

**APLIKASI METODE FUZZY LINEAR REGRESSION (FLR)  
SEBAGAI ALAT PERAMALAN  
(Studi Kasus Data PAD, PDRD, dan Jumlah Tenaga Kerja Kota  
Solok Tahun 2003 sampai 2013)**

**SKRIPSI**

oleh:  
**DANI DIANSA PUTRA**  
**105090507111007**



**PROGRAM STUDI STATISTIKA  
JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2014**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**APLIKASI METODE FUZZY LINEAR REGRESSION (FLR)  
SEBAGAI ALAT PERAMALAN**

**(Studi Kasus Data PAD, PDRD, dan Jumlah Tenaga Kerja Kota  
Solok Tahun 2003 sampai 2013)**

oleh:

**DANI DIANSA PUTRA**

**105090507111007**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal 27 Juni 2014  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Statistika**

**Dosen Pembimbing**

**Samingun Handovo, S.Si., M.Cs**

**NIP. 197304151998021002**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Matematika  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc**

**NIP. 196709071992031001**

## **LEMBAR PERNYATAAN**

**Saya yang bertanda tangan di bawah ini:**

**Nama : Dani Diansa Putra**  
**NIM : 105090507111007**  
**Jurusan : Matematika**  
**Program Studi : Statistika**  
**Skripsi berjudul :**

### **APLIKASI METODE FUZZY LINEAR REGRESSION (FLR) SEBAGAI ALAT PERAMALAN**

**(Studi Kasus Data PAD, PDRD, dan Jumlah Tenaga Kerja Kota  
Solok Tahun 2003 sampai 2013)**

**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 termaktub 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 resiko yang akan saya terima.**

**Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.**

**Malang, 27 Juni 2014**  
**Yang menyatakan,**

**(Dani Diansa Putra)**  
**NIM. 105090507111007**

**APLIKASI METODE FUZZY LINEAR REGRESSION (FLR)  
SEBAGAI ALAT PERAMALAN  
(Studi Kasus Data PAD, PDRD, dan Jumlah Tenaga Kerja Kota  
Solok Tahun 2003 sampai 2013)**

**ABSTRAK**

Pertumbuhan ekonomi daerah dapat diukur dengan melihat nilai pertumbuhan pendapatan asli daerah (PAD). Oleh karena itu, dibutuhkan model peramalan untuk meramalkan nilai pertumbuhan PAD, sehingga kebijakan-kebijakan ekonomi yang diterapkan oleh pemerintah Kota Solok untuk mendorong aktivitas perekonomian domestik dapat dinilai efektifitasnya. Metode *Fuzzy Linear Regression* (FLR) adalah metode yang dapat memodelkan peramalan dengan data set kecil. Selama ini, metode peramalan secara konvensional yang digunakan adalah analisis regresi berganda. Oleh karena itu, dalam penelitian ini juga mencoba untuk membandingkan kinerja metode konvensional dalam hal ini analisis regresi berganda dengan metode logika *fuzzy*. Dari hasil perhitungan, didapat nilai koefisien determinasi regresi linier berganda sebesar 0.45, *fuzzy linier regresision* dengan tiga linguistik sebesar 0.73, dan *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik sebesar 0.94. Hasil perhitungan kesalahan baku estimasi regresi linier berganda sebesar 6998370.127 (jutaan rupiah), *fuzzy linier regresision* dengan tiga linguistik sebesar 5654506.843 (jutaan rupiah), dan *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik sebesar 5601080.176 (jutaan rupiah). Hasil perhitungan MAPE regresi linier berganda sebesar 22%, MAPE *fuzzy linier regresision* dengan tiga linguistik sebesar 19%, dan *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik sebesar 15%. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa dalam melakukan prediksi nilai PAD Kota Solok metode yang tepat adalah dengan menggunakan metode *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik.

*Kata Kunci: Fuzzy Linear Regression, Regresi Linier Berganda, PAD*

**THE APPLICATION OF FUZZY LINEAR REGRESSION  
(FLR) METODE AS FORECASTING TOOL  
(Study Case Regional income, PDRD, and Number of Workers  
in Kota Solok year 2003 to 2013)**

**ABSTRACT**

Regional economic growth can be measured by looking the value of regional's income. Thus, forecasting model is needed to forecast the value of regional's income growth so economic policies applied by government of Kota Solok to encourage economic activity can be effective. Number of data is the problem to model regional's income, because data provided are annual data, not a monthly or weekly one. Fuzzy Linear Regression (FLR) is method to forecast small data set. So far, forecasting method used commonly is multiple linear regression (MLR). This study aimed to make comparison between conventional MLR and fuzzy logic method. Analysis shows determination coefficient of MLR was 0.45, FLR with 3 linguistics was 0.73, and FLR with 5 linguistics was 0.94. Calculation of standard error of MLR was Rp 6998370,127, FLR with 3 linguistics was Rp 5654506,8434, while FLR with 5 linguistics was Rp 5601080,176. MAPE calculation of MLR was 22%, FLR with 3 linguistics was 19% and FLR with 5 linguistics was 15%. Thus, it can be concluded that FLR with 5 linguistics is better in predicting regional's income value of Kota Solok.

**Keyword:** fuzzy linear regression, multiple linear regression, regional's income



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Statistika.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak dibantu oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Samingun Handoyo, S.Si., M.Cs selaku dosen pembimbing atas motivasi, waktu dan bimbingan yang telah diberikan.
2. Prof. Dr. Ir. Loekito Adi Soehono, M.Agr selaku dosen penguji I atas waktu, ilmu dan saran yang telah diberikan.
3. Eni Sumarminingsih, S.Si., M.M selaku dosen penguji II atas saran dan masukan yang telah diberikan.
4. Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
5. Seluruh jajaran dosen, staff dan karyawan Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
6. Mama, papa, uni Melsi, Dola, dan seluruh keluarga besar tercinta atas segala doa, kasih sayang, dukungan, dan nasihat yang telah diberikan.
7. Teman-teman Prodi Statistika angkatan 2010, 2011, 2012 atas kebersamaan dan dukungan. Grup Kasih Mama dan personil Dota 2 Camp yang senantiasa menemani susah senang dalam pembuatan skripsi ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan mengingat keterbatasan kemampuan penulis. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharap kritik dan saran. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, Juni 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                                      | i       |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                                 | ii      |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....                                 | iii     |
| <b>ABSTRAK</b> .....  | iv      |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | v       |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                     | vi      |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | vii     |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                      | ix      |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                       | x       |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                    | xi      |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                    |         |
| 1.1 Latar Belakang.....   | 1       |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                       | 3       |
| 1.3 Batasan Masalah.....  | 3       |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                                      | 3       |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                                     | 3       |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                              |         |
| 2.1 Pendapatan Asli Daerah (PAD) .....                          | 5       |
| 2.2 Tenaga Kerja .....  | 5       |
| 2.3 Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB)..                 | 6       |
| 2.4 Analisis Regresi Linier Berganda.....                       | 7       |
| 2.5 Penduga Parameter .....                                     | 8       |
| 2.6 Pengujian Persamaan Regresi.....                            | 9       |
| 2.7 Pengujian Asumsi Regresi Linier Berganda.....               | 11      |
| 2.7.1 Kenormalan sisaan.....                                    | 11      |
| 2.7.2 Asumsi Homoskedastisitas .....                            | 11      |
| 2.7.3 Asumsi Non Multikolineritas.....                          | 12      |
| 2.7.4 Asumsi Non Autokorelasi.....                              | 13      |
| 2.8 Uji Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) .....                   | 14      |
| 2.9 <i>Fuzzy Logic</i> .....                                    | 14      |
| 2.10 Himpunan Fuzzy .....                                       | 16      |
| 2.11 Fungsi Keanggotaan .....                                   | 17      |
| 2.12 Operator Dasar Zadeh untuk Operasi<br>Himpunan fuzzy ..... | 20      |

|   |    |
|---|----|
| 2.13 Fungsi Implikasi .....   | 21 |
| 2.14 Fuzzy Inference System (Metode Mamdani) .....  | 21 |
| 2.15 Model Regresi Fuzzy .....  | 24 |
| 2.16 <i>Mean Absolut Percentage Error</i> (MAPE) .....  | 26 |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>  |    |
| 3.1 Sumber Data .....   | 27 |
| 3.2 Metode Analisis .....   | 27 |
| 3.2.1 FLR .....   | 27 |
| 3.2.2 Regresi Linier Berganda .....   | 28 |
| 3.2.3 Perhitungan Parameter Pembanding .....  | 29 |
| 3.3 Diagram Alir .....  | 31 |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>  |    |
| 4.1 Regresi Linier Berganda .....   | 33 |
| 4.2 <i>Fuzzy Linear Regression</i> dengan<br>Tiga Linguistik .....  | 35 |
| 4.2.1 Fuzzifikasi .....   | 35 |
| 4.2.2 Fuzzy Rule Base .....   | 39 |
| 4.2.3 Inferensi Fuzzy .....   | 40 |
| 4.2.4 Defuzzifikasi .....   | 42 |
| 4.3 <i>Fuzzy Linear Regression</i> dengan<br>Lima Linguistik .....  | 42 |
| 4.3.1 Fuzzifikasi .....   | 42 |
| 4.3.2 Fuzzy Rule Base .....   | 46 |
| 4.3.3 Inferensi Fuzzy .....   | 47 |
| 4.3.4 Defuzzifikasi .....   | 49 |
| 4.4 Perbandingan Regresi Linier Berganda, Fuzzy<br>Linear Regression dengan Tiga Linguistik, dan<br>Fuzzy Linear Regression dengan Lima<br>Linguistik ..... | 49 |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>   |    |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 53 |
| 5.2 Saran .....   | 53 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....   | 55 |
| <b>LAMPIRAN</b> .....   | 57 |



## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Kaidah Pengambilan Keputusan Dalam Uji Durbin-Watson .....                                | 14      |
| Gambar 2.2 Perbandingan contoh (a) logika tegas (b) logika fuzzy dalam penentuan golongan umur ..... | 15      |
| Gambar 2.3 Bagan sistem <i>Fuzzy</i> .....   | 16      |
| Gambar 2.4 Representasi Linier Naik .....  | 18      |
| Gambar 2.5 Representasi Linier Turun .....   | 18      |
| Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga.....  | 19      |
| Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium.....   | 20      |
| Gambar 2.8 Proses defuzzy .....  | 23      |
| Gambar 4.1 Plot Y aktual vs $\hat{Y}$ model .....  | 35      |
| Gambar 4.2 Representasi peubah PDRB.....   | 37      |
| Gambar 4.3 Representasi peubah jumlah tenaga kerja.....  | 38      |
| Gambar 4.4 Representasi peubah PAD .....   | 39      |
| Gambar 4.5 Komposisi aturan metode MAX.....  | 41      |
| Gambar 4.6 Defuzzifikasi .....   | 42      |
| Gambar 4.7 Fungsi Keanggotaan Peubah PDRB .....  | 44      |
| Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan Peubah jumlah tenaga kerja   | 45      |
| Gambar 4.9 Fungsi Keanggotaan Peubah PAD.....  | 45      |
| Gambar 4.10 Komposisi aturan metode MAX .....  | 48      |
| Gambar 4.11 Defuzzifikasi .....  | 49      |

## DAFTAR TABEL

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Analisis Ragam (Analysis of Variance).....                                | 16      |
| Tabel 3.1 Peubah dan Semesta Pembicara.....   | 27      |
| Tabel 3.2 Himpunan Fuzzy .....  | 27      |
| Tabel 4.1 Variabel Semesta Pembicara .....  | 35      |
| Tabel 4.2 Himpunan Fuzzy dan Domain .....   | 36      |
| Tabel 4.3 Aturan dasar fuzzy dengan operator AND.....                               | 40      |
| Tabel 4.4 Variabel Semesta Pembicara .....  | 43      |
| Tabel 4.5 Himpunan Fuzzy dan Domain .....   | 43      |
| Tabel 4.6 Aturan dasar fuzzy dengan operator AND.....                               | 46      |
| Tabel 4.7 Perbandingan Regresi Linier Berganda dan Fuzzy<br>Linear Regression ..... | 50      |



## DAFTAR LAMPIRAN

|  | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Data PAD, PDRB, dan Jumlah Tenaga Kerja Kota Solok tahun 2003 sampai dengan 2013 ..            | 57      |
| Lampiran 2. <i>Output Software SPSS 16</i> .....   | 58      |
| Lampiran 3. Tahapan Analisis FLR dengan tiga linguistik dengan menggunakan <i>software</i> Matlab 10a..... | 60      |
| Lampiran 4. Tahapan Analisis FLR dengan lima linguistik dengan menggunakan <i>software</i> Matlab 10a..... | 63      |
| Lampiran 5. Hasil <i>Fuzzy Linear Regression</i> dengan tiga linguistik .....                              | 66      |
| Lampiran 6. Hasil <i>Fuzzy Linear Regression</i> dengan lima linguistik .....                              | 68      |
| Lampiran 7. Hasil Regresi Linier Berganda.....   | 70      |



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi merupakan salah satu indikator penting guna menganalisis pembangunan ekonomi yang terjadi disuatu daerah. Salah satu sasaran pembangunan ekonomi daerah adalah meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi daerah. Pertumbuhan ekonomi daerah diukur dengan Pendapatan Asli Daerah (PAD). Oleh karena PAD merupakan ukuran dan landasan yang tepat untuk mencapai sasaran di dalam perencanaan pembangunan ekonomi maka aspek ini relevan untuk dianalisa, dalam hal ini dibutuhkan model peramalan untuk meramalkan PAD pada tahun-tahun berikutnya, sehingga kebijakan-kebijakan ekonomi yang diterapkan oleh pemerintah Kota Solok untuk mendorong aktivitas perekonomian domestik dapat dinilai efektifitasnya.

Banyaknya data merupakan masalah untuk memodelkan PAD karena data yang tersedia hanyalah data tahunan bukan bulanan ataupun mingguan. Selain itu seseorang tidak dapat mengandalkan data pada periode dua puluh sampai tiga puluh tahun yang lalu untuk membangun model peramalan PAD karena keadaan ekonomi dan sosialnya sudah berbeda. Dalam hal ini yang digunakan adalah peubah ekonomi dan sosial yaitu Pendapatan Dometik Regional Bruto (PDRB) dan jumlah tenaga kerja. Krisis ekonomi dan perubahan politik juga merupakan contoh penting lainnya yang meragukan pada pembenaran menggunakan semua data yang tersedia untuk memodelkan. Seperti halnya keadaan Indonesia pada masa Orde Baru yang berbeda dengan masa Reformasi dari segi politik, ekonomi, dan sosialnya. Oleh karena itu, kita tidak dapat mengandalkan data pada periode itu, sehingga data yang tersedia untuk memodelkan PAD ini terbatas atau data set kecil.

Metode *Fuzzy Linear Regression* (FLR) adalah metode yang dapat memodelkan peramalan dengan data set kecil. FLR dapat digunakan untuk menyesuaikan data *fuzzy* dan data *crisp* ke dalam model regresi (Saberri dan Asadzadeh, 2011).

Model regresi *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Tanaka pada tahun 1984. Konsep dasar regresi *fuzzy* yang diusulkan oleh Tanaka adalah nilai residual antara nilai estimasi dan nilai pengamatan tidak dihasilkan oleh pengukuran *error*, tetapi oleh parameter yang tidak tetap di dalam model. Banyak peneliti yang terus mengembangkan metode FLR ini.

Dalam penelitian ini akan diaplikasikan metode FLR untuk memodelkan peramalan data PAD (Y) dengan peubah bebasnya,  $X_1$  adalah PDRB dan  $X_2$  adalah jumlah tenaga kerja. Data yang dipakai adalah data dari tahun 2003-2013 yang diambil dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Solok, dengan satuan dari PAD adalah jutaan rupiah, PDRB adalah jutaan rupiah dan jumlah tenaga kerja adalah Ribu jiwa. Dari data tersebut dicari parameter *fuzzy* sehingga terbentuk model peramalan. Kemudian dicari berapa besar ukuran kesalahan dari model tersebut dengan *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE). Dalam logika *fuzzy* ini, penalaran yang digunakan adalah penalaran *fuzzy* metode Mamdani.

Selama ini, metode peramalan secara konvensional yang digunakan adalah analisis regresi berganda. Oleh karena itu, dalam penelitian ini juga mencoba untuk dibandingkan kinerja metode konvensional dalam hal ini analisis regresi berganda dengan metode logika *fuzzy*.

Metode FLR dalam penelitian ini menggunakan dua jumlah linguistik yang berbeda, yaitu FLR dengan tiga linguistik dan FLR dengan lima linguistik. linguistik adalah peubah yang bernilai kata atau kalimat, bukan angka. Linguistik ini merupakan konsep penting dalam logika *fuzzy* dan memegang peranan penting dalam beberapa aplikasi.

Jika kecepatan adalah peubah linguistik, maka nilai linguistik untuk peubah kecepatan adalah, misalnya lambat, sedang, cepat. Hal ini sesuai dengan kebiasaan manusia sehari-hari dalam menilai sesuatu, misalnya seseorang mengendarai mobil dengan cepat, tanpa memberikan nilai berapa kecepatannya.



## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam skripsi ini adalah bagaimana memodelkan FLR dan mengaplikasi metode tersebut dalam melakukan prediksi regresi berganda.

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam skripsi ini adalah memodelkan FLR sehingga terbentuk model peramalan PAD, di mana PAD sebagai peubah respon, PDRB dan jumlah tenaga kerja sebagai peubah penjelas. Data yang digunakan adalah data PAD Kota Solok Tahun 2003 sampai 2013, data jumlah tenaga kerja Kota Solok tahun 2003 sampai 2013, dan data PDRB Kota Solok tahun 2003 sampai 2013. Dalam logika *fuzzy* ini, penalaran yang digunakan adalah penalaran *fuzzy* metode Mamdani.

## **1.4. Tujuan**

Adapun tujuan dalam skripsi ini adalah :

1. Memodelkan PAD, PDRB, Jumlah Tenaga Kerja dengan metode Regresi Linier Berganda.
2. Memodelkan PAD, PDRB, Jumlah Tenaga Kerja dengan metode FLR dengan tiga linguistik.
3. Memodelkan PAD, PDRB, Jumlah Tenaga Kerja dengan metode FLR dengan lima linguistik.
4. Membandingkan model Regresi Linier Berganda, model FLR dengan tiga linguistik, dan model FLR dengan lima linguistik.

## **1.5. Manfaat**

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dan informasi bagi lembaga-lembaga terkait dalam menentukan kebijakan yang berkaitan dengan pertumbuhan ekonomi daerah.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pendapatan Asli Daerah (PAD)**

Pendapatan Asli Daerah (PAD) adalah penerimaan yang diperoleh daerah dari sumber-sumber dalam wilayahnya sendiri yang dipungut berdasarkan peraturan daerah sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Sektor pendapatan daerah memegang peranan yang sangat penting, karena melalui sektor ini dapat dilihat sejauh mana suatu daerah dapat membiayai kegiatan pemerintah dan pembangunan daerah. Sumber-sumber Pendapatan Asli Daerah (PAD) dipisahkan menjadi empat jenis pendapatan, yaitu:

- a. Pajak Daerah
  1. Pajak Provinsi
  2. Pajak Kabupaten/ Kota
- b. Retribusi Daerah, terdiri dari: Retribusi Jasa Umum, Retribusi Jasa Usaha, dan Retribusi Perijinan Tertentu.
- c. Hasil Perusahaan milik daerah dan hasil pengelolaan kekayaan daerah yang dipisahkan.
- d. Lain-lain Pendapatan Asli Daerah (PAD) yang sah, yaitu: Hasil penjualan kekayaan daerah yang tidak dipisahkan, hasil pemanfaatan atau pendayagunaan kekayaan daerah yang tidak dipisahkan, jasa giro, pendapatan bunga, tuntutan ganti rugi, keuntungan selisih nilai tukar rupiah terhadap mata uang asing, dan komisi, potongan, ataupun bentuk lain sebagai akibat dari penjualan dan/ atau pengadaan barang dan atau jasa oleh daerah.

