



# **PREDIKSI PERMINTAAN SEMEN DENGAN METODE FUZZY TIME SERIES**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:  
Yosendra Evriyantino  
NIM: 145150207111108



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**



# PENGESAHAN

PREDIKSI PERMINTAAN SEMEN DENGAN METODE FUZZY TIME SERIES

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Yosendra Evriyantino  
NIM: 145150207111108

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
24 Juli 2019

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Budi Darma Setiawan, S.Kom., M.Cs.  
NIP: 198410152014041002

Dosen Pembimbing II

Randy Cahya Wihandika, S.ST., M.Kom.  
NIK: 201405 880206 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP: 19710518 200312 1 001



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar referensi.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 15 Agustus 2019



Yosendra Evriyantino  
NIM: 145150207111108





## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga laporan skripsi yang berjudul “Prediksi Permintaan Semen Dengan Metode Fuzzy Time Series” ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Budi Darma Setiawan, S.Kom., M.Cs. dan Bapak Randy Cahya Wihandika, S.ST., M.Kom. selaku dosen pembimbing skripsi yang senantiasa membimbing dan memberikan masukan berharga pada penulisan skripsi ini.
2. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Agus Wahyu Widodo, S.T., M.Cs. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
4. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan dukungan baik morel, materiel, dan doa bagi penulis.
5. Dan teman-teman penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan di beberapa bagian. Karena itu kritikan dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi siapapun yang membaca.

Malang, 15 Agustus 2019

Penulis

Email : yosiro39@gmail.com



## ABSTRAK

**Yosendra Evriyantino, Prediksi Permintaan Semen Dengan Metode Fuzzy Time Series**

**Pembimbing : Budi Darma Setiawan, S.Kom., M.Cs. dan Randy Cahya Wihandika, S.ST., M.Kom.**

Semen adalah bahan yang digunakan sebagai perekat bahan-bahan padat yaitu batu-bata ataupun batako menjadi satu-kesatuan yang kuat dan kokoh, biasanya digunakan untuk pembuatan rumah, tembok, pondasi, jalan, ataupun bangunan lainnya. Di Indonesia, produksi semen cukup tinggi. Tahun 2017, terhitung total produksi semen di Indonesia mencapai 107.9 juta ton. Namun produksi semen yang cukup tinggi di Indonesia tidak diimbangi dengan jumlah permintaannya. Akibatnya, Indonesia mengalami kelebihan pasokan semen yang menyebabkan harga semen di pasar harus mengalami penurunan. Oleh karena itu, penelitian tentang prediksi permintaan semen perlu dilakukan sebagai solusi bagi produsen semen dalam memperkirakan jumlah semen yang perlu diproduksi. Pada penelitian ini, membahas metode Fuzzy Time Series yang digunakan untuk memprediksi jumlah permintaan semen. Data yang digunakan adalah data yang dihimpun dari PT. Semen Indonesia dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2018 untuk setiap bulannya. Dari hasil pengujian, didapat nilai error MAPE terkecil sebesar 10.42% dengan nilai parameter jumlah interval sebanyak 80 untuk 24 data uji dan 96 data latih.

**Kata kunci:** *semen, pasokan semen berlebih, prediksi, logika fuzzy, fuzzy time series*





## ABSTRACT

**Yosendra Evriyantino, Cement Demand Prediction With Fuzzy Time Series Method**

**Mentor : Budi Darma Setiawan, S.Kom., M.Cs. and Randy Cahya Wihandika, S.ST., M.Kom.**

*Cement is a material that is used as an adhesive for solid materials namely bricks or concrete blocks into a strong and sturdy unit, usually used for making houses, walls, foundations, roads, or other buildings. In Indonesia, cement production is quite high. In 2017, the total cement production in Indonesia has reached 107.9 million tons. However, high cement production in Indonesia is not matched by the number of requests. As a result, Indonesia experienced an oversupply of cement which caused the price of cement in the market to experience a decline. Therefore, research on predicting cement demand needs to be done as a solution for cement producers in estimating the amount of cement that needs to be produced. In this study, discussing the Fuzzy Time Series method used to predict the amount of demand for cement. The data used is data collected from PT. Semen Indonesia from 2006 to 2018 for each month. From the test results, the smallest MAPE error value was obtained at 10.42% with a parameter value of 80 intervals for 24 test data and 96 training data.*

**Keywords:** *cement, excess cement supply, predictions, fuzzy logic, fuzzy time series*



## DAFTAR ISI

<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR KODE SUMBER .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	2
1.6 Sistematika Pembahasan .....	3
<b>BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN .....</b>	<b>4</b>
2.1 Kajian Pustaka .....	4
2.2 Semen.....	5
2.2.1 Produksi Semen .....	5
2.2.2 Permintaan Semen .....	5
2.3 Data Time Series.....	6
2.4 Prediksi Data Time Series.....	6
2.5 Logika Fuzzy.....	6
2.5.1 Himpunan Fuzzy & Derajat Keanggotaan .....	7
2.5.2 Fungsi Keanggotaan.....	8
2.6 Fuzzy Time Series .....	12
2.7 Mean Absolute Percentage Error (MAPE).....	13
<b>BAB 3 METODOLOGI .....</b>	<b>14</b>
3.1 Tipe Penelitian.....	14





3.2	Strategi Penelitian .....	14
3.2.1	Pengumpulan Data .....	14
3.2.2	Implementasi .....	14
3.2.3	Diagram Blok Sistem .....	14
3.3	Pengujian & Analisis .....	16
3.4	Penarikan Kesimpulan .....	16
<b>BAB 4</b>	<b>ALGORITME .....</b>	<b>17</b>
4.1	Deskripsi Umum Sistem .....	17
4.2	Deskripsi Data .....	17
4.3	Diagram Alir Sistem .....	18
4.4	Manualisasi Perhitungan .....	31
4.4.1	Perhitungan Fuzzy Time Series .....	31
4.4.2	Penghitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE).....	37
4.5	Perancangan Antarmuka .....	38
4.5.1	Halaman Awal Setting Parameter.....	38
4.5.3	Halaman Himpunan Fuzzy .....	39
4.5.4	Halaman Fuzzifikasi.....	39
4.5.5	Halaman Relasi.....	40
4.5.6	Halaman Output Fuzzy.....	40
4.5.8	Halaman Prediksi .....	41
4.6	Perancangan Pengujian .....	41
4.6.1	Perancangan Pengujian Nilai Jumlah Interval .....	41
4.6.2	Perancangan Pengujian Jumlah Data Latih.....	42
4.6.3	Perancangan Pengujian Akurasi Sistem Prediksi .....	42
<b>BAB 5</b>	<b>IMPLEMENTASI .....</b>	<b>43</b>
5.1	Spesifikasi Sistem .....	43
5.1.1	Spesifikasi Perangkat Keras .....	43
5.1.2	Spesifikasi Perangkat Lunak.....	43
5.2	Batasan Implementasi .....	43
5.3	Implementasi Algoritma.....	43
5.3.1	Kode Sumber Pembacaan Data .....	44
5.3.2	Kode Sumber Penentuan Himpunan Semesta .....	45





5.3.3	Kode Sumber Penentuan Partisi Himpunan Semesta .....	46
5.3.4	Kode Sumber Penentuan Himpunan Fuzzy .....	46
5.3.5	Kode Sumber Fuzzifikasi .....	47
5.3.6	Kode Sumber FLR .....	47
5.3.7	Kode Sumber FLRG .....	47
5.3.8	Kode Sumber Defuzzifikasi .....	48
5.3.9	Kode Sumber Union Himpunan Fuzzy .....	48
5.3.10	Kode Sumber Nilai Tengah Setiap Partisi.....	49
5.3.11	Kode Sumber Prediksi .....	49
5.3.12	Kode Sumber MAPE .....	49
5.4	Implementasi Antarmuka.....	50
5.4.2	Implementasi Halaman Awal Setting Parameter .....	50
5.4.3	Implementasi Halaman Himpunan Fuzzy .....	51
5.4.4	Implementasi Halaman Fuzzifikasi.....	51
5.4.5	Implementasi Halaman Relasi .....	52
5.4.6	Implementasi Halaman Output Fuzzy .....	53
5.4.7	Implementasi Halaman Prediksi .....	53
<b>BAB 6</b>	<b>PENGUJIAN &amp; ANALISIS .....</b>	<b>55</b>
6.1	Pengujian Nilai Jumlah Interval.....	55
6.2	Pengujian Jumlah Data Latih .....	56
6.3	Pengujian Akurasi Sistem Prediksi .....	58
<b>BAB 7</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>60</b>
7.1	Kesimpulan .....	60
7.2	Saran.....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>61</b>
<b>LAMPIRAN A DATA KONSUMSI SEMEN DI INDONESIA .....</b>		<b>62</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Kajian Pustaka .....	4
Tabel 2.2 Permintaan Semen Setiap Tahun (2006-2018) .....	5
Tabel 2.3 Intepretasi nilai MAPE .....	13
Tabel 4.1 Penggalan Data Tahun 2018.....	17
Tabel 4.2 Penjualan Semen Tahun 2017 .....	32
Tabel 4.3 Selisih Penjualan.....	32
Tabel 4.4 Fuzzifikasi Selisih Permintaan & Nilai Linguistiknya .....	34
Tabel 4.5 Fuzzy Logical Relationships .....	34
Tabel 4.6 Fuzzy Logical Relationship Groups .....	35
Tabel 4.7 Nilai Titik Tengah Setiap Partisi .....	36
Tabel 4.8 Nilai Aktual & Prediksi .....	37
Tabel 4.9 Perancangan Pengujian Nilai Jumlah Interval.....	41
Tabel 4.10 Perancangan Pengujian Jumlah Data Latih .....	42
Tabel 4.11 Perancangan Pengujian Akurasi Sistem Prediksi.....	42
Tabel 6.1 Pengujian Nilai Jumlah Interval .....	55
Tabel 6.2 Pengujian Jumlah Data Latih .....	56
Tabel 6.3 Pengujian Akurasi Sistem Prediksi.....	58





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Logika Boolean & Logika Fuzzy .....	7
Gambar 2.2 Kurva Fungsi Keanggotaan Linear Naik .....	9
Gambar 2.3 Kurva Fungsi Keanggotaan Linear Turun.....	10
Gambar 2.4 Kurva Fungsi Keanggotaan Segitiga .....	11
Gambar 2.5 Kurva Fungsi Keanggotaan Trapesium .....	12
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Program.....	15
Gambar 4.1 Diagram Alir Sistem Secara Umum .....	18
Gambar 4.2 Diagram Alir Himpunan Semesta .....	19
Gambar 4.3 Diagram Alir Partisi Himpunan Semesta .....	20
Gambar 4.4 Diagram Alir Himpunan Fuzzy .....	21
Gambar 4.5 Diagram Alir Fuzzifikasi .....	22
Gambar 4.6 Diagram Alir Fuzzifikasi Selisih Data Latih.....	23
Gambar 4.7 Diagram Alir Fuzzifikasi Selisih Data Uji .....	24
Gambar 4.8 Diagram Alir FLR .....	25
Gambar 4.9 Diagram Alir FLRG.....	26
Gambar 4.10 Diagram Alir Defuzzifikasi.....	27
Gambar 4.11 Diagram Alir Union Himpunan Fuzzy pada FLRG .....	28
Gambar 4.12 Diagram Alir Nilai Tengah Setiap Partisi.....	29
Gambar 4.13 Diagram Alir Prediksi .....	30
Gambar 4.14 Diagram Alir MAPE .....	31
Gambar 4.15 Desain Halaman Awal Program.....	38
Gambar 4.16 Desain Halaman Himpunan Fuzzy .....	39
Gambar 4.17 Desain Halaman Fuzzifikasi .....	39
Gambar 4.18 Desain Halaman Relasi .....	40
Gambar 4.19 Desain Halaman Output Fuzzy .....	40
Gambar 4.20 Desain Halaman Prediksi.....	41
Gambar 5.1 Implementasi Halaman Awal Setting Parameter .....	50
Gambar 5.2 Implementasi Halaman Himpunan Fuzzy.....	51
Gambar 5.3 Implementasi Halaman Fuzzifikasi .....	52
Gambar 5.4 Implementasi Halaman Relasi.....	52
Gambar 5.5 Implementasi Halaman Output Fuzzy .....	53



Gambar 5.6 Implementasi Halaman Prediksi.....	54
Gambar 6.1 Grafik Pengujian Nilai Jumlah Interval .....	56
Gambar 6.2 Grafik Pengujian Jumlah Data Latih .....	57
Gambar 6.3 Grafik Perbandingan Nilai Aktual & Prediksi Penjualan.....	59



**DAFTAR KODE SUMBER**

Kode Sumber 5.1 Pembacaan Data.....	44
Kode Sumber 5.2 Prosedur Membaca Data dari File.....	44
Kode Sumber 5.3 Prosedur Menghitung selisih.....	45
Kode Sumber 5.4 Penentuan Himpunan Semesta.....	45
Kode Sumber 5.5 Penentuan Partisi Himpunan Semesta.....	46
Kode Sumber 5.6 Penentuan Himpunan Fuzzy.....	46
Kode Sumber 5.7 Fuzzifikasi.....	47
Kode Sumber 5.8 FLR.....	47
Kode Sumber 5.9 FLRG.....	47
Kode Sumber 5.10 Defuzzifikasi.....	48
Kode Sumber 5.11 Union Himpunan Fuzzy.....	48
Kode Sumber 5.12 Nilai Tengah Setiap Partisi.....	49
Kode Sumber 5.13 Prediksi.....	49
Kode Sumber 5.14 MAPE.....	49



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA KONSUMSI SEMEN DI INDONESIA.....	62
--	----





## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Semen adalah bahan yang digunakan sebagai perekat bahan-bahan padat seperti batu-bata ataupun batako menjadi satu-kesatuan yang kuat dan kokoh, biasanya digunakan untuk pembuatan rumah, tembok, pondasi, jalan, ataupun bangunan lainnya (Mahfud & Sabara, 2018). Di Indonesia, produksi semen cukup tinggi. Tahun 2017, terhitung total produksi semen di Indonesia mencapai 107,9 juta ton. Namun produksi semen yang cukup tinggi di Indonesia, tidak diimbangi dengan jumlah permintaannya. (Kompas, 2018)

Asosiasi Semen Indonesia melansir total penjualan semen pada tahun 2017 hanya mencapai 69,2 juta ton. Hasil ini tidak berimbang dengan total produksi yang mencapai 107,9 juta ton di tahun yang sama, sehingga menyebabkan Indonesia mengalami kelebihan pasokan semen sebanyak 38,7 juta ton di tahun 2017. Kelebihan pasokan semen akibat jumlah produksi semen lebih besar dari pada jumlah permintaannya membuat harga jual semen di pasaran menjadi turun. Hal ini dialami oleh PT. Indocement Tunggul Prakarsa. Akibat kelebihan pasokan, harga semen yang dijual oleh PT. Indocement Tunggul Prakarsa turun sebanyak 12% dan memutuskan untuk menghentikan kegiatan produksi di tiga pabriknya yaitu P1, P2, dan P6. (Okezone, 2017)

Penurunan harga semen akibat kelebihan pasokan sangat disayangkan padahal industri semen merupakan salah satu andalan penopang perekonomian nasional (Warta Ekonomi, 2017). Hal ini menjadi tantangan bagi produsen semen, bagaimana caranya memperkirakan jumlah semen yang harus diproduksi agar tidak jauh melampaui jumlah permintaannya, sehingga kerugian akibat pasokan semen berlebih tidak terjadi kembali. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang mampu dan bertugas melakukan prediksi terhadap jumlah permintaan semen di Indonesia sebagai acuan para produsen semen dalam menentukan jumlah produksi semen. Salah satu metode *machine learning* yang digunakan untuk kasus prediksi adalah *Fuzzy Time Series*.

Metode *Fuzzy Time Series* sudah digunakan pada penelitian sebelumnya. Di antaranya adalah oleh Sah dan Degtiarev di tahun 2005, untuk memprediksi jumlah mahasiswa yang mendaftar di Universitas Alabama (Sah & Degtiarev, 2005). Hasil pengujian dari penelitian mereka menunjukkan hasil yang sangat baik dengan AFER sebesar 2,02%. Kemudian penelitian juga dilakukan oleh Hansun dalam memprediksi nilai Index Harga Saham Gabungan (IHSG) dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* di tahun 2012 (Hansun, 2012). Hasil prediksi sangat baik dengan hasil MSE sebesar 5,4 dan MAPE sebesar 0.0477%. Juga penelitian dilakukan oleh Elfajar di tahun 2017 dalam memprediksi jumlah pengunjung wisatawan di kota Batu dengan metode *Time-Invariant Fuzzy Time Series* (Elfajar, et al., 2017). Hasil prediksi sangat baik dengan nilai AFER sebesar 0,0056%. Dari tiga hasil penelitian di atas terbukti *Fuzzy Time Series* adalah metode yang cukup andal untuk digunakan dalam kasus prediksi. Oleh karena itu, penulis



putusan untuk menggunakan *Fuzzy Time Series* sebagai metode prediksi dalam penelitiannya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang disampaikan, rumusan masalah yang ditemukan adalah seperti berikut:

1. Berapa tingkat *error* yang dihasilkan dari metode *Fuzzy Time Series* untuk kasus prediksi jumlah permintaan semen di Indonesia?
2. Berapa nilai parameter *interval* yang harus digunakan agar menghasilkan tingkat *error* prediksi yang sekecil mungkin?
3. Bagaimana hubungan jumlah atau banyaknya data latih dengan tingkat *error* yang dikeluarkan oleh sistem?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah seperti berikut:

1. Untuk mengetahui tingkat *error* terkecil yang mampu dikeluarkan oleh sistem prediksi permintaan semen dengan metode *Fuzzy Time Series*.
2. Untuk mengetahui nilai parameter jumlah *interval* yang tepat yang dapat menghasilkan tingkat *error* yang sekecil mungkin.
3. Untuk mengetahui bagaimana hubungan jumlah atau banyaknya data latih dengan tingkat *error* yang dikeluarkan oleh sistem.

## 1.4 Manfaat

Manfaat utama dilakukannya penelitian ini adalah untuk membantu perusahaan produsen semen di Indonesia memperkirakan jumlah produksi semen yang harus diproduksi agar tidak jauh melebihi jumlah permintaan.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditentukan oleh peneliti pada penelitian ini adalah seperti berikut:

1. Prediksi dilakukan hanya untuk permintaan semen di Indonesia pada tingkat bulanan.
2. Laporan penjualan domestik oleh PT. Semen Indonesia mulai dari tahun 2006 sampai 2018 setiap bulannya adalah data yang digunakan dalam penelitian ini.





## 1.6 Sistematika Pembahasan

### BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini, berisi subbab latar belakang, subbab rumusan masalah, subbab tujuan penelitian, subbab manfaat penelitian, serta subbab sistematika penulisan skripsi.

### BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini, berisi uraian teori yang dibutuhkan berkaitan dengan topik permasalahan dan penjelasan metode prediksi yang digunakan pada sistem prediksi yang akan dibangun.

### BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini, membahas langkah kerja penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dan penjelasan setiap langkahnya.

### BAB 4 ALGORITME

Pada bab ini, berisi analisis kebutuhan & perancangan sistem dan perancangan antarmuka dari aplikasi prediksi permintaan semen yang akan dibangun.

### BAB 5 IMPLEMENTASI

Pada bab ini, membahas pembahasan dan implementasi dari metode *Fuzzy Time Series* dalam melakukan prediksi permintaan semen.

### BAB 6 PENGUJIAN & ANALISIS

Pada bab ini, membahas hasil dari pengujian dan berisi analisis terhadap metode *Fuzzy Time Series* yang diterapkan dalam kasus prediksi permintaan semen.

### BAB 7 PENUTUP

Pada bab ini, berisi kesimpulan dari hasil pengujian dan saran oleh peneliti terhadap penelitian terkait yang akan dilakukan di masa mendatang.



## BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini berisi kajian pustaka tentang penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang menerapkan metode *Fuzzy Time Series*, juga pembahasan dasar teori yang membahas tentang istilah semen, permintaan semen, prediksi, dan metode *Fuzzy Time Series*.

### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian Prediksi Permintaan Semen dengan Metode *Fuzzy Time Series* merujuk pada tiga penelitian yang dilakukan sebelumnya. Pertama, penelitian oleh Sah & Degtiarev di tahun 2005 (Sah & Degtiarev, 2005), yang diterbitkan dalam papernya yang berjudul *Forecasting Enrollment Model Based on First-Order Fuzzy Time Series*. Penelitian ini dilakukan untuk memprediksikan jumlah mahasiswa yang akan mendaftar di Universitas Alabama berdasarkan data historis dari tahun ke tahun (1971—1992). Sistem prediksi mampu menghasilkan AFER (*Average Forecasting Error Rate*) paling kecil yaitu sebesar 2,02% untuk parameter jumlah *interval* sebanyak 9.

