  1.573264
[9,]  85.878309  42.7620490  1.553148
[10,] 129.449237  19.6800354  8.887906
[11,]  16.795362 140.4314431 22.023955
[12,]  68.291408  60.8708921  3.427797
[13,]  7.716782 251.2733658 79.612090
[14,]  69.097445  59.4064516  2.015081
[15,] 215.798510  2.4887117 39.386873
[16,] 112.922423  27.2451155  5.590118
[17,]  50.909666  86.1247030  7.243257
[18,]  34.242101 112.0152092 13.968800
[19,]  40.813653  92.4392688  6.602221
[20,]  98.976103  34.7892243  3.620005
[21,]  17.386690 137.1595591 20.558248
[22,]  7.992777 181.4215489 39.499205
[23,]  3.428441 226.1391857 61.760761
[24,] 12.777144 159.7767482 30.193718
[25,] 29.973074 111.2880402 12.323338
[26,] 18.719476 395.2991982 160.907048
[27,]  88.311336 627.4166635 317.380808
[28,]  9.798566 313.8297798 111.027921
[29,]  9.863561 335.5875473 124.552042
[30,] 173.923482  7.0793526 22.841532
[31,] 221.713801  1.4559877 42.069880
[32,] 329.962696  6.4285632 94.723202
[33,]  89.019316 53.4251481  7.848824
[34,] 189.932818  4.8350332 28.835891
[35,] 248.321596  0.3128074 53.499409
[36,] 303.243206  3.0198021 80.273434
[37,] 299.901241  3.4716549 79.592329
[38,] 273.787180  2.6839610 65.791873
```

## IPM

```
> summary(res)
'fancyOutList' object with called algorithm(s):
fitfclust
call:
funcit(data = dataIPM, k = 5, methods = c("fitfclust"), seed = 2406,
       clusters = clusters, parallel = TRUE)

Summary of the Cluster Proportions:
      V1      V2      V3      V4      V5
fitfclust 0.1943 0.1975 0.1232 0.18 0.3051
Summary of the Rand Indices:
      fitfclust
fitfclust 0.2076

Summary of the Calculation Time:
      user.self sys.self elapsed user.child sys.child
fitfclust 1.62      0.06    1.77         NA         NA
> Cluster(res)
 [1] 5 5 5 1 5 5 5 3 2 5 2 2 2 3 4 1 1 5 5 1 5 3 3 5 1 2 2 2 2 4 4 4 1 1 4
 4 4 1
Slot "prms":
$Lambda.zero
      [,1]
[1,] -270.719592
[2,] -4.387528
[3,] 12.913660
[4,] -4.004530

$Lambda
      [,1]      [,2]
[1,] 0.2231314 5.4526074
[2,] -2.8709958 0.3329889
[3,] 0.3727749 -0.2134181
[4,] 0.7334755 -0.2468813

$alpha
      [,1]      [,2]
[1,] -0.7942438 -2.312052
[2,] 1.3800148 5.119930
[3,] -0.3513024 2.664280
[4,] 0.5569669 -5.602004
[5,] -0.7914356 0.129845

$Gamma
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]
[1,] 29.690835 2.3087995 -0.50925800 -2.6763862
[2,] 2.308800 8.3003769 -0.23209563 -3.3807493
[3,] -0.509258 -0.2320956 0.01329768 0.1211089
[4,] -2.676386 -3.3807493 0.12110892 1.4807294
$sigma
[1] 1.287366
Slot "centers":
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]      [,5]
[1,] 67.75902 55.35260 60.55587 70.72929 64.45825
[2,] 69.46765 57.57002 62.62725 72.16226 66.34956
[3,] 70.63830 59.18251 64.03602 73.26920 67.62483
[4,] 71.35193 60.27703 64.88100 74.09674 68.37671
```