(Yuwono, 2008).

#### **2.2. Tenaga Kerja**

Tenaga kerja adalah penduduk pada usia kerja yaitu antara 15-64 tahun. Penduduk dalam usia kerja ini dapat digolongkan menjadi dua yaitu angkatan kerja dan bukan angkatan kerja. Secara ringkas, tenaga kerja terdiri atas angkatan kerja dan bukan angkatan kerja. Yang dimaksud dengan angkatan kerja adalah bagian dari tenaga kerja yang terlibat atau masih berusaha untuk terlibat dalam kegiatan produktif yang menghasilkan barang dan jasa. Menurut Suparmoko (2002) angkatan kerja adalah penduduk yang belum bekerja namun siap untuk bekerja atau sedang mencari pekerjaan pada tingkat upah yang berlaku.

Angkatan kerja terdiri atas golongan yang bekerja, dan golongan yang menganggur dan mencari pekerjaan.

Bukan angkatan kerja adalah mereka yang masih sekolah, golongan yang mengurus rumah tangga, dan golongan lain-lain atau penerima pendapatan Jika yang digunakan sebagai satuan hitung tenaga kerja adalah orang, maka disini dianggap bahwa semua orang mempunyai kemampuan dan produktifitas kerja yang sama dan lama waktu kerja yang dianggap sama. Penggunaan tenaga kerja hanya bisa diwujudkan kalau tersedia dua unsur pokok, yang pertama adalah adanya kesempatan kerja yang cukup banyak, yang produktif dan memberikan imbalan yang baik. Dan yang kedua, adalah tenaga kerja yang mempunyai kemampuan dan semangat kerja yang cukup tinggi.

Kesempatan kerja dapat tercipta jika terjadi permintaan akan tenaga kerja di pasar kerja. Besarnya tenaga kerja dalam jangka pendek tergantung dari besarnya efektifitas permintaan untuk tenaga kerja yang dipengaruhi oleh kemampuan-kemampuan substitusi antara tenaga kerja dan faktor produksi yang lain, elastisitas permintaan akan hasil produksi, dan elastisitas penyediaan faktor-faktor pelengkap lainnya. Dalam statistik ketenagakerjaan di Indonesia kesempatan kerja merupakan terjemahan bagi *employment* yang berarti sebagai jumlah orang yang bekerja tanpa memperhitungkan berapa banyak pekerjaan yang dimiliki tiap orang, pendapatan dan jam kerja mereka.

### **2.3. Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB)**

PDRB merupakan penjumlahan dari semua harga dan jasa akhir atau semua nilai tambah yang dihasilkan oleh daerah dalam periode waktu tertentu (1 tahun). Untuk menghitung nilai seluruh produksi yang dihasilkan suatu perekonomian dalam suatu tahun tertentu dapat digunakan 3 cara penghitungan. Ketiga cara tersebut adalah:

1. Cara Pengeluaran. Dengan cara ini pendapatan nasional dihitung dengan menjumlah pengeluaran ke atas barang-barang dan jasa yang diproduksi dalam negara tersebut. Menurut cara ini pendapatan nasional adalah jumlah nilai pengeluaran rumah tangga konsumsi, rumah tangga produksi dan pengeluaran pemerintah serta pendapatan ekspor dikurangi dengan pengeluaran untuk barang-barang impor.
2. Cara Produksi atau cara produk netto. Dengan cara ini pendapatan nasional dihitung dengan menjumlahkan nilai produksi barang atau jasa yang diwujudkan oleh berbagai sektor (lapangan usaha) dalam

perekonomian. Dalam menghitung pendapatan nasional dengan cara produksi yang dijumlahkan hanyalah nilai produksi tambahan atau *value added* yang diciptakan.

3. Cara Pendapatan. Dalam penghitungan ini pendapatan nasional diperoleh dengan cara menjumlahkan pendapatan yang diterima oleh faktor-faktor produksi yang digunakan untuk mewujudkan pendapatan nasional.

Adapun manfaat penghitungan nilai PDRB adalah :

- a. Mengetahui dan menelaah struktur atau susunan perekonomian. Dari perhitungan PDRB dapat diketahui apakah suatu daerah termasuk daerah industri, pertanian atau jasa dan berapakah besar sumbangan masing-masing sektornya.
- b. Membandingkan perekonomian dari waktu ke waktu. Oleh karena nilai PDRB dicatat tiap tahun, maka akan di dapat catatan angka dari tahun ke tahun. Dengan demikian diharapkan dapat diperoleh keterangan kenaikan atau penurunan apakah ada perubahan atau pengurangan kemakmuran material atau tidak.  
(Badan Pusat Statistik Solok, 2007).

#### **2.4. Analisis Regresi Linier Berganda**

Analisis regresi linier berganda adalah suatu teknik statistika untuk membuat model dan menyelidiki ketergantungan antara satu peubah respons dengan satu atau lebih peubah penjelas. Peubah respons dilambangkan dengan Y dan peubah penjelas dilambangkan dengan X. Jika peubah penjelas yang digunakan lebih dari satu maka digunakan metode analisis regresi linier berganda. Analisis regresi linier berganda menghasilkan persamaan linier yang dapat digunakan untuk menduga atau memprediksi nilai satu peubah respons berdasarkan beberapa peubah penjelas.

Menurut Draper dan Smith (1992), model regresi linier berganda dapat ditulis sebagai berikut :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

di mana :

$Y_i$  : nilai peubah respons ke-i

$X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}$  : nilai peubah penjelas ke - k

$\beta_0$  : intersep

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  : koefisien regresi peubah penjelas ke - k



$\varepsilon_i$  : galat pengamatan ke- $i$   
 $n$  : banyaknya pengamatan  
 $k$  : banyaknya peubah penjelas

## 2.5. Pendugaan Parameter

Penduga parameter ini bertujuan untuk mendapatkan model regresi linier berganda yang akan digunakan dalam analisis. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk mendugai parameter model regresi linier berganda adalah metode kuadrat terkecil. Metode ini bertujuan meminimumkan jumlah kuadrat galat.

Misalkan terdapat pasangan data  $(x_i, y_i)$ , di mana  $i = 1, 2, \dots, n$ , dan ingin ditentukan koefisien regresi  $\beta_0$  dan  $\beta_1$  agar menghasilkan nilai jumlah kuadrat galat ( $J$ ) minimum.

$$J = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 \quad (2.2)$$

MKT dilandasi pada penurunan  $J$  terhadap  $\beta_0$  dan  $\beta_1$  dengan menyamakannya dengan nol. Penurunan  $J$  terhadap  $\beta_0$  menghasilkan persamaan:

$$\frac{\partial J}{\partial \beta_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)$$

kemudian disamakan dengan nol menjadi:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial J}{\partial \beta_0} &= 0 \\
 -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_i) &= 0 \\
 \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i) &= 0 \\
 \sum_{i=1}^n y_i - nb_0 - b_1 \sum_{i=1}^n x_i &= 0
 \end{aligned}$$

atau ditulis:

$$nb_0 + b_1 \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.3)$$

Penurunan  $J$  terhadap  $\beta_1$  menghasilkan persamaan:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial J}{\partial \beta_1} &= 2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i) \frac{\partial (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)}{\partial \beta_1} \\
 &= 2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i) (-x_i)
 \end{aligned}$$

$$= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i) x_i$$

kemudian disamakan dengan nol menjadi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial \beta_1} &= 0 \\ -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i) x_i &= 0 \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i - \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_i - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 &= 0 \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i - b_0 \sum_{i=1}^n x_i - b_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 &= 0 \end{aligned}$$

atau ditulis:

$$b_0 \sum_{i=1}^n x_i + b_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i x_i \quad (2.4)$$

Persamaan (2.3) dan (2.4) disebut persamaan normal, dalam bentuk matriks:

$$(\mathbf{X}'\mathbf{X})\mathbf{b} = \mathbf{X}'\mathbf{Y} \quad (2.5)$$

Apabila:

$$\mathbf{X}' = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{k1} & x_{k2} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix}, \mathbf{Y}' = (y_1, y_2, \dots, y_n), \text{ dan } \mathbf{b}' = (b_0, b_1, \dots, b_k)$$

dan  $\mathbf{X}'\mathbf{X}$  tidak singular, maka persamaan (2.5) memiliki penyelesaian tunggal:

$$\mathbf{b} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{Y} \quad (2.6)$$

(Sembiring, 1995).

## 2.6. Pengujian Persamaan Regresi

Terdapat dua cara pengujian persamaan regresi yaitu pengujian secara simultan dan pengujian secara parsial.

### 1. Pengujian Koefisien Regresi Secara Simultan

Pengujian terhadap model regresi disebut dengan uji simultan model regresi linier. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini yaitu :

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak terdapat satu } i \text{ di mana } \beta_i \neq 0$$

Pemeriksaan koefisien regresi dapat dipermudah dengan menggunakan tabel analisis ragam sebagai berikut :

Tabel 2.1. Analisis Ragam (*Analysis of variance*)

| Sumber Keragaman | Db    | Jumlah Kuadrat                 | Kuadrat Tengah | $F_{hitung}$ |
|------------------|-------|--------------------------------|----------------|--------------|
| Regresi          | K     | $\hat{\beta}'X'Y - n\bar{Y}^2$ | KTR            | KTR/ KTG     |
| Galat            | n-k-1 | $Y'Y - \hat{\beta}'X'Y$        | KTG            |              |
| Total            | n-1   | $Y'Y - n\bar{Y}^2$             |                |              |

Keterangan :

$$KTR = \frac{\hat{\beta}'X'Y - n\bar{Y}^2}{k} \quad \text{dan} \quad KTG = \frac{Y'Y - \hat{\beta}'X'Y}{n-k-1} \quad (2.7)$$

Jika  $F_{hitung} > F_{a,(k,n-k-1)}$  atau  $p\text{-value} < \alpha$ , maka dapat diputuskan bahwa  $H_0$  ditolak, yang menunjukkan bahwa paling tidak terdapat satu  $i$  di mana  $\beta_i \neq 0$  (peubah penjelas mempunyai kontribusi yang nyata terhadap peubah respons). Sebaliknya jika  $F_{hitung} < F_{a,(k,n-k-1)}$  atau  $p\text{-value} > \alpha$ , maka dapat diputuskan bahwa  $H_0$  diterima, yang menunjukkan bahwa peubah penjelas tidak mempunyai kontribusi yang nyata terhadap peubah respons.

## 2. Pengujian Koefisien Regresi Secara Parsial

Pengujian terhadap  $\hat{\beta}$  yang dihasilkan merupakan pengujian parsial koefisien regresi linier. Hipotesis yang digunakan yaitu :

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0, \text{ dengan } j = 1, 2, \dots, k$$

di mana  $\beta_j$  adalah koefisien regresi untuk  $k$  peubah penjelas. Menurut Gujarati (1993), statistik uji untuk pengujian koefisien regresi secara parsial adalah statistik uji  $t$  sebagai berikut :

$$t = \frac{\hat{\beta}_j - \beta_j}{Se(\hat{\beta}_j)} \quad (2.8)$$

di mana  $Se(\hat{\beta}_j)$  menyatakan *standard error* penduga parameter. Apabila  $t_{hitung} > t_{\frac{\alpha}{2},(n-k-1)}$  dan  $p\text{-value} < \alpha$  maka dapat diputuskan bahwa  $H_0$  ditolak, yang artinya  $\beta_i \neq 0$  atau peubah penjelas  $X_k$  memberikan kontribusi yang nyata terhadap model. Sebaliknya apabila  $t_{hitung} < t_{\frac{\alpha}{2},(n-k-1)}$  dan  $p\text{-value} > \alpha$  maka

dapat diputuskan bahwa  $H_0$  diterima, yang artinya peubah penjelas  $X_j$  memberikan kontribusi yang nyata terhadap model.

## 2.7. Pengujian Asumsi Regresi Linear Berganda

### 2.7.1 Kenormalan sisaan

Asumsi kenormalan terpenuhi atau tidak dapat diuji dengan menggunakan uji secara grafik atau uji secara statistik. Uji secara grafik, kenormalan data pengamatan diuji menggunakan histogram yang membandingkan antara data pengamatan dengan distribusi yang mendekati distribusi normal, atau melihat normal *probability plot* yang membandingkan distribusi kumulatif dari distribusi normal. Jika data menyebar di sekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal pada *normal probability plot* atau grafik histogramnya menunjukkan pola distribusi normal, maka model regresi memenuhi asumsi normalitas.

Uji Kolmogorov-Smirnov digunakan untuk menguji asumsi kenormalan galat berlandaskan hipotesis (Daniel, 1989):

$H_0$  : galat menyebar normal

$H_1$  : galat tidak menyebar normal

$$D_n = \max |F_n(x) - F_0(x)| \quad (2.9)$$

di mana:

$D_n$  = jarak tengah maksimum antara fungsi sebaran empiris  $F_n(x)$  dengan fungsi sebaran normal  $F_0(x)$

$F_0(x)$  = sebaran kumulatif normal

$F_n(x)$  = sebaran kumulatif contoh

$D_{n(\alpha)}$  = titik kritis uji Kolmogorov-Smirnov

Hipotesis nol diterima (galat menyebar normal) jika  $D_n < D_{n(\alpha)}$

### 2.7.2 Asumsi Homoskedastisitas

Homoskedastisitas berarti bahwa ragam sisaan adalah sama untuk semua pengamatan. Pengujian asumsi ini bertujuan untuk mengetahui apakah sisaan mempunyai ragam yang homogen. Pendeteksian kehomogenan ragam sisaan dapat dilakukan melalui Uji *Breusch-Pagan*. Hipotesis yang melandasi pengujian adalah:

$H_0$  : Ragam sisaan homogen lawan

$H_1$  : Ragam sisaan tidak homogen

Menurut Gujarati (2004), uji *Breusch-Pagan* didasarkan atas uji persamaan regresi dari harga mutlak sisaan  $e^2$  dan peubah penjelas, dengan  $e^2$  sebagai peubah respon dan X sebagai peubah penjelas, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$e_i^2 = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1i} + \alpha_2 X_{2i} + \dots + \alpha_p X_{pi} + v_i \quad (2.10)$$

di mana:

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ : Koefisien regresi parsial pada bentuk hubungan antara  $e_i^2$  dan peubah penjelas

$v_i$  : Sisaan ke- $i$

Pengujian model hubungan tersebut adalah menggunakan statistik uji *Lagrange-Multiplier* (LM) yang mengikuti sebaran  $\chi^2$  dengan derajat bebas sebanyak  $p$  peubah penjelas yang digunakan dalam uji *Breusch-Pagan*. Statistik *Lagrange-Multiplier* (LM) mempunyai bentuk  $LM = nR^2$ . Di mana  $R^2$  adalah nilai koefisien determinasi dari model yang diperoleh. Jika koefisien model regresi  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$  ternyata tidak signifikan secara statistik yaitu statistik uji LM lebih kecil dari nilai kritisnya atau  $p$ -value lebih besar dari  $\alpha$  maka  $H_0$  diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa asumsi homoskedastisitas terpenuhi, begitu juga sebaliknya.

### 2.7.3 Asumsi Non Multikolineritas

Multikolineritas mempunyai pengertian bahwa ada hubungan linear yang sempurna diantara beberapa atau semua peubah penjelas dari model regresi. Uji multikolineritas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi ditemukan adanya korelasi peubah penjelas. Salah satu metode untuk mengetahui ada tidaknya multikolineritas adalah dengan melihat nilai VIF (*Variance Inflation Factor*) dari masing-masing peubah penjelas, di mana VIF merupakan ukuran besarnya keragaman total salah satu peubah yang dapat dijelaskan oleh keragaman peubah penjelas yang lain. Nilai VIF didefinisikan sebagai:

$$VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (2.11)$$

dengan:

$$R_j^2 = \frac{JK_{reg}}{JK_{total}}$$



di mana:

$j$  : 1, 2, ...,  $p$

$p$  : Banyaknya peubah penjelas

$JK_{reg}$  : Jumlah kuadrat regresi

$JK_{total}$  : Jumlah kuadrat total

$R_j^2$  : Koefisien determinasi

Koefisien determinasi diperoleh dengan meregresikan peubah prediktor  $X_j$  dengan semua peubah prediktor lain.

Menurut Bowerman dan O'Connel (1990), nilai VIF akan semakin besar jika terdapat korelasi yang semakin besar di antara peubah penjelas. Jika nilai VIF lebih dari 10, multikolinieritas memberikan pengaruh yang serius pada pendugaan metode kuadrat terkecil.

#### 2.7.4 Asumsi Non Autokorelasi

Autokorelasi dapat didefinisikan sebagai korelasi antara anggota serangkaian observasi yang diurutkan menurut waktu. Pengujian secara empiris dapat dilakukan dengan menggunakan statistik uji *Durbin-Watson*. Hipotesis yang melandasi pengujian ini adalah:

$H_0$  : Tidak terdapat autokorelasi antar sisaan

$H_1$  : Terdapat autokorelasi antar sisaan

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (2.12)$$

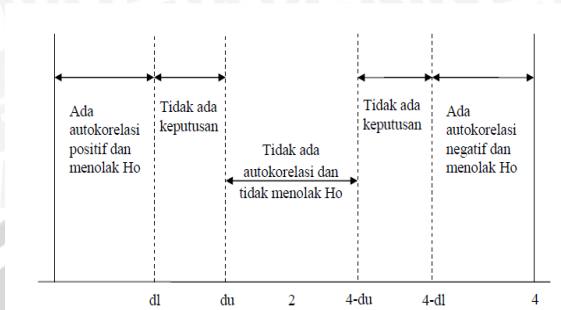
di mana:

$e_t$  : Penduga-Sisaan ke- $t$ ,  $e_t = y_t - \hat{y}_t$

$e_{t-1}$  : Penduga-Sisaan ke- $(t-1)$

$t$  : 1, 2, ...,  $n$

Menurut Gujarati (2004), kriteria pengambilan keputusan yaitu dengan membandingkan statistik uji  $d$  dengan nilai-nilai kritis pada tabel *Durbin-Watson* dengan mengambil  $d_L$  sebagai batas bawah dan  $d_U$  sebagai batas atas. Kaidah pengambilan keputusan dalam uji *Durbin-Watson* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kaidah Pengambilan Keputusan Dalam Uji *Durbin-Watson* (Gujarati, 2004)

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

Uji koefisien determinasi  $R^2$  digunakan untuk melihat sejauh mana peubah penjelas mampu menerangkan keragaman peubah responsnya. Nilai  $R^2$  mengukur tingkat keberhasilan model regresi yang digunakan dalam memprediksi nilai peubah respons. Menurut Gujarati (2004) terdapat dua sifat  $R^2$  yaitu :

1.  $R^2$  merupakan besaran non negatif.
2. Batas nilai  $R^2$  antara 0 hingga 1. Jika  $R^2$  bernilai 1 berarti menunjukkan kesesuaian yang sempurna, sedangkan jika  $R^2$  bernilai 0 berarti menunjukkan tidak ada hubungan antara peubah penjelas dengan peubah respons.