Kemudian penelitian kedua yang dilakukan oleh Hansun (Hansun, 2012) yang diterbitkan dalam papernya yang berjudul *Peramalan Data IHSG Menggunakan Fuzzy Time Series*. Penelitian ini bertujuan memprediksi pergerakan IHSG (Index Harga Saham Gabungan) apakah mengalami kenaikan atau penurunan di masa mendatang berdasarkan data *time-series* yang direkam secara mingguan (22 Agustus 2012—19 Maret 2012). Tingkat error pada penelitian tersebut dihitung dengan MSE (*Mean Square Error*) menghasilkan 5,4 dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) menghasilkan 0,0477%.

Selanjutnya penelitian ketiga dilakukan oleh Elfajar dan kawan-kawan (Elfajar, et al., 2017) yang diterbitkan dalam papernya yang berjudul *Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series*. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah wisatawan Kota Batu berdasarkan data bulanan yang didapat dari Dinas Kota Batu. Hasil pengujian menunjukkan AFER terkecil yang dikeluarkan sistem sebesar 0,0056% untuk jumlah data latih sebanyak 60.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No.	Judul Penelitian	Objek	Metode	Hasil
1	<i>Forecasting Enrollment Model Based on First-Order Fuzzy Time Series</i>	Pendaftar Universitas Alabama	<i>Fuzzy Time Series</i>	Memberikan hasil prediksi jumlah pendaftar di Universitas Alabama tahun berikutnya





2	Peramalan Data IHSG Menggunakan Fuzzy Time Series	Index Harga Saham Gabungan	<i>Fuzzy Time Series</i>	Memberikan hasil prediksi jumlah Index Harga Saham Gabungan pada minggu berikutnya.
3	Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode <i>Time Invariant Fuzzy Time Series</i>	Wisatawan Kota Batu	<i>Fuzzy Time Series</i>	Memberikan hasil prediksi jumlah kunjungan wisatawan kota Batu bulan berikutnya.

## 2.2 Semen

Semen adalah adukan kapur atau serbuk dan campuran bahan lain yang digunakan untuk membuat tembok, merekatkan batu bata, atapun beton menjadi satu kesatuan yang kokoh (Mahfud & Sabara, 2018). Semen mempunyai sifat *adhesive* dan *cohesive* yang dimanfaatkan sebagai pengikat bersamaan dengan batu kerikil dan pasir.

### 2.2.1 Produksi Semen

Produksi barang yang berlebih dari permintaan pasar akan berdampak pada penurunan harga pasar. Hal ini dialami pada industri semen. Tahun 2017, dilansir dari Asosiasi Semen Indonesia, produksi semen di indonesia mencapai 107,9 ton sedangkan permintaan semen di tahun yang sama sebesar 69,2 ton (Kompas, 2018). Ketidakseimbangan jumlah produksi dan permintaan tersebut mengakibatkan harga semen di pasar turun sampai 12% (Okezone, 2017).

### 2.2.2 Permintaan Semen

Dilansir dari Asosiasi Semen Indonesia, produksi semen di tahun 2017 mencapai 107.9 ton. Namun, permintaan semen di tahun yang sama jauh di bawah jumlah tersebut. Tabel 2.2 menunjukkan permintaan semen setiap tahunnya dari tahun 2006 sampai tahun 2018 yang direkam oleh PT. Semen Indonesia.

**Tabel 2.2 Permintaan Semen Setiap Tahun (2006-2018)**

No.	Tahun	Permintaan (ton)
1	2006	32.056.270
2	2007	34.174.752
3	2008	38.122.610



4	2009	38.517.205
5	2010	40.821.460
6	2011	48.000.347
7	2012	54.964.407
8	2013	57.895.780
9	2014	59.909.501
10	2015	61.342.303
11	2016	62.007.529
12	2017	66.349.945
13	2018	69.490.924

Sumber: PT. Semen Indonesia (2019)

### 2.3 Data Time Series

Data deret waktu atau *time series* adalah serangkaian pengamatan kepada suatu variabel (berupa peristiwa, kejadian atau gejala) yang direkam dari waktu ke waktu menurut urutan waktu kejadiannya (Hadi, 2015).

Dari suatu data *time series*, dapat diketahui apakah variabel mengikuti pola yang teratur atau tidak. Jika data *time series* mengikuti pola yang teratur, maka, dari pola yang didapat, dapat digunakan untuk memprediksi nilai pada masa mendatang.

Data *time series* (deret waktu) terdiri dari satu objek namun terdiri dari beberapa periode waktu. Contohnya harian, bulanan, tahunan. Misal data jumlah pendaftar suatu universitas yang dihitung tiap tahunnya, data Index Harian Saham Gabungan (IHSG) yang dicatat setiap minggunya, juga pada data permintaan semen pada Tabel 2.2 yang dicatat setiap tahunnya.

### 2.4 Prediksi Data Time Series

Prediksi adalah menjangkau ke depan berdasarkan analisis (Hadi, 2015). Prediksi dapat diartikan memperkirakan sesuatu yang akan terjadi di masa depan berdasarkan pengamatan dan informasi pada kejadian-kejadian sebelumnya. Oleh karena itu, prediksi data *time series* dapat diartikan sebagai perkiraan terhadap suatu nilai data yang akan datang berdasarkan pola perilaku data di masa lampau dengan memproyeksikannya ke masa depan.

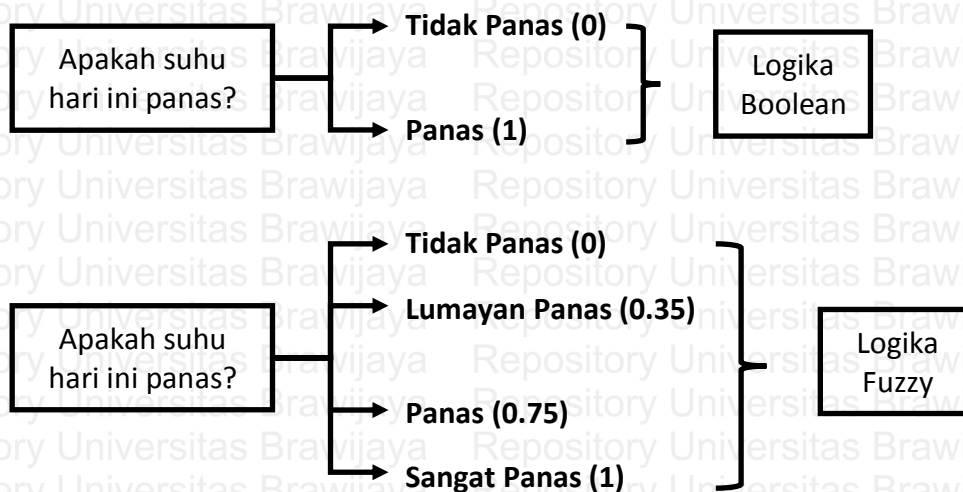
### 2.5 Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy* adalah logika yang digunakan dalam menangani konsep kebenaran sebagian (Novak, et al., 1999). Logika *fuzzy* dikenalkan oleh Lofy. A. Zadeh di tahun 1965. Berbeda dengan logika *boolean* bahwa pernyataan hanya dapat dinyatakan dengan benar atau salah (1 atau 0), logika *fuzzy* menyatakan suatu pernyataan dengan derajat kebenaran. Derajat kebenaran pada logika *fuzzy* dinyatakan dengan nilai angka dalam rentang 0 dan 1 (Budiharto, 2016). Gambar





2.1 menjelaskan perbedaan dari konsep logika boolean dengan konsep logika fuzzy.



**Gambar 2.1 Perbandingan Logika Boolean & Logika Fuzzy**

Pada gambar 2.1, dapat dilihat bahwa nilai logika *fuzzy* dapat bernilai antara 1 dan 0. Nilai yang terkandung pada logika *fuzzy* disebut derajat kebenaran. Kelebihan dari logika *fuzzy* adalah penetapan aturannya yang menggunakan bahasa alami.

### 2.5.1 Himpunan Fuzzy & Derajat Keanggotaan

Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang anggotanya memiliki derajat keanggotaan. Anggota himpunan *fuzzy* dapat memasuki dua himpunan yang berbeda. Eksistensi anggota pada suatu himpunan *fuzzy* dilihat dari nilai derajat keanggotaannya (Kusumadewi & Purnomo, 2010). Derajat keanggotaan dinotasikan sebagai  $\mu$ . Misal terdapat himpunan *fuzzy* A didefinisikan dalam semesta X, maka terdapat beberapa cara dalam menyatakan himpunan *fuzzy* (Gottwald & Bandemer, 1996).

- Sebagai himpunan pasangan berurutan.

Misal anggota semesta A bernilai diskrit yaitu  $A = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ , maka penulisan himpunan pasangan berurutannya sebagai berikut.

$$A = \{(x_1, \mu_A(x_1)), (x_2, \mu_A(x_2)), (x_3, \mu_A(x_3)), \dots, (x_n, \mu_A(x_n))\} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  = anggota himpunan *fuzzy*

A = himpunan *fuzzy* A

$\mu_A(x)$  = derajat keanggotaan x di dalam himpunan *fuzzy* A



- Menyebut fungsi keanggotaan

Misal anggota semesta  $X$  bernilai kontinu, maka penulisannya sebagai berikut.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | \mu_x = \dots; x \in X\} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$x$  = anggota himpunan *fuzzy*

$A$  = himpunan *fuzzy*  $A$

$\mu_A(x)$  = derajat keanggotaan  $x$  di dalam himpunan *fuzzy*  $A$

- Sebagai berikut untuk anggota semesta bertipe diskrit

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \frac{\mu_A(x_3)}{x_3} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \right\} \quad (2.3)$$

Keterangan :

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  = anggota himpunan *fuzzy*

$A$  = himpunan *fuzzy*  $A$

$\mu_A(x)$  = derajat keanggotaan  $x$  di dalam himpunan *fuzzy*  $A$

- Sebagai berikut untuk anggota semesta bertipe kontinu

$$A = \{ \int \mu_A(x) / x \} \quad (2.4)$$

Keterangan :

$x$  = anggota himpunan *fuzzy*

$A$  = himpunan *fuzzy*  $A$

$\mu_A(x)$  = derajat keanggotaan  $x$  di dalam himpunan *fuzzy*  $A$

## 2.5.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan adalah kurva yang memetakan input berupa angka ke dalam derajat keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* yang nilainya berupa bilangan nyata dengan *interval* dari 0 sampai dengan 1 (Kusumadewi & Purnomo, 2010).

Terdapat beberapa fungsi keanggotaan yang digunakan (Kusumadewi & Purnomo, 2010), di antaranya adalah:

### 1. Representasi Linear

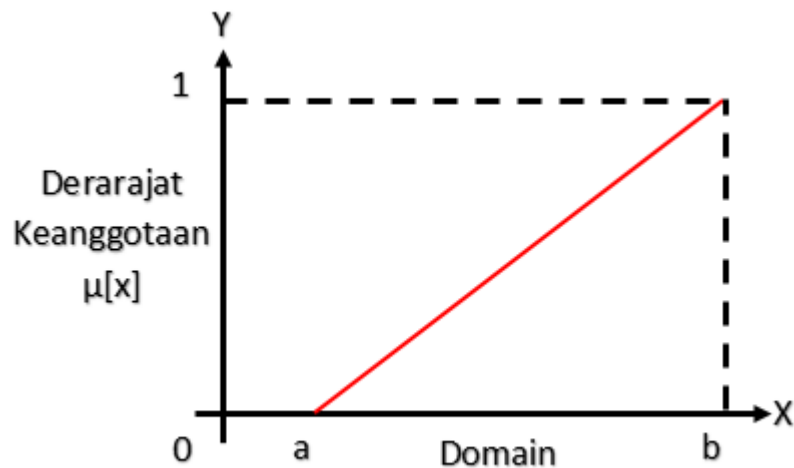
Representasi ini menggambarkan garis lurus di dalam memetakan input ke dalam derajat keanggotaannya. Representasi *linear* dapat dibagi menjadi dua, representasi *linear* naik & representasi *linear* turun.





- Representasi Linear Naik

Kenaikan derajat keanggotaan dimulai dari *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 0 menaik ke sisi kanan menuju *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 1.



**Gambar 2.2 Kurva Fungsi Keanggotaan Linear Naik**

Sumber: Kusumadewi & Purnomo (2010)

Fungsi keanggotaan representasi *linear* naik memiliki persamaan seperti berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$\mu(x)$  = derajat keanggotaan dari *input*  $x$

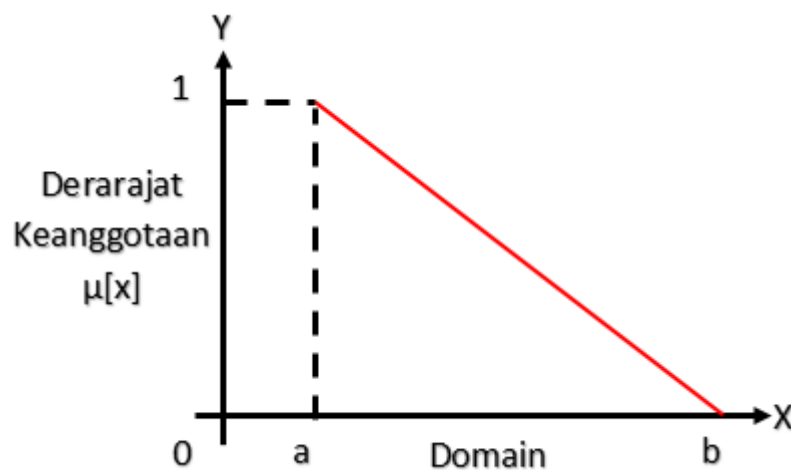
$a$  = *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 0

$b$  = *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 1

$x$  = *input* yang dicari derajat keanggotaannya

- Representasi Linear Turun

Penurunan derajat keanggotaan dimulai dari *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 1 menurun ke sisi kanan menuju *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 0.



**Gambar 2.3 Kurva Fungsi Keanggotaan Linear Turun**

Sumber: Kusumadewi & Purnomo (2010)

Fungsi keanggotaan representasi *linear* turun memiliki persamaan seperti berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \geq a \\ \frac{b-x}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x \leq a \end{cases} \quad (2.6)$$

Keterangan :

$\mu(x)$  = derajat keanggotaan dari *input*  $x$

$a$  = *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 1

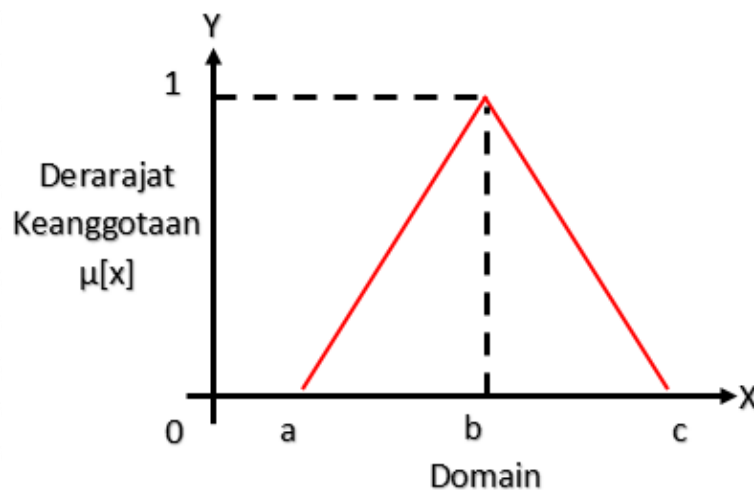
$b$  = *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 0

$x$  = *input* yang dicari derajat keanggotaannya

## 2. Representasi Segitiga

Representasi segitiga merupakan gabungan dari dua representasi *linear*, yaitu representasi *linear* naik & representasi *linear* turun.





**Gambar 2.4 Kurva Fungsi Keanggotaan Segitiga**

Sumber: Kusumadewi & Purnomo (2010)

Fungsi keanggotaan representasi segitiga memiliki persamaan seperti berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a, x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & ; b \geq x \geq c \end{cases} \quad (2.7)$$

Keterangan:

$\mu(x)$  = derajat keanggotaan dari *input*  $x$

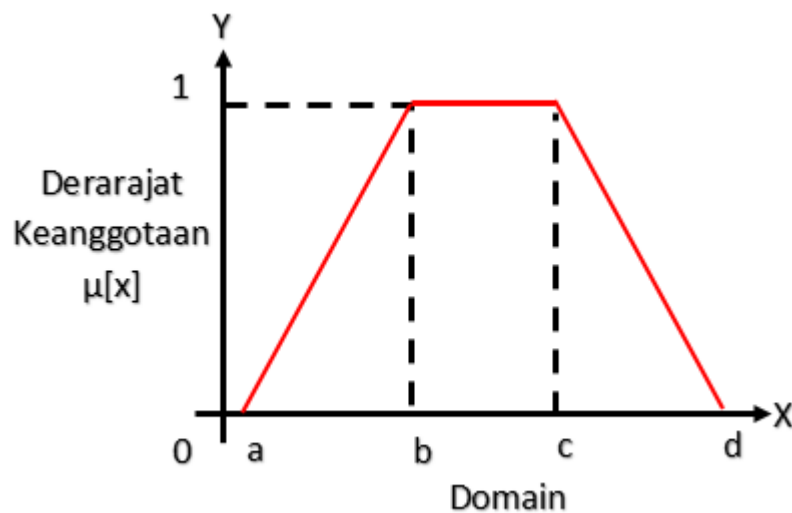
$a, c$  = *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 0

$b$  = *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 1

$x$  = *input* yang dicari derajat keanggotaannya

### 3. Representasi Trapesium

Representasi trapesium hampir mirip dengan representasi segitiga yang terdiri dari representasi *linear* naik dan representasi *linear* turun, hanya saja pada representasi trapesium terdapat beberapa *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 1 di antara akhir dari representasi *linear* naik dan awal dari representasi *linear* turun.



Gambar 2.5 Kurva Fungsi Keanggotaan Trapesium

Sumber: Kusumadewi & Purnomo (2010)

Fungsi keanggotaan trapesium memiliki persamaan seperti berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; a \leq x \leq b \\ \frac{d-x}{d-c} & ; b \geq x \geq c \\ 0 & ; x \geq d \end{cases} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$\mu(x)$  = derajat keanggotaan dari *input*  $x$

$a, d$  = *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 0

$b, c$  = *input* dengan derajat keanggotaan sama dengan 1

$x$  = *input* yang dicari derajat keanggotaannya

## 2.6 Fuzzy Time Series

*Fuzzy Time Series* merupakan suatu metode *soft computing*, digunakan untuk analisis data *time series* (Hansun, 2012). Tujuan utama metode *Fuzzy Time Series* adalah untuk memprediksi data *time series* yang digunakan secara luas pada sembarang data *real time*. Hingga saat ini, metode *Fuzzy Time Series* terus dikembangkan. Penulis pada penelitannya menggunakan metode *First Order Fuzzy Time Series* yang diusung oleh Sah dan Degtiarev (Sah & Degtiarev, 2005) pada papernya yang diterbitkan berjudul *Forecasting Enrollment Model Based on First-*





*Order Fuzzy Time Series*. Langkah-langkah yang terdapat dari metode *Fuzzy Time Series* adalah seperti berikut:

1. Definiskan himpunan semesta  $U$  menggunakan selisih pada data *time series*.
2. Membagi semesta  $U$  menjadi beberapa bagian sama panjang.
3. Definiskan himpunan *fuzzy*.
4. Lakukan proses fuzzifikasi pada data selisih.
5. Tentukan *Fuzzy Logical Relationships* (FLR).
6. Bentuk FLRG (*Fuzzy Logical Relation Group*) dari FLR yang telah didapat sebelumnya.
7. Lakukan prediksi selisih dengan cara mendefuzzifikasikan *output fuzzy*.
8. Hitung nilai prediksi.

### 2.7 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Penghitungan *error* dilakukan dengan persamaan MAPE. Persamaan MAPE menghitung seberapa tingkat *error* prediksi dalam bentuk persentase. Berikut adalah rumusnya:

$$MAPE = \left( \frac{1}{n} \sum \frac{|x-y|}{x} \right) * 100\% \quad (2.9)$$

Keterangan:

$n$  = jumlah atau banyak data

$x$  = data nilai aktual

$y$  = prediksi

Nilai MAPE yang didapat akan diinterpretasikan ke dalam salah satu dari empat kategori yang ditunjukkan pada tabel 2.3 (Lewis, 1982) berikut:

**Tabel 2.3 Interpretasi nilai MAPE**

MAPE (%)	Intepretasi
< 10	Sangat baik
$10 \leq e < 20$	Baik
$20 \leq e < 50$	Cukup
> 50	Tidak akurat

Sumber : Lewis (1982)



## BAB 3 METODOLOGI

Bab ini menjelaskan tentang tahapan-tahapan terkait penelitian prediksi permintaan semen menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Tahapan-tahapan tersebut secara berurutan adalah studi literatur, mengumpulkan data, analisis kebutuhan sistem & perancangan sistem, pengimplementasian sistem, melakukan pengujian sistem, menganalisis hasil dari pengujian sistem, dan menarik kesimpulan dari hasil pengujian.