```

[5,] 71.68945 60.94051 65.26099 74.69151 68.69785
[6,] 71.73183 61.25991 65.27482 75.10015 68.68088
[7,] 71.55999 61.32216 65.02131 75.36930 68.41846
[8,] 71.25487 61.21422 64.59925 75.54557 68.00323
[9,] 70.89742 61.02301 64.10748 75.67561 67.52784
[10,] 70.56857 60.83550 63.64481 75.80604 67.08493
[11,] 70.34926 60.73862 63.31005 75.98351 66.76716
[12,] 70.32044 60.81932 63.20203 76.25463 66.66716
[13,] 70.56303 61.16455 63.41954 76.66605 66.87758
[14,] 71.15798 61.86123 64.06142 77.26439 67.49107
[15,] 72.18624 62.99634 65.22647 78.09629 68.60027
[16,] 73.72873 64.65679 67.01351 79.20838 70.29783

```

Slot "props":

```
[1] 0.1956 0.1971 0.1236 0.1794 0.3042
```

Slot "dist2centers":

|       | [,1]       | [,2]       | [,3]       | [,4]        | [,5]       |
|-------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| [1,]  | 30.874469  | 41.668844  | 11.202244  | 99.7145007  | 9.082896   |
| [2,]  | 19.238603  | 38.103475  | 8.622875   | 76.1626286  | 2.664737   |
| [3,]  | 14.200786  | 67.396025  | 22.665198  | 64.8518548  | 6.162063   |
| [4,]  | 2.531553   | 88.870551  | 35.102006  | 34.1397966  | 6.727022   |
| [5,]  | 9.500353   | 74.425199  | 26.401161  | 53.6285874  | 5.724756   |
| [6,]  | 6.143021   | 66.833410  | 21.910563  | 48.2578743  | 2.171841   |
| [7,]  | 20.443991  | 40.675221  | 8.651894   | 81.5400611  | 2.849927   |
| [8,]  | 59.857912  | 13.186574  | 3.257259   | 150.5967936 | 20.273713  |
| [9,]  | 80.414245  | 2.711975   | 5.502116   | 179.2561145 | 32.366957  |
| [10,] | 19.742340  | 35.564467  | 7.103802   | 77.9800503  | 2.178961   |
| [11,] | 105.751929 | 1.769118   | 15.683400  | 210.6526308 | 50.784311  |
| [12,] | 86.909619  | 2.565585   | 9.334761   | 184.6154718 | 37.933697  |
| [13,] | 99.608331  | 1.018746   | 12.143459  | 204.4230705 | 45.704921  |
| [14,] | 48.820154  | 13.954289  | 1.461346   | 131.2788314 | 14.054159  |
| [15,] | 19.083086  | 208.002443 | 122.470849 | 0.4134672   | 58.480174  |
| [16,] | 1.288124   | 96.299279  | 40.055708  | 28.1656674  | 8.607230   |
| [17,] | 4.604316   | 76.263768  | 27.586420  | 42.1607133  | 4.145772   |
| [18,] | 8.616144   | 58.489524  | 18.694050  | 51.9714405  | 2.182042   |
| [19,] | 11.910763  | 49.929615  | 13.771693  | 61.1519254  | 1.385398   |
| [20,] | 1.278979   | 93.705626  | 38.647212  | 28.5441026  | 7.981570   |
| [21,] | 20.994713  | 34.894886  | 7.601111   | 78.8683744  | 3.173472   |
| [22,] | 43.397076  | 14.880945  | 1.445268   | 120.4058745 | 11.529017  |
| [23,] | 41.279695  | 18.062900  | 1.685217   | 118.6631556 | 10.316114  |
| [24,] | 12.052812  | 50.263296  | 14.833360  | 59.4016298  | 2.146311   |
| [25,] | 2.544395   | 134.995284 | 67.202952  | 10.9708058  | 22.742354  |
| [26,] | 105.833781 | 2.970288   | 13.186617  | 217.8411276 | 48.895892  |
| [27,] | 227.007517 | 23.177688  | 69.511330  | 377.4139680 | 138.831897 |
| [28,] | 81.376137  | 2.970320   | 5.720177   | 181.1524644 | 32.906079  |
| [29,] | 100.127909 | 2.964079   | 12.213482  | 207.5190409 | 45.706474  |
| [30,] | 9.917920   | 176.172168 | 97.416356  | 2.9105535   | 41.367030  |
| [31,] | 14.687048  | 195.192655 | 111.222124 | 2.5264009   | 50.463316  |
| [32,] | 35.611494  | 247.432387 | 156.143791 | 2.6694042   | 83.804828  |
| [33,] | 1.968149   | 100.018653 | 42.575468  | 27.9465001  | 10.148636  |
| [34,] | 2.052270   | 123.194926 | 59.846772  | 13.8678935  | 19.031931  |
| [35,] | 15.199914  | 199.560232 | 113.855467 | 2.3849347   | 51.919149  |
| [36,] | 31.625048  | 240.619827 | 149.647793 | 1.3439025   | 78.456204  |
| [37,] | 37.153357  | 256.116513 | 161.883482 | 2.3847245   | 87.282769  |
| [38,] | 1.899551   | 121.308871 | 57.414526  | 17.0383241  | 17.523646  |

## Pertumbuhan Ekonomi