Koefisien determinasi adalah suatu ukuran yang biasa digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu model persamaan regresi linier berganda dalam artian mengukur keeratan hubungan peubah bebas dengan peubah tak bebasnya. Perhitungan koefisien determinasi terbesar ( $R^2$ ) regresi didapat dengan menggunakan rumus :

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2} \quad (2.13)$$

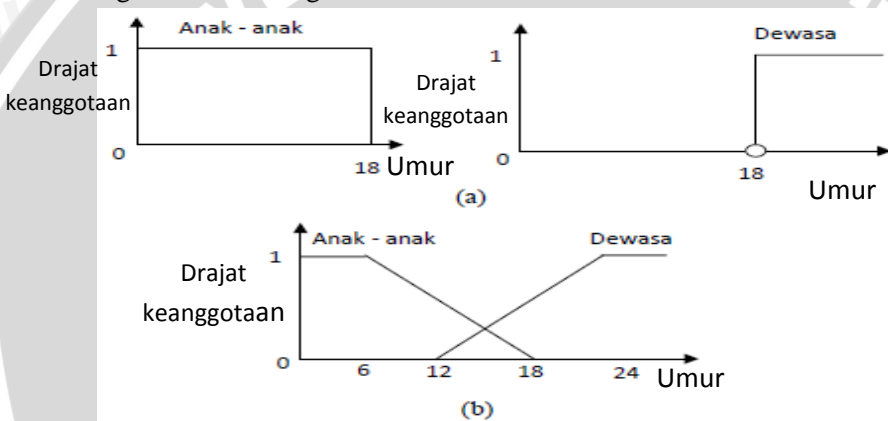
(Gujarati, 2004)

## 2.9. *Fuzzy Logic*

*Fuzzy logic* atau logika *fuzzy* pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*multivalued logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan konvensional seperti ya atau tidak, benar atau salah,

naik atau turun, dan sebagainya. Penalaran *fuzzy* menyediakan cara untuk memahami kinerja dari *system* dengan cara menilai *input* dan *output system* dari hasil pengamatan.

Dalam contoh kehidupan seseorang dikatakan dewasa apabila berumur lebih dari 18 tahun, maka seseorang yang kurang dari atau sama dengan 18 tahun di dalam logika tegas akan dikatakan sebagai tidak dewasa atau anak – anak. Dalam hal ini pada logika *fuzzy*, seseorang yang berumur sama dengan atau kurang dari 18 tahun dapat dikategorikan dewasa tetapi tidak penuh. Secara grafik dapat digambarkan sebagai berikut:



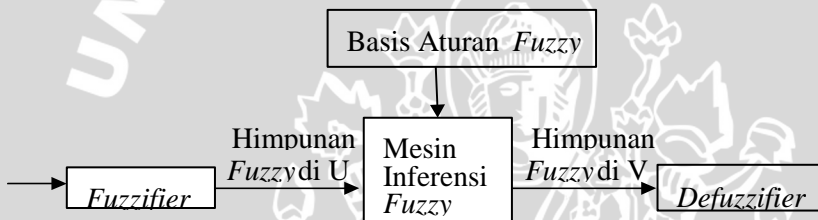
Gambar 2.2 Perbandingan contoh (a) logika tegas dan (b) logika fuzzy dalam penentuan golongan umur (Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), ada beberapa alasan mengapa logika fuzzy digunakan, antara lain :

1. Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak cepat.
4. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi non-linear yang sangat kompleks.

5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

Proses pada sistem fuzzy yaitu dari *input* yang berupa data *real* dirubah oleh *fuzzifier* (tahap fuzzifikasi) menjadi nilai fuzzy di  $U$  kemudian diolah oleh mesin inferensi fuzzy dengan aturan dasar fuzzy yang selanjutnya ditegaskan kembali dengan *defuzzifier* (tahap defuzzifikasi) menjadi nilai tegas (*output*). Berikut disajikan system fuzzy



dalam bentuk Gambar 2.3.

Gambar 2.3 Bagan Sistem Fuzzy (Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran.

## 2.10. Himpunan Fuzzy

Teori Fuzzy pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Prof. Lotfi A. Zadeh dari Universitas California di Berkeley, menjelaskan bahwa konsep tentang himpunan fuzzy (fuzzy set = himpunan kabur) yang menyatakan bahwa selain pendekatan probabilitas, ketidakpastian dapat didekati dengan menggunakan metode lain, dalam hal ini konsep himpunan fuzzy. Jika  $X$  merupakan suatu

himpunan dengan anggota-anggotanya dilambangkan dengan  $x$ , maka suatu himpunan fuzzy  $A$  dalam  $X$  didefinisikan dengan.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (2.14)$$

Di mana  $\mu_A(x)$  disebut fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy  $A$ , dimana fungsi keanggotaan memetakan tiap elemen dari  $X$  pada derajat keanggotaan  $x$  pada interval  $[0,1]$ . Nilai dari  $\mu_A(x)$  menjelaskan derajat keanggotaan  $x$  dalam  $A$ , jika  $\mu_A(x)$  mendekati 0 maka derajat keanggotaan  $x$  dalam  $A$  semakin rendah, sebaliknya juga jika  $\mu_A(x)$  mendekati 1 maka derajat keanggotaan  $x$  dalam  $A$  semakin tinggi (Zadeh, 1965).

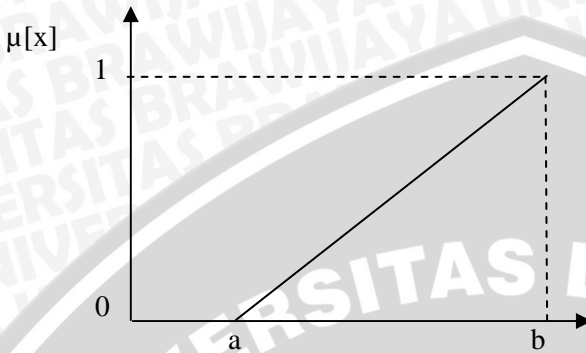
### 2.11. Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering disebut derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

#### a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat ke-anggotannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi (Gambar 2.4)





Domain

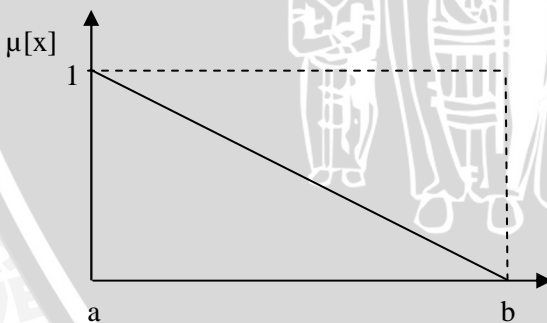
Gambar 2.4 Representasi Linear naik

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & \text{untuk } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{untuk } a \leq x \leq b \\ 1 & \text{untuk } x \geq b \end{cases} \quad (2.15)$$

(Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

Kedua, garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah (Gambar 2.5)



Domain

Gambar 2.5 Representasi Linier Turun

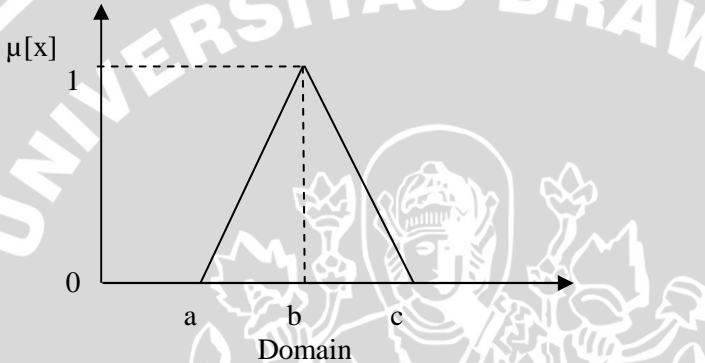
Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 0 & x \geq b \end{cases} \quad (2.16)$$

(Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis seperti terlihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga

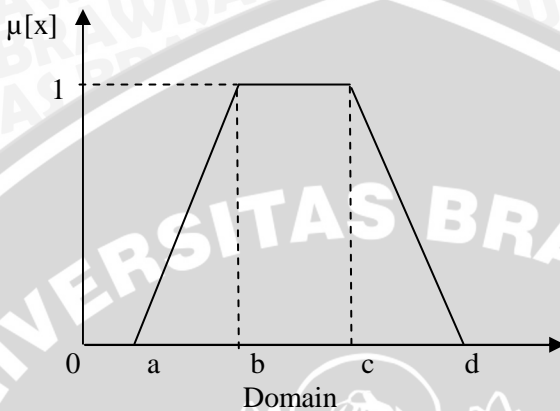
Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{untuk } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{untuk } b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.17)$$

(Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

c. Representasi Kurva Trapezium

Kurva Trapezium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik memiliki nilai keanggotaan 1 (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.18)$$

(Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

## 2.12. Operator Dasar Zadeh Untuk Operasi Himpunan fuzzy

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama fire strength atau  $\alpha$ -predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu:

### a. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interaksi pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antara elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

b. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antara elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

c. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_A = 1 - \mu_A(x)$$

(Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

### 2.13. Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan fuzzy akan berhubungan dengan suatu relasi fuzzy. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

IF  $x$  is  $A$  THEN  $y$  is  $B$

Dengan  $x$  dan  $y$  adalah scalar, dan  $A$  dan  $B$  adalah himpunan fuzzy. Proposisi yang mengikuti IF disebut anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut konsekuen.

Secara umum ada 2 fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu:

- Min (minimum). Fungsi ini akan mendorong output himpunan fuzzy.
- Dot (product). Fungsi ini akan menskala output himpunan fuzzy.

(Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

### 2.14. Fuzzy Inference System (Metode Mamdani)

Metode Mamdani sering dikenal sebagai Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan:

a. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada metode Mamdani, baik peubah input maupun peubah output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

b. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

c. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila system terdiri-dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi system fuzzy, yaitu max, additive dan probabilistic OR.

1. Metode Maximum

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] = \max (\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i])$$

Dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i

2. Metode Aditive

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] = \min (1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i])$$

Dimana:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i

3. Metode Probabilistic OR

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] = (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - ((\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i])$$

Dimana:

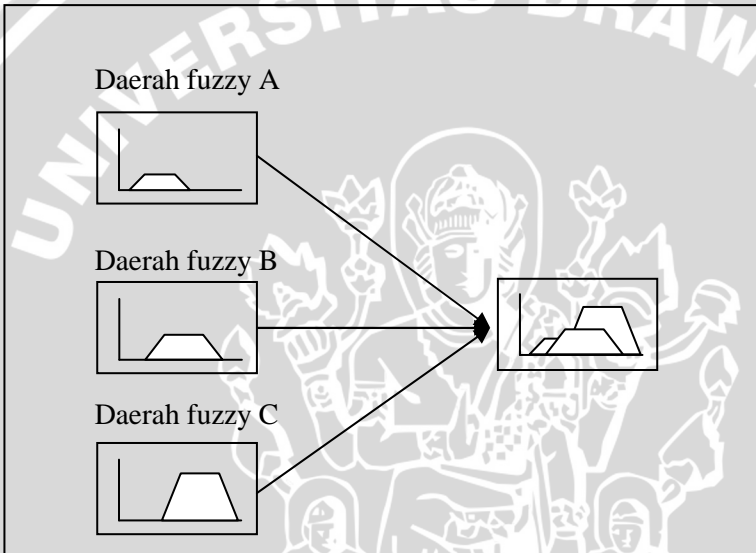
$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i



d. Penegasan (defuzzy)

Input dari proses defuzzy adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output seperti terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Proses defuzzy (Kusumadewi dan Purnomo, 2004)

Ada beberapa metode defuzzy yang bisa dipakai pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain:

1. Metode Centroid

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$Z = \frac{\int_a^b \mu_A(x) x dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx} \quad (2.19)$$

2. Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari

jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{R_1}^p \mu(z) dz = \int_p^R \mu(z) dz \quad (2.20)$$

3. Metode *Mean of Maximum*

Pada metode ini, solusi craps diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

4. Metode *largest of Maximum*

Pada metode ini, solusi craps diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

5. Metode *Smallest of Maximum*

Pada metode ini, solusi craps diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

(Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

## 2.15. Model Regresi Fuzzy

Konsep dasar regresi fuzzy yang diusulkan oleh Tanaka (1982) adalah nilai residual antara nilai estimasi dan nilai pengamatan tidak dihasilkan oleh pengukuran *error*, tetapi oleh parameter yang tidak tetap di dalam model.

Model umum dari regresi fuzzy ditulis sebagai berikut:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (2.21)$$

dimana X adalah vektor dari peubah bebas, , n adalah banyaknya peubah dan  $\beta_1$  menyatakan himpunan *fuzzy* yang mempresentasikan parameter ke-i dari model.

$\beta_1$  merupakan parameter fuzzy dari tipe L bilangan fuzzy  $(\alpha_i, c_i)_L$ , yaitu tipe bilangan fuzzy simetris dengan distribusi kemungkinannya adalah:

$$\mu_i(\beta_i) = L \{(\alpha_i - \beta_i) / c\} \quad (2.22)$$

Dimana L adalah tipe fungsi yang didefinisikan oleh :

- i.  $L(\alpha_i) = L(-\alpha_i)$
- ii.  $L(0) = 1$
- iii.  $L(\alpha_i)$  adalah fungsi linier naik untuk  $\alpha_i \geq 0$
- iv.  $\{\alpha_i | L(\alpha_i) \geq 0\}$  adalah interval tertutup

Sehingga parameter fuzzy dibentuk dalam fungsi keanggotaan segitiga, yaitu:

$$\mu_A(\beta_i) = \begin{cases} 1 - \frac{|\alpha_i - \beta_i|}{c_i}, & \alpha_i - c_i \leq \beta_i \leq \alpha_i + c_i \\ 0, & \text{yang lain} \end{cases} \quad (2.23)$$

dimana  $\mu_A(\beta_i)$  adalah fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy yang disajikan oleh parameter  $\beta_i$ ,  $\alpha_i$  merupakan nilai tengah (*middle value*) dari bilangan fuzzy dan  $c_i$  merupakan persebaran (*spread*) dari nilai tengah bilangan fuzzy. Nilai *spread* menunjukkan kekaburan (*fuzziness*) dari suatu fungsi.

Lebih lanjut fungsi keanggotaan dari bilangan fuzzy  $y_i = x_i' \beta$  dapat didefinisikan dengan menggunakan fungsi keanggotaan segitiga parameter  $\beta_i$  sebagai berikut:

$$\mu_A(\beta_i) = \begin{cases} 1 - \frac{|y_i - x_t \alpha|}{c' |x_t|} & \text{untuk } x_t \neq 0 \\ 1 & \text{untuk } x_t = 0, y_t = 0 \\ 0 & \text{untuk } x_t = 0, y_t \neq 0 \end{cases} \quad (2.24)$$

Dengan  $c$  merupakan vektor parameter dari model dan  $c$  nilai penyebaran dari semua parameter,  $t$  adalah banyaknya observasi,  $t = 1, 2, \dots, k$ .

Sehingga persamaan (2.18) dapat ditulis menjadi :

$$Y = (\alpha_1, c_1) X_1 + (\alpha_2, c_2) X_2 + \dots + (\alpha_n, c_n) X_n \\ = \sum_{i=1}^n (\alpha_i, c_i) X_t = X'(\alpha, c) \quad (2.25)$$

Untuk meminimalkan tingkat kesamaran (*vagueness*),  $S$ , didefinisikan sebagai penjumlahan dari penyebaran masing-masing parameter fuzzy dalam model.

$$\text{Minimize } S = \sum_{t=1}^k c' |X_t| \quad (2.26)$$

sehingga tiap observasi yang mengandung nilai  $y_t$  diasosiasikan dengan nilai keanggotaan yang lebih besar dari  $h$ , dimana  $h \in [0, 1]$ . Sesuai dengan persamaan:

$$\mu_y(y_t) \geq h, \text{ untuk } t = 1, 2, \dots, k. \quad (2.27)$$

derajat nilai  $h$  ditentukan secara subyektif, nilai  $h$  menunjukkan tingkat kekaburan dari parameter fuzzy yang ada dalam model. Index  $t$  dalam persamaan (2.27) menunjukan data *nonfuzzy* yang digunakan untuk membangun model, sedangkan untuk menentukan parameter dari regresi fuzzy telah dirumuskan oleh 4 Tanaka dkk (1982) dengan mengkonversi persamaan tersebut dalam permasalahan *linear programming* sebagai berikut:

Minimize  $S = \sum_{t=1}^k c' |X_t|$  dengan batasan yang diperoleh dari substitusi persamaan (2.23) ke persamaan (2.24), diperoleh:

$$\begin{aligned} x' \alpha + (1-h) c' |x_t| &\geq y_t, \quad t=1,2,\dots,k, \\ x' \alpha + (1-h) c' |x_t| &\leq y_t, \quad t=1,2,\dots,k, \\ c &\geq 0 \end{aligned} \quad (2.28)$$

dimana  $c_t = c' |x_t| = \sum_{i=1}^n c_i |X_{ni}|$

dengan  $\alpha' = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  dan  $c' = (c_1, c_2, \dots, c_n)$  adalah vektor dari peubah yang belum diketahui dan  $S$  menunjukkan total dari tingkat kesamaran (*vagueness*).

## 2.16. Mean Absolut Percentage Error (MAPE)

*The Mean Absolute Deviation (MAD)* mengukur ketepatan ramalan dengan merata-rata kesalahan dugaan (nilai absolute masing-masing kesalahan). MAD paling berguna ketika orang yang menganalisis ingin mengukur kesalahan ramalan dalam unit sebagai deret asli.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |X_t - \widehat{X}_t|^2 \quad (2.29)$$

*The Mean Squared Error (MSE)* adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \widehat{X}_t)^2 \quad (2.30)$$

*The Mean Absolute Percentage error (MAPE)* dihitung menggunakan kesalahan absolute pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode tersebut. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar peubah ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. Metode MAPE digunakan untuk membandingkan ketepatan dari teknik yang sama atau berbeda dalam dua deret yang sangat berbeda dan mengukur nilai ketepatan model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata persentase absolut kesalahan. Hasil persentase tersebut kemudian didapatkan nilai *mean*-nya.

Suatu model mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai MAPE berada di bawah 10%, dan mempunyai kinerja bagus jika nilai MAPE berada di antara 10% dan 20% .

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - \widehat{X}_t|}{X_t} \quad (2.31)$$

(Markidakis dkk, 1998).

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yaitu data Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kota Solok tahun 2003 samapi 2013, data jumlah tenaga kerja Kota Solok tahun 2003 sampai 2013, dan data Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB) Kota Solok tahun 2003 sampai 2013 yang diperoleh dari Kantor Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Solok.

Data PDRB data jumlah tenaga kerja sebagai peubah penjelas dan data PAD sebagai peubah respon. Data dapat dilihat pada lampiran 1.

### 3.2. Metode Analisis

#### 3.2.1. FLR

##### a. Pengidentifikasian Peubah dan Semesta Pembicara

Peubah-peubah yang digunakan dalam penelitian terdiri dari peubah input dan peubah output. Peubah input terdiri dari peubah penjelas  $X_1$  yaitu PDRB, peubah penjelas  $X_2$  yaitu jumlah tenaga kerja . Peubah output adalah respons bebas  $Y$  yaitu PAD.

