



**IMPLEMENTASI METODE AVERAGE BASED
FUZZY TIME SERIES UNTUK PERAMALAN
PRODUKSI PADI DI KABUPATEN GROBOGAN**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer**

Oleh
Siti Nurjanah
NIM.5302414043

**PENDIDIKAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Siti Nurjanah
NIM : 5302414043
Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer
Judul Skripsi : Implementasi Metode *Average Based Fuzzy Time Series*
untuk Peramalan Produksi Padi di Kabupaten Grobogan

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 26 November 2018
Pembimbing,



Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T
NIP.196605051998022001

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Implementasi Metode Average Based Fuzzy Time Series untuk Peramalan Produksi Padi di Kabupaten Grobogan” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 27 Desember 2018.

Oleh:

Nama : Siti Nurjanah

NIM : 5302414043

Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer

Panitia:

Ketua Panitia

Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T.,M.T.
NIP.197805312005011002

Sekretaris

Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T.IPM
NIP.196605051998022001

Pengaji I

Dr. H. Noor Hudallah M.T. Anggraini Mulwinda S.T., M.Eng. Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T.IPM
NIP. 196410161989011001 NIP. 197812262005012002 NIP.196605051998022001

Pengaji II

Pengaji III



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi atau tugas akhir ini benar-benar hasil karya sendiri berdasarkan arahan dosen pembimbing, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain terdapat dalam skripsi dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 27 November 2018

Yang membuat pernyataan,



Siti Nurjanah
NIM. 5302414043

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.” (QS. Al-Insyirah : 6-8)
2. Sesungguhnya jika kamu bersyukur, Aku pasti akan menambah nikmat kepadamu, dan jika kamu mengingkari nikmat-Ku, maka sesungguhnya azab-Ku sangat Pedih (Q.S Ibrahim : 7)
3. Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari satu kegagalan ke kegagalan berikutnya tanpa kehilangan semangat. (Winston Chuchill)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orangtua Bapak Ali Mahmudi dan Alamarhumah Ibu Suparmi yang tiada hentinya memberikan dukungan serta doa.
2. Kedua kakakku yang selalu memberikan semangat serta doa.
3. Teman-teman seperjuangan Jurusan Teknik Elektro dan PTIK 2014.

RINGKASAN

Nurjanah, Siti. 2019. **“Implementasi Metode Average Based Fuzzy Time Series untuk Peramalan Produksi Padi di Kabupaten Grobogan”.**. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Pembimbing : Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T.IPM

Kata Kunci : Metode *Average Based Fuzzy Time Series*, Peramalan, Produksi Padi.

Hasil produksi padi di Kabupaten Grobogan mengalami naik turun setiap tahunnya. Jika hasil produksi padi menurun maka dapat menyebabkan persediaan pangan menjadi tidak stabil. Salah satu cara Pemerintah Daerah untuk menentukan kebijakan agar persediaan pangan selalu terpenuhi adalah dengan melakukan peramalan hasil produksi padi di masa yang akan datang. Namun, metode peramalan yang saat ini digunakan masih menghasilkan tingkat *error* yang tinggi. Perlu adanya perbaikan metode ramalan yang saat ini digunakan. Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan metode *Fuzzy Time Series* untuk meramalkan produksi padi Kabupaten Grobogan yang akan datang melalui aplikasi peramalan yang dibangun dengan *software MATLAB*. Dalam penerapannya menggunakan metode *Fuzzy Time Series* untuk peramalan, perhitungan panjang interval telah ditentukan di awal proses perhitungan. Salah satu metode penentuan panjang interval yang efektif adalah metode berbasis rata-rata (*Average Based*).

Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D). Data ramalan yang digunakan adalah data produksi padi per tahun Kabupaten Grobogan dari tahun 1992 hingga 2016. Data dianalisis dan divalidasi keakuratan model peramalannya menggunakan kriteria *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Hasil penelitian menunjukkan perhitungan ramalan dengan metode *Average Based Fuzzy Time Series* menggunakan aplikasi yang telah dibangun terbukti memiliki tingkat *error* lebih rendah dibandingkan dengan peramalan sebelumnya yaitu mampu menurunkan tingkat *error* sebesar 3,145%. Pengujian aplikasi peramalan menggunakan 25 data *time series* menghasilkan peramalan satu tahun ke depan yaitu tahun 2017 produksi padi sebesar 830 ribu ton dengan nilai kesalahan MAPE sebesar 5.44497%. Pada nilai MAPE nilai *errornya* <10%, sehingga dapat dikatakan metode *Average Based Fuzzy Time Series* baik digunakan untuk peramalan khususnya peramalan produksi padi di Kabupaten Grobogan karena mampu menghasilkan peramalan dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia, rahmat, hidayah dan inayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Metode *Average Based Fuzzy Time Series* untuk Peramalan Produksi Padi di Kabupaten Grobogan“ dengan baik dan lancar. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumil akhir, Amin.

Keberhasilan dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini ucapan terima kasih di sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. H. Nur Qudus, M.T. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T. Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T.IPM, selaku pembimbing yang dengan tulus dan penuh kesabaran memberikan bantuan, bimbingan, arahan serta kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Rahmadi Agus Santosa selaku Kepala Badan Pusat Statistik Kabupaten Grobogan, yang telah berkenan memberikan ijin untuk melakukan penelitian.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berguna.
7. Kedua Orang Tua, Bapak Ali Mahmudi dan Almarhumah Ibu Suparmi, terima kasih atas doa, dukungan, motivasi dan semangatnya.
8. Teman-teman seperjuangan, mahasiswa Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer Universitas Negeri Semarang angkatan 2014, yang telah memberikan cerita, berbagi suka dan duka serta bantuan dan

kerjasamanya selama empat tahun dalam bangku perkuliahan hingga terselesaikannya penelitian dan penyusunan skripsi ini.

9. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu atas bantuan dan perhatiannya dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang teknik informatika dan komputer.

Semarang, 26 November 2018



Siti Nurjanah
NIM. 5302414043

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| PERSETUJUAN PEMBIMBING..... | ii |
| PENGESAHAN | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | iv |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN | v |
| RINGKASAN | vi |
| PRAKATA..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 9 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 10 |
| 1.4 Rumusan Masalah | 11 |
| 1.5 Tujuan..... | 12 |
| 1.6 Manfaat..... | 12 |
| 1.7 Penegasan Ilmiah..... | 13 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | 15 |
| 2.1 Kajian Pustaka..... | 15 |
| 2.2 Landasan Teori..... | 18 |
| 2.2.1 Peramalan | 18 |
| 2.2.2 Analisis Runtun Waktu | 22 |
| 2.2.3 <i>Fuzzy</i> | 27 |
| 2.2.3.1 Logika <i>Fuzzy</i> | 27 |
| 2.2.3.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> | 28 |
| 2.2.3.3 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i> | 31 |

| | |
|---|----|
| 2.2.4 <i>Fuzzy Time Series</i> | 36 |
| 2.2.4.1 Definisi <i>Fuzzy Time Series</i> | 36 |
| 2.2.4.2 Peramalan dengan Metode <i>Fuzzy Time Series</i> | 37 |
| 2.2.5 MATLAB | 39 |
| 2.2.5.1 Pengenalan Matlab | 39 |
| 2.2.5.2 Mengenal <i>GUIDE</i> Matlab | 40 |
| 2.2.6 Uji Performa Metode Peramalan | 42 |
| 2.2.7 Kerangka Berpikir | 44 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 45 |
| 3.1 Desain Penelitian..... | 45 |
| 3.2 Prosedur Penelitian dan Pengembangan | 46 |
| 3.3 Teknik Pengumpulan Data..... | 58 |
| 3.4 Teknik Analisis Data..... | 60 |
| 3.4.1 Peramalan Menggunakan Metode <i>Average Based Fuzzy Time Series</i> | 61 |
| 3.4.2 Pengukuran Keakuratan Model Peramalan | 67 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 69 |
| 4.1 Hasil Penelitian | 69 |
| 4.1.1 Pengambilan Data Produksi Padi | 69 |
| 4.1.2 Peramalan Produksi Padi Menggunakan Metode <i>Average Based Fuzzy Time Series</i> | 70 |
| 4.1.3 Hasil Pembuatan Produk | 81 |
| 4.1.4 Peramalan Produksi Padi Menggunakan Aplikasi Peramalan.... | 85 |
| 4.2 Analisis Data | 87 |
| 4.2.1 Uji <i>Black-box</i> | 88 |
| 4.2.2 Uji MAPE..... | 88 |
| 4.2.3 Uji Sistem Oleh Pengguna..... | 90 |
| 4.3 Pembahasan..... | 91 |
| 4.3.1 Kelayakan Sistem Berdasarkan Aspek <i>Functionallity</i> | 91 |
| 4.3.2 Kelayakan Sistem Berdasarkan Uji Sistem/Uji MAPE | 91 |
| BAB V PENUTUP..... | 93 |

| | | |
|-----|----------------------|----|
| 5.1 | Kesimpulan..... | 93 |
| 5.2 | Saran..... | 94 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 95 |
| | LAMPIRAN | 98 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabel 2.1 | Komponen-komponen GUI..... | 41 |
| Tabel 2.2 | Kriteria MAPE | 43 |
| Tabel 3.2 | Basis Interval..... | 63 |
| Tabel 4.1 | Data Aktual Produksi Padi di Kab Grobogan Tahun 1992-2016.... | 70 |
| Tabel 4.2 | Interval dan Himpunan Fuzzy | 75 |
| Tabel 4.3 | Hasil Fuzzifikasi Data Produksi Padi..... | 76 |
| Tabel 4.4 | <i>Fuzzy Logical Relationship</i> (FLR) | 76 |
| Tabel 4.5 | <i>Fuzzy Logical Relationship Group</i> (FLRG)..... | 77 |
| Tabel 4.6 | Hasil Defuzzifikasi dari FLRG | 79 |
| Tabel 4.7 | Defuzzifikasi Hasil Peramalan Data Historis Produksi Padi | 80 |
| Tabel 4.8 | Tingkat <i>Error</i> Ramalan BPS dan Ramalan ABFTS..... | 91 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Data Penjualan Beras per Bulan tahun 2011 dengan Pola Horizontal | 23 |
| Gambar 2.2 | Data Penjualan Seragam Sekolah per Bulan Tahun 2011 dengan Pola Musiman | 24 |
| Gambar 2.3 | Data Penjualan Mobil per Bulan tahun 2000-2008 dengan Pola Siklis | 25 |
| Gambar 2.4 | Data Produk Domestik Bruto per Kapita dengan Pola Trend | 26 |
| Gambar 2.5 | Contoh Himpunan fuzzy untuk Variabel Umur | 30 |
| Gambar 2.6 | Representasi Linier Naik | 32 |
| Gambar 2.7 | Representasi Linier Turun | 32 |
| Gambar 2.8 | Representasi Kurva Segitiga..... | 33 |
| Gambar 2.9 | Representasi Kurva Trapesium..... | 34 |
| Gambar 2.10 | Representasi Kurva Bahu pada Variabel <i>Temperature</i> | 35 |
| Gambar 2.11 | Representasi Kurva S | 35 |
| Gambar 2.12 | Proses Metode <i>Average Based Fuzzy Time Series</i> | 40 |
| Gambar 2.13 | Tampilan <i>Blank GUI MATLAB</i> | 41 |
| Gambar 2.14 | Kerangka Berpikir Penelitian | 44 |
| Gambar 3.1 | Desain Penelitian | 46 |
| Gambar 3.2 | <i>Flowchart</i> Sistem Aplikasi Peramalan Produksi Padi..... | 51 |
| Gambar 3.3 | Diagram Konteks Peramalan..... | 52 |
| Gambar 3.4 | <i>Data Flow Diagram</i> Aplikasi Peramalan | 53 |
| Gambar 3.5 | Desain Halaman GUI_ABOUT | 54 |
| Gambar 3.6 | Desai GUI_PERAMALAN | 54 |
| Gambar 3.7 | Desain GUI_HITUNGAN_ABFTS | 55 |
| Gambar 3.8 | Desain GUI_HELP | 56 |
| Gambar 3.9 | Desain GUI_ABOUT..... | 56 |
| Gambar 3.10 | Blok Diagram Peramalan Produksi Padi | 61 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 3.11 | Diagram Alir Peramalan pada Metode <i>Average Based Fuzzy Time Series</i> | 62 |
| Gambar 3.12 | Diagram Alir Penentuan Panjang Interval Berbasis Rata-rata | 64 |
| Gambar 4.1 | Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy A1</i> | 73 |
| Gambar 4.2 | Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy A2</i> | 74 |
| Gambar 4.3 | Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy A3</i> | 74 |
| Gambar 4.4 | Hasil Aplikasi | 75 |
| Gambar 4.5 | Tampilan GUI_HOME | 82 |
| Gambar 4.6 | Tampilan GUI_PERAMALAN | 83 |
| Gambar 4.7 | Tampilan Input Data..... | 86 |
| Gambar 4.8 | Tampilan GUI_PERAMALAN Setelah Melakukan <i>Input</i> Data . | 86 |
| Gambar 4.9 | Tampilan GUI_PERAMALAN Hasil Peramalan | 87 |
| Gambar 4.10 | Tampilan Proses Perhitungan Peramalan | 87 |
| Gambar 4.11 | Grafik Perbandingan Data Aktual dengan Hasil Peramalan | 89 |
| Gambar 4.12 | Grafik Perbandingan Data Aktual, Ramalan BPS, dan Ramalan ABFTS..... | 90 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|------------------|-----|
| Lampiran 1 | 99 |
| Lampiran 2 | 107 |
| Lampiran 3 | 108 |
| Lampiran 4 | 117 |
| Lampiran 5 | 118 |
| Lampiran 6 | 119 |
| Lampiran 7 | 120 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi (*Oryza Sativa*) merupakan salah satu tanaman pangan yang penting setelah gandum dan jagung. Padi merupakan tanaman pangan yang sangat penting karena merupakan tanaman yang bijinya (beras) menjadi salah satu bahan makanan pokok dan sumber karbohidrat sebagian penduduk dunia terutama Asia sampai sekarang. Menurut Purnamaningsih (2006), di Indonesia beras merupakan komoditas strategis karena beras masih dipandang mempunyai pengaruh besar terhadap kestabilan perekonomian dan politik.