### 3.1 Tipe Penelitian

Tipe penelitian prediksi permintaan semen dengan metode *Fuzzy Time Series* yang sedang dilakukan oleh penulis saat ini dapat dikategorikan sebagai penelitian *analytic non-implementatif*. Tipe penelitian ini berfokus pada pencatatan terhadap fenomena yang diamati yang kemudian hasilnya digunakan untuk dianalisis sehingga menghasilkan analisis ilmiah. Untuk menghasilkan analisis ilmiah, terdapat metode-metode yang digunakan. Di antaranya adalah eksperimen, studi kasus, dan observasi. Penelitian tipe ini bertujuan untuk mencari tahu bagaimana hubungan yang terjadi di antara komponen-komponen yang terlibat di dalam proses penelitian yang telah dikondisikan dalam kondisi tertentu. Setelahnya, keluaran dari penelitian ini adalah hasil analisis.

### 3.2 Strategi Penelitian

#### 3.2.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah data sekunder. Pada penelitian ini, data yang digunakan didapat dari laporan penjualan semen oleh PT. Semen Indonesia (PT. Semen Indonesia, 2019). Di dalam laporan terdapat data konsumsi semen di berbagai pulau di Indonesia setiap bulannya. Di penelitian ini, data konsumsi semen digunakan sebagai data permintaan semen dimulai dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2018 yang total berjumlah 156 data.

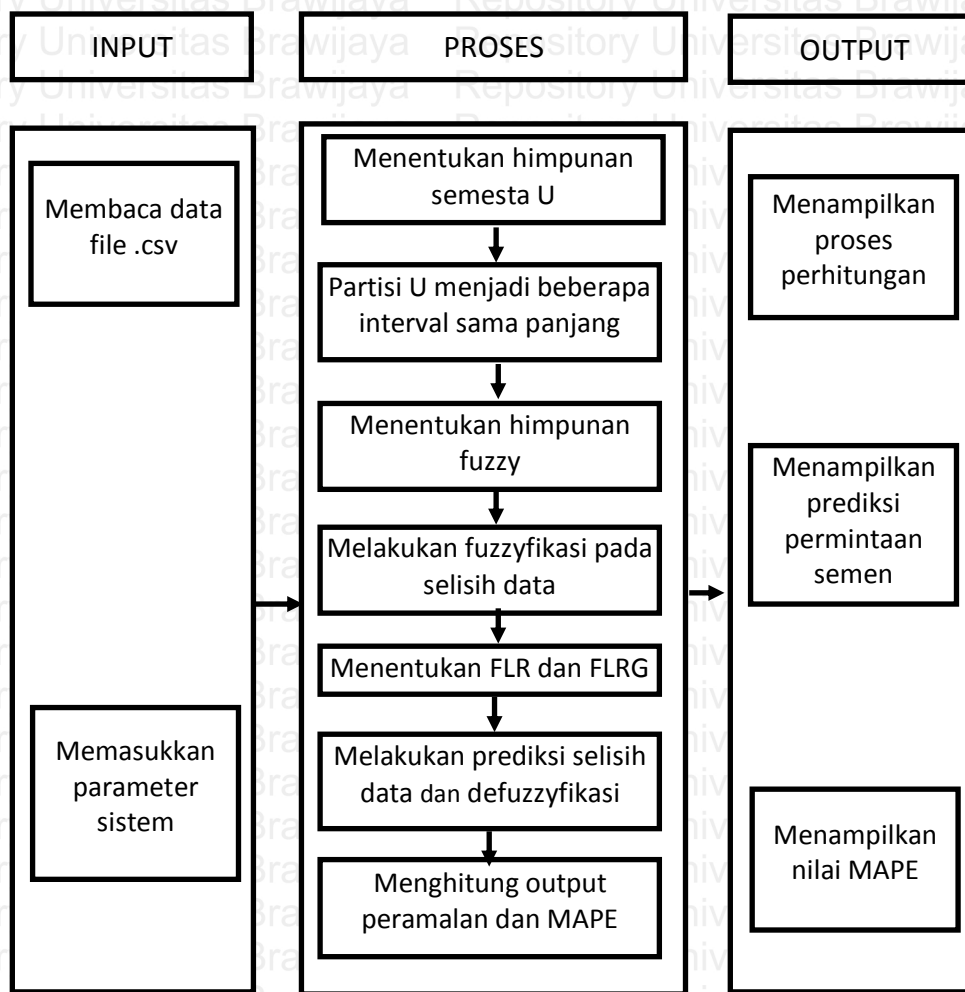
#### 3.2.2 Implementasi

Tahap perancangan sistem meliputi deskripsi sistem, membuat diagram alir untuk proses *Fuzzy Time Series*, manualisasi metode *Fuzzy Time Series* dan error MAPE, perancangan antarmuka serta pengujian akurasi sistem yang telah dibangun.

#### 3.2.3 Diagram Blok Sistem

Penggambaran aliran proses cara kerja sistem digambarkan oleh diagram blok. Diagram blok secara terstruktur menggambarkan aliran proses dimulai dari pemasukan input sampai dengan pengeluaran output. Gambar 3.1 menjelaskan diagram blok untuk sistem prediksi permintaan semen.





Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Program

Diagram blok sistem prediksi permintaan semen pada Gambar 3.1 terdiri atas:

1. *Input*  
*Input* sistem berupa data permintaan semen yang dihimpun pada suatu file dan juga nilai parameter sistem yang dimasukan oleh pengguna.
2. *Proses*  
Proses meliputi perhitungan *Fuzzy Time Series* dan MAPE.
3. *Output*  
*Output* sistem ini adalah nilai prediksi permintaan semen pada bulan berikutnya, hasil dari setiap langkah metode *Fuzzy Time Series*, dan nilai MAPE.



### 3.3 Pengujian & Analisis

Pengujian & analisis terhadap sistem dilakukan untuk mencari tahu kesesuaian sistem dengan kebutuhan yang ditentukan sebelumnya dan untuk mendapatkan hasil akurasi. Pengujian yang dilakukan terhadap sistem yang dibangun adalah seperti berikut:

- Pengujian parameter nilai jumlah *interval*.  
Pengujian parameter nilai jumlah *interval* dilakukan untuk mencari tahu bagaimana pengaruh nilai jumlah *interval* terhadap hasil tingkat *error* oleh sistem prediksi.
- Pengujian parameter jumlah data latih.  
Pengujian parameter jumlah data latih dilakukan untuk mencari tahu bagaimana pengaruh nilai jumlah data latih terhadap hasil tingkat *error* oleh sistem prediksi.
- Pengujian menghitung akurasi sistem prediksi.  
Pengujian menghitung akurasi sistem prediksi dilakukan untuk mencari tahu tingkat keakuratan oleh sistem prediksi yang sudah dibangun.

### 3.4 Penarikan Kesimpulan

Setelah menyelesaikan tahap perancangan, implementasi, pengujian & analisis, maka selanjutnya adalah menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya dalam bentuk kesimpulan. Peneliti memberikan saran dan masukan untuk pengembangan sistem di waktu mendatang.





## BAB 4 ALGORITME

### 4.1 Deskripsi Umum Sistem

Sistem prediksi permintaan semen yang dibangun menggunakan *Fuzzy Time Series* sebagai metode prediksinya. Sistem melakukan prediksi permintaan semen di tingkat bulanan. Masukan yang dibutuhkan sistem adalah data *time series* hasil penjualan semen yang dicatat setiap bulannya dan nilai parameter yang dibutuhkan oleh *Fuzzy Time Series* agar dapat bekerja. Terdapat beberapa proses dalam sistem yang akan dibangun. Secara berurutan, di antaranya adalah menentukan nilai parameter  $v_1$ ,  $v_2$ , panjang *interval* & jumlah data latih, menentukan himpunan semesta, melakukan partisi terhadap himpunan semesta, membentuk atau mendefinisikan himpunan *fuzzy*, menerapkan proses fuzzifikasi, membentuk atau mendefinisikan *Fuzzy Logical Relationships* (FLR), membentuk atau mendefinisikan *Fuzzy Logical Relationship Groups* (FLRG), melakukan proses defuzzifikasi, menghitung nilai prediksi dan error yang dihasilkan dari hasil prediksi.

### 4.2 Deskripsi Data

Di penelitian ini, data yang digunakan adalah data sekunder. Data didapatkan dari laporan penjualan semen yang direkam oleh PT. Semen Indonesia dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2018 setiap bulannya (PT. Semen Indonesia, 2019). Data yang tersedia sebanyak 132 data. Daftar lengkap data penjualan semen dilampirkan pada Lampiran A. Pada Tabel 4.1 menunjukkan penggalan data penjualan semen pada tahun 2018.

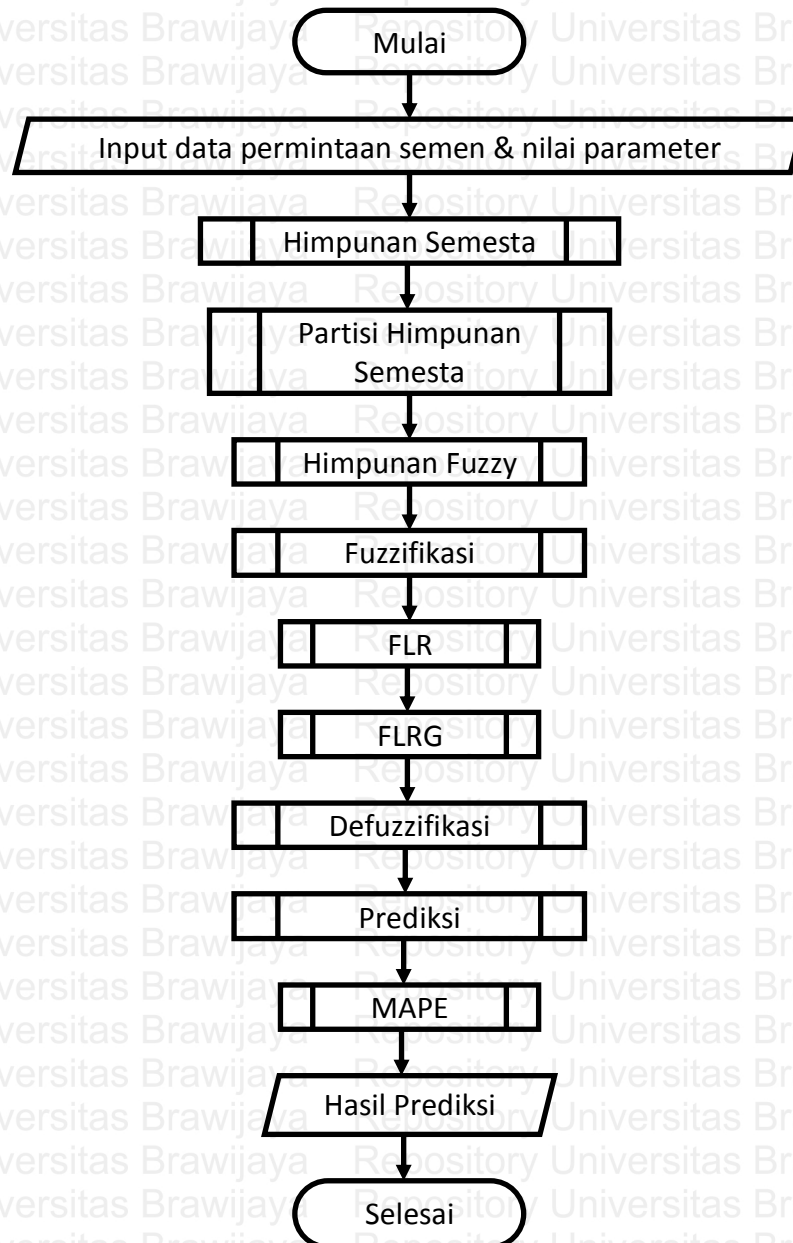
**Tabel 4.1 Penggalan Data Tahun 2018**

No.	Bulan	Permintaan (ton)
1	Januari	5.172.287
2	Februari	4.554.653
3	Maret	5.027.788
4	April	5.033.066
5	Mei	5.475.102
6	Juni	3.731.358
7	July	5.638.695
8	Agustus	6.495.831
9	September	6.303.276
10	Oktober	6.754.075
11	November	6.365.491
12	Desember	5.798.323



### 4.3 Diagram Alir Sistem

Subbab diagram alir sistem menampilkan seluruh diagram alir proses dari sistem. Ketika program dijalankan, pengguna memasukan nilai parameter yang dibutuhkan oleh proses *Fuzzy Time Series*. Keluaran sistem adalah prediksi permintaan semen pada bulan berikutnya dan tingkat *error* dari hasil prediksi. Diagram alir pada Gambar 4.1, memodelkan aliran proses sistem prediksi permintaan semen dengan *Fuzzy Time Series* secara umum.

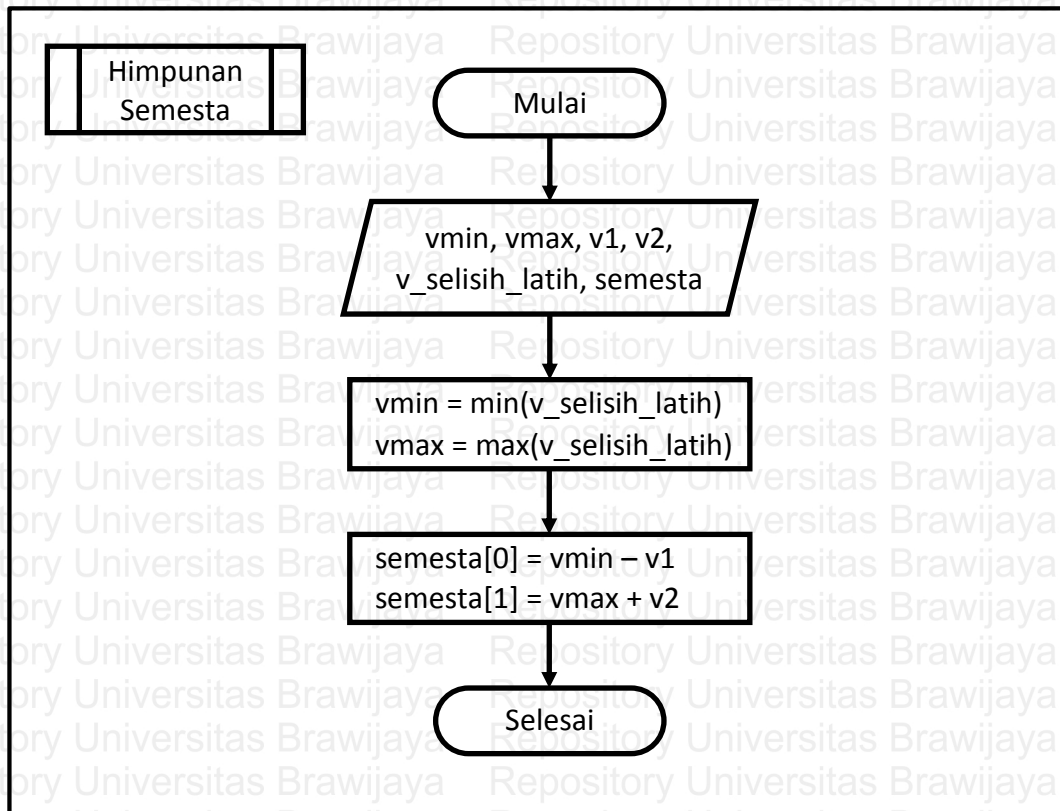


Gambar 4.1 Diagram Alir Sistem Secara Umum



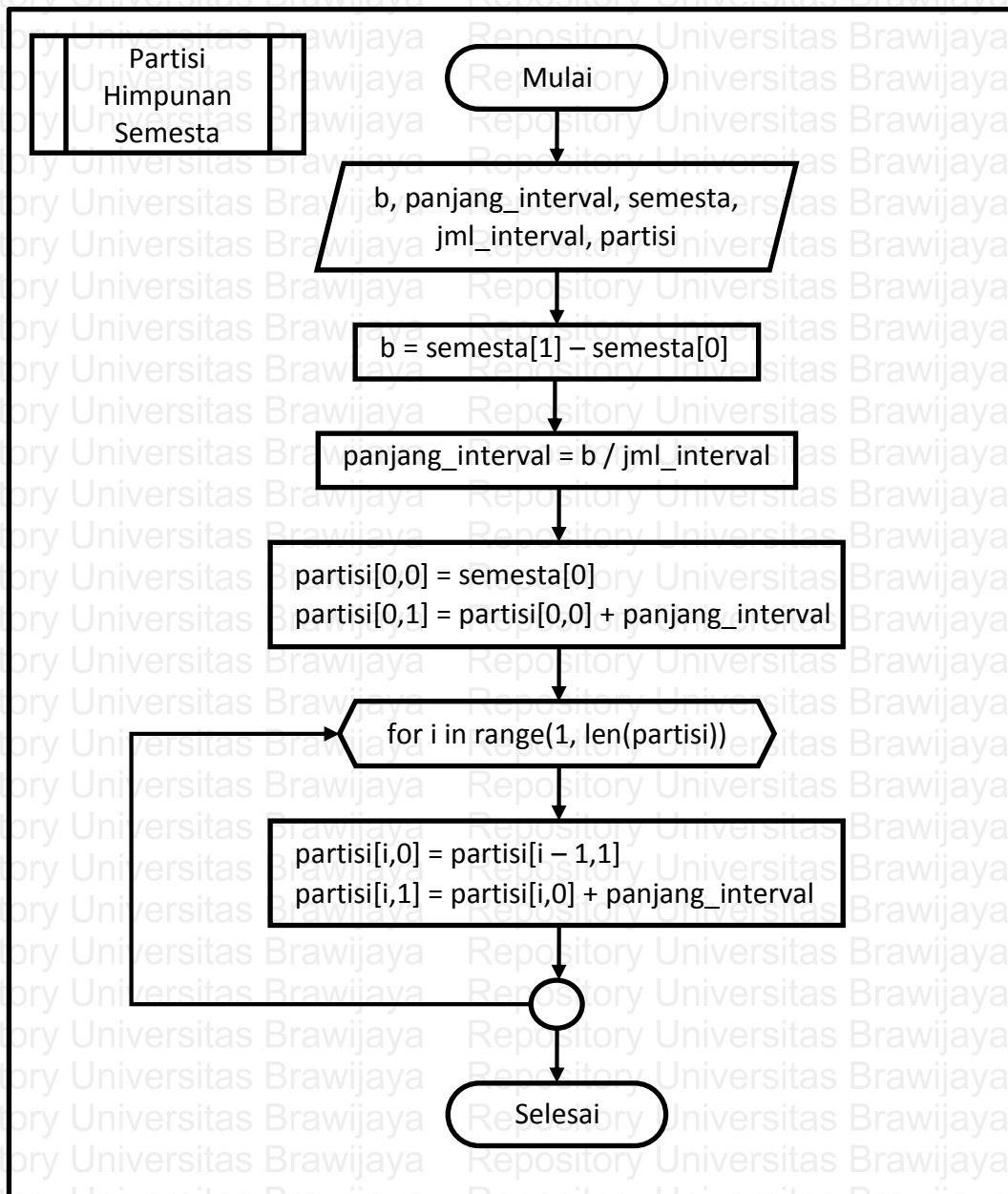


Gambar 4.1 menjelaskan pertama-tama sistem membaca masukan data permintaan dan parameter yang diperlukan dalam proses prediksi. Dari data dan parameter yang telah dimasukan, kemudian ditentukan himpunan semesta, partisi, nilai himpunan *fuzzy*, nilai hasil fuzzifikasi, hubungan yang terbentuk dalam *Fuzzy Logic Relationship* (FLR), hubungan yang terbentuk dalam *Fuzzy Logical Relationship Groups* (FLRG), hasil pendefuzzifikasian, prediksi, dan MAPE. Masing-masing prosedur pada Gambar 4.1 dijelaskan sebagai berikut.