Tabel 3.1 Peubah dan Semesta Pembicaraan

| Fungsi | Variable                          | Semesta pembicara                                |
|--------|-----------------------------------|--|
| Input  | PDRB<br>JUMLAH<br>TENAGA<br>KERJA | [1794657.68 , 6034570.45]<br>[106.234 , 247.121] |
| output | PAD                               | [14364998.04, 41200100.55]                       |

Dari semesta pembicaraan dibentuk himpunan *fuzzy* untuk mendapatkan domain. Adapun himpunan-himpunan *fuzzy* yang digunakan setiap peubah seperti terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.2 Himpunan Fuzzy

| Fungsi | Peubah | Nama Himpunan<br><i>Fuzzy</i> | Domain   |
|--------|--------|-------------------------------|--|
| Input  | PDRB   | Rendah<br>Standar             | [1794657.68,3779818.57]<br>[1794657.68,6034570.45] |



|        |                     |                       |  |
|--------|---------------------|-----------------------|--|
|        |                     | Tinggi                | [3779818.57,6034570.45]  |
|        | Jumlah Tenaga Kerja | Rendah Standar Tinggi | [106.234 , 176.691]<br>[106.234 , 247.121]<br>[176.691 , 247.121]                |
| Output | PAD                 | Rendah Standar Tinggi | [14364998.04,27390000.7]<br>[14364998.04,41200100.5]<br>[27390000.7,41200100.55] |

b. Pembentukan Fungsi Keanggotaan Peubah

Fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy yang digunakan adalah fungsi keanggotaan segitiga, persamaan dari fungsi keanggotaan segitiga dapat dilihat pada persamaan 2.17.

c. Aplikasi Operator *Fuzzy*

Operator yang digunakan dalam penelitian ini adalah AND, diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan, sehingga  $\alpha$ -predikat =  $\min(\mu(\text{PAD}), \mu(\text{Jumlah tenaga kerja}))$

d. Aplikasi Fungsi Implikasi

Semua operator menggunakan fungsi  $\text{MIN } \mu A \cap B = \min(\mu A(x), \mu B(y))$  sehingga diperlukan juga fungsi implikasi untuk memperoleh nilai  $z$  tunggal dari semesta pembicaraan pada variabel.

e. Pembentukan Defuzzifikasi

Dalam penelitian ini menggunakan *Centroid* untuk melakukan defuzzifikasi terhadap hasil perhitungan nilai. Rumus *Centroid* dapat dilihat pada persamaan 2.19.

### 3.2.2. Regresi Linier Berganda

a. Pendugaan Koefisien Regresi Linier Berganda

Estimasi parameter ini bertujuan untuk mendapatkan model regresi linier berganda yang akan digunakan dalam analisis. Pada pelatihan ini, pendugaan koefisien regresi menggunakan bantuan *software* SPSS 16.

b. Pengujian Koefisien Regresi Secara Simultan

Pengujian terhadap model regresi disebut dengan uji simultan model regresi linier. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini yaitu :

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak terdapat satu } i \text{ di mana } \beta_i \neq 0$$

Pemeriksaan koefisien regresi dapat dipermudah dengan menggunakan tabel analisis ragam yang terdapat di bab II, table 2.1.

c. Pengujian Asumsi Regresi Linier Berganda

Cara untuk mengetahui kenormalan galat adalah dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*. Hipotesis yang melandasi asumsi ini yaitu :

$H_0$  : galat menyebar mengikuti sebaran normal

$H_1$  : galat tidak menyebar mengikuti sebaran normal

Membandingkan nilai *Kolmogorov Smirnov* yang telah diperoleh dengan nilai *Kolmogorov Smirnov* tabel dengan kriteria Apabila nilai *Kolmogorov Smirnov* yang dihitung lebih kecil daripada nilai *Kolmogorov Smirnov* tabel, maka dapat dikatakan bahwa asumsi normalitas terpenuhi. Tahapan ini menggunakan bantuan *software SPSS* 16.

Salah satu metode untuk mengetahui ada tidaknya multikolinieritas adalah dengan melihat nilai VIF (*Variance Inflation Factor*) dari masing-masing peubah penjelas, di mana VIF merupakan ukuran besarnya keragaman total salah satu peubah yang dapat dijelaskan oleh keragaman peubah penjelas yang lain. Tahapan ini menggunakan bantuan *software SPSS* 16.

### 3.2.3. Perhitungan Parameter Pembanding

a. Perhitungan Koefisien Determinasi ( $R^2$ )

Koefisien determinasi adalah suatu ukuran yang biasa digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu model persamaan regresi linier berganda dalam artian mengukur keeratan hubungan peubah penjelas dengan peubah respons. Rumus perhitungan koefisien determinasi terbesar ( $R^2$ ) dapat dilihat pada persamaan 2.13.

b. Perhitungan Kesalahan Baku Estimasi

Kesalahan baku estimasi atau kesalahan standar ini mengukur besarnya penyimpangan nilai  $y$  (data sebenarnya) terhadap nilai trend. Perhitungan kesalahan baku estimasi adalah sebagai berikut:

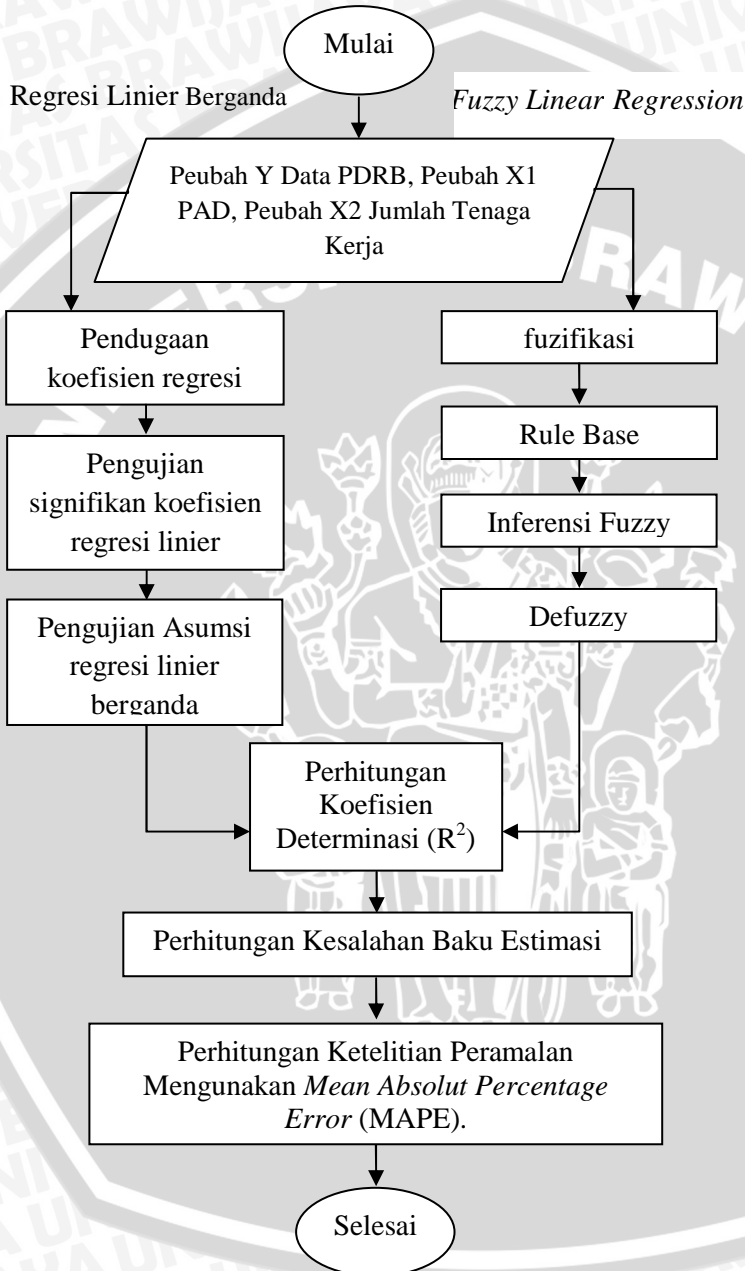
$$S_{y,xk} = \sqrt{\frac{\sum(y - \hat{y})^2}{n-k}} \quad (3.1)$$

c. Perhitungan Ketelitian Peramalan Menggunakan *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE)

Menghitung seberapa besar ukuran kesalahan model peramalan yang didapatkan digunakan *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE). MAPE merupakan rata-rata dari keseluruhan persentase kesalahan (selisih) antara data aktual dengan data hasil peramalan . Suatu model dikatakan layak jika nilai MAPE berada di bawah 10%, dan cukup layak jika berada di antara 10% dan 20%. Rumus yang digunakan untuk Perhitungan Ketelitian Peramalan Menggunakan *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE) dapat dilihat pada persamaan 2.13.



### 3.3. Diagram Alir



UNIVERSITAS BRAWIJAYA





## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Regresi Linier Berganda

Analisis regresi linier berganda adalah suatu teknik statistika untuk membuat model dan menyelidiki ketergantungan antara satu peubah respons dengan satu atau lebih peubah penjelas. Peubah respons dilambangkan dengan Y dan peubah penjelas dilambangkan dengan X. Jika peubah penjelas yang digunakan lebih dari satu maka digunakan metode/analisis regresi linier berganda. Analisis regresi linier berganda menghasilkan persamaan linier yang dapat digunakan untuk menduga atau memprediksi nilai satu peubah respons berdasarkan beberapa peubah penjelas.

#### a. Pendugaan Parameter

Tahap pertama dalam analisis regresi linier berganda adalah melakukan pendugaan parameter. Dalam tahap ini peneliti menggunakan *software* SPSS 16. Berdasarkan output dari *software* SPSS 16 pada lampiran 2, maka didapat persamaan berikut :  $\ln \hat{Y} = 8.035 + 0.885 \ln X_1 - 0.834 \ln X_2$ . Setelah mendapatkan persamaan regresi linier berganda, langkah selanjutnya melakukan pengujian koefisien regresi. Uji yang digunakan adalah uji serentak (uji F).

#### b. Uji Koefisien Regresi Secara serentak (Uji F)

Uji Koefisien Regresi Secara serentak (Uji F), digunakan untuk mengetahui apakah peubah penjelas ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) secara bersama-sama berpengaruh secara signifikan terhadap peubah respon (Y). Atau untuk mengetahui apakah model regresi dapat digunakan untuk memprediksi peubah respon atau tidak. Dengan hipotesis:

$H_0$  : Tidak ada pengaruh secara signifikan antara PDRB dan jumlah tenaga kerja secara bersama-sama terhadap PAD.

$H_1$  : Ada pengaruh secara signifikan antara PDRB dan jumlah tenaga kerja secara bersama-sama terhadap PAD.

Dari hasil output SPSS 16 pada lampiran 2, dapat diketahui nilai  $F_{hitung} = 5.30$ . Sedangkan  $F_{tabel} = 4.46$  dengan taraf signifikansi 5%, karena nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka disimpulkan menolak  $H_0$ . Artinya ada pengaruh secara signifikan antara PDRB dan jumlah tenaga kerja secara bersama-sama terhadap PAD.

Tahapan selanjutnya dalam analisis regresi linier berganda adalah pengujian asumsi. Asumsi tersebut meliputi asumsi kenormalan sisaan, kebebasan multikolinieritas, kehomogenan ragam sisaan, dan non autokorelasi.

c. Uji normalitas sisaan

Uji normalitas sisaan bertujuan untuk menguji apakah sisaan dalam model regresi menyebar normal atau tidak. Karena dalam pengujian sebelumnya didapatkan data tidak menyebar normal, maka dilakukan penanganan dengan melakukan transformasi data. Hipotesis yang melandasi pengujian kenormalan sisaan adalah :

$H_0$  : Sisaan menyebar normal

$H_1$  : Sisaan tidak menyebar normal

Berdasarkan output SPSS 16 pada lampiran 2, didapatkan nilai  $p\text{-value} > 0.05$ , maka  $H_0$  diterima. Artinya sisaan menyebar normal.

d. Asumsi bebas Multikolinieritas

Asumsi bebas Multikolinieritas dapat dideteksi dengan menggunakan nilai *Variance Inflation Factor* (VIF). Jika nilai VIF lebih dari 10, multikolinieritas memberikan pengaruh yang serius pada pendugaan metode kuadrat terkecil (Bowerman dan O'Connell 1990). Berdasarkan output SPSS 16 pada lampiran 2, diketahui bahwa nilai VIF sebesar 5,281. Karena nilai  $VIF < 10$  maka asumsi bebas multikolinieritas terpenuhi.

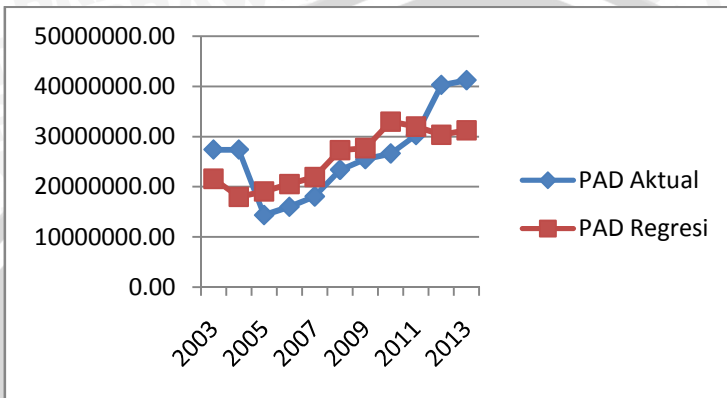
e. Homoskedastisitas

Homoskedastisitas berarti bahwa ragam sisaan adalah sama untuk semua pengamatan. Pengujian asumsi ini bertujuan untuk mengetahui apakah sisaan mempunyai ragam yang homogen. Homoskedastisitas terjadi jika tidak terdapat pola tertentu yang jelas, serata titik-titik menyebar secara acak di atas dan di bawah angka 0 pada sumbu Y. Sedangkan Heteroskedastisitas terjadi jika terdapat titik-titik memiliki pola tertentu yang teratur seperti bergelombang, melebar kemudian menyempit, dan ada salah satu titik yang berada di titik 0. Dari gambar output SPSS 16 pada lampiran 2, dapat disimpulkan bahwa asumsi Homoskedastisitas terpenuhi.

f. Asumsi Non Autokorelasi

Asumsi Non Autokorelasi terpenuhi atau tidak dapat dilihat dari nilai Durbin Watson yang dibandingkan dengan nilai  $D_u$  dan  $D_l$ . Dari output SPSS 16 pada lampiran 2, didapat nilai  $D = 1,073$  sedangkan nilai  $D_u = 0,7850$  dan  $D_l = 1,6044$ . Karena nilai  $D = 1,073$  berada di antara

Du dan D1 maka tidak dapat diambil keputusan atau dalam wilayah keragu-raguan.



Gambar 4.1. Plot Y actual vs  $\hat{Y}$  model

## 4.2. Fuzzy Linear Regression dengan Tiga Linguistik

### 4.2.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah fase pertama dari perhitungan *fuzzy* yaitu pengubahan nilai tegas (*crisp*) ke nilai samar. Dalam pembentukan fuzzifikasi ada 3 tahapan, yaitu penentuan variable *fuzzy* dan semesta pembicara, pembentukan himpunan *fuzzy* dan domain *fuzzy*, dan pembentukan fungsi keanggotaan.

Pada tahapan penentuan variable *fuzzy* dan semesta pembicara, Variable-peubah yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari peubah input dan peubah output. Peubah input terdiri dari peubah penjelas  $X_1$  yaitu PDRB dan peubah penjelas  $X_2$  yaitu jumlah tenaga kerja. Sedangkan peubah output adalah peubah respons  $Y$  yaitu PAD. Penentuan semesta pembicara untuk setiap variable *fuzzy* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel. 4.1. Variable semesta pembicara

| Fungsi | Variable            | Semesta pembicara          |
|--------|---------------------|----------------------------|
| Input  | PDRB                | [1794657.68 , 6034570.45]  |
|        | JUMLAH TENAGA KERJA | [106.234 , 247.121]        |
| output | PAD                 | [14364998.04, 41200100.55] |

Pada input, variable PDRB memiliki semesta pembicara dari 1794657.68 (jutaan rupiah) hingga 6034570.45 (jutaan rupiah), dan variable jumlah tenaga kerja memiliki semesta pembicara 106.234 ribu jiwa hingga 247.121 ribu jiwa. Sedangkan untuk output, peubah PAD memiliki semesta pembicara dari 14364998.04 (jutaan rupiah) hingga 41200100.55 (jutaan rupiah).

Dari semesta pembicara, dibentuk himpunan *fuzzy* untuk mendapatkan domain dari setiap himpunan *fuzzy* yang terbentuk. Peubah *fuzzy* pada input dan output dibagi menjadi tiga himpunan *fuzzy*, yaitu himpunan rendah, himpunan standar, dan himpunan tinggi. Pembentukan himpunan *fuzzy* dan domainnya dapat dilihat pada Table 4.2.

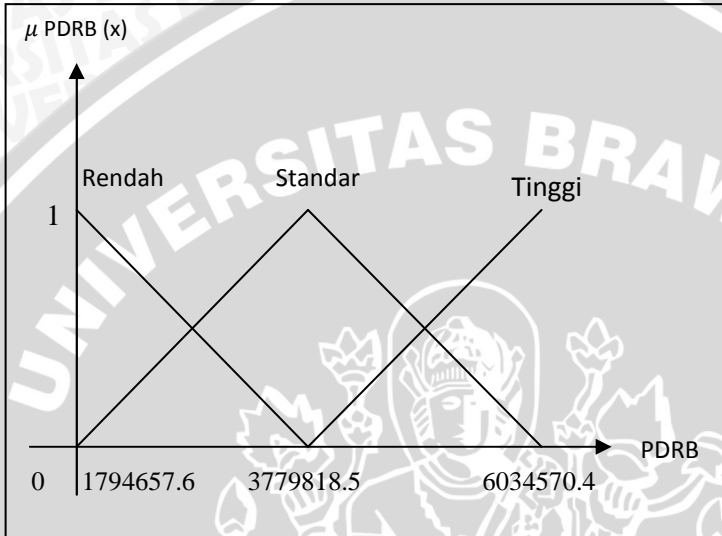
Table.4.2. Himpunan fuzzy dan Domain

| Fungsi | Peubah              | Nama Himpunan Fuzzy | Domain                    |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| Input  | PDRB                | Rendah              | [1794657.68,3779818.57]   |
|        |                     | Standar             | [1794657.68,6034570.45]   |
|        |                     | Tinggi              | [3779818.57,6034570.45]   |
|        | Jumlah Tenaga Kerja | Rendah              | [106.234 , 176.691]       |
|        |                     | Standar             | [106.234 , 247.121]       |
|        |                     | Tinggi              | [176.691 , 247.121]       |
| Output | PAD                 | Rendah              | [14364998.04,27390000.7]  |
|        |                     | Standar             | [14364998.04,41200100.55] |
|        |                     | Tinggi              | [27390000.7,41200100.55]  |

Setelah dibentuk himpunan fuzzy dan domainnya, maka selanjutnya akan dibentuk fungsi keanggotaan dari setiap himpunan fuzzy. Fungsi Keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering disebut derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah melalui pendekatan fungsi. Dalam penelitian ini pendekatan fungsi yang digunakan adalah dengan pendekatan representasi kurva segitiga.