```

> summary(res)
'fancyOutList' object with called algorithm(s):

```

fitfclust

call:

```
funcit(data = dataPE, k = 2, methods = c("fitfclust"), seed = 2406, clusters = clusters, parallel = TRUE)
```

Summary of the Cluster Proportions:

```
      V1      V2
fitfclust 0.6839 0.3161
```

Summary of the Rand Indices:

```
      fitfclust
fitfclust    0.0197
```

Summary of the Calculation Time:

```
      user.self sys.self elapsed user.child sys.child
fitfclust    0.44    0.04    0.47         NA         NA
```

```
> Cluster(res)
```

```
 [1] 1 1 1 1 2 2 2 1 2 2 1 1 1 2 1 2 2 1 2 1 1 2 2 2 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1
 1 1 2
```

```
$lambda.zero
```

```
      [,1]
[1,] -58.138113
[2,]  7.521631
[3,] 11.510046
[4,] -5.841928
```

```
$Lambda
```

```
      [,1]      [,2]
[1,]  4.495558  5.469842
[2,] -2.208105  1.236722
[3,] -1.995505 -1.602280
[4,] -4.009994  6.248522
```

```
$alpha
```

```
      [,1]      [,2]
[1,]  0.408929  0.974451
[2,] -0.408929 -0.974451
```

```
$Gamma
```

```
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]
[1,] 24.4784755 -13.263832  0.5445701 30.56657
[2,] -13.2638323  9.221354  5.4419686 -12.45195
[3,]  0.5445701  5.441969 16.1918610 12.27326
[4,] 30.5665725 -12.451952 12.2732609 46.47575
```

```
$sigma
```

```
[1] 36.22553
```

```
Slot "centers":
```

```
      [,1]      [,2]
[1,] 12.277313  9.783768
[2,] 13.579358 15.101685
[3,] 14.536311 18.812320
[4,] 15.173379 21.118328
[5,] 15.515765 22.222365
[6,] 15.588678 22.327085
[7,] 15.417322 21.635144
[8,] 15.026902 20.349196
[9,] 14.442626 18.671896
[10,] 13.689699 16.805899
[11,] 12.793326 14.953861
```

```
[12,] 11.778713 13.318436
[13,] 10.671067 12.102280
[14,] 9.495592 11.508046
[15,] 8.277496 11.738391
[16,] 7.041983 12.995970
```

Slot "props":

```
[1] 0.6839 0.3161
```

Slot "dist2centers":