Salah satu provinsi di Indonesia yang banyak membudidayakan tanaman pangan padi sawah dan sebagai salah satu provinsi penyangga pangan nasional adalah Provinsi Jawa Tengah. Pada tahun 2015, total luas panen padi sawah di Provinsi Jawa Tengah mencapai 1.804.556 ha dengan produksi mencapai 11.006.570 ton dan produktivitas rata-rata mencapai 60,99 ku/ha. Provinsi Jawa Tengah terdapat sentra produksi padi yang memiliki luas lahan produksi padi terbesar meliputi Kabupaten Cilacap, Kabupaten Grobogan, Kabupaten Pati, Kabupaten Brebes, Kabupaten Demak dan Kabupaten Sragen (Statistik Tanaman Pangan Jawa Tengah, 2015).

Kabupaten Grobogan merupakan salah satu sentra produksi padi di Provinsi Jawa Tengah. Sektor petanian sudah menjadi salah satu penopang ekonomi bagi masyarakat Kabupaten Grobogan. Ketersediaan beras di Kabupaten Grobogan terus

diperhatikan karena merupakan sumber bahan pangan. Perkembangan hasil produksi tanaman padi lima tahun terakhir di Kabupaten Grobogan yaitu tahun 2011 sebesar 595,538.2 ton, tahun 2012 sebesar 608,749.8 ton, tahun 2013 sebesar 629,076.9 ton, tahun 2014 sebesar 554,586.3 ton dan tahun 2015 sebesar 786,088.4 ton. Produksi padi tahun 2014 dibanding tahun 2013 turun sebesar 74,490 ton, sedangkan produksi padi tahun 2015 dibanding tahun 2014 naik sebesar 231,502.1 ton (BPS Grobogan, 2016).

Perkembangan hasil produksi tanaman padi lima tahun terakhir di Kabupaten Grobogan menjadi fokus karena diketahui bahwa hasil produksi padi di Kabupaten Grobogan mengalami naik turun setiap tahunnya. Semakin bertambahnya penduduk maka kebutuhan akan pangan khususnya beras semakin meningkat. Berdasarkan informasi dari BPS Grobogan, konsumsi beras per kapita masyarakat Kabupaten Grobogan rata-rata sebesar 80.18 kg per kapita per tahun. Jika produksi padi menurun maka dapat menyebabkan persediaan pangan menjadi tidak stabil.

Pemerintah Daerah Kabupaten Grobogan harus mengupayakan permasalahan ini terkait dengan ketahanan pangan. Salah satu cara Pemerintah Daerah dalam menentukan kebijakan untuk memantau kestabilan persediaan pangan dan agar persediaan pangan tersebut selalu terpenuhi adalah dengan melakukan peramalan hasil produksi padi di masa yang akan datang. Menurut Supriyanto *et al.* (2012), angka ramalan produksi padi sangat diperlukan untuk mendukung kebijakan pemerintah dalam penanganan isu pangan. Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Peramalan (*forecasting*) adalah perkiraan mengenai sesuatu yang belum terjadi. Peramalan dilakukan berdasarkan

data yang terdapat selama masa lampau yang dianalisis dengan menggunakan cara-cara dan pendekatan ilmu tertentu (Nugroho, 2007: 46). Baik tidaknya hasil dari suatu penelitian sangat ditentukan oleh ketepatan ramalan yang dibuat. Walaupun demikian perlu diketahui bahwa ramalan selalu ada unsur kesalahannya, sehingga yang perlu diperhatikan adalah usaha untuk memperkecil kesalahan peramalan tersebut (Fahmi et al., 2013: 138).

Hasil produksi padi perlu diramalkan secara akurat, karena hasil ramalan yang akurat sangat penting untuk membuat kebijakan pemerintah. Namun peramalan produksi padi yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Grobogan saat ini masih menghasilkan tingkat *error* yang masih tinggi dan hasil ramalan memiliki selisih yang tinggi dengan data aktual. Hasil ramalan produksi padi oleh BPS Grobogan pada tahun 2013 adalah 613,710.5 ton sedangkan data aktual tahun 2013 yaitu 629,076.6 ton sehingga diketahui *error* ramalan yaitu 2.442648%, kemudian pada tahun 2014 hasil ramalan BPS adalah 633,231.4 ton sedangkan data aktual produksi padi tahun 2014 adalah 554,556.6 ton sehingga *error* ramalan yang didapatkan adalah 14.18079%. Pada tahun 2015 data aktual produksi padi adalah 786,040.0 ton namun data ramalan BPS adalah 632,418.6 sehingga tingkat *error* ramalan adalah 19.54372%. Selanjutnya data ramalan produksi padi pada tahun 2016 adalah 770.831 ton sedangkan data aktual produksi padi adalah 827.509 ton sehingga diketahui tingkat *error* ramalan adalah 6.849% dan tahun 2017 data aktual produksi padi mencapai 848.8775 ton namun hasil ramlan produksi padi yang dihasilkan hanya mencapai 808.8775 ton saja sehingga tingkat *error* ramalannya adalah sebesar 4.712105%.

Dari ramalan BPS tiga tahun terakhir dapat diambil kesimpulan bahwa tingkat *error* hasil ramalan yang digunakan masih tinggi sehingga data ramalan dikatakan belum akurat karena mempunyai selisih perbedaan yang tinggi dengan data aktual. Perlu adanya perbaikan hasil ramalan yang saat ini digunakan, sehingga diharapkan hasil ramalan akan lebih akurat dan tingkat *error* yang didapatkan lebih rendah. Berkaitan dengan keterbatasan kemampuan menemukan data maka perbaikan ramalan yang dimaksud hanya menggunakan data *time series* dengan mengabaikan pengaruh variabel yang mempengaruhi produksi padi. Peramalan produksi padi digunakan sebagai bahan perencanaan/perumusan kebijakan berkaitan dengan ketahanan pangan, sekaligus peramalan ini digunakan sebagai bahan untuk melakukan evaluasi terhadap hasil-hasil pembangunan sektor pertanian, khususnya subsektor tanaman padi (BPS Grobogan, 2016).

Data hasil produksi padi yang digunakan untuk peramalan merupakan data *time series*. Data *time series* merupakan data yang tersusun berdasarkan urutan waktu. Dalam peramalan produksi padi, data yang dipelajari merupakan data historis produksi padi di Kabupaten Grobogan sehingga dari data tersebut didapatkan pola-pola tertentu.

Teknik peramalan terbagi menjadi 2 (dua) kelompok yaitu teknik analisis kualitatif dan teknik analisis kuantitatif. Teknik kualitatif merupakan peramalan berdasarkan pendapat suatu pihak dan datanya tidak bias dipresentasikan secara tegas menjadi suatu angka/nilai. Teknik peramalan tersebut misalnya adalah peramalan pendapat (*judement forecast*). Sebaliknya, teknik peramalan kuantitatif merupakan teknik peramalan yang mendasarkan pada data masa lalu (data historis)

dan dapat dibuat dalam bentuk angka yang biasa disebut sebagai data *time series* (Winarno, 2011: 14).

Data deret waktu (*time series*) merupakan suatu ilmu yang dipergunakan dalam dunia statistik dan pemrosesan sinyal. Deret waktu (*time series*) adalah rangkaian data yang berupa nilai pengamatan yang diukur selama kurun waktu tertentu, berdasarkan waktu dengan interval yang *uniform* sama (Spiegel dan Stephens, 2007). Untuk menemukan pola data yang tepat dalam data deret waktu (*time series*) sehingga dapat digunakan untuk meramalkan kejadian mendatang maka para peneliti mengadopsi metode-metode analisis data deret waktu (*time series analysis*).

Salah satu metode dalam analisis data deret waktu adalah dengan menggunakan sistem peramalan *Fuzzy Time Series*, sistem ini menangkap pola dari data yang telah lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang (Song dan Chissom, 1993a). Proses peramalan dengan menggunakan *Fuzzy Time Series* tidak membutuhkan suatu sistem pembelajaran yang rumit sebagaimana yang ada pada algoritma genetika (*genetic algorithm*) dan jaringan saraf (*neural networks*) sehingga mudah untuk dikembangkan (Robaneli, 2006: 12).

Fuzzy Time Series merupakan salah satu metode *soft computing* yang telah digunakan dan diterapkan dalam analisis data runtun waktu (*time series*). Tujuan utama dari *Fuzzy Time Series* adalah untuk memprediksi data runtun waktu yang dapat digunakan secara luas pada sembarang data *real time* (Hansun, 2012: 79). Maksud dari sembarang data *real time* adalah data bebas dengan menggunakan

waktu yang sesungguhnya berdasarkan fakta, dengan data yang memiliki pola sembarang termasuk data impor (Yuninas, 2018).

Beberapa penelitian telah dilakukan dengan menggunakan *Fuzzy Time Series* antara lain, Song dan Chissom (1993) memperkenalkan metode *Fuzzy Time Series* dengan model waktu invariant (*time invariant*) orde pertama dan model waktu varian untuk meramalkan jumlah pendaftar di Universitas Alabama. Pada metode ini membutuhkan data historis untuk didefinisikan sebagai nilai linguistik. Pada tahun 1996, Chen memperkenalkan metode *Fuzzy Time Series* yang lebih sederhana daripada metode yang diperkenalkan Song dan Chissom untuk meramalkan jumlah pendaftar di Universitas Alabama yaitu dengan hanya mencakup operasi aritmetik sederhana. Kemudian Chen (2000) mengimplementasikan metode *Fuzzy Time Series* untuk memprediksi temperatur dalam suatu daerah berdasarkan data-data temperatur sebelumnya. Setelah itu, rangkaian waktu *fuzzy* telah banyak dipelajari untuk meningkatkan akurasi peramalan. Selanjutnya Huarng (2001) mempresentasikan pendekatan efektif yang dapat menyesuaikan panjang interval untuk mendapatkan akurasi peramalan yang lebih baik.