Pada pembentukan fungsi keanggotaan untuk peubah input dan output menggunakan *Fuzzy Inference System Editor* dan *Membership Function Editor* yang ada pada *software* Matlab 10a.

a. Fungsi keanggotaan peubah PDRB



Gambar 4.2 representasi peubah PDRB

Fungsi keanggotaan pada kurva rendah adalah:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} \frac{3779818.57 - x}{2053123.7} & ; 1794657.68 \leq x \leq 3779818.57 \\ 0 & ; x \geq 3779818.57 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva standar adalah:

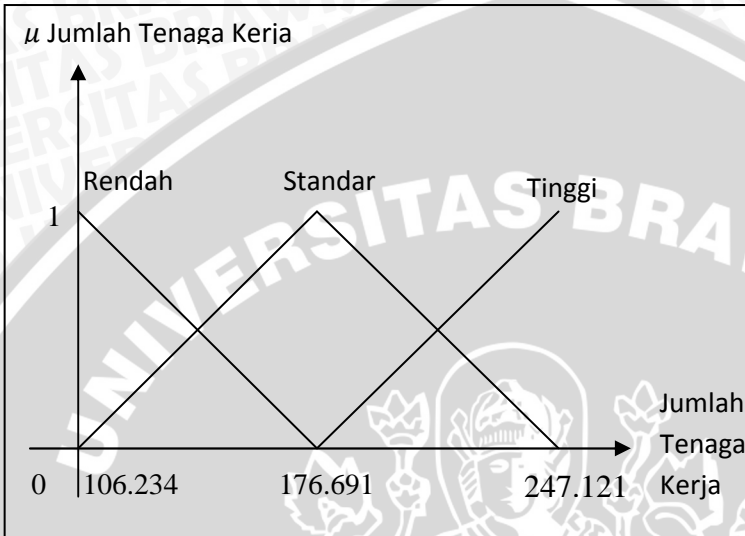
$$\mu_S(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1794657.68 \text{ atau } x \geq 6034570.45 \\ \frac{x - 1794657.68}{2053123.7} & ; 1794657.68 \leq x \leq 3779818.57 \\ \frac{6034570.45 - x}{2053123.7} & ; 3779818.57 \leq x \leq 6034570.45 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva tinggi adalah:

$$\mu_S(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 3779818.57 \\ \frac{x - 3779818.57}{2053123.7} & ; 3779818.57 \leq x \leq 6034570.45 \\ 1 & ; x \geq 6034570.45 \end{cases}$$



b. Fungsi keanggotaan peubah jumlah tenaga kerja



Gambar 4.3 representasi peubah jumlah tenaga kerja

Fungsi keanggotaan pada kurva rendah adalah:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} \frac{176.691 - x}{70.45} & ; 106.234 \leq x \leq 176.691 \\ 0 & ; x \geq 176.691 \end{cases}$$

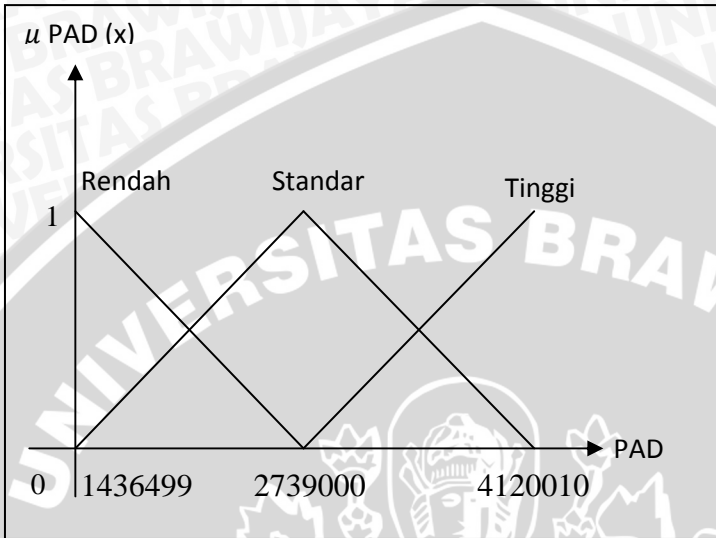
Fungsi keanggotaan pada kurva standar adalah:

$$\mu_S(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 106.234 \text{ atau } x \geq 247.121 \\ \frac{x - 106.234}{70.45} & ; 106.234 \leq x \leq 176.691 \\ \frac{247.121 - x}{70.45} & ; 176.691 \leq x \leq 247.121 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva tinggi adalah:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 176.691 \\ \frac{x - 176.691}{70.45} & ; 176.691 \leq x \leq 247.121 \\ 1 & ; x \geq 247.121 \end{cases}$$

c. Fungsi keanggotaan variable PAD



Gambar 4.4 representasi peubah PAD

Fungsi keanggotaan pada kurva rendah adalah:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} \frac{2739000.7 - x}{13025002.66} & ; 1436499.04 \leq x \leq 2739000.7 \\ 0 & ; x \geq 2739000.7 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva standar adalah:

$$\mu_S(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1436499.04 \text{ atau } x \geq 4120010.55 \\ \frac{x - 1436499.04}{13025002.66} & ; 1436499.04 \leq x \leq 2739000.7 \\ \frac{4120010.55 - x}{13025002.66} & ; 2739000.7 \leq x \leq 4120010.55 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva tinggi adalah:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 2739000.7 \\ \frac{x - 2739000.7}{13025002.66} & ; 2739000.7 \leq x \leq 4120010.55 \\ 1 & ; x \geq 4120010.55 \end{cases}$$

#### 4.2.2 Fuzzy Rule Base

Basis kaidah fuzzy berisi aturan-aturan secara linguistik yang bersumber dari para pakar. Aturan-aturan dibentuk untuk menyatakan

relasi antar input dan output. Setiap aturan merupakan implikasi. Pada penalaran berbasis aturan Pengetahuan direpresentasikan dengan menggunakan aturan berbentuk *IF-THEN*. Pada penelitian ini operator yang digunakan adalah operator AND. Operator logika *fuzzy* AND berkaitan dengan operasi pada himpunan yang diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan *fuzzy* yang bersangkutan. Aturan dasar *fuzzy* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Aturan dasar fuzzy dengan operator AND

| No | Rule |    | X1      |     | X2      |      | Y       |
|----|------|----|---------|-----|---------|------|---------|
| 1  | R1   | IF | Rendah  | AND | Rendah  | THEN | Rendah  |
| 2  | R2   |    | Rendah  |     | Standar |      | Rendah  |
| 3  | R3   |    | Rendah  |     | Tinggi  |      | Standar |
| 4  | R4   |    | Standar |     | Rendah  |      | Rendah  |
| 5  | R5   |    | Standar |     | Standar |      | Standar |
| 6  | R6   |    | Standar |     | Tinggi  |      | Tinggi  |
| 7  | R7   |    | Tinggi  |     | Rendah  |      | Standar |
| 8  | R8   |    | Tinggi  |     | Standar |      | Tinggi  |
| 9  | R9   |    | Tinggi  |     | Tinggi  |      | Tinggi  |

#### 4.2.3 Inferensi Fuzzy

Proses *inference* memperhitungkan semua aturan yang ada dalam basis kaidah *fuzzy*. Hasil dari proses *inference* dipresentasikan oleh suatu *fuzzy set* untuk setiap peubah bebas (pada *consequent*). Pada penelitian ini inferensi fuzzy yang digunakan adalah system inferensi Mamdani, dimana konsekuensi dari system inferensi Mamdani berupa himpunan *fuzzy*. Sistem inferensi Mamdani digunakan untuk memprediksi nilai PAD. Dimana input dari prediksi nilai PAD adalah PDRB ( $X_1$ ) dan jumlah tenaga kerja ( $X_2$ ). Berikut adalah penerapan system inferensi Mamdani dalam memprediksi nilai PAD.

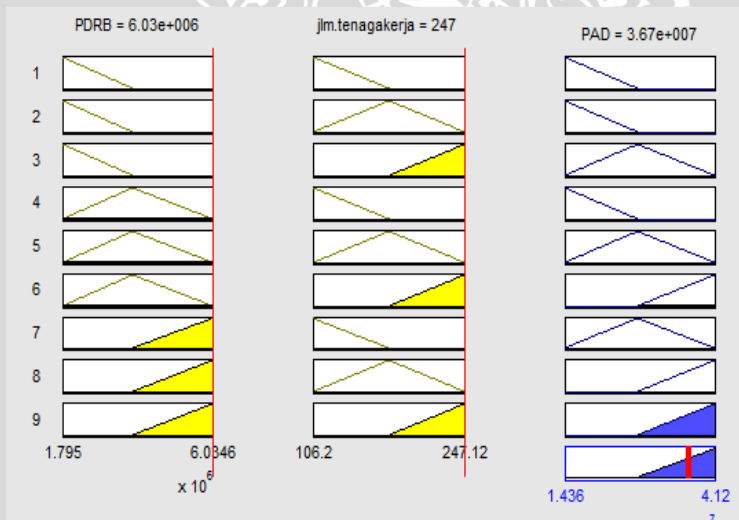
Berdasarkan data penelitian, dapat diketahui pada tahun 2013 PDRB ( $X_1$ ) Kota Solok sebanyak 6034570.45 (jutaan rupiah), dan jumlah tenaga kerja ( $X_2$ ) Kota Solok pada tahun 2013 sebanyak 247.121 (ribu jiwa). Dengan sistem inferensi Mamdani akan diprediksi besarnya nilai PAD (Y) pada tahun tersebut.

Pada sistem inferensi Mamdani, untuk mendapatkan output diperlukan empat tahapan, yaitu : pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi.

Pembentukan himpunan *fuzzy* berdasarkan nilai keanggotaan dari setiap input pada masing-masing peubah diperoleh berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.

Aplikasi fungsi implikasi dengan menghitung nilai  $\alpha$ -predikat. Fungsi implikasi dalam sistem inferensi Mamdani menggunakan fungsi MIN, fungsi ini akan memotong tingkat keanggotaan minimum dari peubah input sebagai output.

Komposisi aturan yang digunakan dalam sistem inferensi Mamdani adalah komposisi aturan MAX. dengan bantuan *software* Matlab 10a, didapat komposisi aturan seperti Gambar 4.5. Komposisi aturan merupakan kesimpulan secara keseluruhan dengan mengambil tingkat keanggotaan maksimum dari setiap konsekuen aplikasi fungsi implikasi dan menggabungkan semua kesimpulan masing-masing aturan.



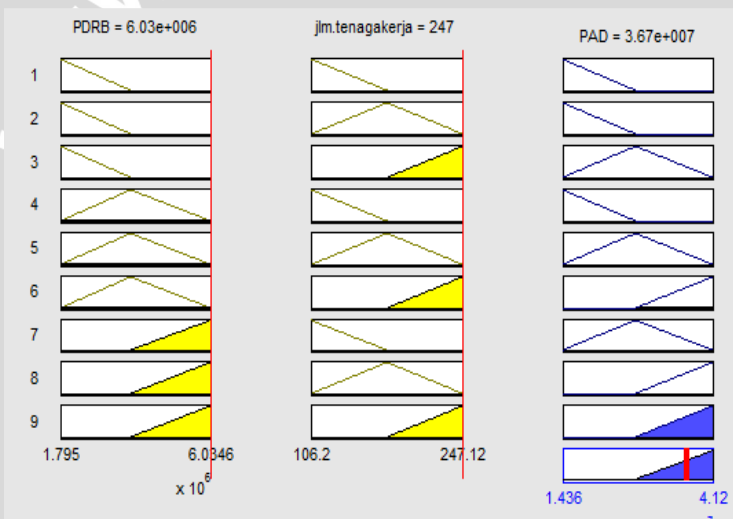
Gambar 4.5 Komposisi aturan metode MAX

Pada kolom pertama dan kedua menjelaskan tingkat keanggotaan peubah input yaitu PDRB ( $X_1$ ) dan jumlah tenagakerja ( $X_2$ ). Sedangkan pada baris dan kolom terakhir menunjukkan gabungan daerah fuzzy dari

masing-masing aturan, yang merupakan konsekuensi dari komposisi aturan fuzzy.

#### 4.2.4 Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzy adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Pada sistem inferensi Mamdani, metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *metode Centroid*. Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat ( $z$ ) daerah *fuzzy*. Hasil defuzzifikasi sistem inferensi Mamdani dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Defuzzifikasi

Dari Gambar 4.6, pada kolom PAD menunjukkan prediksi nilai PAD pada tahun 2013 sebesar 36800000.00 (jutaan rupiah).

### 4.3. Fuzzy Linear Regression dengan Lima Linguistik

#### 4.3.1 Fuzzifikasi

Pada tahapan penentuan variable *fuzzy* dan semesta pembicara, Variable-peubah yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari peubah input dan peubah output. Peubah input terdiri dari peubah penjelas  $X_1$  yaitu PDRB dan peubah penjelas  $X_2$  yaitu jumlah tenaga kerja.



Sedangkan peubah output adalah peubah respons Y yaitu PAD. Penentuan semesta pembicara untuk setiap variable *fuzzy* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel. 4.4. Variable semesta pembicara

| Fungsi | Variable     | Semesta pembicara         |
|--------|--------------|---------------------------|
| Input  | PDRB         | [1794657.68 , 6034570.45] |
|        | JUMLAH       | [106.234 , 247.121]       |
|        | TENAGA KERJA |                           |
| output | PAD          | [14364998.04,41200100.55] |

Pada input, variable PDRB memiliki semesta pembicara dari 1794657.68 (jutaan rupiah) hingga 6034570.45 (jutaan rupiah), dan variable jumlah tenaga kerja memiliki semesta pembicara 106.234 ribu jiwa hingga 247.121 ribu jiwa. Sedangkan untuk output, peubah PAD memiliki semesta pembicara dari 14364998.04 (juataan rupiah) hingga 41200100.55 (jutaan rupiah).

Dari semesta pembicara, dibentuk himpunan *fuzzy* untuk mendapatkan domain dari setiap himpunan *fuzzy* yang terbentuk. Pada bagian ini, peneliti menambahkan linguistik menjadi lima linguistik sehingga himpunan fazzy yang terbentuk adalah himpunan rendah, cukup rendah, standar, agak tinggi, dan tinggi. Pembentukan himpunan *fuzzy* dan domainnya dapat dilihat pada Table 4.5.

Table.4.5. Himpunan fuzzy dan Domain

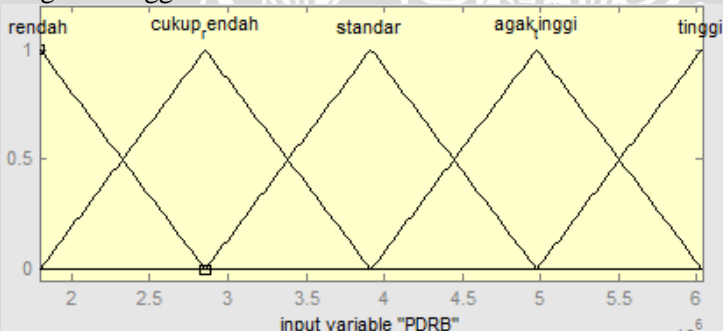
| Fungsi | Peubah              | Nama Himpunan Fuzzy | Domain                    |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| Input  | PDRB                | Rendah              | [1794657.68 , 2855000.57] |
|        |                     | Cukup rendah        | [1794657.68 , 3915000.45] |
|        |                     | Standar             | [2855000.57 , 4975000.45] |
|        |                     | Agak tinggi         | [3915000.45 , 6035000.00] |
|        |                     | Tinggi              | [4975000.45 , 6035000.00] |
|        | Jumlah Tenaga Kerja | Rendah              | [106.2 , 141.5]           |
|        |                     | Cukup rendah        | [106.2 , 176.7]           |
|        |                     | Standar             | [141.5 , 211.9]           |
|        |                     | Agak tinggi         | [176.7 , 247.1]           |
|        |                     | Tinggi              | [211.9 , 247.1]           |

|        |     |              |                             |
|--------|-----|--------------|-----------------------------|
| Output | PAD | Rendah       | [14360000.00, 21070000.00]  |
|        |     | Cukup rendah | [14360000.00 , 27790000.00] |
|        |     | Standar      | [21070000.00 , 34500000.00] |
|        |     | Agak tinggi  | [27790000.00 , 41200000.00] |
|        |     | Tinggi       | [34500000.00 , 41200000.00] |

Setelah dibentuk himpunan *fuzzy* dan domainnya, maka selanjutnya akan dibentuk fungsi keanggotaan dari setiap himpunan *fuzzy*. Fungsi Keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering disebut derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah melalui pendekatan fungsi. Dalam penelitian ini pendekatan fungsi yang digunakan adalah dengan pendekatan representasi kurva segitiga.

Pada pembentukan fungsi keanggotaan untuk peubah input dan output menggunakan *Fuzzy Inference System Editor* dan *Membership Function Editor* yang ada pada *software* Matlab 10a.

a. Fungsi Keanggotaan Peubah PDRB

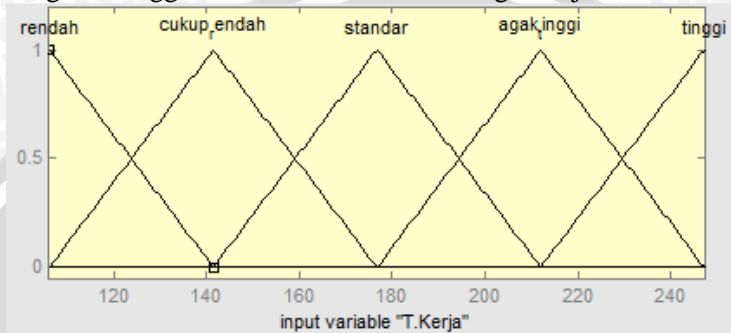


Gambar 4.7. Fungsi Keanggotaan Peubah PDRB

Fungsi keanggotaan kurva rendah memiliki domain dari 1794657.68 (jutaan rupiah) sampai 2855000.57 (jutaan rupiah). Fungsi keanggotaan kurva cukup rendah memiliki domain dari 1794657.68 (jutaan rupiah) sampai 3915000.45 (jutaan rupiah). Fungsi keanggotaan kurva standar memiliki domain dari 2855000.57 (jutaan rupiah) sampai 4975000.45 (jutaan rupiah). Fungsi keanggotaan kurva agak tinggi memiliki domain dari 3915000.45 (jutaan rupiah) sampai 6035000.00 (jutaan rupiah).

(jutaan rupiah). Fungsi keanggotaan kurva tinggi memiliki domain dari 4975000.45 (jutaan rupiah), 6035000.00 (jutaan rupiah).

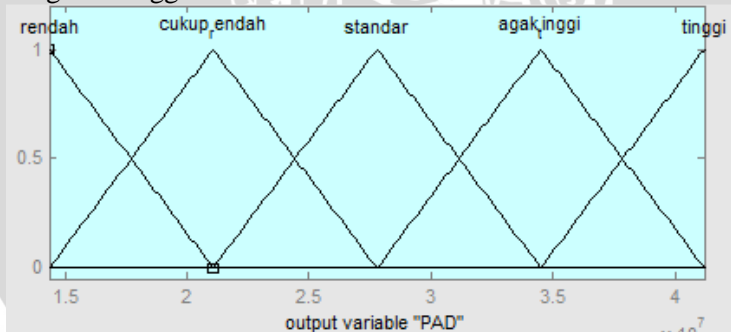
b. Fungsi Keanggotaan Peubah Jumlah Tenaga Kerja



Gambar 4.8. Fungsi Keanggotaan Peubah Jumlah Tenaga Kerja

Fungsi keanggotaan kurva rendah memiliki domain dari 106.2 ribu jiwa sampai 141.5 ribu jiwa. Fungsi keanggotaan kurva cukup rendah memiliki domain dari 106.2 ribu jiwa sampai 176.7 ribu jiwa. Fungsi keanggotaan kurva standar memiliki domain dari 141.5 ribu jiwa sampai 211.9 ribu jiwa. Fungsi keanggotaan kurva agak tinggi memiliki domain dari 176.7 ribu jiwa sampa 247.1 ribu jiwa. Fungsi keanggotaan kurva tinggi memiliki domain dari 211.9 ribu jiwa sampai 247.1 ribu jiwa.

c. Fungsi Keanggotaan Peubah PAD



Gambar 4.9. Fungsi Keanggotaan Peubah PAD

Fungsi keanggotaan kurva rendah memiliki domain dari 14360000.00 (jutaan rupiah) sampai 21070000.00 (jutaan rupiah).