**Gambar 4.2 Diagram Alir Himpunan Semesta**

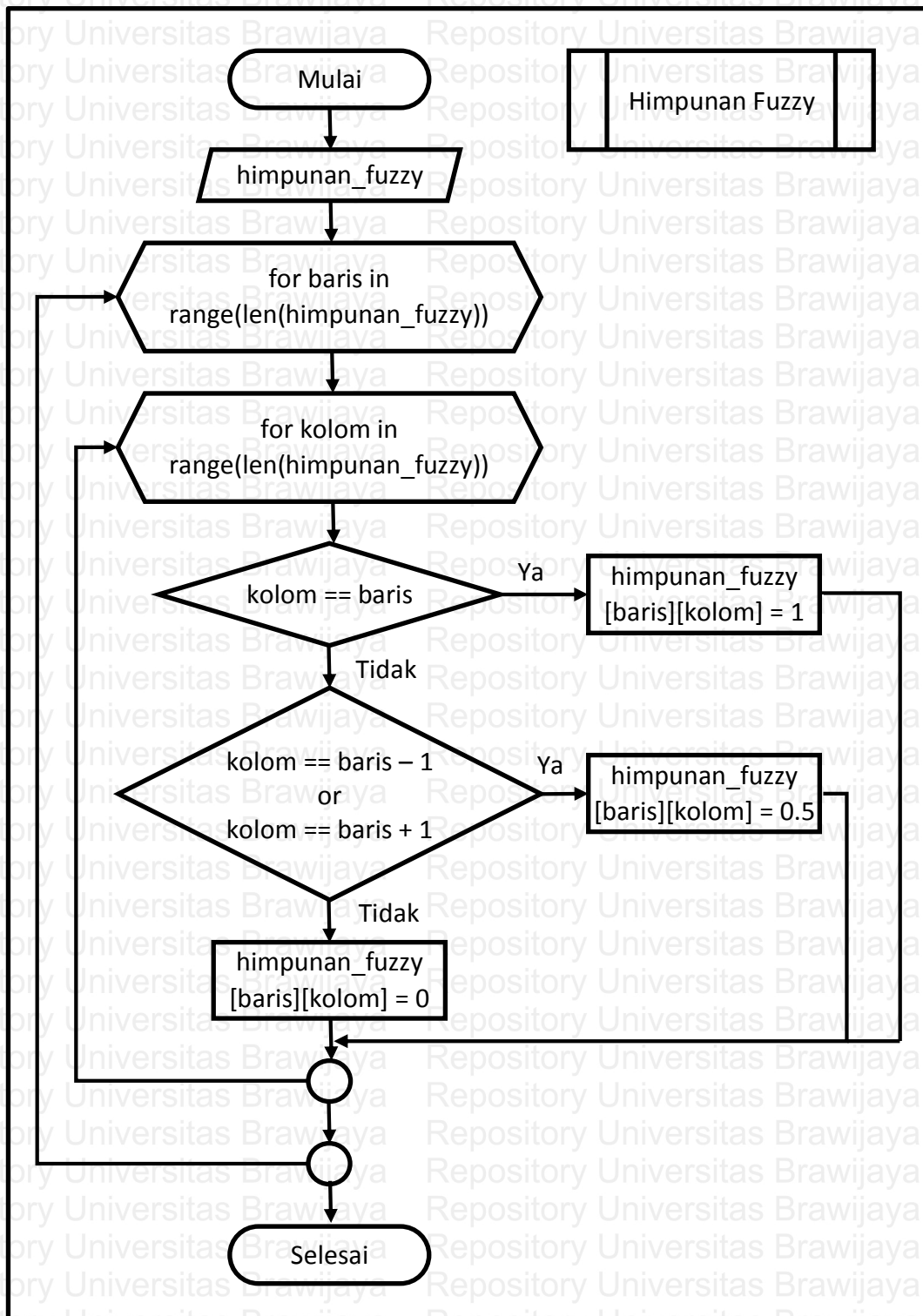
Pada saat pembacaan data di diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1, sistem membaca data *time-series* penjualan semen tingkat bulanan dan langsung menentukan nilai selisihnya. Cara menentukan nilai selisih penjualan semen suatu bulan yaitu dengan cara mengurangi nilai penjualan semen pada bulan tersebut dengan nilai penjualan semen bulan sebelumnya. Misal untuk mendapat selisih penjualan semen pada bulan Februari, dapat dilakukan dengan cara mengurangi nilai penjualan semen pada bulan Februari dengan nilai penjualan semen pada bulan Januari. Setelah didapat seluruh nilai selisih penjualan pada setiap bulan, nilai selisih tersebut diproses pada prosedur himpunan *fuzzy* yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2. Pada diagram alir ini dicari nilai selisih penjualan terkecil dan terbesar. Setelah itu ditentukan himpunan semestanya.



**Gambar 4.3 Diagram Alir Partisi Himpunan Semesta**

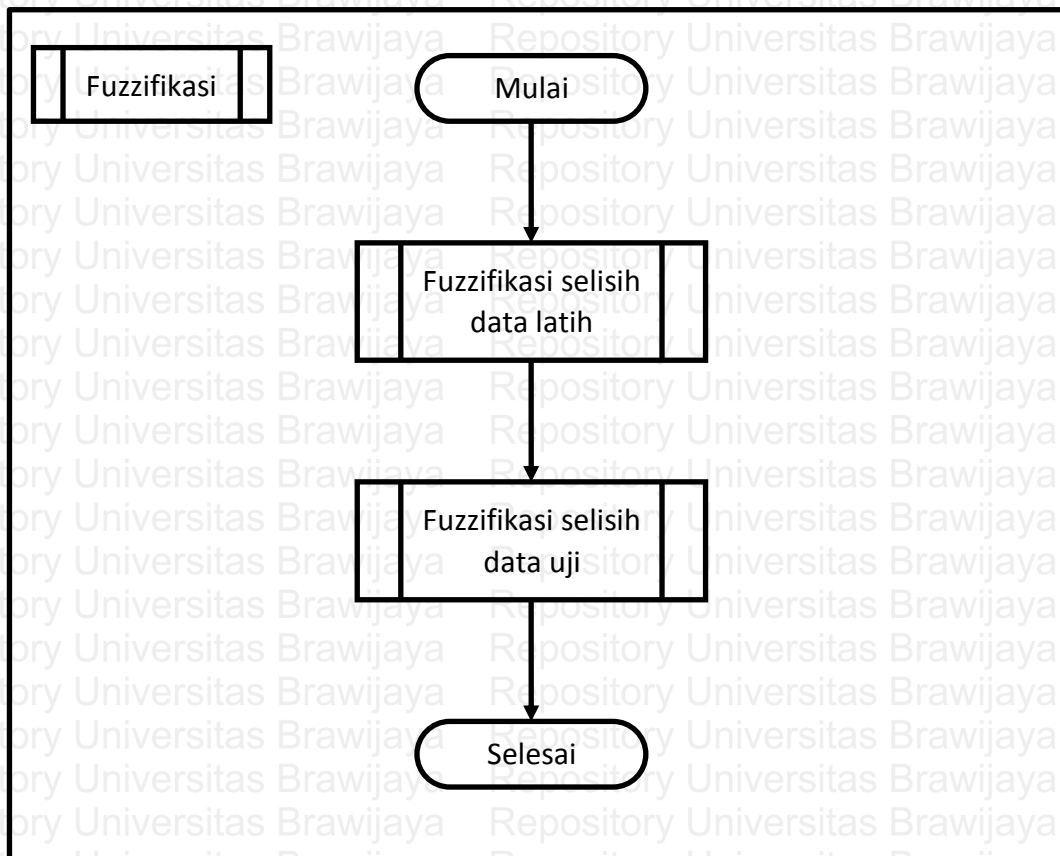
Gambar 4.3 berisi diagram alir yang menjelaskan proses pembagian himpunan semesta membentuk beberapa partisi atau bagian yang sama panjang. Jumlah partisi ditentukan oleh nilai variabel  $\text{jml\_interval}$ . Setiap partisi akan memiliki nilai batas bawah dan batas yang akan kemudian akan ditampung pada variabel  $\text{partisi}$ .





**Gambar 4.4 Diagram Alir Himpunan Fuzzy**

Gambar 4.4 berisi diagram alir yang menjelaskan proses penentuan atau pendefinisian himpunan *fuzzy*. Jumlah himpunan *fuzzy* yang akan dibentuk disesuaikan dengan nilai parameter jumlah *interval* yang dimasukkan ketika awal proses sistem dijalankan.

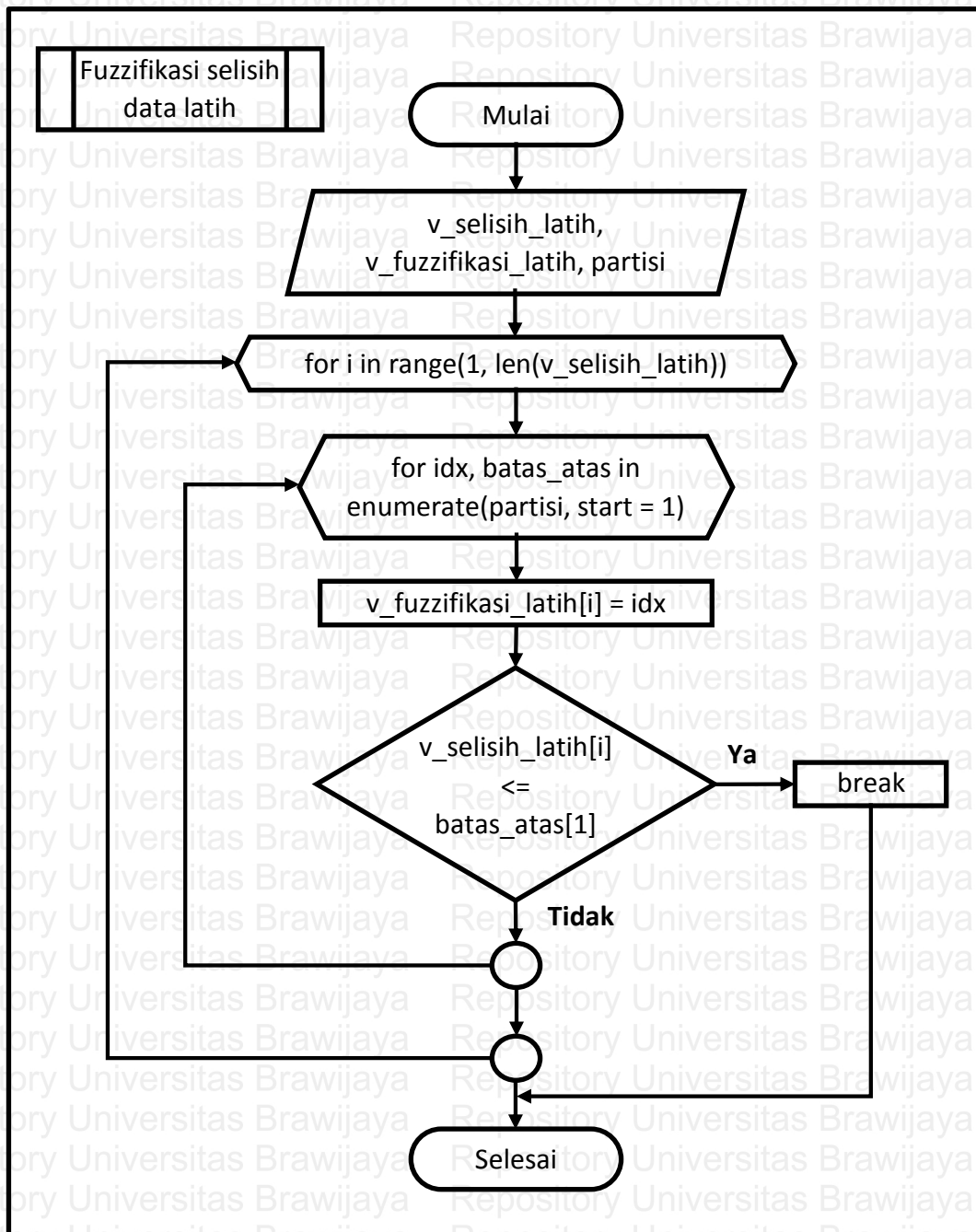


**Gambar 4.5 Diagram Alir Fuzzifikasi**

Gambar 4.5 berisi diagram alir yang menjelaskan proses fuzzifikasi yang dilakukan oleh sistem. Terdapat dua kali proses fuzzifikasi. Proses fuzzifikasi yang pertama dilakukan terhadap nilai selisih dari data latih, sedangkan proses fuzzifikasi yang kedua dilakukan terhadap nilai selisih dari data uji. Diagram alir dua proses tersebut ditunjukkan oleh Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.

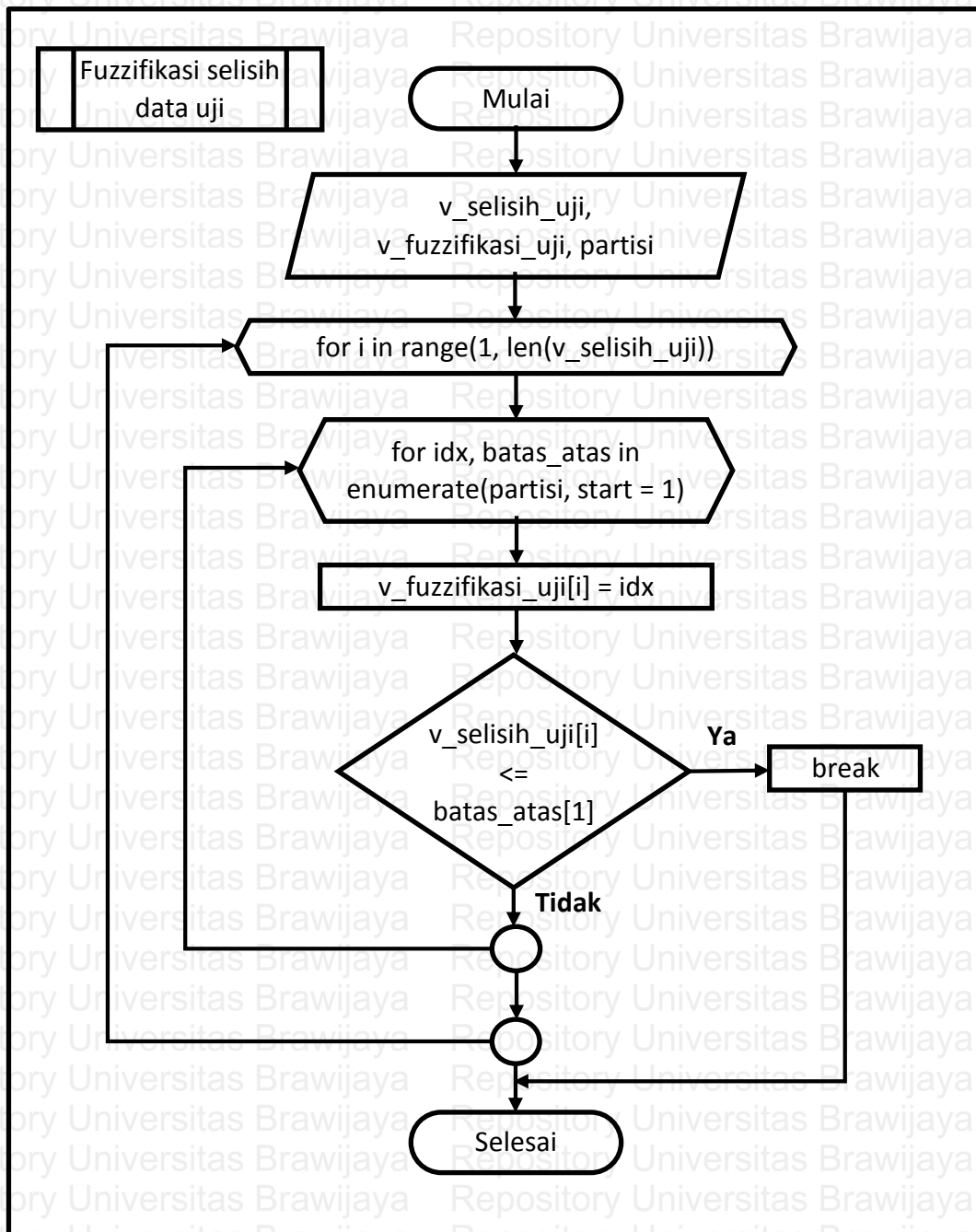
Gambar 4.6 berisi diagram alir yang menjelaskan proses penentuan hasil fuzzifikasi. Nilai selisih setiap bulan akan dikodekan sesuai dengan himpunan *fuzzy* yang bersesuaian dengannya. Cara memetakan nilai selisih ke dalam himpunan *fuzzy* yaitu dengan membandingkan nilai selisih yang akan dipetakan dengan nilai batas atas pada setiap partisi. Jika syarat terpenuhi yaitu nilai selisih kurang dari atau sama dengan batas atas suatu partisi, maka nilai selisih akan dikodekan menjadi himpunan *fuzzy* tersebut. Jika tidak, maka lanjutkan proses perbandingan dengan partisi lainnya. Pengkodean di sini menggunakan angka bulat yang dimulai dari 1 hingga  $n$ .





**Gambar 4.6 Diagram Alir Fuzzifikasi Selisih Data Latih**

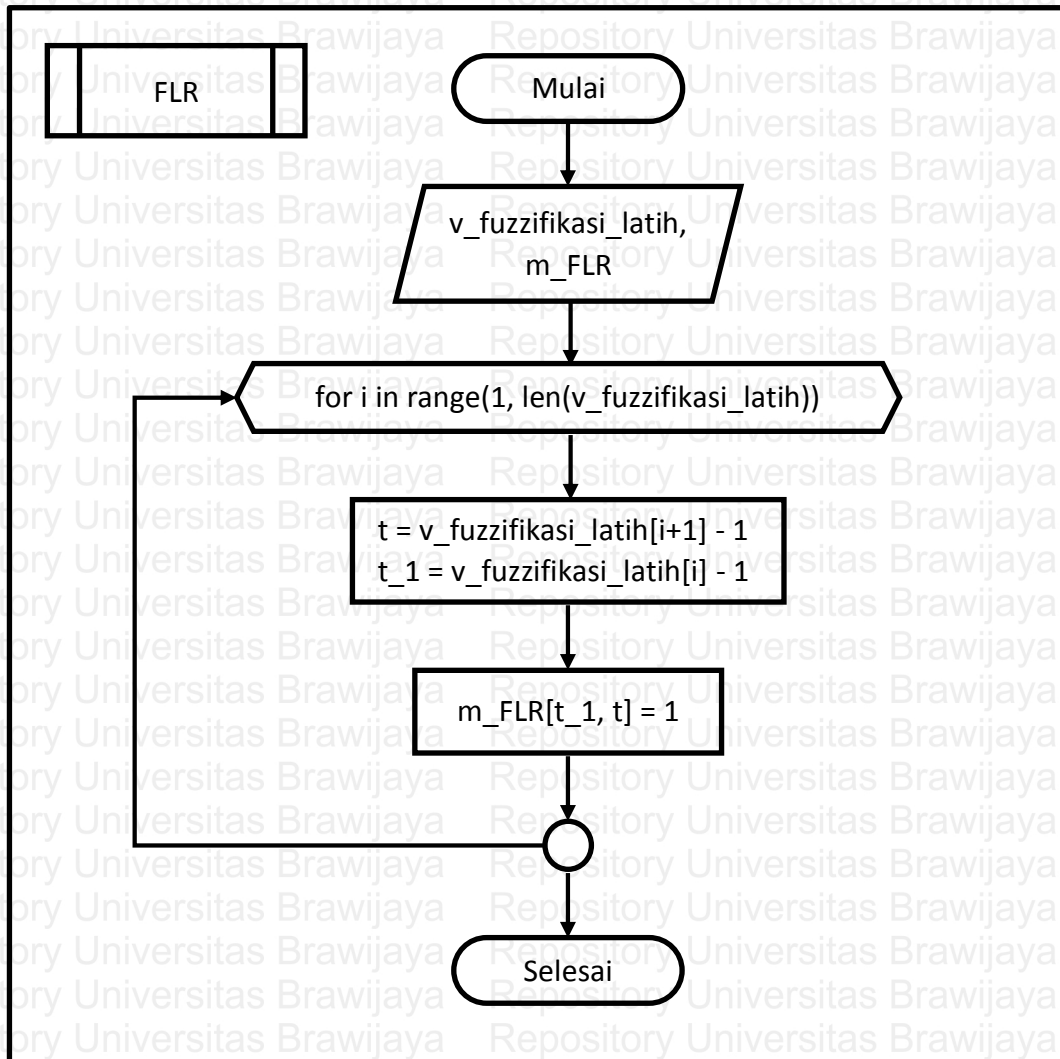
Penjelasan diagram alir pada Gambar 4.7 sama seperti dengan diagram alir sebelumnya, namun data yang digunakan adalah selisih pada data uji.