Penelitian yang dilakukan oleh Jamaludin (2017) dalam jurnal yang berjudul Peramalan Jumlah Pinjaman Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng. Dalam penelitiannya dengan menggunakan 36 data diperoleh nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 16,41%. Kekurangan yang ada dalam penelitian ini adalah dalam penentuan panjang interval yang terbentuk tergantung dari pilihan peneliti, padahal penentuan panjang interval berpengaruh terhadap pembentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR). Menurut Xihao dan Yimin (2008) *Fuzzy Logical*

Relationship (FLR) yang terbentuk akan memberikan pengaruh terhadap hasil perhitungan peramalan. Salah satu pengaruhnya adalah banyaknya jumlah himpunan *fuzzy* yang akan digunakan untuk mengelompokkan data historis penelitian serta keakuratan hasil ramalan dengan data aktual (nyata).

Garg *et al* (2013) dalam jurnal yang berjudul *Fuzzy Time Series Model to Forecast Rice Production*. Dalam penelitiannya menggunakan 20 data historis produksi padi dari tahun 1981 sampai dengan tahun 2000 untuk meramalkan produksi padi pada tahun 2001. Dalam penelitiannya *Mean Square Error (MSE)* dan *Average Forecasting Error Rate (AFER)* yang dihasilkan yaitu 9917,17122 dan 0,34%. Kekurangan dalam penelitian ini adalah penentuan panjang interval ditentukan oleh peneliti yaitu sebanyak 7 interval mengikuti aturan dari Song dan Chissom dalam penelitiannya tahun 1993, padahal penentuan panjang interval berpengaruh terhadap keakuratan hasil ramalan.

Pada metode *Fuzzy Time Series* penentuan panjang interval tidak memiliki rumus dalam perhitungan, interval terbentuk tergantung dari peneliti (Song dan Chissom 1993). Hal tersebut memungkinkan terjadinya perbedaan interval dari masing-masing peneliti meskipun data yang diramalkan sama.

Menurut Xihao dan Yimin (2008), pada peramalan *Fuzzy Time Series* panjang interval telah ditentukan pada awal proses peramalan. Penentuan panjang interval berpengaruh terhadap pembentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR). Sedangkan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) yang terbentuk akan memberikan pengaruh terhadap hasil perhitungan peramalan. Oleh karena itu, penentuan panjang interval harus efektif agar terbentuk *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) yang tepat. Oleh

karena itu, pembentukan *Fuzzy Relationship* haruslah tepat dan sesuai untuk meningkatkan akurasi peramalan. Menurut Huarng (2001) kunci utama dalam penentuan panjang interval yaitu tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil, karena jika interval terlalu besar maka tidak akan terjadi fluktuasi dalam proses perhitungan *Fuzzy Time Series*, dan ketika penentuan panjang interval terlalu kecil maka *Fuzzy Time Series* akan cenderung kurang bermakna karena himpunan yang terbentuk cenderung ke himpunan tegas.

Menurut Huarng (2001) panjang interval yang berbeda pada metode *Fuzzy Time Series* dapat menghasilkan hubungan *fuzzy* yang berbeda dan dapat mempengaruhi hasil peramalan. Salah satu metode penentuan panjang interval yang efektif adalah model *Average Based Fuzzy Time Series* yang diperkenalkan oleh Sun Xihao dan Li Yimin pada tahun 2008. Model *Average Based Fuzzy Time Series* yang diusulkan Xihao dan Yimin (2008) yang menggunakan metode berbasis rata-rata untuk menentukan panjang interval. Sun Xihao dan Li Yimin membandingkan hasil prediksi menggunakan metode *Weighted Fuzzy Time Series*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan metode *Average Based Fuzzy Time Series* memiliki MSE lebih kecil daripada *Weighted Fuzzy Time Series* yaitu 292,3 untuk *Average Based Fuzzy Time Series* dan 436,2 untuk *Weighted Fuzzy Time Series*. Dalam penelitian terbukti bahwa penggunaan metode tersebut menghasilkan ramalan yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Fuzzy Time Series* yang digunakan oleh Chen (1996).

Penelitian yang dilakukan oleh Wiguna dan Muslim (2014) menunjukkan bahwa metode *Average Based Fuzzy Time Series* lebih efektif dan akurat dibandingkan metode *Fuzzy Time Series* standar dalam meramalkan jalan Kodya

Malang. Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan data sampel menunjukkan metode *Average Based Fuzzy Time Series* memiliki MSE 73,39% dan AFER 64,58%.

Metode *Average Based Fuzzy Time Series* mampu mengatasi kelemahan metode peramalan lain diantaranya pada jumlah data minimal yang diperlukan, jangka waktu peramalan yang pendek, harus diterapkannya *zero mean* dan *zero variance* pada pengolahan data serta proses yang tidak efektif pada perhitungan dikarenakan banyak tahap yang harus dilakukan dalam proses peramalan (Wiguna dan Muslim, 2014: 157). Selanjutnya untuk mendukung penerapan metode *Average Based Fuzzy Time Series* dalam peramalan data runtun waktu, maka penulis menggunakan Software Matlab. Perangkat lunak Matlab merupakan alat komputasi yang dapat digunakan dalam mengolah data yang melibatkan vektor dan matriks (Siang, 2005: 151). Matlab merupakan integrasi dari komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam suatu lingkungan yang mudah digunakan, karena pemecahannya dinyatakan dalam notasi matematika biasa.

Berdasarkan penjelasan yang sudah diuraikan pada latar belakang tersebut, maka peneliti berinisiatif melaksanakan penelitian tentang metode *Fuzzy Time Series* dengan penentuan panjang interval berbasis rata-rata (*average based*) yang diperkenalkan oleh Xihao dan Yimin (2008) untuk meramalkan produksi padi di Kabupaten Grobogan dengan menggunakan aplikasi peramalan pada Matlab.

1.2 Identifikasi Masalah

Perkembangan hasil produksi tanaman padi lima tahun terakhir (2011-2015) di Kabupaten Grobogan mengalami naik turun setiap tahunnya. Semakin

bertambahnya penduduk maka kebutuhan akan pangan khususnya beras semakin meningkat. Jika hasil produksi padi menurun maka dapat menyebabkan persediaan pangan menjadi tidak stabil. Pemerintah Daerah Kabupaten Grobogan harus mengupayakan kebijakan agar hasil produksi padi dapat selalu terpenuhi. Salah satu cara menentukan kebijakan untuk memantau kestabilan produksi padi secara berkala diperlukan adanya prediksi di masa yang akan datang. Namun metode peramalan hasil produksi padi yang digunakan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Grobogan saat ini masih menghasilkan tingkat *error* yang masih tinggi dan hasil ramalan yang memiliki selisih banyak dengan data aktual. Perlu adanya perbaikan metode ramalan yang saat ini digunakan, sehingga diharapkan hasil ramalan akan lebih akurat dan tingkat *error* yang didapatkan lebih rendah.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah bertujuan untuk memfokuskan pelaksanaan penelitian, Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Data yang digunakan untuk peramalan berfokus pada data *time series* volume produksi padi Kabupaten Grobogan setiap tahun (ribu ton/tahun) dari tahun 1992 sampai dengan 2016 sebanyak 25 data.
2. Pengaruh beberapa variabel yang mempengaruhi produksi padi dalam hal ini diabaikan dan hanya fokus pada hasil akhir produksi per tahun. Hal ini berkaitan dengan keterbatasan kemampuan peneliti dalam menemukan data.
3. Aplikasi peramalan dibangun untuk perhitungan peramalan hasil produksi padi per tahun Kabupaten Grobogan dan meramalkan hasil produksi padi tahun 2017 yaitu satu tahun berikutnya setelah tahun terakhir data *time series*

yang digunakan untuk ramalan dan dimaksudkan agar data ramalan yang dihasilkan dapat dibandingkan dengan data aktual yang ada.

4. Aplikasi peramalan dibangun untuk membantu perhitungan peramalan hasil produksi padi Kabupaten Grobogan menggunakan metode *Average Based Fuzzy Time Series*.
5. Jumlah data yang diinputkan pada aplikasi peramalan minimal 2 karena pada perhitungan panjang interval berbasis rata-rata menggunakan selisih mutlak (*absolute*) data.
6. Pada perhitungan menggunakan aplikasi, nilai D_1 dan D_2 merupakan bilangan positif konstanta untuk menentukan suatu himpunan semesta dari himpunan data historis. Bilangan positif (real) dimaksudkan untuk mempermudah pembagian interval himpunan semesta U .
7. Untuk mengukur tingkat keakuratan metode peramalan *Average Based Fuzzy Time Series* dilihat berdasarkan parameter *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu:

1. Bagaimana penerapan model peramalan produksi padi dengan metode *Average Based Fuzzy Time Series*?
2. Berapa penurunan tingkat *error* yang didapatkan dengan peramalan produksi padi menggunakan metode *Average Based Fuzzy Time Series* dibandingkan dengan tingkat *error* yang didapatkan dari peramalan yang digunakan BPS Kabupaten Grobogan?

3. Bagaimana keakuratan model peramalan produksi padi dengan metode *Average Based Fuzzy Time Series* berdasarkan kriteria *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)?

1.5 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan model peramalan produksi padi dengan metode *Average Based Fuzzy Time Series*.
2. Mengetahui seberapa besar penurunan tingkat *error* yang didapatkan dengan peramalan produksi padi menggunakan metode *Average Based Fuzzy Time Series* dibandingkan dengan tingkat *error* yang didapatkan dari peramalan yang digunakan BPS Kabupaten Grobogan.
3. Mengetahui keakuratan model peramalan produksi padi dengan metode *Average Based Fuzzy Time Series* berdasarkan kriteria *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

1.6 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi pengembangan ilmu pengetahuan, diharapkan penelitian ini menambah keilmuan dalam peramalan terutama penggunaan metode *Average Based Fuzzy Time Series* dan dapat menjadi bahan referensi dalam melakukan penelitian berikutnya.
2. Bagi BPS Kabupaten Grobogan diharapkan penelitian ini dapat menyempurnakan proses peramalan produksi padi di Kabupaten Grobogan,

sehingga hasil peramalan yang didapat dari algoritma tersebut lebih baik untuk waktu mendatang.

1.7 Penegasan Ilmiah

Berikut dijelaskan beberapa istilah yang berkaitan dengan judul penelitian.

Beberapa istilah tersebut adalah:

1. Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan (*forecasting*) merupakan kegiatan memprediksi nilai-nilai sebuah variabel berdasarkan nilai yang diketahui dari variabel tersebut atau variabel yang berhubungan (Ai, 1999). Peramalan merupakan suatu cara atau teknik guna memperkirakan nilai-nilai sebuah variabel pada masa yang akan datang atau faktor-faktor yang berpengaruh terhadap variabel tersebut (Makridakis *et al.*, 1999: 228).

2. *Time Series*

Time series merupakan data yang terdiri atas satu objek tetapi meliputi beberapa periode waktu misalnya harian, bulanan, mingguan, tahunan dan lain-lain. kita dapat meihat contoh data *time series* pada data harga saham, data ekspor, data nilai tukar (kurs), data produksi dan lain-lain sebagainya (Winarno, 2011: 19).

3. *Fuzzy Set*

Teori *fuzzy set* dikembangkan dan diterapkan secara luas masa dekade ini (Zadeh, 1965). Jika diterjemahkan, “fuzzy” artinya tidak jelas/buram, tidak pasti. Himpunan *fuzzy* adalah cabang dari matematika yang tertua, yang mempelajari proses bilang random: teori probabilitas, statistik

matematik, teori informasi dan lainnya. Penyelesaian masalah dengan himpunan *fuzzy* lebih mudah dari pada dengan menggunakan teori probabilitas (konsep pengukuran).

4. *Fuzzy Time Series*

Fuzzy Time Series merupakan suatu cara atau metode untuk memprediksi data yang menggunakan dasar *fuzzy* itu sendiri. Sistem prediksi atau peramalan dengan *Fuzzy Time Series* ini akan mencari pola-pola dari data yang telah didapat kemudian digunakannya untuk memproyeksikan data baru yang akan datang (Chen, 1996).

5. *Average Based Fuzzy Time Series*

Metode *Average Based Fuzzy Time Series* merupakan pengembangan dari metode *Fuzzy Time Series*. Metode ini mampu meningkatkan hasil ramalan dengan basis aturan *fuzzy* yang diperoleh dari interval berbasis rata-rata dari masing-masing data (Rachmawansah, 2014).