```
      [,1]      [,2]
[1,] 17.280735 55.36697
[2,] 2.550627 24.62031
[3,] 5.557636 17.53486
[4,] 50.964793 56.78260
[5,] 67.681358 51.20164
[6,] 30.443550 31.36551
[7,] 85.911412 60.63883
[8,] 13.702192 32.07549
[9,] 32.363327 28.61459
[10,] 69.990327 55.27581
[11,] 15.079423 51.48395
[12,] 18.386570 37.02026
[13,] 24.512213 37.89251
[14,] 75.607544 33.20634
[15,] 51.390848 49.43893
[16,] 65.025188 46.55375
[17,] 121.076018 90.58337
[18,] 32.504290 38.02124
[19,] 32.075526 27.43868
[20,] 15.249278 26.30099
[21,] 6.123305 22.59940
[22,] 385.771930 291.81352
[23,] 48.333811 44.94617
[24,] 91.801559 63.74420
[25,] 25.718722 40.16443
[26,] 55.091362 77.54402
[27,] 22.099366 68.78323
[28,] 8.178434 38.80688
[29,] 57.427660 55.72015
[30,] 21.637855 52.79851
[31,] 43.679338 61.40527
[32,] 51.142873 61.03556
[33,] 16.669628 64.39182
[34,] 33.316256 63.16462
[35,] 11.889177 48.26261
[36,] 30.586263 59.02868
[37,] 16.862552 23.75785
[38,] 57.150735 51.73601
```



## Lampiran 26. Hasil Statistika Deskriptif masing-masing *Cluster* dengan Bantuan *Software* SPSS

### Statistika Deskriptif IPM masing-masing *cluster*

#### *Cluster 1*

##### Descriptive Statistics

|                       | N  | Minimum | Maximum | Mean    | Std.<br>Deviation |
|-----------------------|----|---------|---------|---------|-------------------|
| PM                    | 10 | 20.04   | 33.18   | 24.3024 | 4.21616           |
| Valid N<br>(listwise) | 10 |         |         |         |                   |

#### *Cluster 2*

##### Descriptive Statistics

|                    | N | Minimum | Maximum | Mean   | Std.<br>Deviation |
|--------------------|---|---------|---------|--------|-------------------|
| PM                 | 9 | 6.21    | 11.07   | 8.5353 | 1.68776           |
| Valid N (listwise) | 9 |         |         |        |                   |

#### *Cluster 3*

##### Descriptive Statistics

|                    | N  | Minimum | Maximum | Mean    | Std.<br>Deviation |
|--------------------|----|---------|---------|---------|-------------------|
| PM                 | 19 | 12.79   | 20.84   | 15.8994 | 2.23399           |
| Valid N (listwise) | 19 |         |         |         |                   |

## Statistika Deskriptif IPM masing-masing cluster

### Cluster 1

#### Descriptive Statistics

|                       | N | Minimum | Maximum | Mean    | Std.<br>Deviation |
|-----------------------|---|---------|---------|---------|-------------------|
| IPM                   | 8 | 69.24   | 72.27   | 70.7538 | 1.02592           |
| Valid N<br>(listwise) | 8 |         |         |         |                   |

### Cluster 2

#### Descriptive Statistics

|                       | N | Minimum | Maximum | Mean    | Std.<br>Deviation |
|-----------------------|---|---------|---------|---------|-------------------|
| IPM                   | 8 | 55.98   | 62.04   | 60.7087 | 1.97589           |
| Valid N<br>(listwise) | 8 |         |         |         |                   |

### Cluster 3

#### Descriptive Statistics

|                       | N | Minimum | Maximum | Mean    | Std.<br>Deviation |
|-----------------------|---|---------|---------|---------|-------------------|
| IPM                   | 4 | 63.42   | 64.65   | 64.1475 | .54138            |
| Valid N<br>(listwise) | 4 |         |         |         |                   |

#### Cluster 4

**Descriptive Statistics**

|                       | N | Minimum | Maximum | Mean    | Std.<br>Deviation |
|-----------------------|---|---------|---------|---------|-------------------|
| IPM                   | 7 | 73.95   | 76.65   | 75.3700 | 1.01527           |
| Valid N<br>(listwise) | 7 |         |         |         |                   |

#### Cluster 5

**Descriptive Statistics**

|                       | N  | Minimum | Maximum | Mean    | Std.<br>Deviation |
|-----------------------|----|---------|---------|---------|-------------------|
| IPM                   | 11 | 66.16   | 68.83   | 67.4691 | .95437            |
| Valid N<br>(listwise) | 11 |         |         |         |                   |

### Statistika Deskriptif Pertumbuhan Ekonomi masing-masing *cluster*

#### Cluster 1

**Descriptive Statistics**

|                     | N  | Minimum | Maximum | Mean     | Std.<br>Deviation |
|---------------------|----|---------|---------|----------|-------------------|
| pertumbuhan_ekonomi | 24 | 9.665   | 14.612  | 12.56279 | 1.352919          |
| Valid N (listwise)  | 24 |         |         |          |                   |

## Cluster 2

**Descriptive Statistics**

|                     | N  | Minimum | Maximum | Mean     | Std.<br>Deviation |
|---------------------|----|---------|---------|----------|-------------------|
| pertumbuhan_ekonomi | 14 | 14.935  | 22.325  | 16.62991 | 1.947702          |
| Valid N (listwise)  | 14 |         |         |          |                   |



## Lampiran 27. Source Code Fungsi B-spline, Velocity, dan Acceleration dengan Bantuan Software R