Fungsi keanggotaan kurva cukup rendah memiliki domain dari 14360000.00 (jutaan rupiah) sampai 27790000.00 (jutaan rupiah). Fungsi keanggotaan kurva standar memiliki domain dari 21070000.00 (jutaan rupiah) sampai 34500000.00 (jutaan rupiah). Fungsi keanggotaan kurva agak tinggi memiliki domain dari 27790000.00 (jutaan rupiah) sampai 41200000.00 (jutaan rupiah). Fungsi keanggotaan kurva tinggi memiliki domain dari 34500000.00 (jutaan rupiah) sampai 41200000.00 (jutaan rupiah).

#### 4.3.2 Fuzzy Rule Base

Basis kaidah *fuzzy* berisi aturan-aturan secara linguistik yang bersumber dari para pakar. Aturan-aturan dibentuk untuk menyatakan relasi antar input dan output. Setiap aturan merupakan implikasi. Pada penalaran berbasis aturan Pengetahuan direpresentasikan dengan menggunakan aturan berbentuk *IF-THEN*. Pada penelitian ini operator yang digunakan adalah operator AND. Operator logika *fuzzy* AND berkaitan dengan operasi pada himpunan yang diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan *fuzzy* yang bersangkutan. Aturan dasar *fuzzy* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Aturan dasar fuzzy dengan operator AND

| No | Rule |    | X1           |     | X2           |      | Y            |
|----|------|----|--------------|-----|--------------|------|--------------|
| 1  | R1   | IF | Rendah       | AND | Rendah       | THEN | Rendah       |
| 2  | R2   |    | Rendah       |     | Cukup rendah |      | Rendah       |
| 3  | R3   |    | Rendah       |     | Standar      |      | Cukup rendah |
| 4  | R4   |    | Rendah       |     | Agak tinggi  |      | Standar      |
| 5  | R5   |    | Rendah       |     | Tinggi       |      | Standar      |
| 6  | R6   |    | Cukup rendah |     | Rendah       |      | Rendah       |
| 7  | R7   |    | Cukup rendah |     | Cukup rendah |      | Cukup rendah |
| 8  | R8   |    | Cukup rendah |     | Standar      |      | Standar      |
| 9  | R9   |    | Cukup rendah |     | Agak tinggi  |      | Agak tinggi  |

|    |     |    |              |     |              |      |              |
|----|-----|----|--------------|-----|--------------|------|--------------|
| 10 | R10 |    | Cukup rendah |     | Tinggi       |      | Agak tinggi  |
| 11 | R11 |    | Standar      |     | Rendah       |      | Cukup rendah |
| 12 | R12 |    | Standar      |     | Cukup rendah |      | Standar      |
| 13 | R13 |    | Standar      |     | Standar      |      | Standar      |
| 14 | R14 |    | Standar      |     | Agak tinggi  |      | Agak tinggi  |
| 15 | R15 |    | Standar      |     | Tinggi       |      | Tinggi       |
| 16 | R16 |    | Agak tinggi  |     | Rendah       |      | Standar      |
| 17 | R17 |    | Agak tinggi  |     | Cukup rendah |      | Agak tinggi  |
| 18 | R18 |    | Agak tinggi  |     | Standar      |      | Agak tinggi  |
| 19 | R19 | IF | Agak tinggi  | AND | Agak tinggi  | THEN | Agak tinggi  |
| 20 | R20 |    | Agak tinggi  |     | Tinggi       |      | Tinggi       |
| 21 | R21 |    | Tinggi       |     | Rendah       |      | Standar      |
| 22 | R22 |    | Tinggi       |     | Cukup rendah |      | Agak tinggi  |
| 23 | R23 |    | Tinggi       |     | Standar      |      | Tinggi       |
| 24 | R24 |    | Tinggi       |     | Agak tinggi  |      | Tinggi       |
| 25 | R25 |    | Tinggi       |     | Tinggi       |      | Tinggi       |

### 4.3.3 Inferensi Fuzzy

Pada penelitian ini inferensi fuzzy yang digunakan adalah system inferensi Mamdani, dimana konsekuen dari system inferensi Mamdani berupa himpunan *fuzzy*. Sistem inferensi Mamdani digunakan untuk memprediksi nilai PAD. Dimana input dari prediksi nilai PAD adalah PDRB ( $X_1$ ) dan jumlah tenaga kerja ( $X_2$ ). Berikut adalah penerapan system inferensi Mamdani dalam memprediksi nilai PAD.

Berdasarkan data penelitian, dapat diketahui pada tahun 2013 PDRB ( $X_1$ ) Kota Solok sebanyak 6034570.45 (jutaan rupiah), dan jumlah tenaga kerja ( $X_2$ ) Kota Solok pada tahun 2013 sebanyak 247.121 (ribu jiwa). Dengan sistem inferensi Mamdani akan diprediksi besarnya nilai PAD (Y) pada tahun tersebut.

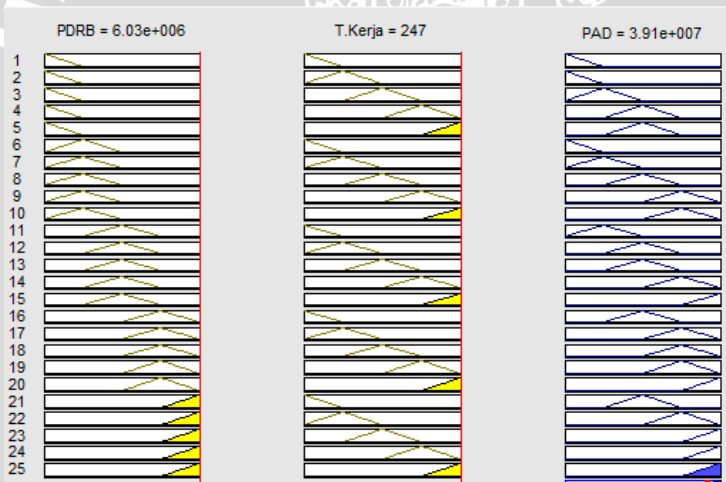
Pada sistem inferensi Mamdani, untuk mendapatkan output diperlukan empat tahapan, yaitu : pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi.



Pembentukan himpunan *fuzzy* berdasarkan nilai keanggotaan dari setiap input pada masing-masing peubah diperoleh berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.

Aplikasi fungsi implikasi dengan menghitung nilai  $\alpha$ -predikat. Fungsi implikasi dalam sistem inferensi Mamdani menggunakan fungsi MIN, fungsi ini akan memotong tingkat keanggotaan minimum dari peubah input sebagai output.

Komposisi aturan yang digunakan dalam sistem inferensi Mamdani adalah komposisi aturan MAX. dengan bantuan *software* Matlab 10a, didapat komposisi aturan seperti Gambar 4.4. Komposisi aturan merupakan kesimpulan secara keseluruhan dengan mengambil tingkat keanggotaan maksimum dari setiap konsekuen aplikasi fungsi implikasi dan menggabungkan semua kesimpulan masing-masing aturan.

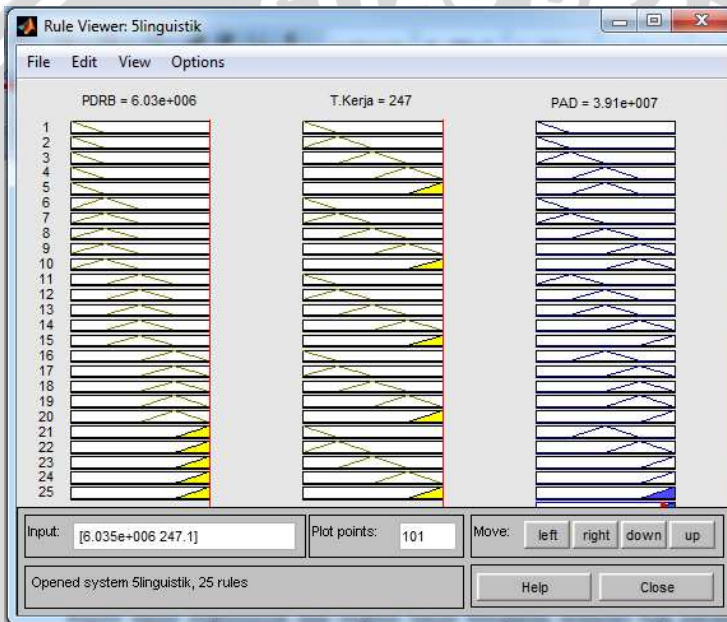


Gambar 4.10. Komposisi aturan metode MAX

Pada kolom pertama dan kedua menjelaskan tingkat keanggotaan peubah input yaitu PDRB ( $X_1$ ) dan jumlah tenagakerja ( $X_2$ ). Sedangkan pada baris dan kolom terakhir menunjukkan gabungan daerah fuzzy dari masing-masing aturan, yang merupakan konsekuen dari komposisi aturan *fuzzy*.

#### 4.3.4 Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzy adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Pada sistem inferensi Mamdani, metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *metode Centroid*. Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z) daerah *fuzzy*. Hasil defuzzifikasi sistem inferensi Mamdani dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.11 Defuzzifikasi

Dari Gambar 4.5, pada kolom PAD menunjukkan prediksi nilai PAD pada tahun 2013 sebesar 39100000.00 (jutaan rupiah).

#### 4.4. Perbandingan Regresi Linier Berganda, *Fuzzy Linear Regression* dengan Tiga Linguistik, dan *Fuzzy Linear Regression* dengan Lima Linguistik

*Fuzzy linier regresion* dan regresi linier berganda memiliki perbedaan yang signifikan pada pendugaan parameter. Pada *Fuzzy linier regresion* parameteranya terbentuk dari fungsi keanggotaan. Dalam

penelitian ini perbandingan antara Fuzzy linier regresi dan regresi linier berganda didasari tiga parameter pembeda, yaitu hasil perhitungan koefisien determinasi, hasil perhitungan kesalahan baku estimasi, dan hasil perhitungan ketelitian peramalan menggunakan *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE).

Hasil perhitungan koefisien determinasi, perhitungan kesalahan baku estimasi, dan perhitungan ketelitian peramalan menggunakan *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE) dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel. 4.7. Perbandingan Regresi Linier Berganda dan *Fuzzy Linear Regression*

|   | Koefisien determinasi | Kesalahan baku estimasi | Mean Absolut Percentage Error (MAPE) |
|---|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Regresi Linier Berganda                               | 0.45                  | 6998370.127             | 22%                                  |
| <i>Fuzzy Linear Regression</i> dengan tiga linguistik | 0.73                  | 5654506.843             | 19%                                  |
| <i>Fuzzy Linear Regression</i> dengan lima linguistik | 0.94                  | 5601080.176             | 15%                                  |

Berdasarkan tabel 4.7, hasil perhitungan koefisien determinasi regresi linier berganda sebesar 0.45, hasil perhitungan koefisien determinasi *fuzzy linier regresi* dengan tiga linguistik sebesar 0.73, dan hasil perhitungan koefisien determinasi *fuzzy linier regresi* dengan lima linguistik sebesar 0.94. Sesuai dengan teori koefisien determinasi dimana Jika  $R^2$  bernilai 1 berarti menunjukkan kesesuaian yang sempurna, sedangkan jika  $R^2$  bernilai 0 berarti menunjukkan tidak ada hubungan antara peubah penjelas dengan peubah respons, maka yang dipilih nilai koefisien determinasi yang terbesar (Gujarati, 2004). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien determinasi *fuzzy linier regresi* dengan lima linguistik lebih baik dari nilai koefisien determinasi regresi berganda dan *fuzzy linier regresi* dengan tiga linguistik.

Berdasarkan Tabel 4.7, hasil perhitungan kesalahan baku estimasi regresi linier berganda sebesar 6998370.127 (jutaan rupiah), hasil perhitungan kesalahan baku estimasi *fuzzy linier regresision* dengan tiga linguistik sebesar 5654506.843 (jutaan rupiah), dan hasil perhitungan kesalahan baku estimasi *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik sebesar 5601080.176 (jutaan rupiah). Sesuai teori kesalahan baku estimasi maka *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik lebih baik dari pada regresi linier berganda dan *fuzzy linier regresision* dengan tiga linguistik.

Berdasarkan Tabel 4.7, hasil perhitungan MAPE regresi linier berganda sebesar 22%, hasil perhitungan MAPE *fuzzy linier regresision* dengan tiga linguistik sebesar 19%, dan hasil *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik sebesar 15%. Model prediksi yang baik adalah model prediksi yang memiliki MAPE terkecil (Markidakis dkk, 1998), dalam hal ini *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik lebih baik dibandingkan regresi linier berganda dan *fuzzy linier regresision* dengan tiga linguistik .

Dari analisa diatas dapat disimpulkan bahwa dalam melakukan prediksi nilai PAD metode yang tepat adalah dengan menggunakan metode *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis regresi linier berganda, *fuzzy linier regresision* dengan tiga linguistik, dan *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik dalam memprediksi nilai PAD dapat disimpulkan:

1. Hasil perhitungan koefisien determinasi, hasil perhitungan kesalahan baku estimasi, dan hasil perhitungan ketelitian peramalan menggunakan Mean Absolut Percentage Error (MAPE) untuk regresi linier berganda secara berurut adalah 0.45, 6998370.127 (jutaan rupiah), dan 22%. Model Regresi Liniernya adalah  $\ln\hat{Y} = 8.035 + 0.885\ln X_1 - 0.834\ln X_2$ .
2. Hasil perhitungan koefisien determinasi, hasil perhitungan kesalahan baku estimasi, dan hasil perhitungan ketelitian peramalan menggunakan Mean Absolut Percentage Error (MAPE) untuk *fuzzy linier regresision* dengan tiga linguistik secara berurut adalah 0.737, 5654506.843 (jutaan rupiah), dan 19%
3. Hasil perhitungan koefisien determinasi, hasil perhitungan kesalahan baku estimasi, dan hasil perhitungan ketelitian peramalan menggunakan Mean Absolut Percentage Error (MAPE) untuk *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik secara berurut adalah 0.94, 5601080.176 (jutaan rupiah), dan 15%
4. Dalam melakukan prediksi nilai PAD metode yang lebih tepat adalah dengan menggunakan metode *fuzzy linier regresision* dengan lima linguistik.

### 5.2. Saran

1. Peneliti selanjutnya dapat menambahkan atau mengurangi jumlah bentuk linguistik, sehingga jumlah *fuzzy rule* berbeda dan juga memberikan hasil yang berbeda.
2. Dalam penelitian ini penalaran *fuzzy* yang digunakan adalah penalaran *fuzzy* metode Mamdani, Peneliti selanjutnya dapat

menggunakan penalaran fuzzy lainnya, karena setiap metode memiliki kelebihan dan keunggulan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR PUSTAKA

- Azadeh, A., Saberi, M., Asadzadeh, S.M., Khakestani, M, “A Hybrid Fuzzy Mathematical Programing-Design of Experiment Framework for Improvement of Energy Consumption Estimation With Small Data Sets and Uncertainty: *The Case of USA, Canada, Singapore, Pakistan, and Iran*”, *Journal of Energy*, 2011.( tanggal akses 6 juni 2013)
- Badan Pusat Statistik Kota Solok. 2007. *Produk Domestik Regional Kota Solok 2006*. BPS Solok. Solok.
- Badan Pusat Statistik Kota Solok. 2012. *Produk Domestik Regional Kota Solok 2011*. BPS Solok. Solok.
- Draper, N. dan Smith, H. 1992. *Analisis Regresi Terapan* . Edisi Kedua. Terjemahan Bambang Sumantri. Gramedia. Jakarta.
- Gujarati, N.D. 2004. *Basic Econometrics*. 4<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kutner, M.H., C.J. Nachtsheim., dan J. Neter. 2004. *Applied Linear Regression Models*. 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C. dan McGee V. E.. 1998. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi Kedua. Alih Bahasa: Untung Sus A. dan Abdul Basith. Erlangga. Jakarta
- Sembiring, R.K. 2003. *Analisis Regresi*. Edisi Kedua. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Shapiro, A.F. 2005. *Fuzzy Regression Models*. Article of Penn State University.

Tanaka, H., Uejima, S. and Asai, K. 1982. *Linear Regression Analysis with Fuzzy Model*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics.

Yuwono, S. 2008. *Memahami APBD dan Permasalahannya (Panduan Pengelolaan Keuangan Daerah)*. Bayumedia Publishing. Surabaya.

Zadeh, L. A., (1965), "Fuzzy Sets". *Information Control*, Vol. 8. Universitas California. Barkeley.



## DAFTAR PUSTAKA

- Azadeh, A., Saberi, M., Asadzadeh, S.M., Khakestani, M, “A Hybrid Fuzzy Mathematical Programming-Design of Experiment Framework for Improvement of Energy Consumption Estimation With Small Data Sets and Uncertainty: *The Case of USA, Canada, Singapore, Pakistan, and Iran*”, *Journal of Energy*, 2011.( tanggal akses 6 juni 2013)
- Badan Pusat Statistik Kota Solok. 2007. *Produk Domestik Regional Kota Solok 2006*. BPS Solok. Solok.
- Badan Pusat Statistik Kota Solok. 2012. *Produk Domestik Regional Kota Solok 2011*. BPS Solok. Solok.
- Draper, N. dan Smith, H. 1992. *Analisis Regresi Terapan* . Edisi Kedua. Terjemahan Bambang Sumantri. Gramedia. Jakarta.
- Gujarati, N.D. 2004. *Basic Econometrics*. 4<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kutner, M.H., C.J. Nachtsheim., dan J. Neter. 2004. *Applied Linear Regression Models*. 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C. dan McGee V. E.. 1998. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi Kedua. Alih Bahasa: Untung Sus A. dan Abdul Basith. Erlangga. Jakarta
- Sembiring, R.K. 2003. *Analisis Regresi*. Edisi Kedua. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Shapiro, A.F. 2005. *Fuzzy Regression Models*. Article of Penn State University.



Tanaka, H., Uejima, S. and Asai, K. 1982. *Linear Regression Analysis with Fuzzy Model*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics.

Yuwono, S. 2008. *Memahami APBD dan Permasalahannya (Panduan Pengelolaan Keuangan Daerah)*. Bayumedia Publishing. Surabaya.

Zadeh, L. A., (1965), "Fuzzy Sets". *Information Control*, Vol. 8. Universitas California. Barkeley.