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Berbagai penelitian yang telah dilakukan menjadi tinjauan pustaka dalam penelitian ini, antara lain:

Penelitian pertama oleh Garg *et al* (2013) dalam jurnal yang berjudul “*Fuzzy Time Series Model to Forecast Rice Production*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meramalkan produksi beras. Data *time series* yang digunakan adalah data produktivitas dalam kg per hektar sejumlah 20 data, yaitu dari tahun 1981 sampai dengan tahun 2000 yang diperoleh dari pertanian Universitas G.B. Pant, Patnagar, India. Hasil dari penelitian ini menunjukkan model *Fuzzy Time Series* yang diusulkan dapat digunakan sebagai cara yang akurat untuk estimasi dan prediksi produksi beras dengan MSE 2848.91 dan AFER sebesar 1.177934%. Nilai MSE dan AFER yang didapatkan lebih rendah bila dibandingkan dengan metode *Fuzzy Time Series* oleh Song & Chissom (1993), Chen (1996) dan Singh (2007).

Penelitian kedua oleh Kumar *et al* (2010) yang berjudul ”*Fuzzy Time Series Forecasting Of Wheat Production*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membangun, mengimplementasikan dan menguji model model *Fuzzy Time Series Time Invariant* untuk peramalan, menerapkan model *Fuzzy Time Series Time Invariant* untuk memperkirakan hasil panen gandum, membandingkan dengan berbagai model peramalan dari beberapa jurnal sebelumnya. Data *time series* yang digunakan dari Pertanian G.B. Pant Universitas Pertanian dan Teknologi, Patnagar, India dari tahun 1981 hingga 2002. Hasil pengujian dengan menggunakan metode

Fuzzy Time Series Forecasting Time Invariant dibandingkan dengan metode Song and Chissom (1993) dan Chen (1996) dengan ketiga metode tersebut memberikan perkiraan dengan kesalahan rata-rata (RMSE) 11%, sedangkan MSE metode Chen sebesar 138458, metode yang diusulkan lebih kecil dari semua metode yaitu 135105 dan metode Song and Chissom sebesar 149901.

Penelitian ketiga oleh Jain dan Dashore (2015) dalam jurnal yang berjudul “*Forecasting of Rice Production Using Fuzzy Time Series Representation through E-Commerce Website*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meramalkan produksi padi menggunakan representasi *Fuzzy Time Series* melalui situs web komersil dengan tingkat akurasi perkiraan yang lebih tinggi dibandingkan dengan peramalan menggunakan metode *Time Series* klasik. Data historis yang digunakan untuk peramalan sejumlah 21 data yaitu dari tahun 1981 sampai dengan 2002 yang didapat dari Universitas Pertanian dan Teknologi, India. Tingkat akurasi dari hasil peramalan yang dilakukan dibandingkan menggunakan dua parameter yaitu *Average Forecasting Error Rate* (AFER) atau tingkat kesalahan peramalan dan *Mean Square Error* (MSE). Hasil AFER dan MSE menggunakan metode *Time Series* klasik sebesar 20,83% dan 384987,6 sedangkan hasil AFER dan MSE menggunakan *Fuzzy Time Series* yaitu sebesar 2,29% dan 19198,2381 yang artinya dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* didapatkan tingkat kesalahan peramalan menurun sehingga tingkat akurasi peramalan meningkat.

Penelitian keempat oleh Othman dan Azahari (2016) dalam jurnal yang berjudul “*Deseasonalised Forecasting Model Of Rainfall Distribution Using Fuzzy Time Series*”. Tujuan dari penelitian ini adalah meramalkan distribusi curah hujan

untuk mencegah bencana banjir di masa depan dengan menerapkan metode *fuzzy time series*. Data yang digunakan adalah data *time series* distribusi curah hujan bulanan yang diperoleh dari Departemen Drainase dan Irigasi Perlis (DID) Malaysia sejumlah 168 data mulai dari bulan Januari 2000 hingga Desember 2013. Data dianalisis dan divalidasi menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). Selanjutnya hasil validasi model yang digunakan dibandingkan dengan dua metode sebelumnya yaitu Dani and Dharma's (2013) dan *Single Exponential Smoothing* ($\alpha=0,1$). Hasil dari penelitian ini menunjukkan hasil MSE dan RMSE terkecil dibandingkan dengan dua metode sebelumnya dengan nilai MSE sebesar 47.80 dan RMSE sebesar 6.91 sedangkan untuk model Dani and Sharma (2013) nilai MSE dan RMSE sebesar 129.58 dan 11.38 dan untuk model *Single Exponential Smoothing* nilai MSE dan RMSE sebesar 10.006.3 dan 11.38. Dengan demikian hasil menunjukkan bahwa model ini lebih efektif dan akurat dibandingkan dengan model lain untuk memperkirakan distribusi curah hujan di Malaysia.

Penelitian kelima oleh Hansun (2013) dalam jurnal yang berjudul “*Jakarta Stock Exchange (JKSE) Forecasting using Fuzzy Time Series*”. Tujuan dalam penelitian yang dilakukan adalah untuk mengimplementasikan *fuzzy time series* sebagai metode peramalan dalam Indeks Bursa Efek Jakarta (JKSE) yang merupakan salah satu indikator perubahan harga saham di Indonesia. Pendekatan *fuzzy time series* yang digunakan adalah pendekatan yang pernah dilakukan oleh Stevenson dan Porter. Jumlah data yang digunakan sejumlah 50 data JKSE yang diambil setiap minggu dari 13 Agustus 2012 hingga 29 Juli 2013. Jumlah interval

yang digunakan sebanyak 17 dan untuk menghitung akurasi dan kecocokan data dari metode yang digunakan menggunakan kriteria *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil dari penelitian ini menghasilkan kesalahan nilai MSE sebesar 65,469 dan MAPE sebesar 0.1174.

Penelitian keenam oleh Djafar *et al* (2017) dalam jurnal yang berjudul “Peramalan Produksi Padi di Sulawesi Tenggara Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meramalkan jumlah produksi padi tahun di Sulawesi Tenggara tahun 2015. Data yang digunakan yaitu data jumlah produksi padi per tahun sejumlah 41 data yaitu data dari tahun 1974 sampai dengan 2014. Jumlah interval yang digunakan adalah 7 dan panjang interval adalah 0.09 didapatkan menggunakan rumus aturan Sturges. Hasil dari penelitian ini dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*. Peramalan produksi padi tahun 2015 menggunakan metode *Fuzzy Time series* adalah sebanyak 657.768,25191 ton, artinya lebih akurat dibandingkan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* yang menghasilkan ramalan tahun 2015 sebanyak 670935.055 ton. Nilai produksi padi sebenarnya pada tahun 2015 yaitu 660720 ton sehingga terdapat selisih peramalan sebesar 2951.74809 ton. Penelitian ini menghasilkan nilai MAPE sebesar 5,51% dengan toleransi kesalahan sebesar 10%.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Peramalan

Peramalan muncul karena adanya waktu senjang (*timelag*) antara kesadaran akan peristiwa atau kebutuhan mendatang dengan peristiwa itu. Adanya waktu

tenggang (*leadtime*) merupakan alasan utama dilakukan kegiatan perencanaan dan peramalan. Peramalan merupakan bagian yang tak terpisah dari kegiatan pengambilan keputusan manajemen (Hendikawati, 2015: 1). Peramalan (*forecasting*) merupakan kegiatan memprediksi nilai-nilai sebuah variabel berdasarkan nilai yang diketahui dari variabel tersebut atau variabel yang berhubungan (Ai, 1999). Peramalan merupakan sesuatu hal yang akan terjadi pada waktu yang akan datang yang dapat didasari oleh data yang ada pada waktu yang sekarang atau waktu lampau. Peramalan memiliki peran penting dalam keputusan untuk waktu yang akan datang seperti prediksi cuaca, perencanaan produksi, penjadwalan staf, maupun dalam hal bisnis, maka dalam hal ini dengan banyaknya suatu bidang memerlukan suatu hasil peramalan yang akurat, sehingga metode peramalan banyak sekali yang sudah dikembangkan (Elfajar *et al.*, 2017). Peramalan merupakan bagian terpenting dalam proses pengambilan keputusan dalam suatu organisasi sehingga peramalan mempengaruhi seluruh bagian dalam organisasi (Makridakis *et al.*, 1995: 4).

Definisi *forecasting* sendiri sebenarnya beragam, berikut beberapa definisi tentang *forecasting* (Santoso, 2009: 7):

1. Perkiraan munculnya sebuah kejadian di masa depan, berdasarkan data yang ada di masa lampau.
2. Proses menganalisis data historis dan data saat ini untuk menentukan trend di masa mendatang.
3. Proses estimasi dalam situasi yang tidak diketahui.
4. Pernyataan yang dibuat tentang masa depan.

5. Penggunaan ilmu dan teknologi untuk memperkirakan situasi di masa depan.
6. Upaya sistematis untuk mengantisipasi kejadian atau kondisi di masa depan.

Dari beberapa definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa *forecasting* berkaitan dengan upaya memperkirakan apa yang terjadi di masa depan, berbasis pada metode ilmiah (ilmu dan teknologi) serta dilakukan secara sistematis. Walaupun demikian, kegiatan *forecasting* tidaklah semata-mata berdasarkan prosedur ilmiah atau terorganisir, karena ada kegiatan *forecasting* yang menggunakan intuisi (perasaan) atau lewat diskusi informal dalam sebuah grup.

Menurut Makridakis et al (1995), berdasarkan jenisnya peramalan dibedakan menjadi dua kategori yaitu:

1. Peramalan kualitatif

Peramalan kualitatif merupakan peramalan yang didasarkan atas pendapat-pendapat para ahli dan datanya tidak dapat direpresentasikan menjadi suatu nilai atau angka. Pendapat-pendapat itu akan menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan sebagai hasil dari peramalan yang telah dilakukan.

Metode kualitatif dibagi menjadi dua kategori yaitu:

- a. Metode Ekspositoris

Dimulai dengan masa lalu dan masa kini sebagai titik awalnya dan bergerak kearah masa depan secara heuristik, seringkali dengan melihat semua kemungkinan yang ada. Metode ini antara lain, kurva-S dan penelitian morfologis.

b. Metode Normatif

Dimulai dengan menetapkan sasaran dan tujuan yang akan datang, kemudian bekerja mundur untuk melihat apakah hal ini dapat dicapai berdasarkan kendala, sumber daya dan teknologi yang tersedia. Metode ini antara lain, matrik keputusan, pohon relevansi (*relevance tree*) dan analisis sistem.

2. Peramalan Kuantitatif

Peramalan kuantitatif merupakan peramalan yang didasarkan pada informasi tentang masa lalu dengan asumsi bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berlanjut pada masa yang akan datang. Data masa lalunya dapat direpresentasikan menjadi suatu nilai atau angka yang sering disebut dengan data *time series*.

Berdasarkan model yang mendasarinya metode peramalan kuantitatif dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis model peramalan yaitu:

a. Model Runtun Waktu (*Time Series*)

Pada model ini, perkiraan masa depan dilakukan berdasarkan nilai masa lalu dari suatu variabel dan/atau kesalahan masa lalu. Tujuan dari metode peramalan runtun waktu (*time series*) seperti itu adalah untuk menentukan pola dalam data deret historis dan mengekstrapolasikan pola dalam data deret historis tersebut ke masa depan.

b. Model Regresi (Kausal)

Pada model ini, mengasumsikan bahwa faktor yang diramalkan menunjukkan suatu hubungan sebab-akibat dengan satu atau lebih

variabel bebas. Metode peramalan kausal meliputi faktor-faktor yang berhubungan dengan variabel yang diprediksi (Hendikawati, 2015). Tujuan dari model kausal adalah menemukan bentuk hubungan sebab-akibat dan menggunakannya untuk meramalkan nilai mendatang dari variabel tak bebas. Keuntungan dalam menggunakan model ini adalah dapat menghasilkan tingkat keberhasilan yang lebih besar dalam pengambilan keputusan yang bijaksana (Ai, 1999).