```
library(freeknotsplines)
library(splines2)
library(fda)
##knot Kota Malang untuk IPM
times <- seq(0.0625,1,0.0625)
data=read.csv("D://IPM untuk
fitfclust.csv",sep=",",header=T)
n3 <- data$Kabupaten.Sampang
####penentuan titik knot
#banyak titik knot=1 dan linier
xy.freekt11 <- freelsgen(times, n3, degree = 1, numknot
= 1, seed = 16)
#banyak titik knot=2 dan linier
xy.freekt12 <- freelsgen(times, n3, degree = 1, numknot
= 2, seed = 16)
#banyak titik knot=3 dan linier
xy.freekt13 <- freelsgen(times, n3, degree = 1, numknot
= 3, seed = 16)
#banyak titik knot=4 dan linier
xy.freekt14 <- freelsgen(times, n3, degree = 1, numknot
= 4, seed = 16)
#banyak titik knot=2 dan kuadratik
xy.freekt21 <- freelsgen(times, n3, degree = 2, numknot
= 1, seed = 16)
#banyak titik knot=2 dan kuadratik
xy.freekt22 <- freelsgen(times, n3, degree = 2, numknot
= 2, seed = 16)
#banyak titik knot=3 dan kuadratik
xy.freekt23 <- freelsgen(times, n3, degree = 2, numknot
= 3, seed = 16)
#banyak titik knot=4 dan kuadratik
xy.freekt24 <- freelsgen(times, n3, degree = 2, numknot
= 4, seed = 16)
#banyak titik knot=1 dan kubik
xy.freekt31 <- freelsgen(times, n3, degree = 3, numknot
= 1, seed = 16)
#banyak titik knot=2 dan kubik
xy.freekt32 <- freelsgen(times, n3, degree = 3, numknot
= 2, seed = 16)
#banyak titik knot=3 dan kubik
xy.freekt33 <- freelsgen(times, n3, degree = 3, numknot
= 3, seed = 16)
#banyak titik knot=4 dan kubik
```

```

xy.freekt34 <- freelsgen(times, n3, degree = 3, numknot
= 4, seed = 16)

#Estimasi parameter fungsi dengan degree=3(kubik)
dengan 4 knot
knot=c(0.435,0.500)
bsp<-bSpline(times,knots=knot,degree=3,intercept=FALSE)
summary(fm3<-
lm(n3~bSpline(times,knots=knot,degree=3,intercept=FALSE
),data=data))
prediksi<-predict(fm3,data.frame(times=times))