**Lampiran 1.**

Data PAD, PDRB, dan Jumlah Tenaga Kerja Kota  
Solok tahun 2003 sampai dengan 2013

| tahun | Data           |                            |             |
|-------|----------------|----------------------------|-------------|
|       | PDRB ( $X_1$ ) | jml.tenaga kerja ( $X_2$ ) | PAD (Y)     |
| 2003  | 1794657.68     | 106.234                    | 27390000.70 |
| 2004  | 1945314.39     | 143.893                    | 27400000.21 |
| 2005  | 2274857.21     | 158.403                    | 14364998.04 |
| 2006  | 2654320.26     | 170.897                    | 16006109.82 |
| 2007  | 3082919.44     | 184.916                    | 18074481.23 |
| 2008  | 3779818.57     | 176.691                    | 23377994.16 |
| 2009  | 4089689.71     | 188.906                    | 25514418.32 |
| 2010  | 4619127.84     | 174.532                    | 26621920.41 |
| 2011  | 5231691.73     | 206.446                    | 30280287.06 |
| 2012  | 5832942.27     | 246.912                    | 40254534.89 |
| 2013  | 6034570.45     | 247.121                    | 41200100.55 |

## Lampiran 2. *Output Software SPSS 16*

### a. Pendugaan Parameter

**ANOVA<sup>a</sup>**

| Model        | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig.              |
|--------------|----------------|----|-------------|-------|-------------------|
| 1 Regression | ,499           | 2  | ,250        | 3,073 | ,102 <sup>b</sup> |
| Residual     | ,650           | 8  | ,081        |       |                   |
| Total        | 1,150          | 10 |             |       |                   |

a. Dependent Variable: lnY

b. Predictors: (Constant), lnX2, lnX1

**Coefficients<sup>a</sup>**

| Model |            | Unstandardized Coefficients |            | Standardized Coefficients | t     | Sig. | Collinearity Statistics |       |
|-------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|-------------------------|-------|
|       |            | B                           | Std. Error | Beta                      |       |      | Tolerance               | VIF   |
| 1     | (Constant) | 8,035                       | 3,681      |                           | 2,183 | ,061 |                         |       |
|       | lnX1       | ,885                        | ,476       | 1,136                     | 1,859 | ,100 | ,189                    | 5,281 |
|       | lnX2       | -,834                       | ,869       | -,587                     | -,960 | ,365 | ,189                    | 5,281 |

a. Dependent Variable: lnY

### b. Uji Normalitas

#### ➔ NPar Tests

[DataSet1] E:\New Folder\PROYEK.sav

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

|                                  |                | Unstandardized Residual |
|----------------------------------|----------------|-------------------------|
| N                                |                | 11                      |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup> | Mean           | 0E-7                    |
|                                  | Std. Deviation | ,25499045               |
| Most Extreme Differences         | Absolute       | ,219                    |
|                                  | Positive       | ,219                    |
|                                  | Negative       | -,189                   |
| Kolmogorov-Smirnov Z             |                | ,726                    |
| Asymp. Sig. (2-tailed)           |                | ,667                    |

a. Test distribution is Normal.

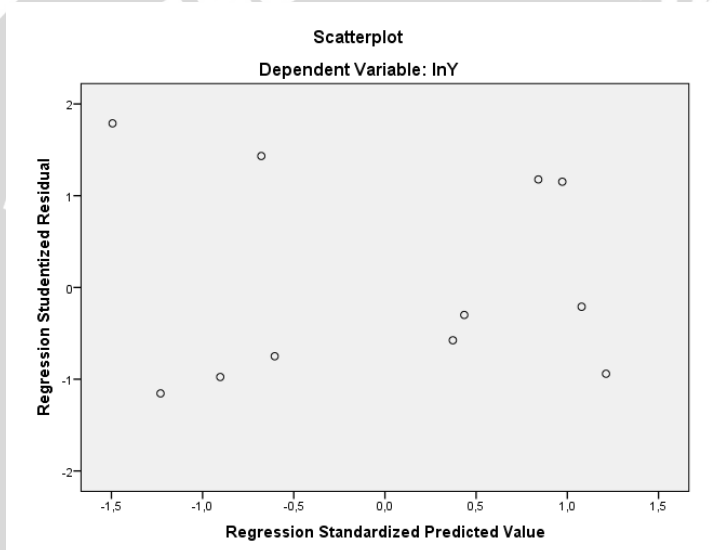
b. Calculated from data.

### c. Uji Multikolinieritas

| Coefficients <sup>a</sup> |            |                             |            |                           |       |      |                         |       |
|---------------------------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|-------------------------|-------|
| Model                     |            | Unstandardized Coefficients |            | Standardized Coefficients | t     | Sig. | Collinearity Statistics |       |
|                           |            | B                           | Std. Error | Beta                      |       |      | Tolerance               | VIF   |
| 1                         | (Constant) | 8,035                       | 3,681      |                           | 2,183 | ,061 |                         |       |
|                           | lnX1       | ,885                        | ,476       | 1,136                     | 1,859 | ,100 | ,189                    | 5,281 |
|                           | lnX2       | -,834                       | ,869       | -,587                     | -,960 | ,365 | ,189                    | 5,281 |

a. Dependent Variable: lnY

### d. Asumsi Homoskedastisitas



### e. Asumsi Non Autokorelasi

| Model Summary <sup>b</sup> |                   |          |                   |                            |               |
|----------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|---------------|
| Model                      | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate | Durbin-Watson |
| 1                          | ,659 <sup>a</sup> | ,434     | ,293              | ,28509                     | 1,073         |

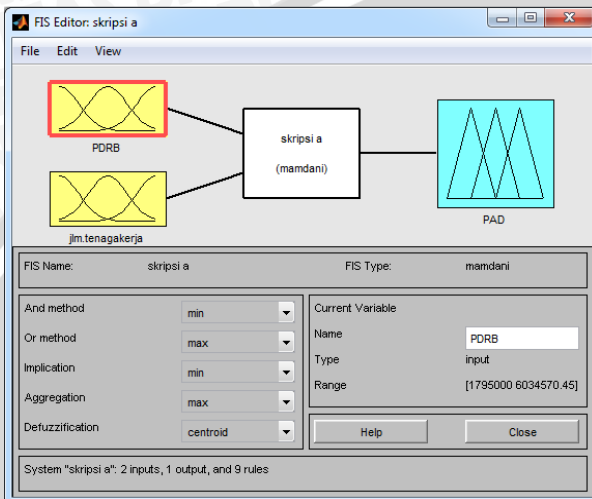
a. Predictors: (Constant), lnX2, lnX1

b. Dependent Variable: lnY

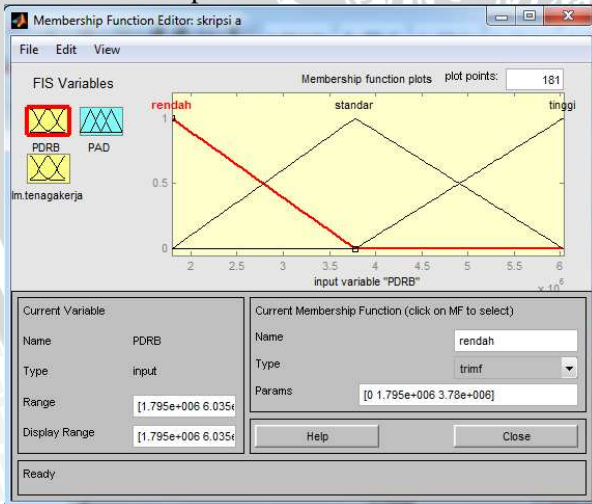
### Lampiran 3.

Tahapan Analisis FLR dengan tiga linguistik dengan menggunakan *software* Matlab 10a.

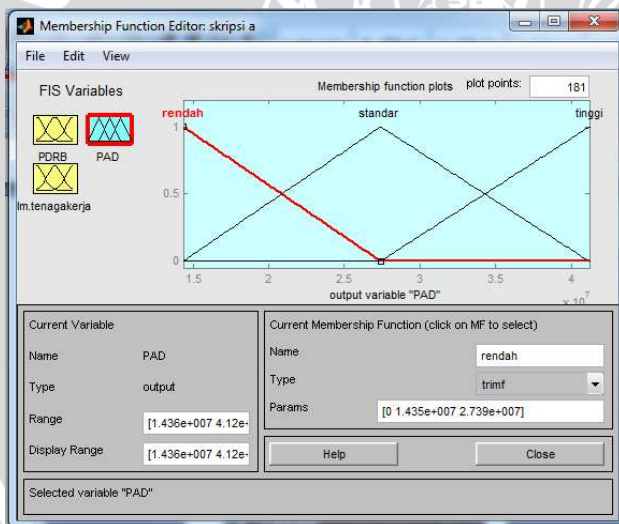
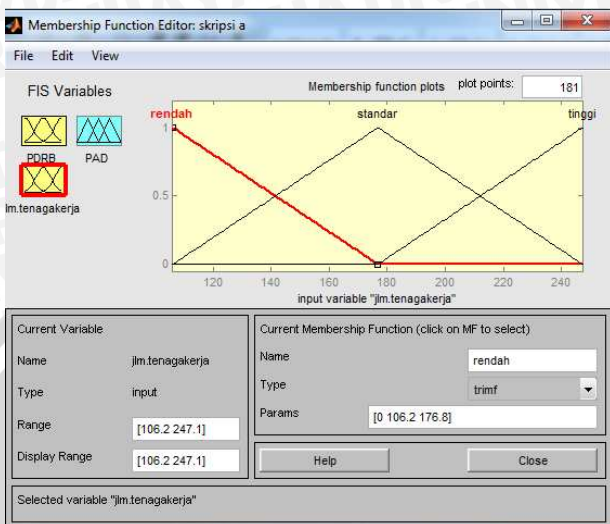
#### a. Fis Editor



#### b. Membership Function Editor







### c. Rule Editor

The Rule Editor window displays a list of 9 rules. Rule 1 is highlighted:

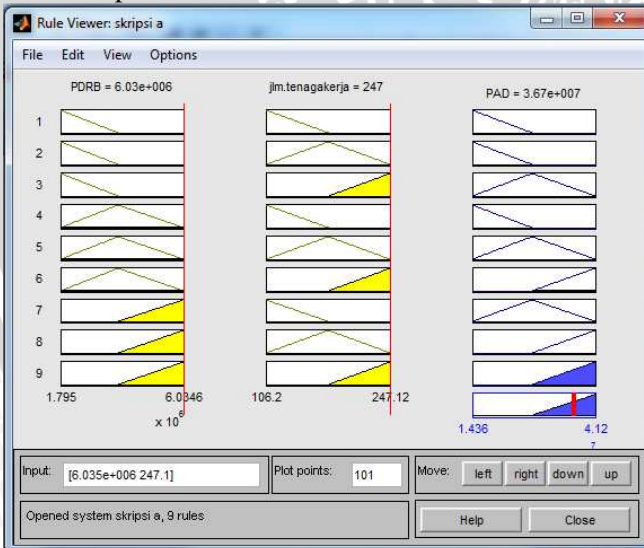
```
1. If (PDRB is rendah) and (jlm.tenagakerja is rendah) then (PAD is rendah) (1)
```

Below the rules list, the rule editor interface shows:

- If:** PDRB is **rendah** and jlm.tenagakerja is **rendah**
- Then:** PAD is **rendah**
- Connection:** ☒ and
- Weight:** 1

Buttons at the bottom include: Delete rule, Add rule, Change rule, Help, and Close.

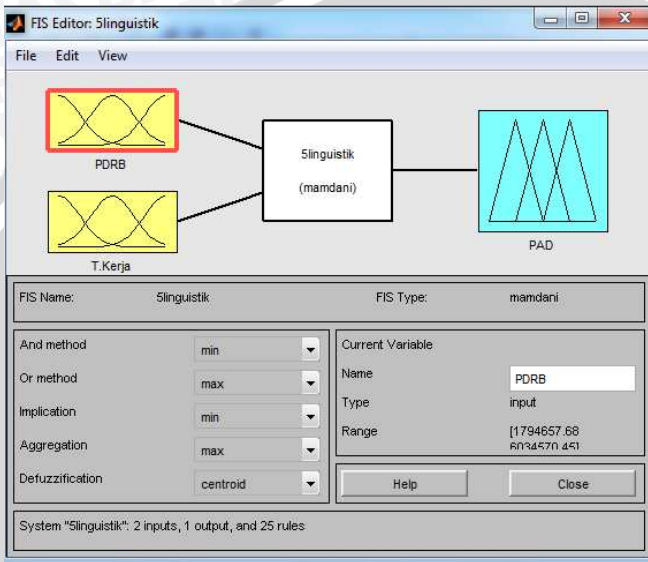
### d. Komposisi Aturan Metode MAX



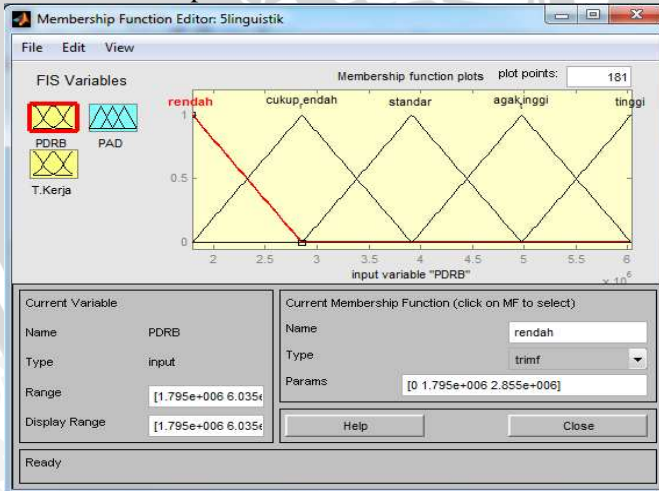
## Lampiran 4.

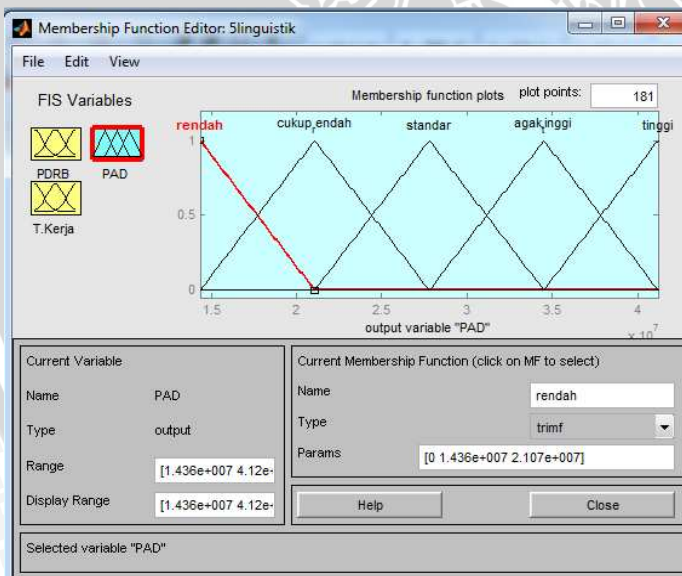
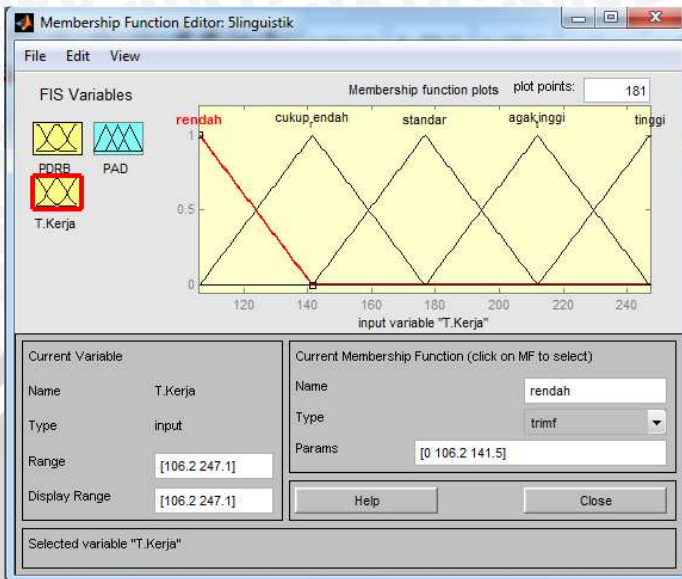
Tahapan Analisis FLR dengan lima linguistik dengan menggunakan *software* Matlab 10a.

### a. Fis Editor

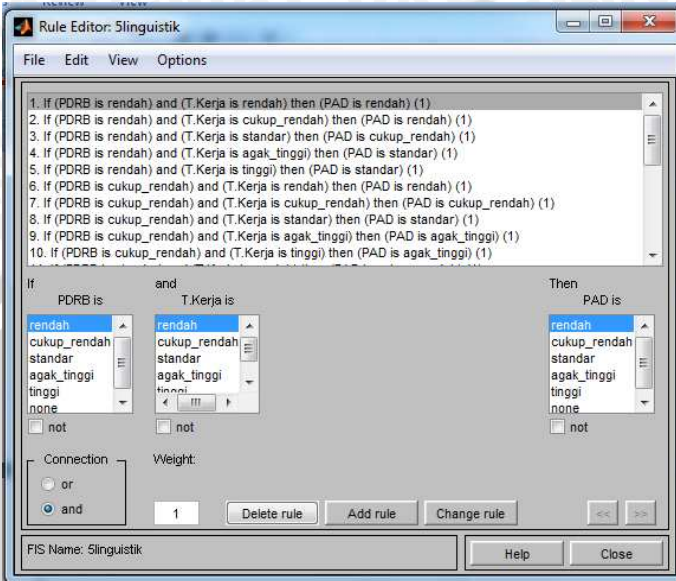


### b. Membership Function Editor

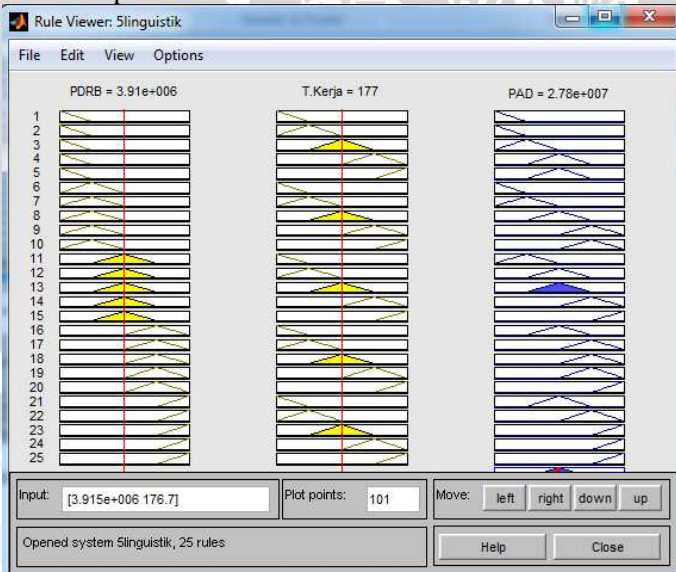




### c. Rule Editor



### d. Komposisi Aturan Metode MAX



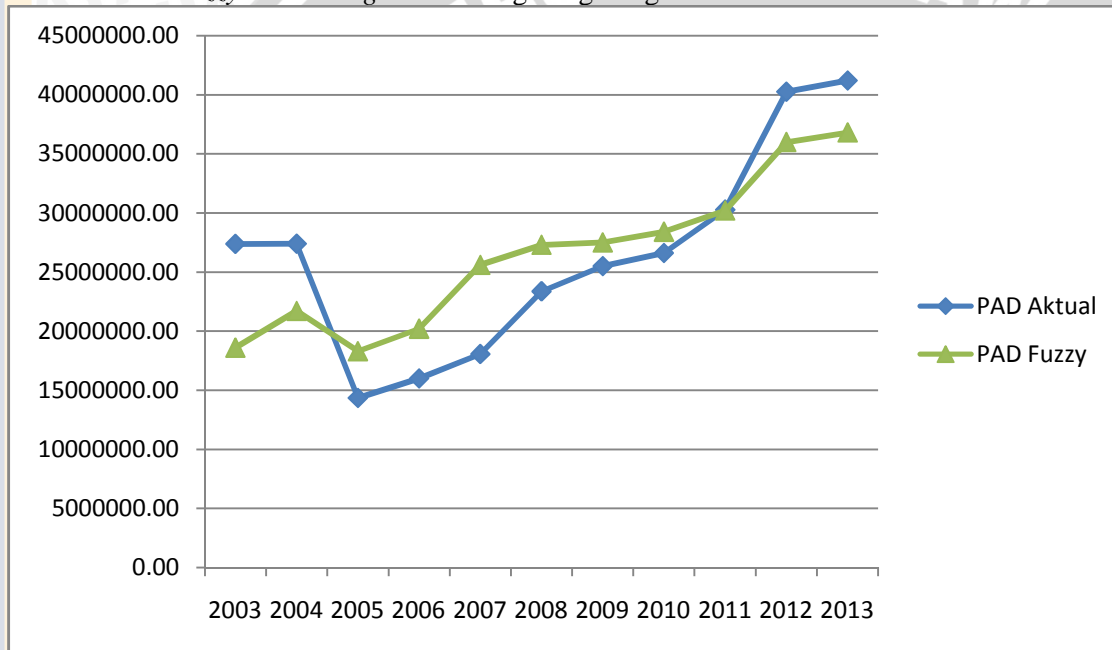


**Lampiran 5.** Hasil *Fuzzy Linear Regression* dengan tiga linguistik.

a. Hasil *Fuzzy Linear Regression* dengan tiga linguistik.