Peramalan metode kuantitatif dapat diterapkan jika terdapat tiga kondisi berikut (Makridakis *et al.*, 1999: 8) :

1. Tersedia informasi historis data yang akan digunakan.
2. Informasi yang didapatkan dapat diubah bentuknya menjadi bentuk kuantitatif atau dalam bentuk data numerik.
3. Terdapat asumsi bahwa pola data masa lalu akan terulang kembali pada masa– masa yang akan datang.

2.2.2 Analisis Runtun Waktu (*Time Series*)

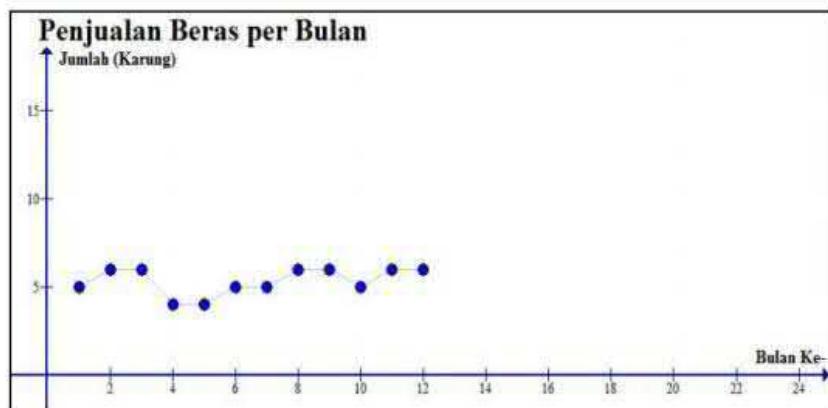
Data runtun waktu (*time series*) merupakan data yang dicatat dan dianalisa dalam waktu yang berurutan. Data runtun waktu dianalisa guna mengetahui pola yang terdapat pada data (Kuncoro, 2007: 129). Analisis runtun waktu merupakan salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilistik keadaan yang akan terjadi di masa yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan untuk sebuah perencanaan tertentu (Hendikawati, 2015: 8).

Data runtun waktu menggunakan pendugaan atau prediksi masa depan didasarkan dengan penggunaan nilai masa lalu dari suatu variabel. Metode ini memiliki tujuan

utama yaitu menemukan pola dalam data runtun waktu dan mengekstrapolasikan pola data tersebut pada masa yang akan datang. Menurut Makridakis *et al* (1999) langkah utama yang harus dilakukan sebelum memilih suatu metode peramalan runtun waktu yang tepat adalah dengan mempertimbangkan bentuk pola data, sehingga dapat ditentukan metode apa yang baik untuk digunakan pada bentuk pola data tersebut. Data hasil ramalan tersebut yang dapat digunakan sebagai pertimbangan atau acuan dalam mengambil suatu keputusan atau membuat perencanaan agar memperoleh hasil optimal.

Secara umum terdapat empat macam pola data *time series* yaitu (Makridakis *et al.*, 1999) :

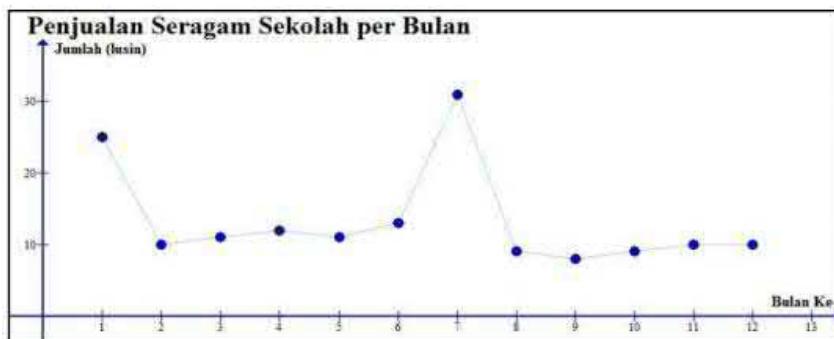
1. Pola Horizontal (H) yaitu pola data yang terjadi jika data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan. Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk ke dalam jenis pola ini. Contoh pola data seperti ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Data Penjualan Beras per Bulan Tahun 2011 dengan Pola Horizontal (H) (*Sumber: Makridakis et al 1999*)

Pola Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa jumlah penjualan beras pada bulan pertama sampai dengan bulan ke-12 tahun 2011 pada suatu unit usaha pengecer beras berfluktuasi pada nilai rata-rata yang sama yaitu lima karung. Pola data yang sama biasanya juga dapat dijumpai pada jenis barang yang bersifat kebutuhan pokok lainnya seperti minyak goreng, telur, gula dan lain sebagainya.

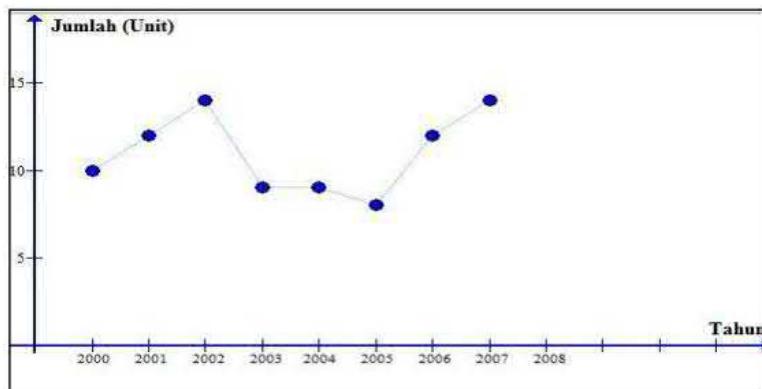
2. Pola Musiman (S) yaitu pola data yang terjadi jika deret data dipengaruhi faktor musiman (misalnya kuartal tahun tertentu, bulanan, atau hari-hari pada minggu tertentu). Penjualan produk misalnya seperti es krim, seragam sekolah, atau pemanas ruangan masuk ke dalam pola data ini. Contoh pola data seperti ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Data Penjualan Seragam Sekolah per Bulan Tahun 2011 dengan Pola Musiman (S) (*Sumber: Makridakis et al 1999*)

Pola Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa jumlah penjualan seragam sekolah pada bulan pertama sampai dengan bulan ke-12 Tahun 2011 pada suatu toko penyedia seragam sekolah dipengaruhi oleh faktor musiman. Pada bulan pertama dan ketujuh dari setiap tahun adalah waktu dimulainya semester baru di sekolah sehingga kebutuhan dan permintaan seragam sekolah lebih meningkat dari bulan-bulan lainnya.

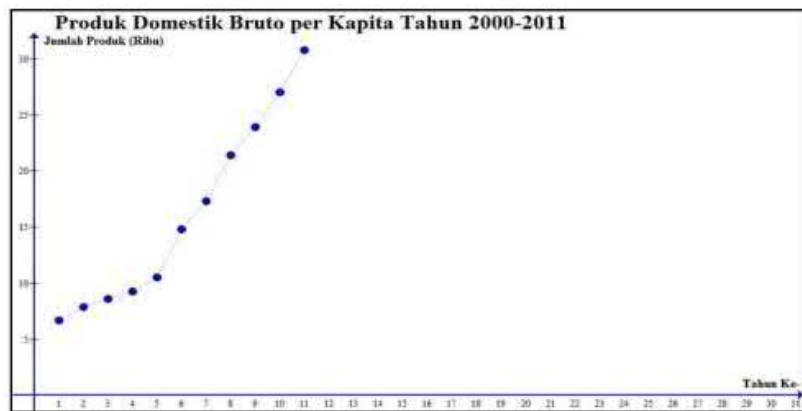
3. Pola Siklis (C) yaitu pola data yang terjadi jika data dipengaruhi fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Penjualan produk seperti mobil dan baja masuk ke dalam pola data ini. Contoh pola data seperti ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Data Penjualan Mobil per Bulan Tahun 2000-2008 pada PT. Jaya Mandiri dengan Pola Siklis (C) (*Sumber: Makridakis et al 1999*)

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa jumlah penjualan mobil PT. Jaya mandiri dipengaruhi faktor ekonomi Indonesia tipa tahunnya. Tahun 2002 dan 2008 merupakan tahun dimana perekonomian masyarakat Indonesia lebih baik dari tahun-tahun lainnya, sehingga penjualan mobil yang merupakan kebutuhan tersier juga ikut meningkat.

4. Pola Data Trend (T) yaitu pola data yang terjadi jika terjadi kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang pada data. Contoh pola data seperti ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Data Produk Domestik Bruto per Kapita dengan Pola Trend (T)

(Sumber: Makridakis et al 1999)

Produk domestik bruto (*Gross Domestic Product*) merupakan jumlah produk berupa barang dan jasa yang dihasilkan oleh unit-unit produksi di dalam batas wilayah suatu negara (domestik) selama satu tahun. Pada Gambar 2.4 dapat dilihat bahwa jumlah penjualan produk domestik bruto Indonesia mengalami kenaikan jangka panjang pada Tahun 2000-2011.

Data penjualan, produksi serta data runtut waktu lainnya mengalami perubahan pola dan mengikuti musim (Mason dan Lind, 1999: 321). Perubahan pola tersebut dipengaruhi keadaan yang terjadi hanya pada waktu-waktu tertentu. Sebagai contoh adalah penjualan barang-barang pokok, pakaian dan segala macam kebutuhan Hari Raya Idul Fitri akan lebih banyak terjadi pada waktu-waktu sebelum dan sesudah Hari Raya Idul Fitri (Kuncoro, 2007: 130).

Tujuan utama dari analisis runtun waktu adalah Hendikawati (2015):

1. Meramalkan kondisi di masa mendatang berdasarkan pengamatan saat sekarang.
2. Mengetahui hubungan antara variabel yang terlibat.
3. Mengetahui adanya proses kontrol.

2.2.3 Fuzzy

2.2.3.1 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*.

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lofti A. Zadeh pada tahun 1965.

Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan (*membership values*) yang nilainya terletak diantara selang [0,1] menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut (Kusumadewi dan Purnomo, 2003: 5).

Menurut Kusumadewi (2002: 3), ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy*, antara lain:

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Karena konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus pelatihan
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

2.2.3.2 Himpunan Fuzzy

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), himpunan *fuzzy* merupakan generalisasi dari himpunan klasik (*crisp*) yang memiliki elemen-elemen dengan derajat keanggotaan yang dibatasi dengan interval [0,1].

Suatu himpunan tegas \tilde{A} dalam semesta U dapat didefinisikan dengan menggunakan suatu fungsi $f_{\tilde{A}}(x): U \rightarrow \{0,1\}$, yang disebut fungsi karakteristik dari himpunan \tilde{A} , di mana untuk setiap $x \in U$

$$f_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 1; & x \in \tilde{A} \\ 0; & x \notin \tilde{A} \end{cases} \quad (2.1)$$

Himpunan *fuzzy* adalah pembagian objek pada suatu kelas dengan rangkaian derajat dari keanggotaan. Seperti suatu kumpulan yang digolongkan dengan fungsi keanggotaan yang mana diberikan untuk setiap objek, derajat ini memiliki *range* antar 0 sampai 1. Konsep *fuzzy set* menyediakan poin yang tepat dari awal untuk membentuk konsep *framework* yang paralel sesuai dengan *framework* yang digunakan dalam kasus *ordinary sets*, tetapi ini lebih umum dan berpotensi, memungkinkan penggunaan dalam jangkaun yang lebih luas, terutama dalam bidang klasifikasi dan pemrosesan informasi. Pada dasarnya *fuzzy set* merupakan *framework* yang menyediakan cara ilmiah yang berhubungan dengan masalah yang berawal dari ketidakpastian karena ketidakaadaan penentuan kriteria dengan tegas dalam keanggotaan kelas.

Misalkan X adalah tempat untuk objek dengan elemen dari X ditunjukkan dengan x , jadi $X=\{x\}$. fuzzy set A pada X merupakan penggolongan dengan fungsi keanggotaan $f_A(x)$ yang terhubung dengan setiap point pada X dengan nilai yang berada pada interval [0,1], dengan nilai $f_A(x)$ pada x menunjukkan derajat

keanggotaan dari x pada A . Ketika A merupakan himpunan biasa, maka fungsi keanggotaannya hanya bernilai dua macam yaitu 0 dan 1, dengan $f_A(x) = 1$ berarti x termasuk kedalam himpunan A , dan $f_A(x) = 0$ berarti x tidak termasuk kedalam himpunan A (Zadeh, 1965).