#Fungsi dengan parameter pemulus
lambda=0.00005
basisfdPar <- fdPar(bsp, Lfd, lambda);
basisfdPar
basisfd=smooth.basis(times,n3,bidfdPar)
basisfd

#Membuat Grafik Fungsi B-spline
par(mfrow=c(2,2));
plot(times,n3,xlab="time",ylab="Underlying
Function",main="Fungsi B-spline")
lines(times,prediksi,col="blue")
plot(basisfd, xlab="time", ylab="Underlying
Function",main="Fungsi B-spline dengan lambda");

#Menghitung kecepatan (Velocity)
Velocity3 <- deriv.fd(basisfd$fd,1); #First Deriv. of
the function
velcoef3<-c(-114.133,-101.088,-76.298,-44.874,-12.005,
10.8327,19.556, 9.551,-18.890, -56.037,-62.247,-
38.451,-25.151,-20.038,-16.692, -13.1208)
summary(velo3<lm(velcoef3~bSpline(times,knots=knot,degr
ee=3,intercept=FALSE),data=data))
plot(times,velcoef3,xlab="time",ylab="Velocity",main="V
elocity Fungsi B-spline IPM Kota Malang")
veloprediksi<-predict(velo3,data.frame(times=times))
plot(Velocity3, xlab="time",col="brown",
ylab="Velocity",main="Velocity Fungsi B-spline");

#Menghitung Percepatan (Acceleration)
acceleration3 <-deriv.fd(basisfd$fd,2); #Second
Deriv.of the function
acceleration3
accoef3<-
c(1050.329,995.432,890.720,724.132,514.440,241.077,14.3

```

```
40,-327.098,-575.074,-  
476.385,276.821,337.430,120.868,54.752,61.708,35.472)  
summary(acc3<-lm(accoef3~bSpline(times,knots=knot,  
degree=3,intercept=FALSE),data=data))  
plot(times,accoef3,xlab="time",ylab="Acceleration",main  
="Acceleration Fungsi B-spline")  
accprediksi3<-predict(acc3,data.frame(times=times))  
accprediksi3  
plot(acceleration3, xlab="time",col="green",  
ylab="Acceleration",main="Acceleration Fungsi B-  
spline");
```



Lampiran 28. *Source Code* Penentuan Banyaknya *Cluster* Optimal dan *Functional Cluster Analysis* dengan Bantuan Software R

**IPM**

```
library(Funclustering)
library(funcy)
library(funHDDC)
##Sample a regular dataset
ds <- sampleFuncy(obsNr=38, k=3, timeNr=16, reg=TRUE)

##data Intan
data=read.csv("D://IPM untuk
fitfclust.csv",sep=",",header=T)
data
vdata=c(data)
vdata
mdatal=cbind(matrix(vdata$Kabupaten.Pacitan),matrix(vda
ta$Kabupaten.Ponorogo),matrix(vdata$Kabupaten.Trenggale
k),matrix(vdata$Kabupaten.Tulungagung),matrix(vdata$Kab
upaten.Blitar),matrix(vdata$Kabupaten.Kediri),matrix(vd
ata$Kabupaten.Malang),matrix(vdata$Kabupaten.Lumajang),
matrix(vdata$Kabupaten.Jember),matrix(vdata$Kabupaten.B
anyuwangi),matrix(vdata$Kabupaten.Bondowoso),matrix(vda
ta$Kabupaten.Situbondo),matrix(vdata$Kabupaten.Probolin
ggo),matrix(vdata$Kabupaten.Pasuruan),matrix(vdata$Kabu
paten.Sidoarjo),
matrix(vdata$Kabupaten.Mojokerto),matrix(vdata$Kabupate
n.Jombang),matrix(vdata$Kabupaten.Nganjuk),matrix(vdata
$Kabupaten.Madiun),matrix(vdata$Kabupaten.Magetan),matr
ix(vdata$Kabupaten.Ngawi),matrix(vdata$Kabupaten.Bojone
goro),matrix(vdata$Kabupaten.Tuban),matrix(vdata$Kabupa
ten.Lamongan),matrix(vdata$Kabupaten.Gresik),matrix(vda
ta$Kabupaten.Bangkalan),matrix(vdata$Kabupaten.Sampang)
,matrix(vdata$Kabupaten.Pamekasan),matrix(vdata$Kabupat
en.Sumenep),matrix(vdata$Kota.Kediri),matrix(vdata$Kota
.Blitar),matrix(vdata$Kota.Malang),
matrix(vdata$Kota.Probolinggo),matrix(vdata$Kota.Pasuru
an),matrix(vdata$Kota.Mojokerto),matrix(vdata$Kota.Madi
un),matrix(vdata$Kota.Surabaya),matrix(vdata$Kota.Batu)
)
mdatal
dataPM=mdatal
clusters=Cluster(ds)