Gambar 4.7 Diagram Alir Fuzzifikasi Selisih Data Uji

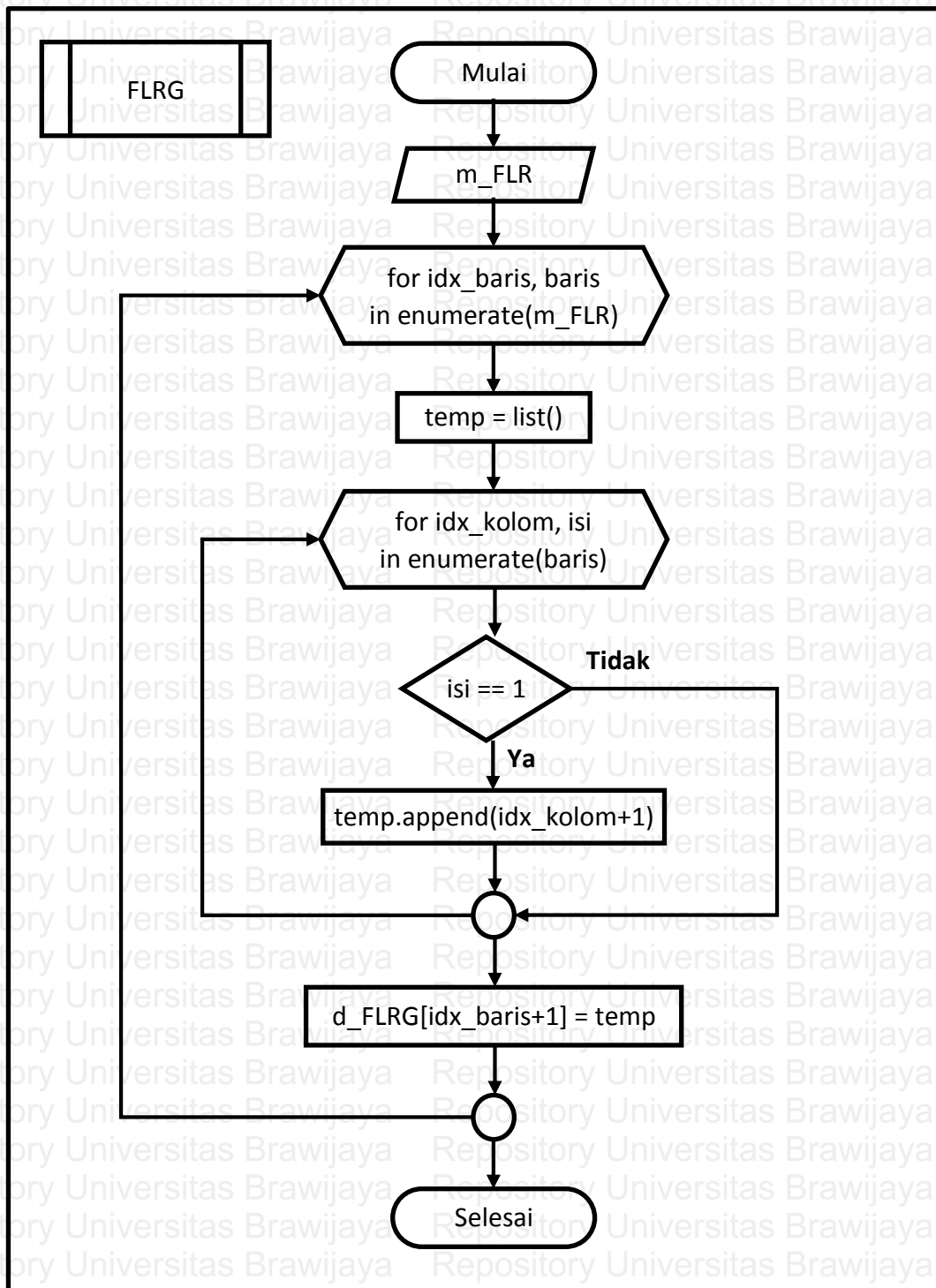
Gambar 4.8 berisi diagram alir yang menjelaskan proses pembentukan *Fuzzy Logical Relationships* (FLR). Dengan menerima masukan hasil fuzzifikasi, FLR dibentuk dengan menghubungkan *current state* dan *next state*. *Current state* direpresentasikan sebagai variabel  $t_1$ . *Next state* direpresentasikan sebagai variabel  $t$ . Kedua variabel ini berisi nilai bilangan bulat dari 1 hingga  $n$  yang mewakili himpunan *fuzzy* yang merupakan hasil pengkodean data selisih dari proses fuzzifikasi sebelumnya. Pada sistem ini, FLR direpresentasikan sebagai variabel  $m\_FLR$  yang memiliki struktur data matriks persegi.





Gambar 4.8 Diagram Alir FLR

Gambar 4.9 berisi diagram alir yang menjelaskan penentuan *Fuzzy Logical Relationship Groups* (FLRG). Penentuan hubungan di dalam FLRG menggunakan FLR yang telah dibentuk sebelumnya. Dengan mengelompokkan semua *current state* (dinotasikan sebagai  $t_1$  dalam diagram alir) yang sama menjadi satu kelompok, maka setiap *current state* akan memiliki beberapa *next state* (dinotasikan sebagai  $t$  dalam diagram alir) yang berbeda. *Current state* dapat juga memiliki himpunan *next state* yang kosong dalam pembentukan FLRG ini.



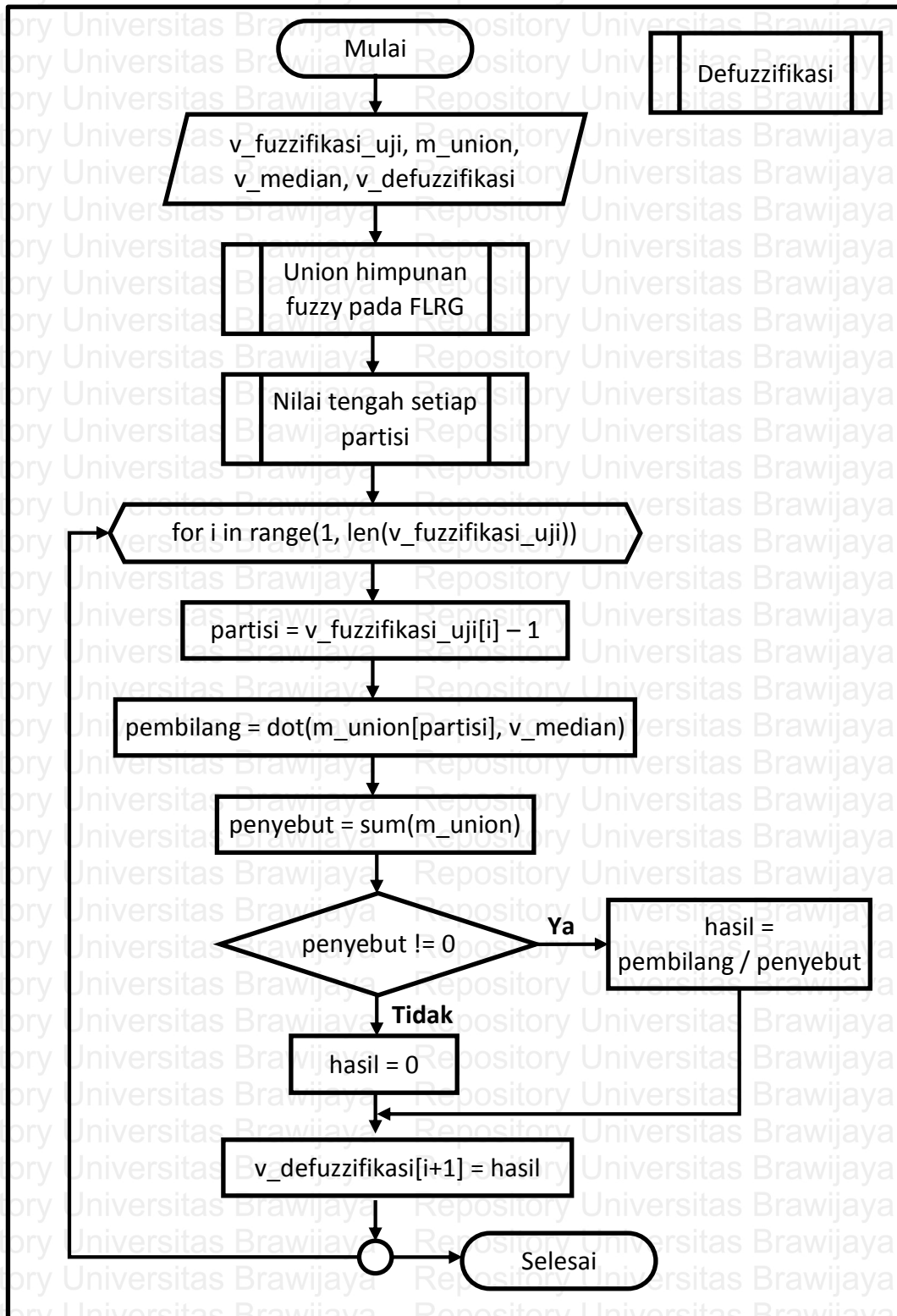
Gambar 4.9 Diagram Alir FLRG

Diagram alir Gambar 4.10 menjelaskan proses defuzzifikasi. Pada proses ini, proses akan menjalankan dua sub-proses yaitu sub-proses *union* himpunan *fuzzy* pada FLRG dan sub-proses nilai tengah setiap partisi. Sub-proses *union* himpunan *fuzzy* pada FLRG bertujuan untuk mencari nilai keanggotaan yang baru pada FLRG. Sub-proses nilai tengah setiap partisi bertujuan untuk mencari *median* (nilai

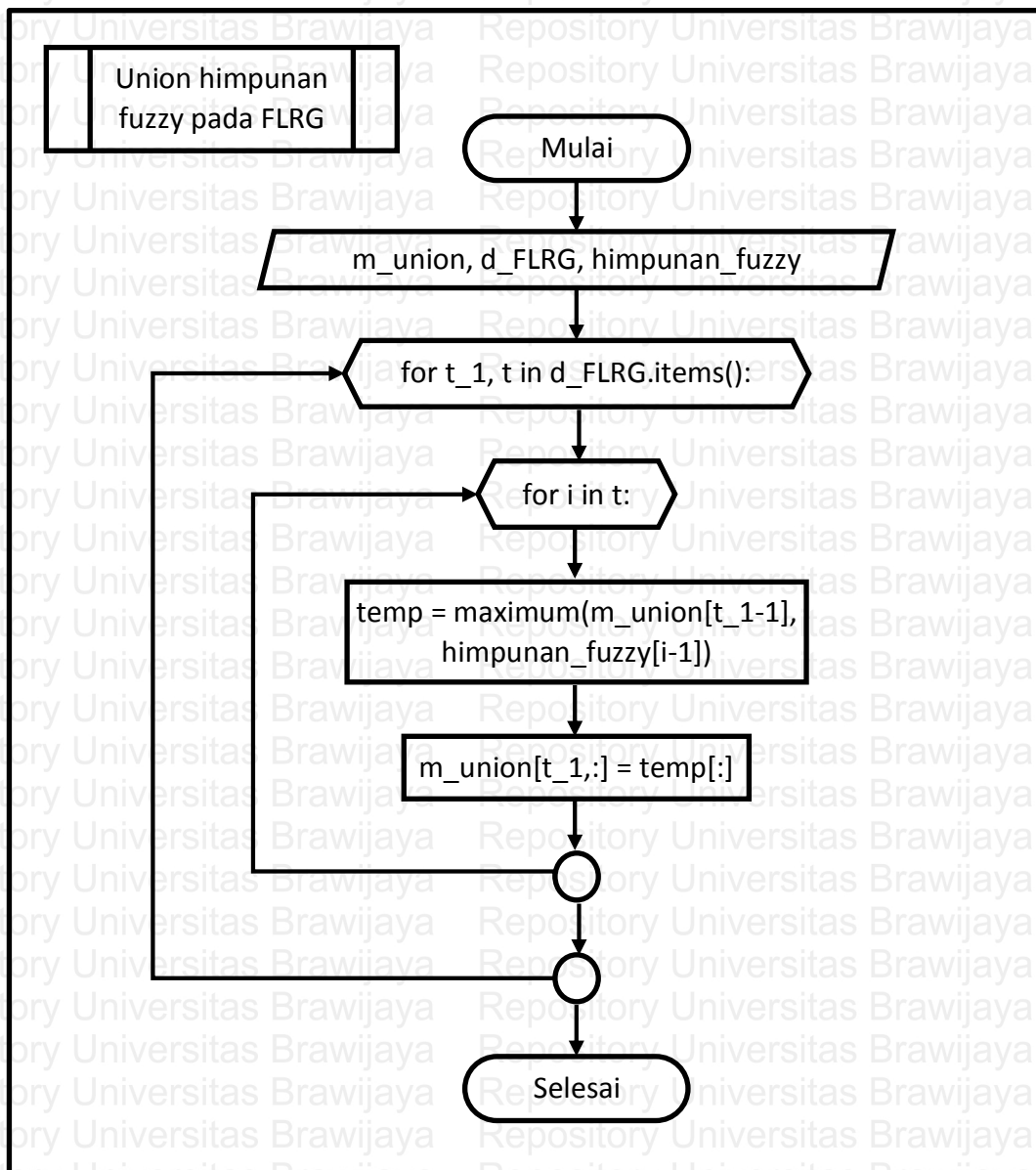




tengah) pada setiap partisi. Hasil kedua sub-proses akan digunakan untuk keperluan defuzzifikasi. Hasil defuzzifikasi ini adalah nilai prediksi dari selisih.



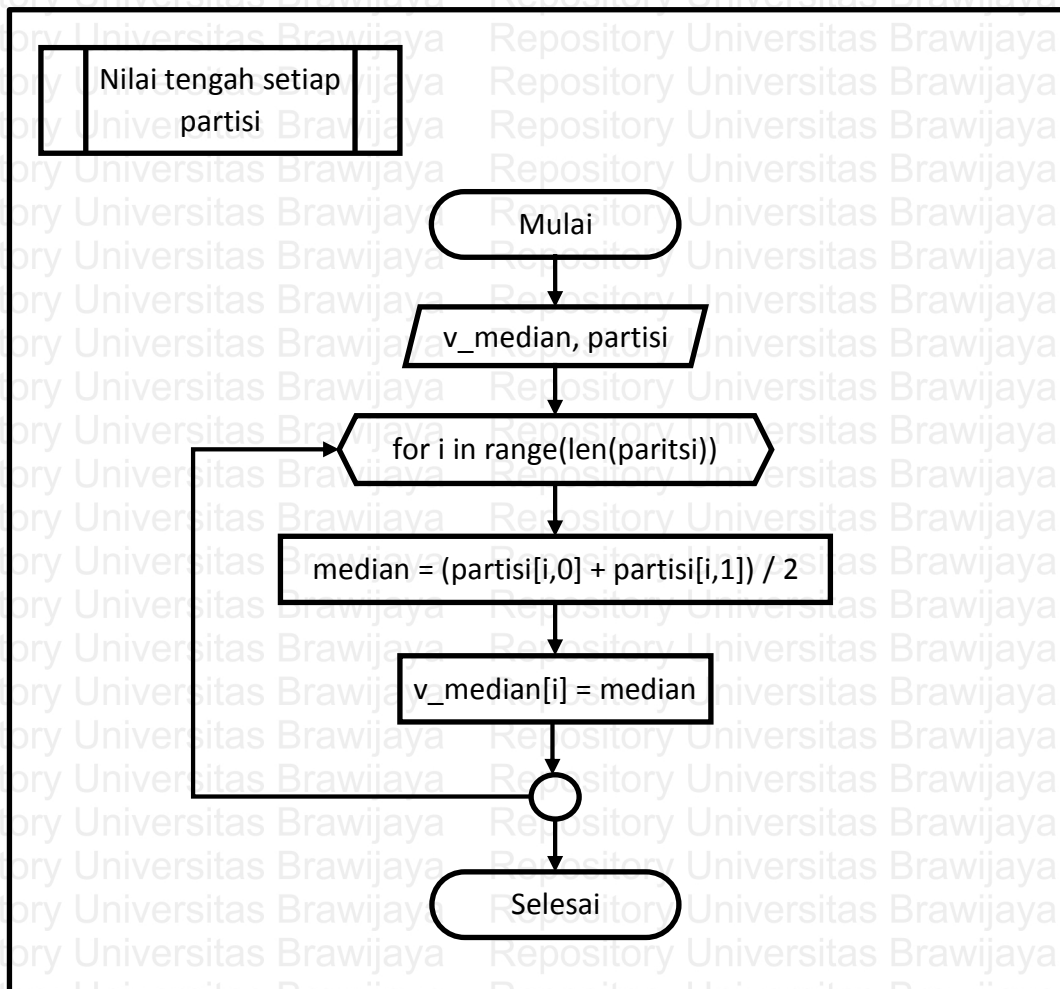
Gambar 4.10 Diagram Alir Defuzzifikasi



**Gambar 4.11 Diagram Alir Union Himpunan Fuzzy pada FLRG**

Diagram alir Gambar 4.11 menjelaskan proses pembentukan nilai keanggotaan pada FLRG. Setiap *next state* pada kelompok *current state* akan dievaluasi nilai keanggotaan *fuzzy*-nya dengan cara memilih nilai tertinggi melalui operasi *union*. Nilai-nilai keanggotaan *fuzzy* yang baru inilah yang akan menjadi nilai keanggotaan himpunan *fuzzy* yang baru pada *current state* di FLRG.

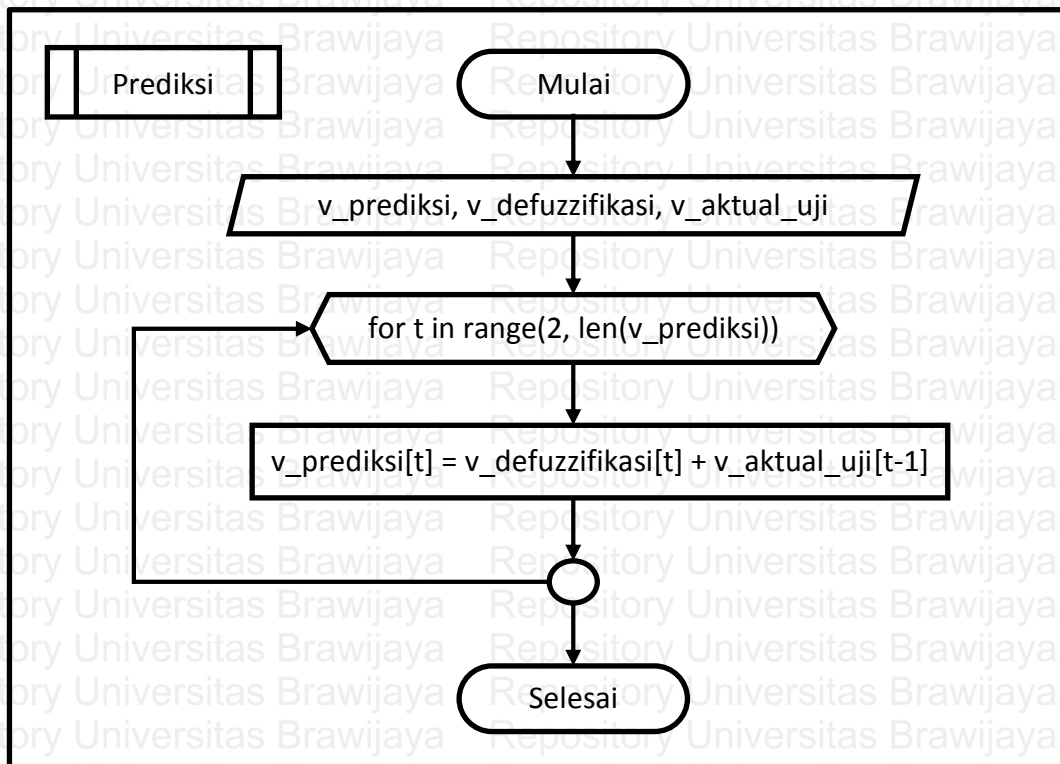




**Gambar 4.12 Diagram Alir Nilai Tengah Setiap Partisi**

Gambar 4.12 berisi diagram alir yang menjelaskan proses penentuan nilai tengah setiap partisi. Proses ini bertujuan untuk mencari nilai tengah setiap partisi dengan menjumlahkan nilai batas atas suatu partisi dengan nilai batas bawah pada partisi yang sama yang kemudian dibagi dengan 2, setelah itu didapatkanlah nilai tengahnya. Proses tersebut dilakukan pada setiap partisi.

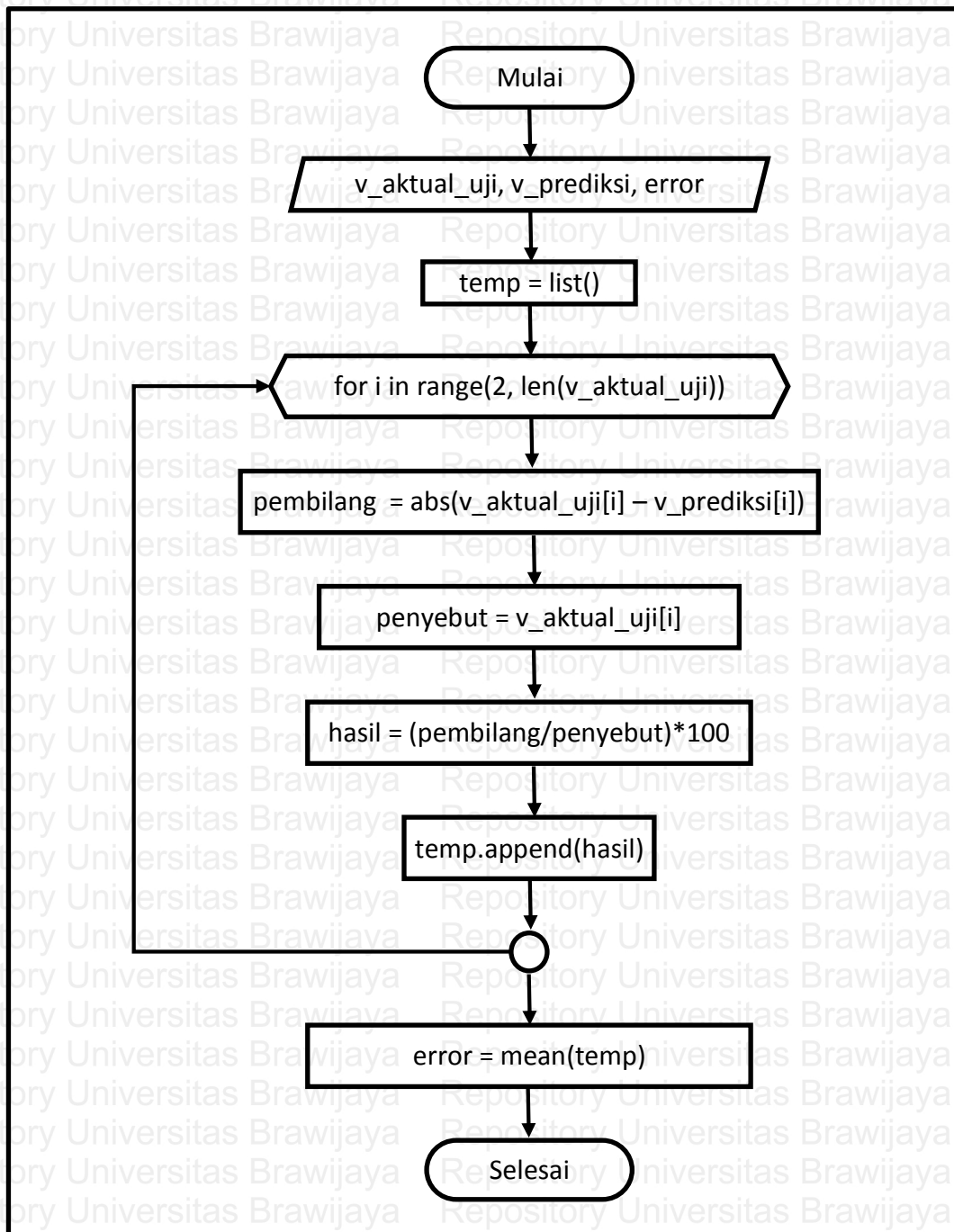
Gambar 4.13 berisi diagram alir yang menjelaskan proses prediksi. Setelah didapat hasil defuzzifikasi dimana hasil defuzzifikasi ini adalah nilai prediksi selisih setiap bulan, maka prediksi nilai penjualan pada suatu bulan dapat dilakukan dengan cara menjumlahkan nilai prediksi selisih pada bulan tersebut dengan nilai aktual penjualan pada bulan sebelumnya.