Ada beberapa cara menuliskan himpunan *fuzzy* yaitu:

1. Cara 1: sebagai himpunan pasangan berurutan

$$A = \{(x_1, \mu_A(x_1)), (x_2, \mu_A(x_2)), \dots, (x_n, \mu_A(x_n))\}$$

2. Cara 2: dinyatakan dengan menyebut fungsi keanggotaan

Cara ini digunakan bila anggota himpunan *fuzzy* bernilai menerus (riil)

3. Cara 3: dengan menuliskan sebagai

$$A = \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \right\} \text{ untuk } x \text{ diskrit}$$

$$A = \left\{ \int_x \frac{\mu_A(x)}{x} \right\} \text{ untuk } x \text{ menerus (continue)}$$

Himpunan *fuzzy* mempunyai dua atribut :

1. Linguistik: penamaan grup yang mewakili kondisi dengan menggunakan bahasa alami. Data yang berbentuk kata atau kalimat dalam bahasa sebenarnya atau bahasa yang dibuat-buat (Zadeh, 1987). Contoh: panas, dingin, tua, muda dsb.

2. Numerik: nilai yang menunjukkan ukuran variabel *fuzzy*

Contoh: 35, 78, 120, 50 dsb.

Contoh himpunan *fuzzy*: misalkan variabel umur dibagi menjadi 3 kategori

Muda: umur < 35 tahun

Paruhbaya: $35 \leq \text{umur} \leq 55$ tahun

Tua: $\text{umur} > 55 \text{ tahun}$

Himpunan *fuzzy* diatas dapat digambarkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Contoh himpunan *fuzzy* untuk variabel umur (*Sumber: Zadeh., 1965*)

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu *fuzzy*.

2. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

3. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

Seperti halnya himpunan semesta pembicaraan, domain merupakan

himpunan bilangan real yang senantiasa bertambah (naik) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa angka bilangan positif maupun negatif (Kusumadewi, 2003).

2.2.3.3 Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

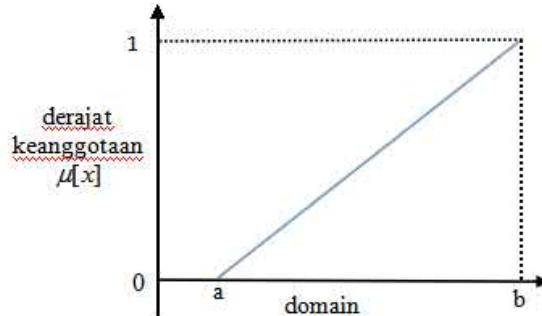
Fungsi keanggotaan *fuzzy* (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Fungsi keanggotaan logika *fuzzy* digunakan untuk menghitung derajat keanggotaan suatu himpunan *fuzzy*. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi (Kusumadewi, 2002: 18). Sedangkan menurut Kusumadewi (2002: 30-38), ada beberapa fungsi yang bisa digunakan, diantaranya sebagai berikut.

1. Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai garis lurus. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linier:

a. Representasi Linier Naik

Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak kekanan menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi. Gambar 2.6 menunjukkan karakteristik representasi linier naik dalam bentuk skema.



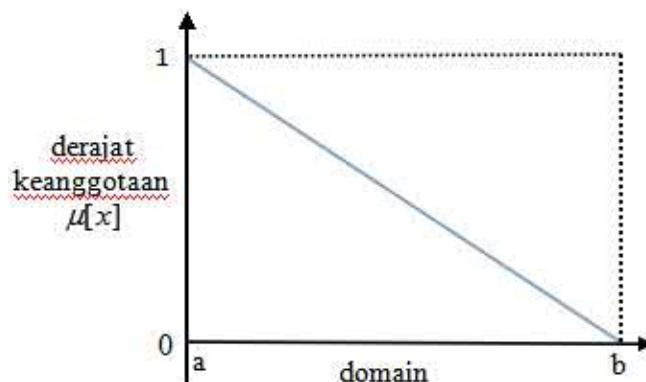
Gambar 2.6 Representasi Linier Naik (*Sumber: Kusumadewi, 2002*)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Representasi Linier Turun

Garis lurus mulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Gambar 2.7 menunjukkan karakteristik representasi linier turun dalam bentuk skema.



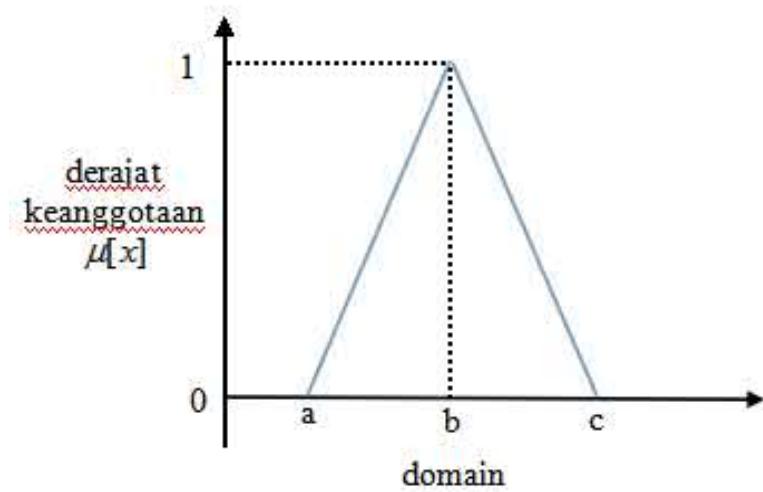
Gambar 2.7 Representasi Linier Turun (*Sumber: Kusumadewi, 2002*)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier). Gambar 2.8 menunjukkan karakteristik representasi kurva segitiga dalam bentuk skema.



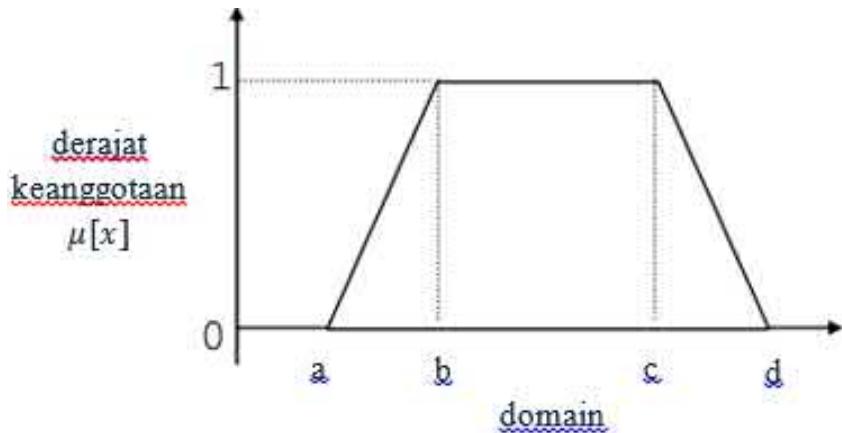
Gambar 2.8 Representasi Kurva Segitiga (*Sumber: Kusumadewi, 2002*)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a, x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.4)$$

3. Representasi Kurva Trapezium

Kurva segitiga pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Gambar 2.9 menunjukkan karakteristik representasi kurva trapezium dalam bentuk skema.



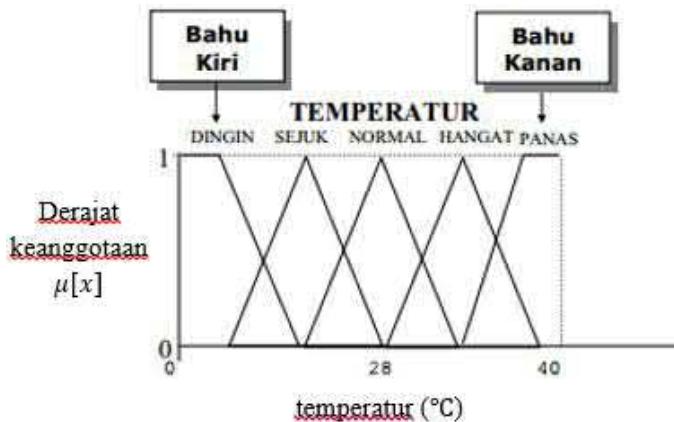
Gambar 2.9 Representasi Kurva Trapesium (*Sumber: Kusumadewi, 2002*)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; a \leq x \leq b \\ 1; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; x \geq d \end{cases} \quad (2.5)$$

4. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Tetapi terkadang salah satu dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Himpunan *fuzzy* ‘bahu’ bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Pada Gambar 2.10 menunjukkan representasi kurva bentuk bahu pada variabel temperatur.

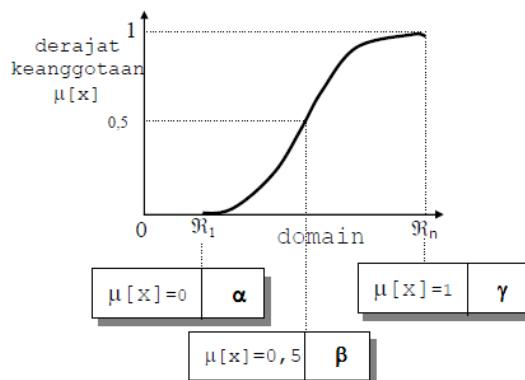


Gambar 2.10 Representasi Kurva Bentuk Bahu pada Variabel Temperatur

(Sumber: Kusumadewi, 2002)

5. Representasi Kurva-S

Kurva-S didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter, yaitu: nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi atau *crossover* (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar. Gambar 2.11 menunjukkan karakteristik kurva-S dalam bentuk skema.



Gambar 2.11 Representasi Kurva-S (Sumber: Kusumadewi, 2002)

Fungsi keanggotaan:

$$s(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0; x \leq \alpha \\ 2 \left(\frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha} \right)^2; \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2 \left(\frac{\gamma-x}{\gamma-\alpha} \right)^2; \beta \leq x \leq \gamma \\ 1; x \geq \gamma \end{cases} \quad (2.6)$$

2.2.4 Fuzzy Time Series

2.2.4.1 Definisi Fuzzy Time Series

Fuzzy Time Series mempunyai kemampuan *reasoning* yaitu kemampuan untuk mempresentasikan permasalahan ke dalam basis pengetahuan, sangat baik untuk memecahkan masalah untuk informasi data yang kurang presisi, tidak lengkap dan memiliki kebenaran parsial. *Fuzzy Time Series* pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993a dengan pemodelan *Fuzzy Time Series* menggunakan relasi *fuzzy* metode Mamdani (Cai *et al.*, 2013). Pemodelan metode ini membutuhkan banyak perhitungan sehingga tidak efektif. Setelah itu Song dan Chissom (1993b) mengembangkan *Fuzzy Time Series* orde satu dengan 2 kondisi yaitu *time-variant* dan *time invariant*. Metode ini tidak jauh berbeda dengan metode sebelumnya, yaitu masih membutuhkan banyak perhitungan seperti pemodelan pada metode sebelumnya.

Pada tahun 1996, Chen menyusun *Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series*. Metode *Fuzzy Time Series* yang diperkenalkan Chen memiliki perbedaan dengan metode peramalan *time series* biasa atau konvensional yaitu terdapat pada data yang digunakan untuk peramalan. Pada metode *Fuzzy Time Series* data yang digunakan adalah berupa *fuzzy set* atau himpunan *fuzzy* dari bilangan-bilangan *real* atas himpunan semesta yang ditentukan. Jadi *Fuzzy Time Series* merupakan metode dengan menggunakan data berupa *fuzzy set* yang berasal dari bilangan *real* atas *Universe of Discourse* pada data aktual. *Universe of Discourse* adalah himpunan semesta dari data penelitian (Chen, 1996). Metode Chen memberikan hasil yang lebih baik namun metode Chen memiliki beberapa

kekurangan yaitu tidak mpedulikan adanya pengulangan relasi dan pembobotan dilakukan dengan memberikan bobot yang sama besar.