| tahun      | Data       |                  |             | $\hat{Y}$        | error fuzzy |
|------------|------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|            | PDRB       | jml.tenaga kerja | PAD         |                  |             |
| 2003       | 1794657.68 | 106.234          | 27390000.70 | 18600000.00      | 0.320920061 |
| 2004       | 1945314.39 | 143.893          | 27400000.21 | 21700000.00      | 0.208029203 |
| 2005       | 2274857.21 | 158.403          | 14364998.04 | 19300000.00      | 0.273929864 |
| 2006       | 2654320.26 | 170.897          | 16006109.82 | 21200000.00      | 0.262018081 |
| 2007       | 3082919.44 | 184.916          | 18074481.23 | 25600000.00      | 0.416361536 |
| 2008       | 3779818.57 | 176.691          | 23377994.16 | 27300000.00      | 0.167764857 |
| 2009       | 4089689.71 | 188.906          | 25514418.32 | 27500000.00      | 0.077821946 |
| 2010       | 4619127.84 | 174.532          | 26621920.41 | 28400000.00      | 0.066790057 |
| 2011       | 5231691.73 | 206.446          | 30280287.06 | 30200000.00      | 0.002651463 |
| 2012       | 5832942.27 | 246.912          | 40254534.89 | 36000000.00      | 0.105690822 |
| 2013       | 6034570.45 | 247.121          | 41200100.55 | 36800000.00      | 0.106798296 |
| MAPE FUZZY | 19%        | $R^2$ FUZZY      | 0.73        | $S_{y.xk}$ FUZZY | 5654506.843 |

b. Grafik  $\hat{Y}$  Fuzzy Linear Regression dengan tiga linguistik dan Y aktual

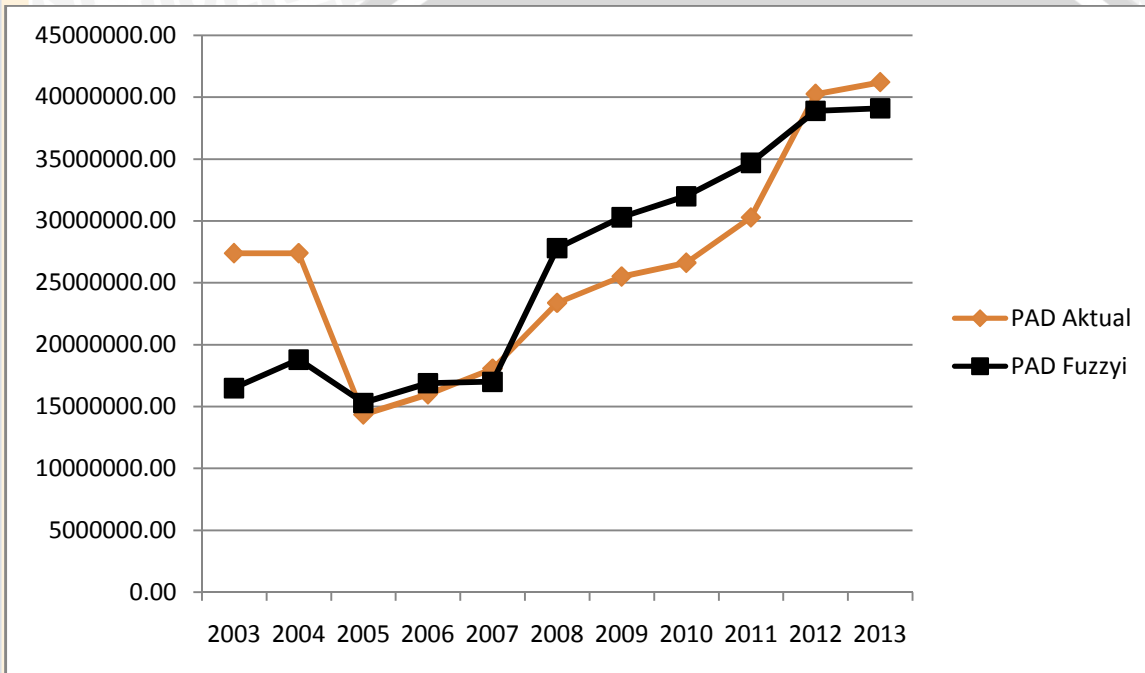
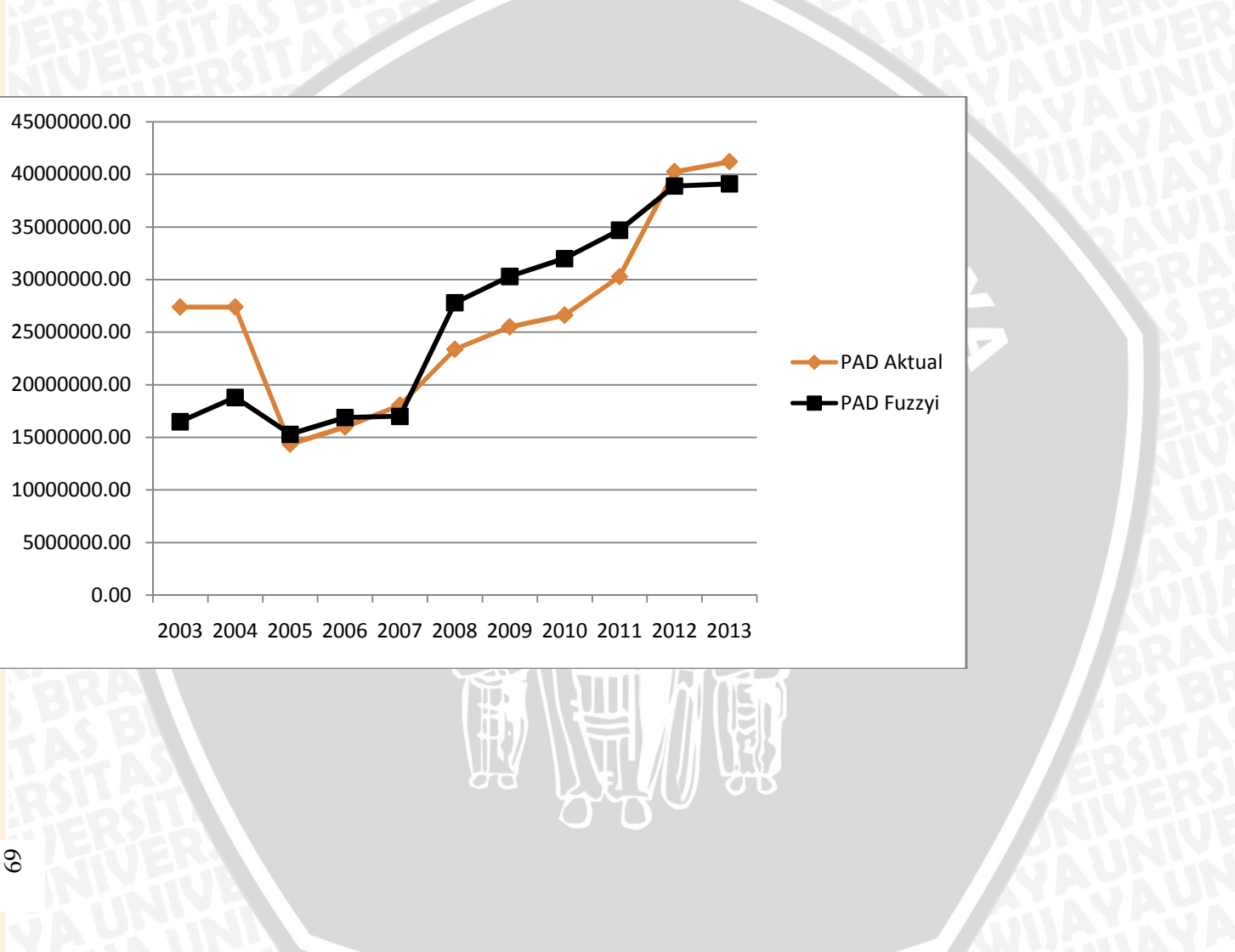


**Lampiran 6.** Hasil *Fuzzy Linear Regression* dengan lima linguistik.

a. Hasil *Fuzzy Linear Regression* dengan lima linguistik.

| tahun      | Data       |                      |             | $\hat{Y}$               | error fuzzy |
|------------|------------|----------------------|-------------|-------------------------|-------------|
|            | PDRB       | jml.tenaga kerja     | PAD         |                         |             |
| 2003       | 1794657.68 | 106.234              | 27390000.70 | 16500000                | 0.397590377 |
| 2004       | 1945314.39 | 143.893              | 27400000.21 | 18800000                | 0.313868618 |
| 2005       | 2274857.21 | 158.403              | 14364998.04 | 15300000                | 0.065088903 |
| 2006       | 2654320.26 | 170.897              | 16006109.82 | 16890000                | 0.055222049 |
| 2007       | 3082919.44 | 184.916              | 18074481.23 | 17000000                | 0.059447417 |
| 2008       | 3779818.57 | 176.691              | 23377994.16 | 27800000                | 0.189152491 |
| 2009       | 4089689.71 | 188.906              | 25514418.32 | 30300000                | 0.187563817 |
| 2010       | 4619127.84 | 174.532              | 26621920.41 | 32000000                | 0.202016966 |
| 2011       | 5231691.73 | 206.446              | 30280287.06 | 34700000                | 0.145960074 |
| 2012       | 5832942.27 | 246.912              | 40254534.89 | 38900000                | 0.03364925  |
| 2013       | 6034570.45 | 247.121              | 41200100.55 | 39100000                | 0.05097319  |
| MAPE FUZZY | 15%        | R <sup>2</sup> FUZZY | 0.94        | S <sub>y,xk</sub> FUZZY | 5601080.176 |

b. Grafik  $\hat{Y}$  *Fuzzy Linear Regression* dengan lima linguistik dan Y actual



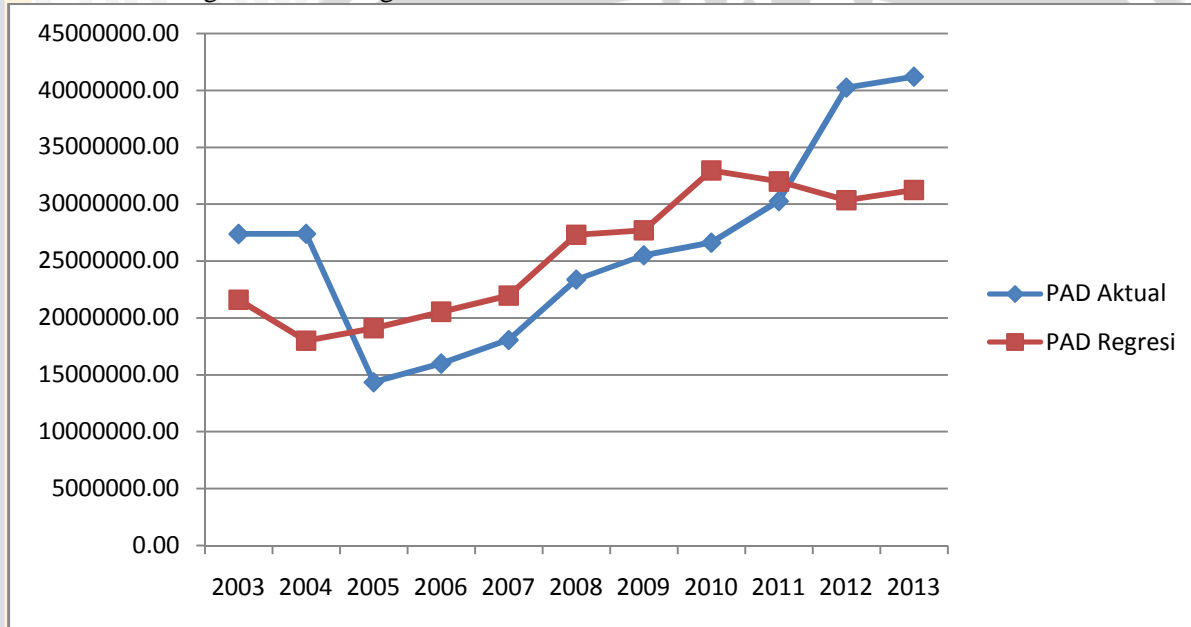
## Lampiran 7. Hasil Regresi Linier Berganda

### a. Hasil Regresi Linier Berganda

| tahun      | Data       |                        |             | y Regresi                 | error regresi |
|------------|------------|------------------------|-------------|---------------------------|---------------|
|            | PDRB       | jml.tenaga kerja       | PAD         |                           |               |
| 2003       | 1794657.68 | 106.234                | 27390000.70 | 21598625.28               | 0.211441229   |
| 2004       | 1945314.39 | 143.893                | 27400000.21 | 18000334.62               | 0.343053486   |
| 2005       | 2274857.21 | 158.403                | 14364998.04 | 19092284.61               | 0.329083691   |
| 2006       | 2654320.26 | 170.897                | 16006109.82 | 20542548.92               | 0.283419216   |
| 2007       | 3082919.44 | 184.916                | 18074481.23 | 21959930.59               | 0.21496879    |
| 2008       | 3779818.57 | 176.691                | 23377994.16 | 27317510.78               | 0.168513885   |
| 2009       | 4089689.71 | 188.906                | 25514418.32 | 27702130.6                | 0.085744156   |
| 2010       | 4619127.84 | 174.532                | 26621920.41 | 32958538.23               | 0.238022566   |
| 2011       | 5231691.73 | 206.446                | 30280287.06 | 31989382.96               | 0.056442526   |
| 2012       | 5832942.27 | 246.912                | 40254534.89 | 30337973.29               | 0.246346446   |
| 2013       | 6034570.45 | 247.121                | 41200100.55 | 31242195.23               | 0.241696141   |
| MAPE FUZZY | 22%        | R <sup>2</sup> REGRESI | 0.45        | S <sub>y.xk</sub> REGRESI | 6998370.127   |



b. Grafik  $\hat{Y}$  Regresi linier Berganda dan Y aktual



## Lampiran 8. Perhitungan

Berdasarkan data penelitian, dapat diketahui pada tahun 2013 PDRB ( $X_1$ ) Kota Solok sebanyak 6034570.45 (jutaan rupiah), dan jumlah tenaga kerja ( $X_2$ ) Kota Solok pada tahun 2013 sebanyak 247.121 (ribu jiwa). Dengan sistem inferensi Mamdani akan diprediksi besarnya nilai PAD (Y) pada tahun tersebut.

### a. Pembentukan Fungsi Keanggotaan Variabel

- Himpunan keanggotaan PDRB

$$\mu_{PDRB_{Tinggi}} = \frac{6034570.45 - 3779818.57}{2053123.7} = 1$$

$$\mu_{PDRB_{Standar}} = \frac{6034570.45 - 6034570.45}{2053123.7} = 0$$

- Himpunan keanggotaan Jumlah tenaga kerja

$$\mu_{T.Krj_{Tinggi}} = \frac{247.121 - 176.691}{70.45} = 0.9$$

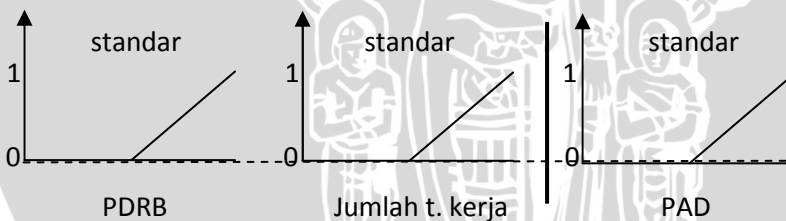
$$\mu_{T.Krj_{Standar}} = \frac{247.121 - 247.121}{70.45} = 0$$

### b. Aplikasi fungsi implikasi

[R5] if (PDRB is standar) and (Jumlah t.kerja is standar) then (PAD is standar)

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min(\mu_{PDRB_{standar}} ; \mu_{Jumlah\ t.kerja_{standar}})$$

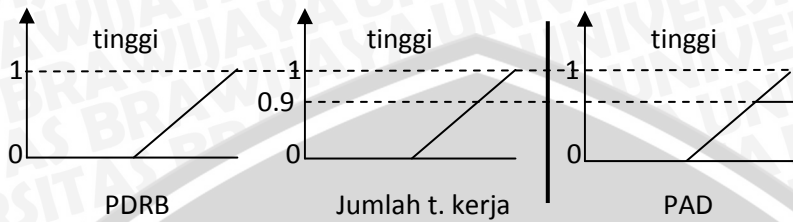
$$= \min(0 ; 0) = 0$$



[R9] if (PDRB is standar) and (Jumlah t.kerja is standar) then (PAD is standar)

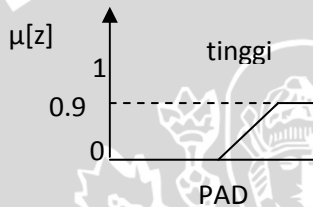
$$\alpha\text{-predikat}_2 = \min(\mu_{PDRB_{tinggi}} ; \mu_{Jumlah\ t.kerja_{tinggi}})$$

$$= \min(1 ; 0.9) = 0.9$$

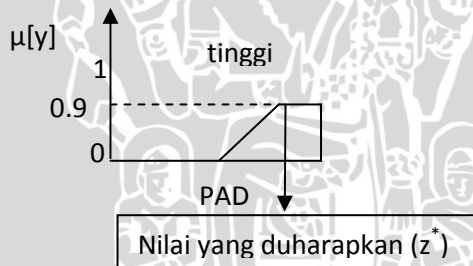


c. Komposisi antar aturan

Dari hasil aplikasi fungsi implikasi dari setiap aturan, digunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan. Hasilnya seperti gambar daerah hasil komposisi.



d. Pembentukan Defuzzifikasi



$$z^* = \frac{\int_a^b \mu_A(x) x dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx} = 36800000.00$$

Dari hasil perhitungan didapat hasil prediksi nilai PAD pada tahun 2013 sebesar 36800000.00 (jutaan rupiah).