Gambar 4.13 Diagram Alir Prediksi

Gambar 4.14 berisi diagram alir yang menjelaskan proses penghitungan *error*. *Mean Absolute Percentage Error* atau disingkat MAPE digunakan sebagai penghitungan *error* pada penelitian ini. *Forecast error* adalah simpangan nilai prediksi terhadap nilai aktual. *Forecast error* pada suatu waktu didapat dengan memutlakan hasil pengurangan pada nilai aktual waktu tersebut dengan nilai prediksi pada waktu yang sama. Setelah mendapat nilai mutlak, kemudian dibagi oleh nilai aktual, lalu dikali dengan 100. Nilai MAPE didapat dengan cara mencari nilai rata-rata dari semua nilai *forecast error* yang didapat.





Gambar 4.14 Diagram Alir MAPE

#### 4.4 Manualisasi Perhitungan

Subbab ini menjelaskan perhitungan manual *Fuzzy Time Series* dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* pada penelitian ini.

##### 4.4.1 Perhitungan Fuzzy Time Series

Penggalan data penjualan semen tahun 2017 setiap bulannya yang ditunjukkan oleh Tabel 4.2 akan digunakan sebagai contoh dalam perhitungan manual.



Tabel 4.2 Penjualan Semen Tahun 2017

No.	Bulan	Permintaan (ton)
1	Januari	5.172.287
2	Februari	4.554.653
3	Maret	5.027.788
4	April	5.033.066
5	Mei	5.475.102
6	Juni	3.731.358
7	July	5.638.695
8	Agustus	6.495.831
9	September	6.303.276
10	Oktober	6.754.075
11	November	6.365.491
12	Desember	5.798.323

Langkah-langkah proses *Fuzzy Time Series* secara berurutan adalah seperti berikut:

1. Definisikan himpunan semesta  $U$  menggunakan selisih pada data *time series*.

$$U = [Vmin - V1, Vmax + V2] \quad (4.1)$$

Keterangan.

$Vmin$  : selisih terkecil pada data deret waktu (*time series*).

$Vmax$  : selisih terbesar pada data deret waktu (*time series*).

$V1$  dan  $V2$  : bilangan bulat positif.

Maka didapat selisih penjualan sebagai berikut:

Tabel 4.3 Selisih Penjualan

Bulan	Permintaan (ton)	Selisih
Januari	5.172.287	-
Februari	4.554.653	617.634
Maret	5.027.788	-473.135
April	5.033.066	-5.278
Mei	5.475.102	-442.036
Juni	3.731.358	1.743.744
Juli	5.638.695	-1.907.337
Agustus	6.495.831	-857.136





September	6.303.276	192.555
Oktober	6.754.075	-450.799
November	6.365.491	388.584
Desember	5.798.323	567.168

Dari Tabel 4.3, didapatkan nilai  $V_{min} = -1.743.744$  dan nilai  $V_{max} = 1.907.337$ . Dengan nilai  $V1 = 56.256$  dan  $V2 = 92.663$ , maka didapat nilai rentang himpunan semesta  $U = [-1.800.000, 2.000.000]$ .

2. Membagi semesta  $U$  menjadi beberapa partisi atau bagian sama panjang.

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \quad (4.2)$$

$$B = \frac{u_{max} - u_{min}}{n} \quad (4.3)$$

$$u_i = [u_{i_b}, u_{i_a}] \quad (4.4)$$

$$u_{i_a} = U_{i_b} + b \quad (4.5)$$

$$u_{(i+1)_b} = u_{i_a} \quad (4.6)$$

Keterangan.

$n$  : banyak atau jumlah bagian/partisi

$u_{min}$  : nilai angka batas bawah dari semesta  $U$

$u_{max}$  : nilai angka batas atas dari semesta  $U$

$B$  : nilai panjang untuk satu partisi,

$u_i$  : partisi atau bagian ke- $i$

$u_{i_b}$  : nilai angka batas bawah dari partisi ke- $i$

$u_{i_a}$  : nilai angka batas atas dari partisi ke- $i$

Misal semesta  $U$  ingin dibagi ke dalam 5 partisi atau bagian. Nilai  $B$  yang didapat adalah  $B = 760.000$ . Didapatkan bagian-bagian atau partisi-partisi pada interval berikut:  $u_1 = [-1.800.000; -1.040.000]$ ,  $u_2 = [-1.040.000; -280.000]$ ,  $u_3 = [-280.000; 480.000]$ ,  $u_4 = [480.000; 1.240.000]$ ,  $u_5 = [1.240.000; 2.000.000]$

3. Definisikan himpunan fuzzy  $A_i$

$$A = \frac{\mu_A(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{\mu_A(u_n)}{u_n} \quad (4.7)$$

Keterangan :

$A$  = himpunan fuzzy  $A$

$n$  = banyak partisi

$\mu_A(u_i)$  = derajat keanggotaan  $u_i$  pada himpunan fuzzy  $A$



Tentukan variabel linguistik, misal:  $A_1$  = turun sekali,  $A_2$  = turun,  $A_3$  = tetap,  $A_4$  = naik,  $A_5$  = naik sekali. Berikut himpunan-himpunan fuzzy yang terbentuk:

$$A_1 = \{ 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 \}$$

$$A_2 = \{ 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 \}$$

$$A_3 = \{ 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 \}$$

$$A_4 = \{ 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 \}$$

$$A_5 = \{ 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 \}$$

4. Lakukan proses fuzzifikasi pada data selisih yang ada pada Tabel 4.3. Tabel 4.4 menunjukkan hasil dari proses fuzzifikasi.

**Tabel 4.4 Fuzzifikasi Selisih Permintaan & Nilai Linguistiknya**

Bulan	Permintaan (ton)	Selisih	Fuzzifikasi	Nilai Linguistik
Januari	5.172.287			
Februari	4.554.653	-617.634	$A_2$	Turun
Maret	5.027.788	473.135	$A_3$	Tetap
April	5.033.066	5.278	$A_3$	Tetap
Mei	5.475.102	442.036	$A_3$	Tetap
Juni	3.731.358	-1.743.744	$A_1$	Turun sekali
Juli	5.638.695	1.907.337	$A_5$	Naik sekali
Agustus	6.495.831	857.136	$A_4$	Naik
September	6.303.276	-192.555	$A_3$	Tetap
Oktober	6.754.075	450.799	$A_3$	Tetap
November	6.365.491	-388.584	$A_2$	Turun
Desember	5.798.323	-567.168	$A_2$	Turun

5. Tentukan *Fuzzy Logical Relationships* (FLR) dengan menghubungkan hasil fuzzifikasi pada Tabel 4.4 satu demi satu dari atas ke bawah.

$$A_i \rightarrow A_j \tag{4.8}$$

Tabel 4.5 berisi hasil dari *Fuzzy Logical Relationship* yang terbentuk :

**Tabel 4.5 Fuzzy Logical Relationships**

$A_1 \rightarrow A_5$	$A_3 \rightarrow A_2$
$A_2 \rightarrow A_2$	$A_3 \rightarrow A_3$
$A_2 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_3$





$A_3 \rightarrow A_1$	$A_5 \rightarrow A_4$
-----------------------	-----------------------

6. Bentuk FLRG (*Fuzzy Logical Relation Groups*) dari FLR yang telah didapat sebelumnya dengan cara mengelompokkan sisi kiri yang sama menjadi satu. Tabel 4.6 menunjukkan hasil FLRG yang terbentuk.

$$\left. \begin{array}{l} A_i \rightarrow A_{j1} \\ A_i \rightarrow A_{j2} \\ \dots\dots\dots \end{array} \right\} \Rightarrow A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots \quad (4.9)$$

**Tabel 4.6 Fuzzy Logical Relationship Groups**

$A_1 \rightarrow A_5$
$A_2 \rightarrow A_2, A_3$
$A_3 \rightarrow A_1, A_2, A_3$
$A_4 \rightarrow A_3$
$A_5 \rightarrow A_4$

7. Lakukan prediksi selisih antara t dengan t-1 dengan cara mendefuzzikasikan *output fuzzy*. Berikut beberapa aturan defuzzifikasi :

1. Jika nilai keanggotaan pada output FLRG yang telah diunionkan adalah nol (0), maka prediksi selisih juga adalah nol.
2. Jika keanggotaan pada FLRG yang telah diunionkan hanya memiliki tepat satu nilai maksimum, titik tengah bagian atau partisi dari yang dimiliki oleh satu nilai tersebut adalah nilai prediksi selisihnya
3. Jika keanggotaan pada FLRG yang telah diunionkan terdapat dua atau banyak nilai maksimum berturut-turut, nilai prediksi selisihnya adalah titik tengah partisi-partisi atau bagian-bagian yang berturut-turut tersebut.
4. Untuk selain ketiga kondisi di atas, lakukan defuzzifikasi selisih dengan metode *centroid*. Metode *centroid* mengalikan setiap keanggotaan pada FLRG yang telah diunionkan dengan titik tengah pada partisi-partisi atau bagian-bagian yang bersesuaian dengan titik tengah tersebut kemudian hasilnya dijumlahkan, kemudian hasil penjumlahan tersebut dibagi dengan jumlah dari nilai keanggotaan keanggotaan FLRG.

$$v = \frac{\sum S_i M_i}{\sum S_i} \quad (4.10)$$

Keterangan.

$v$  : prediksi selisih

$S_i$  : nilai keanggotaan ke-i pada FLRG yang telah diunionkan



$M_i$  : nilai titik tengah pada bagian atau partisi ke- $i$

Untuk mendapat nilai titik tengah pada setiap *interval* cukup menjumlahkan nilai angka batas atas dengan nilai angka batas bawah partisi yang lalu dibagi dengan dua. Tabel 4.7 menunjukkan nilai titik tengah masing-masing bagian atau partisi.

**Tabel 4.7 Nilai Titik Tengah Setiap Partisi**

Interval (Partisi)	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Titik Tengah
$u_1$	-1.800.000	-1.040.000	-1.420.000
$u_2$	-1.040.000	-280.000	-660.000
$u_3$	-280.000	480.000	100.000
$u_4$	480.000	1.240.000	860.000
$u_5$	1.240.000	2.000.000	1.620.000

Misal prediksi selisih pada bulan Oktober yang akan dicari. Lihat himpunan fuzzy ( $A_i$ ) dan FLRG-nya dari selisih aktual pada bulan September. Pada Tabel 4.4, selisih aktual pada bulan September termasuk ke dalam himpunan fuzzy  $A_3$  dengan FLRG-nya dapat dilihat pada Tabel 4.6 yaitu  $A_3 \rightarrow A_1, A_2, A_3$  maka himpunan fuzzy-nya adalah:

$$A_1 = \{ 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 \}$$

$$A_2 = \{ 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 \}$$

$$A_3 = \{ 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 \}$$

Kemudian diunionkan (gabungkan) :

$$A_1 \cup A_2 \cup A_3 = \{ 1/u_1 + 1/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 \}$$

Prediksi selisih bulan Oktober:

$$V_{oktober} = \frac{1 * (-1420000) + 1 * (-660000) + 1 * (-100000) + 0,5 * 860000 + 0 * 1620000}{1 + 1 + 1 + 0,5 + 0}$$

$$V_{oktober} = \frac{-1550000}{3,5}$$

$$V_{oktober} = -442857$$

8. Hitung nilai prediksi permintaan semen pada bulan Oktober. Nilai prediksi permintaan pada bulan Oktober didapat dengan cara menjumlahkan permintaan aktual pada bulan September dengan nilai prediksi selisih pada bulan Oktober yang telah didapatkan pada pada langkah 7 di atas.





Jadi nilai prediksi permintaan pada bulan Oktober adalah  $6.303.276 + (-442.857)$   
 $= 5.860.419$

#### 4.4.2 Penghitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Penghitungan *error* menggunakan persamaan MAPE. Persamaan MAPE menghitung berapa seberapa tingkat *error* dalam bentuk persentase. Berikut adalah rumusnya:

$$\text{MAPE} = \left( \frac{1}{n} \sum \frac{|x-y|}{x} \right) * 100\% \quad (4.11)$$

Keterangan :

$n$  = jumlah atau banyak data

$x$  = data nilai aktual

$y$  = prediksi

Melanjutkan perhitungan di subbab sebelumnya. Dengan menggunakan data yang sama, yaitu Tabel 4.2, didapatkan nilai prediksi sebagai berikut :

**Tabel 4.8 Nilai Aktual & Prediksi**

Tahun	Bulan	Permintaan	
		Aktual	Prediksi
2017	Januari	5.172.287	-
2017	Februari	4.554.653	-
2017	Maret	5.027.788	4.274.653
2017	April	5.033.066	4.584.931
2017	Mei	5.475.102	4.590.209
2017	Juni	3.731.358	5.032.245
2017	Juli	5.638.695	2.564.691
2017	Agustus	6.495.831	6.752.028
2017	September	6.303.276	6.595.831
2017	Oktober	6.754.075	5.860.419
2017	November	6.365.491	6.311.218
2017	Desember	5.798.323	6.085.491
2018	Januari	-	5.518.323

Persamaan MAPE menggunakan nilai aktual dan nilai prediksi yang diketahui secara bersamaan di setiap waktu. Oleh karena itu, nilai yang dimasukkan ke dalam persamaan adalah nilai aktual dan nilai prediksi pada bulan Maret hingga bulan Desember. Sehingga perhitungannya menjadi seperti berikut :



$$MAPE = \left( \frac{|5,027,788 - 4,274,653|}{|5,027,788|} + \frac{|5,033,066 - 4,584,931|}{|5,033,066|} + \frac{|5,475,102 - 4,590,209|}{|5,475,102|} + \frac{|3,731,358 - 5,032,245|}{|3,731,358|} + \frac{|5,638,695 - 2,564,691|}{|5,638,695|} + \frac{|6,495,831 - 6,752,028|}{|6,495,831|} + \frac{|6,303,276 - 6,595,831|}{|6,303,276|} + \frac{|6,754,075 - 5,860,419|}{|6,754,075|} + \frac{|6,365,491 - 6,311,218|}{|6,365,491|} + \frac{|5,798,323 - 6,085,491|}{|5,798,323|} \right) / 10 * 100\%$$

$$MAPE = \frac{0.149794502 + 0.089038201 + 0.161621307 + 0.348636303 + 0.545162252 + 0.039440271 + 0.046413167 + 0.132313624 + 0.008526152 + 0.049526044}{10} * 100\%$$

$$MAPE = 15.7\%$$

#### 4.5 Perancangan Antarmuka

Subbab perancangan antarmuka menampilkan desain kasar tampilan antarmuka program yang akan dibangun.

##### 4.5.1 Halaman Awal Setting Parameter

Gambar 4.15 menunjukkan halaman awal setting parameter, berisi setting parameter sebelum melakukan proses *training*. Halaman ini juga menampilkan keseluruhan data latih yang tersimpan. Pengguna mengisi nilai-nilai parameter pada *textbox* kemudian menekan tombol Hitung untuk melakukan proses *training*.

The screenshot shows a software interface with a 'Start' button at the top. Below it, there are two rows of input fields. The first row has a field labeled 'v1' followed by 'Jumlah Interval' and an empty input box. The second row has a field labeled 'v2' followed by 'Jumlah Data Latih' and an empty input box. To the right of these fields is a button labeled 'Hitung'. Below the input fields is a section titled 'Data Latih' containing a table with 5 columns and 6 rows. The first row of the table is shaded grey, and the remaining five rows are empty.

Gambar 4.15 Desain Halaman Awal Program





#### 4.5.2 Halaman Himpunan Fuzzy

Gambar 4.16 menunjukkan halaman himpunan *fuzzy*, menampilkan nilai parameter yang dimasukkan dan beberapa variabel yang terbentuk. Halaman ini juga menampilkan himpunan *fuzzy* dan partisi yang terbentuk saat proses *training*.

H. Fuzzy

Nilai-Nilai Variabel :

Himpunan Fuzzy

Partisi

Gambar 4.16 Desain Halaman Himpunan Fuzzy

#### 4.5.3 Halaman Fuzzifikasi

Gambar 4.17 menunjukkan halaman fuzzifikasi, menampilkan hasil dari fuzzifikasi terhadap nilai selisih pada data latih saat proses *training*.

Fuzzifikasi

Tabel Fuzzifikasi

Gambar 4.17 Desain Halaman Fuzzifikasi



#### 4.5.4 Halaman Relasi

Gambar 4.18 menunjukkan halaman relasi, menampilkan *Fuzzy Logical Relationships (FLR)* dan *Fuzzy Logical Relationship Groups (FLRG)* yang terbentuk saat proses training.

Relasi				
Fuzzy Logical Relationships (FLR)				
Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)				

Gambar 4.18 Desain Halaman Relasi

#### 4.5.5 Halaman Output Fuzzy

Gambar 4.19 menunjukkan halaman *output fuzzy*, menampilkan nilai keanggotaan pada FLRG setelah operasi *union*.

Output Fuzzy				
Hasil Operasi UNION FLRG				

Gambar 4.19 Desain Halaman Output Fuzzy





#### 4.5.6 Halaman Prediksi

Gambar 4.20 menunjukkan halaman prediksi, menampilkan perbandingan antara nilai aktual pada data uji dengan nilai prediksi yang didapatkan oleh sistem. Halaman ini juga menampilkan nilai MAPE yang didapat.

Gambar 4.20 Desain Halaman Prediksi

#### 4.6 Perancangan Pengujian

Subbab perancangan pengujian menjelaskan bagaimana rancangan pengujian yang akan dilakukan terhadap sistem. Ada tiga pengujian. Pertama, pengujian untuk mencari tahu nilai jumlah *interval* terbaik dan pengaruhnya terhadap *error* yang dihasilkan. Kedua, pengujian tentang bagaimana pengaruh atau hubungan jumlah data latih dengan tingkat *error* yang dikeluarkan oleh sistem prediksi. Ketiga, pengujian menghitung akurasi sistem prediksi.

##### 4.6.1 Perancangan Pengujian Nilai Jumlah Interval

Pengujian nilai jumlah *interval* bertujuan untuk mencari tahu nilai jumlah *interval* yang terbaik. Nilai jumlah *interval* yang terbaik adalah nilai yang dapat menghasilkan nilai *error* sekecil mungkin. Tabel 4.9 merupakan format penyajian dari hasil dari pengujian ini.

Tabel 4.9 Perancangan Pengujian Nilai Jumlah Interval

Jumlah Interval	MAPE



#### 4.6.2 Perancangan Pengujian Jumlah Data Latih

Pengujian jumlah data latih bertujuan untuk mencari tahu bagaimana pengaruh jumlah atau banyaknya data latih terhadap *error* yang dikeluarkan oleh sistem prediksi. Data latih pada pengujian ini keseluruhan berjumlah 132 data (Januari 2006—Desember 2016). Untuk data uji berjumlah 24 data (Januari 2017—Desember 2018).

Pada setiap pelatihan, jumlah atau banyaknya data latih akan divariasikan, sehingga akan terdapat beberapa skenario. Pada skenario pertama, data latih yang dipakai adalah data satu tahun terakhir dari tahun 2016 berjumlah 12 data (Januari 2016—Desember 2016). Pada skenario kedua, data latih yang dipakai adalah data dua tahun terakhir dari tahun 2016 berjumlah 24 data (Januari 2015—Desember 2016), hingga seterusnya sampai skenario terakhir menggunakan data 10 tahun terakhir dari tahun 2016 berjumlah 132 data (Januari 2006—Desember 2016). Data uji yang digunakan pada setiap skenario tetap sama, yaitu data penjualan dari bulan Januari 2017 sampai dengan Desember 2018. Tabel 4.10 merupakan format penyajian dari hasil dari pengujian ini.