2.2.4.2 Peramalan dengan Metode *Fuzzy Time Series*

Definisi dan konsep dasar dari *Fuzzy Time Series* adalah sebagai berikut.

1. Song dan Chissom mendefinisikan *Fuzzy Time Series* berdasarkan pada himpunan *fuzzy*. Misalkan U adalah semesta pembicaraan, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, dan A sebagai himpunan *fuzzy* dalam semesta pembicaraan U didefinisikan sebagai berikut.

$$A = \frac{f_A(u_1)}{u_1} + \frac{f_A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_A(u_m)}{u_m} \quad (2.7)$$

Di mana f_A adalah fungsi keanggotaan dari A , $f_A: U \rightarrow [0,1]$, $f_A(u_i)$ menunjukkan angka dari keanggotaan u_i dalam himpunan *fuzzy* A , $f_A(u_i) \in [0,1]$, dan $1 \leq i \leq m$.

Time series dengan data *fuzzy* disebut *Fuzzy Time Series*. Misalkan $X(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$) anggota bilangan *real*, himpunan *fuzzy* $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$) didefinisikan dalam $X(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$). $F(t)$ merupakan koleksi dari $f_i(t)$ ($i = 1, 2, \dots$). Maka $F(t)$ disebut sebagai *Fuzzy Time Series* dari $X(t)$ ($t = \dots, 0, 1, 2, \dots$). Jika $F(t)$ disebabkan oleh $(t - 1)$, ditunjukkan dengan $F(t - 1) \rightarrow F(t)$, maka relasi ini dinyatakan dengan $F(t) = F(t - 1) \circ R(t, t - 1)$, dimana simbol “ \circ ” menunjukkan operator komposisi *Max-Min*; $R(t, t - 1)$ adalah *Fuzzy Logical Relationship* antara $F(t)$ dan $F(t - 1)$ dan disebut model orde pertama dari $F(t)$.

Misalkan $F(t)$ sebuah *Fuzzy Time Series* dan $R(t, t - 1)$ menjadi model orde pertama dari $F(t)$. Jika $R(t, t - 1) = R(t - 1, t - 2)$ untuk suatu t , maka

$F(t)$ disebut *Fuzzy Time Series* waktu invarian. Jika $R(t, t - 1)$ bergantung pada waktu t , $R(t, t - 1)$ mungkin berbeda dengan $R(t - 1, t - 2)$ untuk suatu t , maka $F(t)$ disebut *Fuzzy Time Series* waktu varian.

2. Jika terdapat relasi *fuzzy* $R(t, t - 1)$ sehingga $F(t) = F(t - 1) \times R(t, t - 1)$ dengan simbol \times adalah suatu operator maka $F(t)$ disebabkan oleh $F(t - 1)$. Relasi antara $F(t)$ dan $F(t - 1)$ dinotasikan dengan $F(t - 1) \rightarrow F(t)$. Misal $F(t - 1) = A_i$ dan $F(t) = A_j$ dan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) antara $F(t - 1)$ dan $F(t)$ adalah $A_i \rightarrow A_j$, maka $F(t - 1) = A_i$ dikenal dengan “sisi kiri” dan $F(t) = A_j$ dikenal dengan “sisi kanan” dari *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) (Chen dan Hsu, 2004: 235).

Relasi dengan himpunan *fuzzy* yang sama pada sisi kiri dapat digrupkan menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Diberikan dua buah *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dengan sisi kiri yang sama, dimana sisi kiri $A_i \rightarrow A_{j1}$, $A_i \rightarrow A_{j2}$. Kedua *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dapat digrupkan menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}$.

Misalkan relasi dinyatakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} A_i &\rightarrow A_{j1} \\ A_i &\rightarrow A_{j2} \\ &\dots \\ A_i &\rightarrow A_{jm} \end{aligned}$$

Maka *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) tersebut dapat digrupkan ke dalam *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) sebagai berikut: (Xihao dan Yimin, 2008: 105)

$$A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jm} \quad (2.8)$$

2.2.5 MATLAB

2.2.5.1 Pengenalan Matlab

Matlab (*Matrix Laboratory*) merupakan bahasa canggih untuk komputasi teknik. Matlab merupakan integrasi dari komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam suatu lingkungan yang mudah digunakan, karena permasalahan dan pemecahannya dinyatakan dalam notasi matematika biasa. Matlab secara umum digunakan untuk:

1. Matematika dan Komputasi;
2. Perkembangan dan Algoritma;
3. Pemodelan, simulasi, dan pembuatan prototipe;
4. Analisis data, eksplorasi, dan visualisasi;
5. Pembuatan aplikasi termasuk pembuatan GUI (*graphical user interface*).

Perangkat lunak Matlab merupakan alat komputasi yang dapat digunakan dalam mengolah data yang melibatkan vektor dan matriks. Pada perangkat lunak matlab terdapat *toolbox* dan beberapa fungsi yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan dalam pengolahan data. Matlab sangat cocok dalam penggunaan jaringan syaraf tiruan karena dalam penggunaan jaringan syaraf tiruan banyak digunakan vektor dan matriks. Menurut Siang (2005: 151) Matlab juga menyediakan fungsi-fungsi khusus untuk menyelesaikan permasalahan dengan model jaringan syaraf tiruan.

Menurut Kusumadewi (2002: 30) agar dapat menggunakan fungsi-fungsi logika *fuzzy* yang ada pada Matlab, maka harus diinstalkan terlebih dahulu logika *fuzzy*. *Fuzzy logic toolbox* memberikan fasilitas *Graphical User Interface* (GUI)

untuk mempermudah dalam membangun suatu sistem *fuzzy*. Ada 5 GUI *tools* yang dapat digunakan untuk membangun, mengedit, dan mengobservasi sistem penalaran *fuzzy* yaitu:

1. *Fuzzy Inference System (FIS) editor*
2. *Membership Function Editor*
3. *Rule Editor*
4. *Rule Viewer*
5. *Surface Wiewer*

2.2.5.2 Mengenal GUIDE Matlab

GUI merupakan tampilan grafis yang memudahkan *user* berinteraksi dengan perintah teks. Dengan GUI, program yang dibuat menjadi lebih *user friendly*, sehingga *user* mudah menjalankan suatu aplikasi program. Untuk membuka lembar kerja GUI dalam MATLAB, dapat menggunakan perintah

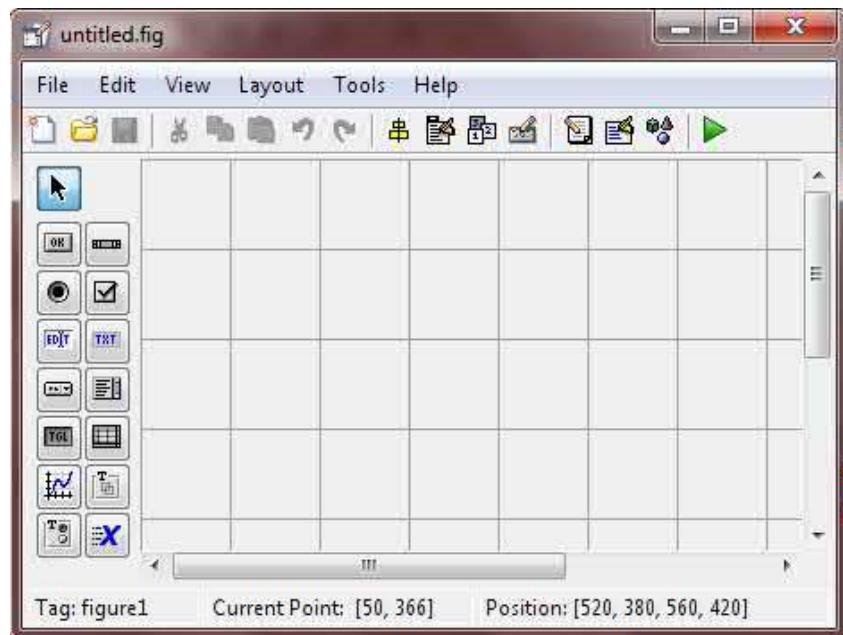
File – New – GUI

atau dengan mengetikkan

`>>guide`

pada *command window* (Paulus dan Nataliani, 2007: 17).

Tampilan *Blank GUI* MATLAB R2016a dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Tampilan Blank GUI MATLAB R2016a

(Sumber: Paulus dan Nataliani, 2007)

Komponen-komponen GUI dijelaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Komponen-komponen GUI

| No. | Gambar | Nama | Fungsi |
|-----|--------|---------------------|---|
| 1 | | <i>Push Button</i> | Tombol yang jika diklik akan menghasilkan suatu tindakan |
| 2 | | <i>Slider</i> | Menerima masukkan berupa angka pada suatu range tertentu dimana pengguna menggeser control pada slider |
| 3 | | <i>Radio Button</i> | Merupakan kontrol yang digunakan untuk memilih satu pilihan dari beberapa pilihan yang ditampilkan |
| 4 | | <i>Check Box</i> | Merupakan kontrol yang digunakan untuk memilih satu atau lebih pilihan dari beberapa pilihan yang ditampilkan |
| 5 | | <i>Edit Text</i> | Merupakan kontrol untuk menginputkan atau memodifikasi teks |
| 6 | | <i>Static Text</i> | Menampilkan beberapa teks; berguna untuk label item atau melaporkan hasil perhitungan. |
| 7 | | <i>Pop Up Menu</i> | Merupakan kontrol yang digunakan untuk membuka tampilan daftar pilihan yang telah |

| | | | |
|----|---|-------------------------|--|
| | | | didefinisikan dengan mengklik tanda panah yang terdapat pada pop up menu |
| 8 |  | <i>List Box</i> | Merupakan kontrol yang digunakan untuk menampilkan semua daftar item. Kemudian pengguna memilih satu diantara item-item yang ada |
| 9 |  | <i>Toggle Button</i> | Hampir sama dengan push button, hanya jika push button diklik, tombol akan kembali ke posisi semula. Sebaliknya, jika toggle button diiklik, tombol tidak akan kembali ke posisi semula kecuali diklik kembali |
| 10 |  | <i>Table</i> | Menampilkan data dalam bentuk Tabel. |
| 11 |  | <i>Axes</i> | Digunakan untuk menampilkan grafik atau Gambar |
| 12 |  | <i>Panel</i> | Merupakan kotak yang digunakan untuk menandai atau mengelompokkan daerah tertentu pada figure. |
| 13 |  | <i>Button Group</i> | Hampir sama dengan panel, tetapi button group lebih digunakan untuk mengelompokkan radio button dan toggle button. |
| 14 |  | <i>Active X control</i> | Memungkinkan penyisipan control ActiveX yang dibuat oleh program lain. |

(Sumber: Paulus dan Nataliani, 2007)

2.2.6 Uji Performa Metode Peramalan

Teknik peramalan tidak selamanya selalu tepat karena teknik peramalan yang digunakan belum tentu sesuai dengan sifat datanya. Oleh karena itu, perlu diadakannya pengawasan peramalan sehingga dapat diketahui sesuai atau tidaknya teknik peramalan yang digunakan (Jumingan, 2009). Dalam banyak situasi peramalan, ketepatan dipandang sebagai kriteria penolakan untuk memilih suatu metode peramalan. Dalam banyak hal, kata ketepatan menunjuk ke *goodness of fit*, yang menunjukkan seberapa jauh model peramalan tersebut mampu mereproduksi data yang telah diketahui (Makridakis *et al.*, 1999: 39).

Pada prinsipnya, pengawasan peramalan dilakukan dengan membandingkan hasil peramalan dengan kenyataan yang terjadi. Penggunaan teknik peramalan yang menghasilkan penyimpangan terkecil adalah teknik peramalan yang sesuai untuk digunakan. Kriteria yang digunakan untuk mengukur ketepatan metode peramalan adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung nilai kesalahan peramalan dengan cara menghitung kesalahan mutlak (*absolute*) pada setiap periode kemudian dibagi dengan nilai observasi yang dilakukan pada periode tersebut (Pramita Lucianna, 2017: 31).