#penentuan k optimal
```

```

t<-seq(1,16,1)
#k=2,3
splines <- create.bspline.basis(rangeval=c(1, max(t)),
nbasis = 8,norder=4)
fdataPM <- Data2fd(dataPM, argvals=t, basisobj=splines)
rez <- funHDDC(fdataPM,K=3,model='AkjBkQkDk')
rez <- funHDDC(fdataPM,K=2,model='AkjBkQkDk')
#k=4
splines <- create.bspline.basis(rangeval=c(1, max(t)),
nbasis = 8,norder=6)
fdataPM <- Data2fd(dataPM, argvals=t, basisobj=splines)
rez <- funHDDC(fdataPM,K=4,model='AkjBkQkDk')
#k=5
splines <- create.bspline.basis(rangeval=c(1, max(t)),
nbasis = 8,norder=10)
fdataPM <- Data2fd(dataPM, argvals=t, basisobj=splines)
rez <- funHDDC(fdataPM,K=5,model='AkjBkQkDk')

#penentuan anggota cluster
res <- funcit(data=dataPM,
clusters=clusters,methods=c("fitfclust"),
seed=2406,k=3, parallel=TRUE)
summary(res)
Cluster(res)
plot(res)
res
plot(res,type="dist2centers")
plot(res,type="centers", mean="cluster centers")

```

## IPM

```

ds <- sampleFuncy(obsNr=38, k=5, timeNr=16, reg=TRUE)

##data Intan
data=read.csv("D://IPM untuk
fitfclust.csv", sep=",",header=T)
data
vdata=c(data)
vdata
mdatal=cbind(matrix(vdata$Kabupaten.Pacitan),matrix(vda
ta$Kabupaten.Ponorogo),matrix(vdata$Kabupaten.Trenggale
k),matrix(vdata$Kabupaten.Tulungagung),matrix(vdata$Kab
upaten.Blitar),matrix(vdata$Kabupaten.Kediri),matrix(vd
ata$Kabupaten.Malang),matrix(vdata$Kabupaten.Lumajang),
matrix(vdata$Kabupaten.Jember),matrix(vdata$Kabupaten.B
anyuwangi),matrix(vdata$Kabupaten.Bondowoso),matrix(vda
ta$Kabupaten.Situbondo),matrix(vdata$Kabupaten.Probolin

```

```

ggo),matrix(vdata$Kabupaten.Pasuruan),matrix(vdata$Kabupaten.Sidoarjo),
matrix(vdata$Kabupaten.Mojokerto),matrix(vdata$Kabupaten.Jombang),matrix(vdata$Kabupaten.Nganjuk),matrix(vdata$Kabupaten.Madiun),matrix(vdata$Kabupaten.Magetan),matrix(vdata$Kabupaten.Ngawi),matrix(vdata$Kabupaten.Bojonegoro),matrix(vdata$Kabupaten.Tuban),matrix(vdata$Kabupaten.Lamongan),matrix(vdata$Kabupaten.Gresik),matrix(vdata$Kabupaten.Bangkalan),matrix(vdata$Kabupaten.Sampang),matrix(vdata$Kabupaten.Pamekasan),matrix(vdata$Kabupaten.Sumenep),matrix(vdata$Kota.Kediri),matrix(vdata$Kota.Blitar),matrix(vdata$Kota.Malang),matrix(vdata$Kota.Probolinggo),matrix(vdata$Kota.Pasuruan),matrix(vdata$Kota.Mojokerto),matrix(vdata$Kota.Madiun),matrix(vdata$Kota.Surabaya),matrix(vdata$Kota.Batu)
)
mdatal
dataIPM=mdatal
clusters=Cluster(ds)