**Tabel 4.10 Perancangan Pengujian Jumlah Data Latih**

Data Latih		Jumlah Data Latih	MAPE (%)
Awal	Akhir		

#### 4.6.3 Perancangan Pengujian Akurasi Sistem Prediksi

Pengujian akurasi sistem prediksi bertujuan untuk mencari tahu tingkat keakuratan sistem *Fuzzy Time Series* untuk kasus prediksi permintaan semen. Pada pengujian ini juga akan ditampilkan perbandingan nilai aktual dengan prediksi penjualan yang didapat oleh sistem. Tabel 4.11 merupakan format penyajian dari hasil pengujian ini.

**Tabel 4.11 Perancangan Pengujian Akurasi Sistem Prediksi**

Bulan yang Diprediksi	Nilai Aktual	Prediksi	Selisih (Mutlak)
MAPE :			





## BAB 5 IMPLEMENTASI

### 5.1 Spesifikasi Sistem

Terdapat dua spesifikasi sistem yang harus dipenuhi agar penelitian dapat dilakukan. Pertama adalah spesifikasi perangkat keras. Kedua adalah spesifikasi perangkat lunak.

#### 5.1.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Dalam membangun sistem prediksi permintaan semen menggunakan *Fuzzy Time Series*, penulis menggunakan spesifikasi perangkat keras seperti berikut:

- Memori RAM 4 GB
- Processor Intel(R) Core(TM) i5-3317U CPU @ 1.70GHz

#### 5.1.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

Dalam membangun sistem prediksi permintaan semen menggunakan *Fuzzy Time Series*, penulis menggunakan spesifikasi perangkat lunak seperti berikut:

- Sistem Operasi Windows 7 Ultimate
- Notepad
- Visual Studio Code
- Bahasa Pemrograman Python

### 5.2 Batasan Implementasi

Terdapat batasan implementasi yang ditetapkan oleh peneliti dalam membangun sistem prediksi permintaan semen menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Batasan-batasan tersebut sebagai berikut:

- Penggunaan beberapa fungsi dalam modul numpy untuk membentuk struktur data *array*, baik *array* 1 dimensi ataupun 2 dimensi, serta penggunaannya dalam melakukan beberapa operasi pada *array*.
- Pada penelitian ini, peneliti menggunakan pustaka PyQt5 dalam pembuatan antarmuka pada sistem yang dibangun. PyQt adalah *library* yang berisi modul dan kelas yang mengimplementasikan *library* QT ke dalam bahasa pemrograman Python untuk membangun antarmuka (Raharjo, 2016).
- Data latih dan uji yang digunakan dalam penelitian ini disimpan ke dalam *file* yang memiliki format *Comma Seperated Value* atau *.csv*

### 5.3 Implementasi Algoritma

Subbab implementasi algoritma berisi hasil dari implementasi algoritma yang terdapat pada sistem prediksi permintaan semen dengan *Metode Fuzzy Time Series* yang sudah dibangun.



### 5.3.1 Kode Sumber Pembacaan Data

```

1 def Data(self):
2     self.bacaData("file/DataLatih.csv",
3                 self.v_aktual_latih)
4     self.bacaData("file/DataUji.csv", self.v_aktual_uji)
5     self.hitungSelisih(self.v_aktual_latih,
6                       self.v_selisih_latih)
7     self.hitungSelisih(self.v_aktual_uji,
8                       self.v_selisih_uji)

```

#### Kode Sumber 5.1 Pembacaan Data

Penjelasan:

1. Baris 2-3 memanggil prosedur `bacaData()` yang melewati dua argumen. Argumen pertama adalah lokasi (*filepath*) dari data latih. Argumen kedua adalah variabel untuk menyimpan nilai aktual penjualan pada data latih.
2. Baris 4 memanggil prosedur `bacaData()` yang melewati dua argumen. Argumen pertama adalah lokasi (*filepath*) dari data uji. Argumen kedua adalah variabel untuk menyimpan nilai aktual penjualan pada data uji.
3. Baris 5-6 memanggil prosedur `hitungSelisih()` yang melewati dua argumen. Argumen pertama adalah variabel nilai aktual pada data latih. Argumen kedua adalah variabel untuk menyimpan nilai selisih dari data latih.
4. Baris 7-8 memanggil prosedur `hitungSelisih()` yang melewati dua argumen. Argumen pertama adalah variabel nilai aktual pada data uji. Argumen kedua adalah variabel untuk menyimpan nilai selisih dari data uji.

```

Prosedur bacaData()
1 def bacaData(self, file, aktual):
2     with open(file, 'r') as csv_file:
3         csv_reader = csv.reader(csv_file, delimiter=',')
4         data = list(csv_reader)
5
6         if(file == "file/DataLatih.csv"):
7             jmlSemuaData = len(data)
8             n_data_from_last_index = jmlSemuaData -
9 self.jml_dataLatih
10
11         for I in range(len(aktual)):
12             aktual[i] =
13 (int)(data[n_data_from_last_index][2])
14             n_data_from_last_index += 1
15
16         elif(file == 'file/DataUji.csv'):
17             for I in range(len(aktual)):
18                 aktual[i] = (int)(data[i][2])
19         csv_file.close()

```

#### Kode Sumber 5.2 Prosedur Membaca Data dari File





Penjelasan:

1. Baris 2-4, membaca *file* data berekstensi .csv yang disimpan, kemudian dimasukan ke dalam variabel data.
2. Baris 6-14, apabila *file* yang dibaca adalah data latih, maka eksekusi baris 7-14 yaitu mengambil sejumlah data latih berdasarkan nilai parameter jumlah atau banyaknya data latih untuk dimasukan pada tahap awal *training*.
3. Baris 16-18, apabila *file* yang dibaca adalah data uji, maka masukan seluruh nilainya ke dalam argumen aktual.

```

Prosedur hitungSelisih()
1 def hitungSelisih(self, aktual, selisih):
2     for I in range(1, len(selisih)):
3         selisih[i]=aktual[i]-aktual[i-1]

```

### Kode Sumber 5.3 Prosedur Menghitung selisih

Penjelasan:

1. Baris 2-4, perulangan untuk mendapat nilai selisih dengan cara mengurangi data penjualan pada bulan ini dengan data penjualan pada bulan sebelumnya. Kemudian nilai selisihnya dimasukan ke dalam argumen selisih berindeks i.

### 5.3.2 Kode Sumber Penentuan Himpunan Semesta

```

1 def HimpunanSemesta(self):
2     self.vmin = np.min(self.v_selisih_latih[1:])
3     self.vmax = np.max(self.v_selisih_latih[1:])
4     self.semesta[0] = self.vmin - self.v1
5     self.semesta[1] = self.vmax + self.v2

```

### Kode Sumber 5.4 Penentuan Himpunan Semesta

Penjelasan:

1. Baris 2, menentukan nilai terkecil dari kumpulan nilai selisih dari data latih untuk disimpan di variabel vmin.
2. Baris 3, menentukan nilai terbesar dari kumpulan nilai selisih dari data latih untuk disimpan di variabel vmax.
3. Baris 4-5, menentukan semesta. Batas bawah semesta didapat dengan cara memasukan nilai vmin yang telah dikurangi oleh variabel v1 kemudian menyimpannya ke dalam variabel semesta berindeks 0. Batas atas semesta didapat dengan cara memasukan nilai vmax yang telah ditambah oleh variabel v2 kemudian menyimpannya ke dalam variabel semesta berindeks 1.



### 5.3.3 Kode Sumber Penentuan Partisi Himpunan Semesta

```

1 def PartisiHimpunanSemesta(self):
2     b = self.semesta[1] -
3     self.semesta[0]
4     self.panjang_interval = b/self.jml_interval
5
6     self.partisi[0,0] = self.semesta[0]
7     self.partisi[0,1] = self.partisi[0,0] +
8     self.panjang_interval
9
10    for i in range(1, len(self.partisi)):
11        self.partisi[i,0] = self.partisi[i-1,1]
12        self.partisi[i,1] = self.partisi[i,0] +
13        self.panjang_interval

```

#### Kode Sumber 5.5 Penentuan Partisi Himpunan Semesta

Penjelasan:

1. Baris 2, mencari beda dengan mengurangi batas atas dengan batas bawah semesta.
2. Baris 4, mencari panjang satu *interval*.
3. Baris 6-7, menginisialisasi nilai angka batas atas dan nilai angka batas bawah pada partisi pertama.
4. Baris 10-13, melakukan perulangan untuk mengisi variabel batas atas dan batas bawah pada partisi kedua dan partisi selanjutnya.

### 5.3.4 Kode Sumber Penentuan Himpunan Fuzzy

```

1 def HimpunanFuzzy(self):
2     for baris in range(len(self.himpunan_fuzzy)):
3         for kolom in range(len(self.himpunan_fuzzy[baris])):
4             if(kolom==baris):
5                 self.himpunan_fuzzy[baris][kolom] = 1
6             elif(kolom == (baris-1) or kolom == (baris+1)):
7                 self.himpunan_fuzzy[baris][kolom] = 0.5
8             else:
9                 self.himpunan_fuzzy[baris][kolom] = 0

```

#### Kode Sumber 5.6 Penentuan Himpunan Fuzzy

Penjelasan:

1. Baris 2, perulangan untuk menelusuri baris pada variabel *himpunan\_fuzzy*.
2. Baris 3, perulangan untuk menelusuri kolom pada variabel *himpunan\_fuzzy*.
3. Baris 4-9, mengisi nilai keanggotaan himpunan fuzzy dengan kondisi-kondisi yang telah ditetapkan.





### 5.3.5 Kode Sumber Fuzzifikasi

```

1 def hitungFuzzifikasi(self, selisih, fuzzifikasi):
2     for i in range(1, len(selisih)):
3         for idx, batas_atas in enumerate(self.partisi,
4 start=1):
5             fuzzifikasi[i] = idx
6             if selisih[i] <= batas_atas[1]:
7                 break

```

#### Kode Sumber 5.7 Fuzzifikasi

Penjelasan:

1. Baris 2, perulangan untuk menelusuri isi *array* selisih.
2. Baris 4, perulangan untuk menelusuri isi *array* partisi.
3. Baris 5-7, menentukan hasil fuzzifikasi terhadap nilai selisih. Jika nilai selisih di bawah atau sama dengan batas atas suatu partisi, maka keluar dari perulangan.

### 5.3.6 Kode Sumber FLR

```

1 def FLR(self):
2     for i in range(1, len(self.v_fuzzifikasi_latih)-1):
3         t = self.v_fuzzifikasi_latih[i+1] - 1
4         t_1 = self.v_fuzzifikasi_latih[i] - 1
5         self.m_FLR[t_1, t] = 1

```

#### Kode Sumber 5.8 FLR

Penjelasan:

1. Baris 2, perulangan untuk menelusuri isi *array* *v\_fuzzifikasi\_latih*.
2. Baris 3, menentukan *next state*.
3. Baris 4, menentukan *current state*.
4. Baris 5, mengisi nilai 1 pada matriks *m\_FLR* pada indeks yang ditunjuk. Dalam hal ini indeks pertama yaitu baris berperan sebagai *current state* dan indeks kedua yaitu kolom berperan sebagai *next state*.

### 5.3.7 Kode Sumber FLRG

```

1 def FLRG(self):
2     for idx_baris, baris in enumerate(self.m_FLR):
3         temp = list()
4
5         for idx_kolom, isi in enumerate(baris):
6             if(isi == 1): temp.append(idx_kolom+1)
7         self.d_FLRG[idx_baris+1] = temp

```

#### Kode Sumber 5.9 FLRG

Penjelasan:

1. Baris 2, perulangan untuk menelusuri isi *array* *m\_FLR*.
2. Baris 3, menginisialisasi variabel *temp* yang memiliki struktur data *list*.



3. Baris 5-6, mengumpulkan semua *next state* yang memiliki *current state* yang sama kemudian ditampung ke dalam variabel temp.
4. Baris 7, mengisi variabel *d\_FLRG* pada *key* tertentu dengan variabel temp. Variabel *d\_FLRG* memiliki struktur data *dictionary*.

### 5.3.8 Kode Sumber Defuzzifikasi

```

1 def Defuzzifikasi(self):
2     self.unionHimpunanFuzzy()
3     self.nilaiMedian()
4
5     for i in range(1, len(self.v_fuzzifikasi_uji)):
6         partisi = self.v_fuzzifikasi_uji[i] - 1
7         pembilang = np.dot(self.m_union[partisi],
8 self.v_median)
9         penyebut = np.sum(self.m_union[partisi])
10        hasil = (pembilang/penyebut) if penyebut != 0
11    else 0
12    self.v_defuzzifikasi[i+1] = hasil

```

#### Kode Sumber 5.10 Defuzzifikasi

Penjelasan:

1. Baris 2, memanggil prosedur `unionHimpunanFuzzy()`.
2. Baris 3, memanggil prosedur `nilaiMedian()`.
3. Baris 5, perulangan untuk menelusuri isi *array* `v_fuzzifikasi_uji`.
4. Baris 6, mengisi nilai variabel *partisi* dengan hasil *fuzzifikasi* saat ini.
5. Baris 7, melakukan operasi perkalian *dot* antara variabel *array* `m_union` berindeks *partisi* dengan *array* `v_median`. Hasil operasi tersebut ditampung pada variabel *pembilang*.
6. Baris 9, melakukan penjumlahan semua isi elemen yang ada pada *array* `m_union` berindeks *partisi* yang hasilnya disimpan ke dalam variabel *penyebut*.
7. Baris 10-11, jika nilai variabel *penyebut* sama dengan nol, maka isi variabel *hasil* dengan nilai 0, jika nilai variabel *penyebut* bernilai selain 0, isi variabel *hasil* dengan nilai *pembilang* dibagi *penyebut*.
8. Baris 12, tampung nilai variabel *hasil* ke dalam *array* `v_defuzzifikasi`.

### 5.3.9 Kode Sumber Union Himpunan Fuzzy

```

1 def unionHimpunanFuzzy(self):
2     for t_1,t in self.d_FLRG.items():
3         for i in t:
4             temp = np.maximum(self.m_union[t_1-1],
5 self.himpunan_fuzzy[i-1])
6             self.m_union[t_1-1,:] = temp[:]

```

#### Kode Sumber 5.11 Union Himpunan Fuzzy





1. Baris 2, perulangan untuk menelusuri isi variabel `d_FLRG`.
2. Baris 3, perulangan untuk menelusuri setiap isi elemen *list* yang ada pada variabel `d_FLRG`.
3. Baris 4, melakukan operasi *union* antara variabel `m_union[t_1-1]` dan himpunan `fuzzy[i-1]` kemudian hasilnya disimpan ke dalam variabel `temp`.
4. Baris 6, menyalin seluruh isi *list* variabel `temp` ke dalam variabel `m_union` berindeks `t_1-1`.

### 5.3.10 Kode Sumber Nilai Tengah Setiap Partisi

```

1 def nilaiMedian(self):
2     for i in range(len(self.partisi)):
3         median = (self.partisi[i,0] + self.partisi[i,1])/2
4         self.v_median[i] = median

```

### Kode Sumber 5.12 Nilai Tengah Setiap Partisi

1. Baris 2, perulangan untuk menelusuri isi *array* partisi.
2. Baris 3, mencari nilai tengah suatu partisi dengan cara menjumlahkan batas atas dan batas bawahnya lalu dibagi dengan 2, kemudian hasilnya ditampung variabel `median`.
3. Baris 4, mengisi *array* `v_median` berindeks `i` dengan nilai variabel `median`.

### 5.3.11 Kode Sumber Prediksi

```

1 def Prediksi(self):
2     for t in range(2, len(self.v_prediksi)):
3         self.v_prediksi[t] = self.v_defuzzifikasi[t] +
4         self.v_aktual_uji[t-1]

```

### Kode Sumber 5.13 Prediksi

1. Baris 2, perulangan untuk menelusuri isi *array* `v_prediksi`.
2. Baris 3, melakukan prediksi nilai suatu bulan dengan cara menjumlahkan hasil defuzzifikasi pada bulan tersebut dengan nilai data aktual pada bulan sebelumnya. Hasil tersebut kemudian disimpan ke dalam *array* `v_prediksi` berindeks `t`

### 5.3.12 Kode Sumber MAPE

```

1 def Mape(self):
2     temp = list()
3     for i in range(2, len(self.v_aktual_uji)):
4         pembilang = np.abs(self.v_aktual_uji[i] -
5         self.v_prediksi[i])
6         penyebut = self.v_aktual_uji[i]
7         hasil = (pembilang/penyebut)*100
8         temp.append(hasil)
9         self.error = (np.mean(temp))

```

### Kode Sumber 5.14 MAPE



1. Baris 2, menginisialisasi variabel temp dengan struktur data *list*.
2. Baris 4-5, mencari nilai pembilang dengan mengurangi nilai aktual suatu bulan dengan prediksi untuk bulan yang sama lalu dimutlakan.
3. Baris 6, mencari penyebut dengan cara mengambil nilai data aktual.
4. Baris 7, mencari *forecast error* dengan cara membagi pembilang dengan penyebut kemudian dikalikan 100. Hasilnya disimpan ke dalam variabel hasil.
5. Baris 8, menyisipkan variabel hasil di *list* temp.
6. Baris 9, menghitung rata-rata seluruh isi *list* temp, kemudian disimpan ke dalam variabel error.

## 5.4 Implementasi Antarmuka

Subbab implementasi antarmuka berisi hasil implementasi dari antarmuka pada sistem prediksi permintaan semen yang telah dibangun. Berikut adalah penjelasan untuk setiap implementasi antarmuka yang telah dibangun.

### 5.4.1 Implementasi Halaman Awal Setting Parameter

Halaman yang ditunjuk oleh Gambar 5.1, menampilkan seluruh data latih yang tersedia dalam bentuk tabel. Pada halaman ini pengguna memasukan nilai parameter  $v_1$ ,  $v_2$ , jumlah interval, dan jumlah data latih pada *textbox*. Kemudian menekan tombol Hitung untuk memulai proses *training*.

	Tahun	Bulan	Jumlah Permintaan (ton)
1	2006	Januari	2243182
2	2006	Februari	2219312
3	2006	Maret	2505406
4	2006	April	2364224
5	2006	Mei	2587371
6	2006	Juni	2631874
7	2006	Juli	2791415
8	2006	Agustus	3062498
9	2006	September	3197457

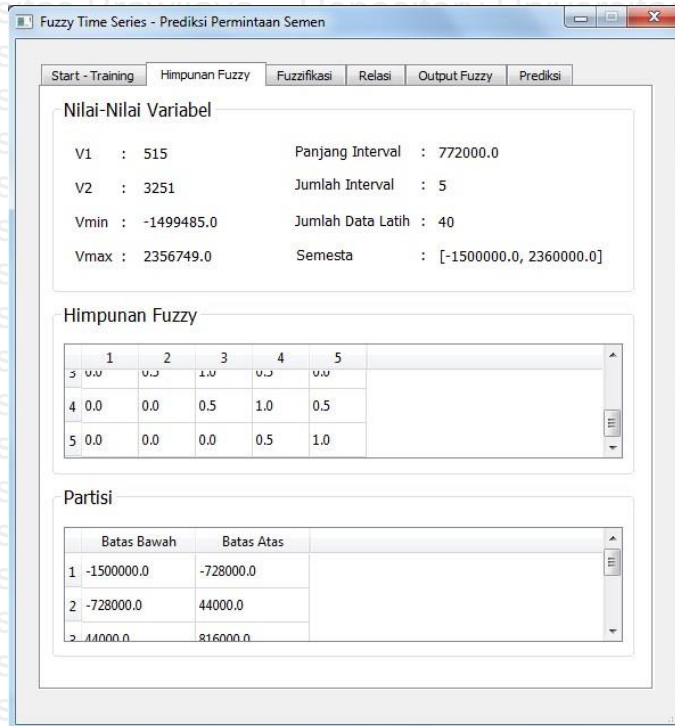
Gambar 5.1 Implementasi Halaman Awal Setting Parameter





### 5.4.2 Implementasi Halaman Himpunan Fuzzy

Halaman yang ditunjuk oleh Gambar 5.2, menampilkan nilai-nilai parameter yang dimasukkan saat awal tahap training dan menampilkan variabel-variabel yang terbentuk saat proses *training*. Halaman ini juga menampilkan himpunan *fuzzy* yang terbentuk beserta nilai keanggotaannya, juga menampilkan partisi yang terbentuk beserta nilai batas atas dan nilai batas bawah untuk setiap partisi.



Gambar 5.2 Implementasi Halaman Himpunan Fuzzy

### 5.4.3 Implementasi Halaman Fuzzifikasi

Halaman yang ditunjuk oleh Gambar 5.3, menampilkan hasil fuzzifikasi dalam bentuk tabel. Terdapat kolom tahun untuk menampilkan waktu tahun, kolom bulan untuk menampilkan waktu bulan, kolom permintaan untuk menampilkan nilai aktual penjualan, kolom selisih untuk menampilkan nilai selisih penjualan pada bulan ini terhadap bulan sebelumnya, kolom fuzzifikasi untuk menampilkan hasil fuzzifikasi terhadap nilai selisih penjualan.