Rumus untuk menghitung MAPE adalah sebagai berikut.

$$MAPE = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{|Data\ Aktual - Data\ Ramal|}{Data\ Aktual}}{n} \times 100 \quad (2.9)$$

Keterangan:

Data Aktual merupakan data asli atau data mentah yang belum diolah

Data Ramal merupakan data hasil peramalan yang telah dilakukan

n merupakan banyaknya periode ramalan

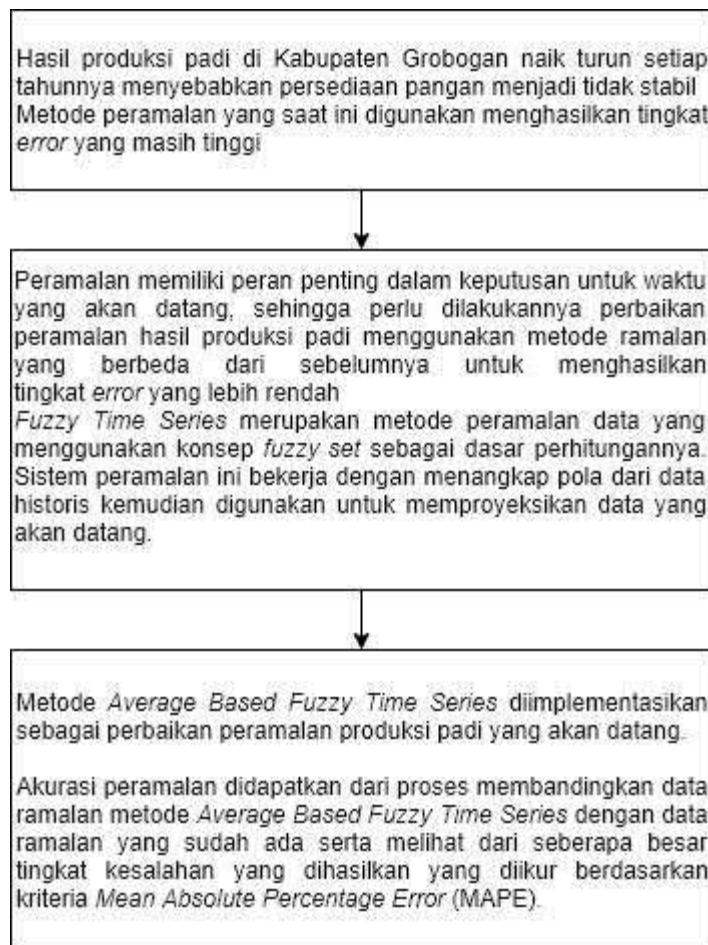
MAPE merupakan metode yang digunakan dalam menghitung kesalahan peramalan dengan menetapkan *error* mutlak sebagai persentase dari rata-rata *error* mutlak untuk sejumlah periode data aktual. Berikut merupakan kriteria MAPE (Chang *et al.*, 2007).

Tabel 2.3 Kriteria MAPE

| MAPE | Deskripsi |
|-------------|---------------------------------------|
| <10% | <i>Excellent forecasting ability</i> |
| 10%-20% | <i>Good forecasting ability</i> |
| 20%-50% | <i>Reasonable forecasting ability</i> |
| >50% | <i>Bad forecasting ability</i> |

2.2.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir peramalan produksi padi di Kabupaten Grobogan ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Kerangka Berpikir Penelitian

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang peramalan produksi padi di Kabupaten Grobogan menggunakan metode *Average Based Fuzzy Time Series* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Model peramalan menggunakan metode *Average Based Fuzzy Time Series* diterapkan untuk meramalkan produksi padi di Kabupaten Grobogan menggunakan 25 tahun data *time series* dengan jumlah interval sebanyak 23 dan panjang interval sebesar 20, menghasilkan ramalan produksi padi pada tahun 2017 adalah sebesar 830 ribu ton. Data aktual produksi padi tahun 2017 adalah sebesar 848.8775 ribu ton, sehingga diketahui tingkat *error* yang didapatkan dibandingkan dengan data ramalan yang dihasilkan adalah sebesar 2.223%.
2. Rata-rata tingkat *error* peramalan dari tahun 2013 sampai tahun 2017 dengan menggunakan metode peramalan *Average Based Fuzzy Time Series* adalah sebesar 6.4%, sedangkan rata-rata tingkat *error* peramalan dengan menggunakan metode peramalan yang digunakan oleh BPS adalah sebesar 9.547%. Artinya metode *Average Based Fuzzy Time Series* memiliki tingkat *error* lebih rendah bila dibandingkan tingkat *error* peramalan yang digunakan BPS Kabupaten Grobogan yaitu mampu menurunkan tingkat *error* sebesar 3.145%.

3. Metode *Average Based Fuzzy Time Series* dengan data pengujian 25 tahun *time series* produksi padi menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 5.4449% dengan tingkat akurasi peramalan yang dihasilkan sebesar 94.555%. Pada nilai MAPE yang dihasilkan nilai *errornya* <10%, sehingga dapat dikatakan metode *Average Based Fuzzy Time Series* baik digunakan untuk peramalan khususnya peramalan produksi padi di Kabupaten Grobogan karena mampu menghasilkan peramalan dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan simpulan yang telah dikemukakan, dapat diajukan saran dalam pengembangan aplikasi lebih lanjut yaitu:

1. Dengan persentase *error* minimum dibawah 10% pada metode *Average Based Fuzzy Time Series*, penulis memberikan saran untuk membandingkan kehandalan dan tingkat akurasi metode *Average Based Fuzzy Time Series* dengan metode penentuan interval lain yang bisa diimplementasikan pada *Fuzzy Time Series* atau metode peramalan konvensional seperti *Moving Average* (MA), *Auto Regressive Moving Average* (ARMA), dan *Auto Regressive Integrated Moving Average* (ARIMA) pada peramalan data *time series* produksi padi.
2. Melakukan percobaan dengan jumlah data *time series* yang lebih banyak agar bisa diketahui hasil pengujian yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ai, T.J. 1999. Optimasi Peramalan Pemulusan Eksponensial Satu Parameter dengan Menggunakan Algoritma Non-Linear Programming. *Jurnal Teknologi Industri*, III(3): 139–148.
- Anonim, 2015. Statistik Tanaman Pangan Jawa Tengah 2015.
- Astuti, E.S., Arhandi, P.P. & Lestari, P. 2015. Pengembangan Sistem Informasi Peramalan Penjualan Guna Menentukan Kebutuhan bahan Baku Pupuk Menggunakan Metode Triple Exponential Smoothing. *Jurnal Informatika Polinema*, 35–42.
- Cai, Q., Zhang, D., Wu, B. & Leung, S.C.H. 2013. A novel stock forecasting model based on fuzzy time series and genetic algorithm. 18: 1155–1162.
- Chang, P., Wang, Y. & Liu, C. 2007. The development of a weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting. *Expert System with Application*, 32: 86–96.
- Chen, S.-M. 1996. Forecasting enrollments based on fuzzy time series. *Fuzzy Sets and Systems*, 81: 311–319.
- Chen, S.-M. 2000. Temperature Prediction Using Fuzzy Time Series. *IEEE Transaction On Systems*, 30(2): 263–275.
- Chen, S. & Hsu, C. 2004. A New Method to Forecast Enrollments Using Fuzzy Time Series. *International Journal of Applied Science and Engineering*, (1): 234–244.
- Djafar, Sarita, M.I. & Pasrun, Y.P. 2017. Peramalan Jumlah Produksi Padi Di Sulawesi Tenggara Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *semanTIK*, 3(2): 113–120.
- Elfajar, A.B., Setiawan, B.D. & Dewi, C. 2017. Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(2): 85–94.
- Garg, B., Beg, M.. S. & Ansari, A.. 2013. Fuzzy Time Series Model to Forecast Rice Production. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*.
- Hansun, S. 2012. Peramalan Data IHSG Menggunakan Fuzzy Time Series. *Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems*, 6(2): 79–88.
- Hansun, S. 2013. Jakarta Stock Exchange (JKSE) Forecasting using Fuzzy Time Series. *International Conference on Robotics, Biomimetics, Intelligent Computational Systems*, 130–134.
- Hendikawati, P. 2015. *Peramalan Data Runtun Waktu Metode dan Aplikasinya dengan Minitab dan Eviews*. Semarang: FMIPA Unnes.

- Huarng, K. 2001. Effective lengths of intervals to improve forecasting in fuzzy time series. *Fuzzy Sets and Systems*, 123: 387–394.
- Jain, M. & Dashore, P. 2015. Forecasting of Rice Production Using Fuzzy Time Series Representation through E-Commerce Website. *International Journal of Technology Research and Management*, 2(11): 1–7.
- Jamaludin, A. 2017. Peramalan Jumlah Pinjaman Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng. *SYNTAX Jurnal Informatika*, 6(2): 13–21.
- Jumingan 2009. *Studi Kelayakan Bisnis-Teori dan Pembuatan Proposal Kelayakan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kumar, N., Ahuja, S., Kumar, V. & Kumar, A. 2010. Fuzzy time series forecasting of wheat production. *International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE)*, 2(3): 635–640.
- Kuncoro, M. 2007. *Metode Kuantitatif Teori dan Aplikasi Untuk Bisnis dan Ekonomi*. Yogyakarta: (UPP) STIM YKPN.
- Kusumadewi, S. 2002. *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan ToolBox Matlab*. Pertama ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligensi (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C. & McGee, V.E. 1995. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. 2 ed. Jakarta: Erlangga.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C. & McGee, V.E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. 1 ed. Jakarta: Erlangga.
- Mason, R.D. & Lind, D.A. 1999. *Teknik Statistika untuk Bisnis dan Ekonomi*. Jakarta: Erlangga.
- Nugroho, K. 2007. Model Analisis Prediksi Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. 46–50.
- Othman, M. & Azahari, S.N.F. 2016. Deseasonalised Forecasting Model Of Rainfall Distribution Using Fuzzy Time Series. *Journal of Information and Communication Technology*, 2(2): 153–169.
- Paulus, E. & Nataliani, Y. 2007. *Cepat mahir GUI Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- Purnamaningsih, R. 2006. Induksi Kalus dan Optimasi Regenerasi Empat Varietas Padi melalui Kultur In Vitro. *Jurnal Agro Biogen*, 2(2): 74–80.
- Rachmawansah, K. 2014. Average Based Fuzzy Time Series Untuk Peramalan Kurs Valuta Asing. 413–416.
- Robaneli, I. 2006. *Desain Sistem Tenaga Modern: Optimasi, Logika Fuzzy, Algoritma Genetika*. Yogyakarta: ANDI.

- Santoso, S. 2009. *Business Forecasting Metode Peramalan Bisnis Masa Kini dengan Minitab dan SPSS*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Siang, J.J. 2005. *Jaringan syaraf tiruan & pemrogramannya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- Song, Q. & Chissom, B.S. 1993. Fuzzy time series and its models. *Fuzzy Sets and Systems*, 54: 269–277.
- Spiegel, M.R. & Stephens, L.J. 2007. *Statistik Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Statistik, B.P. 2016. *Grobogan Dalam Angka 2016*. Grobogan: BPS Kabupaten Grobogan.
- Statistik, B.P. n.d. *Data Strategis BPS*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Sugiyono, P.D. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Supriyanto, Sudjono & Rakhmawati, D. 2012. Prediksi Luas Panen dan Produksi Padi di Kabupaten Banyumas Menggunakan Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). *Jurnal Probisnis*, 5(2): 20–29.
- Wiguna, A.S. & Muslim, M.A. 2014. Analisis dan Peramalan Kepadatan Jalan Raya Kodya Malang dengan FTS Average Based. *Jurnal Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems*, 8(2): 157–162.
- Winarno, W.W. 2011. *Analisis Ekonometrika dan Statistika dengan Eviews*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.
- Xihao, S. & Yimin, L. 2008. Average Based Fuzzy Time Series Models For Forecasting Shanghai Compound Index. *World Journal of Modeling and Simulation*, 4(2): 104–111.
- Yuninas, F. 2018. Metode Fuzzy Time Series Dengan Menggunakan Orde Tinggi Pada Peramalan Nilai Impor Komoditas Hasil Pertanian.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy Sets. *Information and Control*, 353: 338–353.