#penentuan anggota cluster
res <- funcit(data=dataIPM,
clusters=clusters,methods=c("fitfclust"),
seed=2406,k=5, parallel=TRUE)
summary(res)
Cluster(res)
plot(res)
res
plot(res,type="dist2centers")
plot(res,type="centers", mean="cluster centers")

#penentuan k optimal
t<-seq(1,16,1)
splines <- create.bspline.basis(rangeval=c(1, max(t)),
nbasis = 8,norder=4)
splines
fdatapm <- Data2fd(dataIPM, argvals=t,
basisobj=splines)
fdatapm
rez <- funHDDC(fdatapm,K=2,model='AkjBkQkDk')

```

## Pertumbuhan Ekonomi

```

##Sample a regular dataset
ds <- sampleFancy(obsNr=38, k=2, timeNr=16, reg=TRUE)

##data Intan

```

```
data=read.csv("D://PE untuk
fifclust.csv",sep=" ",header=T)
data
vdata=c(data)
vdata
mdata1=cbind(matrix(vdata$Kabupaten.Pacitan),matrix(vda
ta$Kabupaten.Ponorogo),matrix(vdata$Kabupaten.Trenggale
k),matrix(vdata$Kabupaten.Tulungagung),matrix(vdata$Kab
upaten.Blitar),matrix(vdata$Kabupaten.Kediri),matrix(vda
ta$Kabupaten.Malang),matrix(vdata$Kabupaten.Lumajang),
matrix(vdata$Kabupaten.Jember),matrix(vdata$Kabupaten.B
anyuwangi),matrix(vdata$Kabupaten.Bondowoso),matrix(vda
ta$Kabupaten.Situbondo),matrix(vdata$Kabupaten.Probolin
ggo),matrix(vdata$Kabupaten.Pasuruan),matrix(vdata$Kabu
paten.Sidoarjo),
matrix(vdata$Kabupaten.Mojokerto),matrix(vdata$Kabupate
n.Jombang),matrix(vdata$Kabupaten.Nganjuk),matrix(vda
ta$Kabupaten.Madiun),matrix(vdata$Kabupaten.Magetan),matr
ix(vdata$Kabupaten.Ngawi),matrix(vdata$Kabupaten.Bojone
goro),matrix(vdata$Kabupaten.Tuban),matrix(vdata$Kabupa
ten.Lamongan),matrix(vdata$Kabupaten.Gresik),matrix(vda
ta$Kabupaten.Bangkalan),matrix(vdata$Kabupaten.Sampang)
,matrix(vdata$Kabupaten.Pamekasan),matrix(vdata$Kabupat
en.Sumenep),matrix(vdata$Kota.Kediri),matrix(vdata$Kota
.Blitar),matrix(vdata$Kota.Malang),
matrix(vdata$Kota.Probolinggo),matrix(vdata$Kota.Pasuru
an),matrix(vdata$Kota.Mojokerto),matrix(vdata$Kota.Madi
un),matrix(vdata$Kota.Surabaya),matrix(vdata$Kota.Batu)
)
mdata1
dataPE=mdata1
clusters=Cluster(ds)

#penentuan anggota cluster
res <- funcit(data=dataPE,
clusters=clusters,methods=c("fitfclust"),
seed=2406,k=2, parallel=TRUE)
summary(res)
Cluster(res)
plot(res)
res
plot(res,type="dist2centers")
plot(res,type="centers", mean="cluster centers")
```