	Tahun	Bulan	Permintaan (ton)	Selisih	Fuzzi
1	2013	September	5329454		
2	2013	Oktober	5579143	249689.0	A3
3	2013	November	5565916	-13227.0	A2
4	2013	Desember	5280850	-285066.0	A2
5	2014	Januari	4639049	-641801.0	A2
6	2014	Februari	4523223	-115826.0	A2
7	2014	Maret	4913772	390549.0	A3
8	2014	April	4521486	-392286.0	A2
9	2014	Mei	5187335	665849.0	A3
10	2014	Juni	5158852	-28483.0	A2
11	2014	Juli	3755832	-1403020.0	A1
12	2014	Agustus	4661807	905975.0	A4
13	2014	September	5632064	970257.0	A4
14	2014	Oktober	5758762	126698.0	A3

Gambar 5.3 Implementasi Halaman Fuzzifikasi

#### 5.4.4 Implementasi Halaman Relasi

Halaman yang ditunjuk oleh Gambar 5.4, menampilkan FLR dan FLRG yang terbentuk dari proses *training*. Kolom  $A_i$  adalah *current state*. Kolom  $A_j$  dan  $A_{j1}$  adalah *next state*.

Fuzzy Logical Relationships (FLR)

Notasi :  $A_i \rightarrow A_j$

	$A_i$	$A_j$
1	A1	A3
2	A1	A4
3	A1	A5
4	A2	A1
5	A2	A2

Fuzzy Logical Relationship Groups (FLRG)

Notasi :  $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$

	$A_i$	$A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$
1	A1	A3 A4 A5
2	A2	A1 A2 A3 A4
3	A3	A2 A3
4	A4	A3 A4
5	A5	A2

Gambar 5.4 Implementasi Halaman Relasi





#### 5.4.5 Implementasi Halaman Output Fuzzy

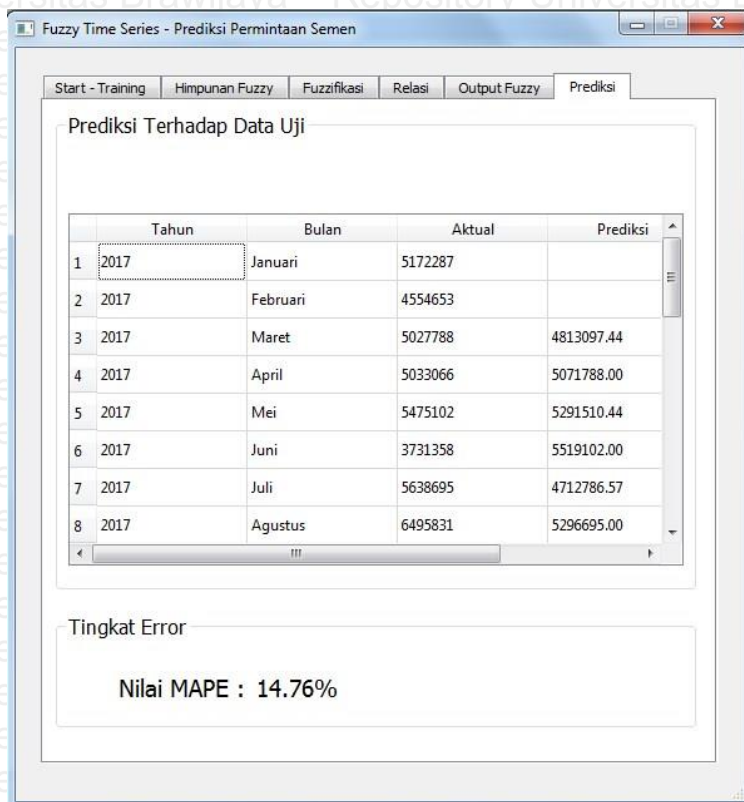
Halaman yang ditunjuk oleh Gambar 5.5, menampilkan hasil operasi *union* himpunan-himpunan fuzzy pada *next state* dari FLRG. Jumlah baris menunjukkan jumlah himpunan *fuzzy* yang terbentuk. Jumlah kolom adalah jumlah partisi.

	1	2	3	4	5
1	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5
3	0.5	1.0	1.0	0.5	0.0
4	0.0	0.5	1.0	1.0	0.5
5	0.5	1.0	0.5	0.0	0.0

Gambar 5.5 Implementasi Halaman Output Fuzzy

#### 5.4.6 Implementasi Halaman Prediksi

Di halaman yang ditunjukkan oleh Gambar 5.6, ditampilkan hasil prediksi yang dilakukan untuk data uji dan nilai MAPE. Hasil prediksi ditampilkan dalam bentuk tabel. Kolom Tahun untuk menampilkan waktu tahun, kolom Bulan untuk menampilkan waktu bulan, kolom Aktual untuk menampilkan nilai aktual penjualan, kolom Prediksi untuk menampilkan nilai prediksi yang dihasilkan oleh sistem.



Gambar 5.6 Implementasi Halaman Prediksi





## BAB 6 PENGUJIAN & ANALISIS

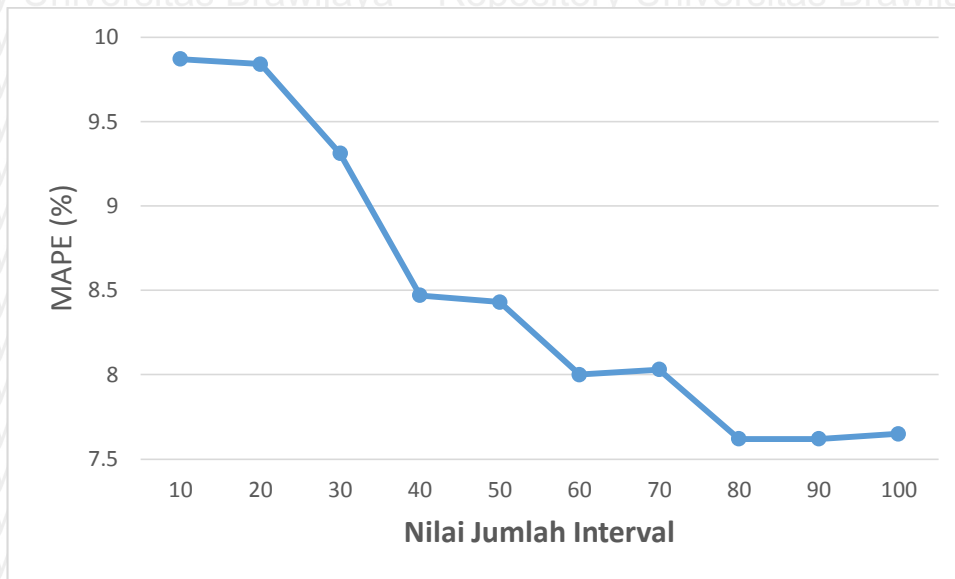
Bab pengujian & analisis berisi pengujian terhadap sistem prediksi permintaan semen dengan metode *Fuzzy Time Series* yang sudah dibangun. Pengujian akan mengikuti rancangan pengujian yang telah dirancang sebelumnya di subbab perancangan pengujian. Pengujian pertama dilakukan untuk mencari nilai jumlah interval yang terbaik. Pengujian kedua dilakukan untuk melihat hubungan dan bagaimana pengaruh dari jumlah atau banyaknya data latih yang digunakan saat proses pelatihan terhadap *error* yang dikeluarkan dari sistem prediksi. Pengujian ketiga dilakukan untuk melihat tingkat akurasi dari sistem dalam melakukan prediksi.

### 6.1 Pengujian Nilai Jumlah Interval

Pada pengujian nilai jumlah *interval*, data latih dan uji yang digunakan adalah data yang sama berjumlah 132 data (Januari 2006—Desember 2016). Nilai jumlah *interval* yang diuji adalah kelipatan sepuluh. Dimulai dari 10, yang terus bertambah sepuluh sampai dengan nilai pengujian terakhir yaitu 100. Hasil pengujian ini disajikan dalam Tabel 6.1 dan grafik pada Gambar 6.1.

**Tabel 6.1 Pengujian Nilai Jumlah Interval**

Jumlah Interval	MAPE (%)
10	9,87
20	9,84
30	9,31
40	8,47
50	8,43
60	8
70	8,03
80	7,62
90	7,62
100	7,65



**Gambar 6.1 Grafik Pengujian Nilai Jumlah Interval**

Grafik pada Gambar 6.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai parameter jumlah *interval* yang diberikan, nilai *error* yang dihasilkan cenderung mengecil. Hal ini disebabkan oleh perubahan pada nilai parameter jumlah interval. Jika semakin tinggi nilai parameter jumlah *interval* yang diberikan, maka semakin banyak dan presisi *rule* yang akan dibangkitkan pada FLRG yang berdampak akan semakin akurat hasil dari prediksi. Nilai *error* tertinggi yang dihasilkan pada pengujian ini adalah 9,87% untuk jumlah *interval* bernilai 10. Sedangkan, nilai *error* terendah adalah 7,62% untuk jumlah *interval* bernilai 80 dan 90. Pada pengujian-pengujian berikutnya parameter nilai jumlah *interval* yang akan digunakan adalah 80.

## 6.2 Pengujian Jumlah Data Latih

Pengujian jumlah data latih bertujuan untuk mencari tahu bagaimana pengaruh jumlah atau banyaknya data latih terhadap *error* yang dikeluarkan oleh sistem prediksi. Data latih pada pengujian ini keseluruhan berjumlah 132 data (Januari 2006—Desember 2016). Untuk data uji berjumlah 24 data (Januari 2017—Desember 2018). Skenario yang ditetapkan pada subab perancangan pengujian jumlah data latih digunakan sebagai acuan prosedur dalam melakukan pengujian ini. Hasil pengujian ini disajikan dalam Tabel 6.2 dan grafik pada Gambar 6.2.

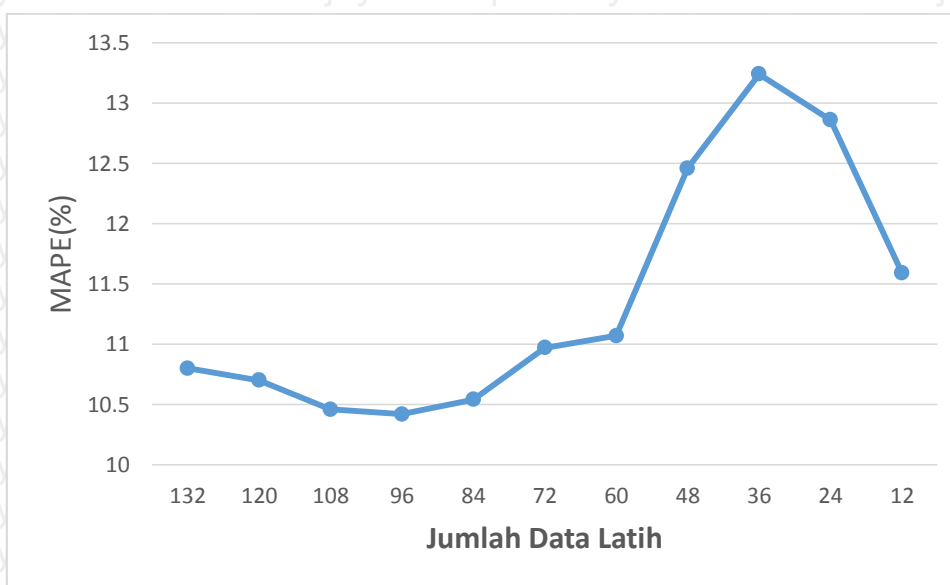
**Tabel 6.2 Pengujian Jumlah Data Latih**

Data Latih		Jumlah Data Latih	MAPE (%)
Awal	Akhir		
Januari 2006	Desember 2016	132	10,80
Januari 2007	Desember 2016	120	10,70
Januari 2008	Desember 2016	108	10,46
Januari 2009	Desember 2016	96	10,42





Januari 2010	Desember 2016	84	10,54
Januari 2011	Desember 2016	72	10,97
Januari 2012	Desember 2016	60	11,07
Januari 2013	Desember 2016	48	12,46
Januari 2014	Desember 2016	36	13,24
Januari 2015	Desember 2016	24	12,86
Januari 2016	Desember 2016	12	11,59



**Gambar 6.2 Grafik Pengujian Jumlah Data Latih**

Grafik pada Gambar 6.2 menunjukkan nilai *error* yang dihasilkan mengalami penurunan berturut-turut sampai ke nilai *error* terendah untuk empat nilai parameter pertama yang diuji, yaitu dari 10,8% dengan 132 data latih sampai menjadi 10,42% dengan 96 data latih. Setelahnya, nilai *error* yang dihasilkan mengalami kenaikan secara terus menerus hingga puncaknya menghasilkan nilai *error* tertinggi sebesar 13,24% dengan 36 data latih, kemudian mengalami penurunan kembali menjadi 12,86% dengan 24 data latih dan 11,59% dengan 12 data latih.

Dari hasil yang ditunjukkan grafik, ditarik kesimpulan bahwa penggunaan data latih yang semakin bertambah banyak tidak selalu diiringi dengan nilai *error* yang semakin mengecil. Hal ini dikarenakan metode *Fuzzy Time Series* bergantung pada data latih yang digunakan. Data latih berperan dalam pembentukan *rule-rule* yang dibangkitkan pada proses penentuan FLR dan FLRG, yang berpengaruh dalam penentuan nilai keanggotaan pada *output fuzzy* yang akan digunakan dalam proses prediksi.



### 6.3 Pengujian Akurasi Sistem Prediksi

Pengujian akurasi sistem prediksi bertujuan untuk mencari tahu tingkat keakuratan sistem *Fuzzy Time Series* untuk kasus prediksi permintaan semen. Parameter yang akan digunakan adalah parameter terbaik yang didapatkan pada dua pengujian sebelumnya. Untuk parameter jumlah *interval* yang digunakan adalah 80 dan untuk parameter jumlah data latih adalah 96, yaitu data 8 tahun terakhir dari tahun 2016 (Januari 2009—Desember 2016). Hasil pengujian ini disajikan dalam Tabel 6.3 dan grafik pada Gambar 6.3.

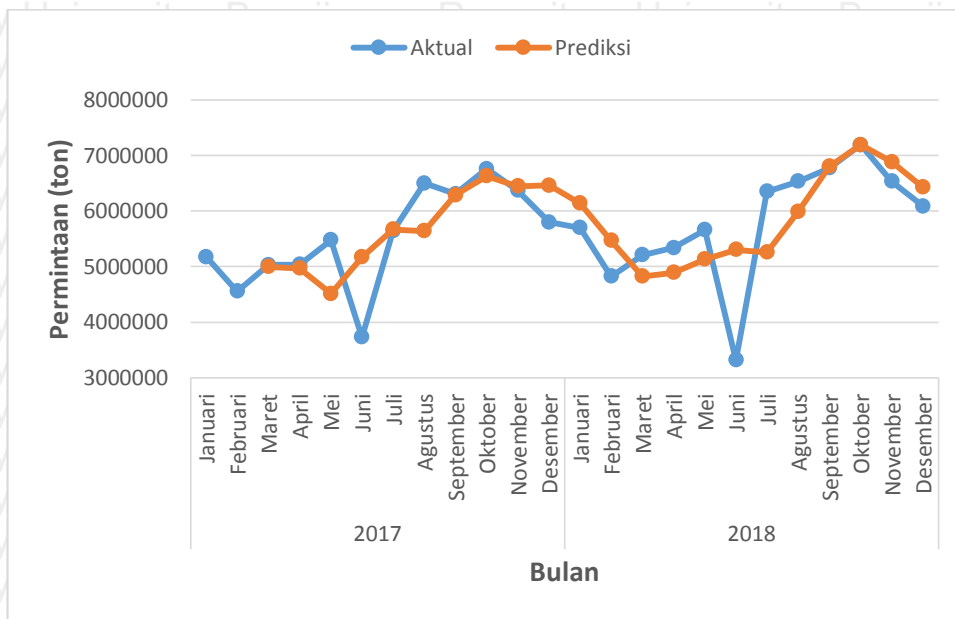
**Tabel 6.3 Pengujian Akurasi Sistem Prediksi**

Bulan yang Diprediksi	Nilai Aktual	Prediksi	Selisih (Mutlak)
Januari 2017	5172287	-	-
Februari 2017	4554653	-	-
Maret 2017	5027788	4994465,5	33322,5
April 2017	5033066	4968850,5	64215,5
Mei 2017	5475102	4512128,5	962973,5
Juni 2017	3731358	5166789,5	1435432
Juli 2017	5638695	5667420,5	28725,5
Agustus 2017	6495831	5638695	857136
September 2017	6303276	6287268,5	16007,5
Oktober 2017	6754075	6626713,5	127361,5
November 2017	6365491	6445762,5	80271,5
Desember 2017	5798323	6456178,5	657855,5
Januari 2018	5695748	6138385,5	442637,5
Februari 2018	4821262	5463910,5	642648,5
Maret 2018	5204852	4821262	383590





April 2018	5337491	4891552	445939
Mei 2018	5658361	5128928,5	529432,5
Juni 2018	3317328	5302251,62	1984924
Juli 2018	6348961	5253390,5	1095571
Agustus 2018	6531776	5990773,5	541002,5
September 2018	6770712	6797026	26314
Oktober 2018	7187897	7185587	2310
November 2018	6531986	6879584,5	347598,5
Desember 2018	6084550	6423173,5	338623,5
MAPE :			10,42%



**Gambar 6.3 Grafik Perbandingan Nilai Aktual & Prediksi Penjualan**

Grafik pada Gambar 6.3 menunjukkan perbandingan antara nilai aktual penjualan dan prediksi yang dihasilkan oleh sistem. Dari hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 6.3, didapat nilai MAPE sebesar 10,42%. Dari nilai MAPE sebesar 10,42%, maka tingkat akurasi dari sistem prediksi dengan metode *Fuzzy Time Series* untuk kasus permintaan semen dapat diinterpretasikan sebagai baik (Lewis, 1982).



## BAB 7 PENUTUP

### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dari hasil pengujian sistem prediksi permintaan semen menggunakan metode *Fuzzy Time Series*, maka dapat disimpulkan:

1. Metode *Fuzzy Time Series* mampu melakukan prediksi untuk kasus permintaan semen dengan baik. Sistem menghasilkan nilai MAPE sebesar 10,42% terhadap 24 data uji dengan 96 data latih.
2. Dari pengujian jumlah interval menggunakan 132 data latih, nilai MAPE tertinggi didapat sebesar 9,87% dengan jumlah interval 10 dan nilai MAPE terendah didapat sebesar 7,62% dengan jumlah interval 80.
3. Pada pengujian jumlah data latih, disimpulkan penggunaan data latih yang semakin bertambah tidak selalu diiringi dengan nilai error yang semakin mengecil karena metode *Fuzzy Time Series* bergantung pada data latih yang digunakan, dimana data latih berperan dalam pembentukan *rule-rule* yang akan dibangkitkan, yang juga mempunyai pengaruh pada saat proses prediksi.

### 7.2 Saran

Saran oleh peneliti untuk kelanjutan dari penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian ini, penentuan nilai parameter  $v_1$ ,  $v_2$  dan jumlah interval masih dilakukan secara manual oleh peneliti. Disarankan pada penelitian selanjutnya, metode *Fuzzy Time Series* dapat digabung dengan metode dari Algoritma Genetika untuk mendapatkan nilai-nilai parameter yang optimal secara otomatis.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode prediksi lain seperti *Exponential Smoothing*, *Extreme Learning* atau metode prediksi lainnya untuk kasus prediksi permintaan semen.





## DAFTAR PUSTAKA

- Budiharto, W., 2016. *Machine Learning & Computational Intelligence*. Yogyakarta: Andi.
- 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), pp. 85-94.
- Gottwald, S. & Bandemer, H., 1996. *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Fuzzy Methods with Applications*. New York: Wiley.
- Hadi, S., 2015. *Statistik*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Hansun, S., 2012. Peramalan Data IHSG Menggunakan. *IJCCS*, 6(2), pp. 79-88.
- Kompas, 2018. *Dua Tahun Terakhir Indonesia Kelebihan Pasokan Semen*. [Online] Tersedia di: <<https://ekonomi.kompas.com/read/2018/04/05/114859526/dua-tahun-terakhir-indonesia-kelebihan-pasokan-semen>> [Diakses 29 Agustus 2018].
- Kusumadewi, S. & Purnomo, H., 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lewis, C. D., 1982. *Industrial and Business Forecasting Methods*. London: Butterworth-Heinemann.
- Mahfud, M. & Sabara, Z., 2018. *Industri Kimia Indonesia*. Sleman: CV. Budi Utama.
- Novak, V., Mockor, J. & Perfiljeva, I., 1999. *Mathematical Principles of Fuzzy Logic*. Boston: Kluwer Academic Publisher.
- Okezone, 2017. Pasokan Semen Nasional Over Supply, Indocement Stop Produksi di 3 Pabrik. [Online] Tersedia di: <<https://economy.okezone.com/read/2017/08/07/278/1751134/pasokan-semen-nasional-over-supply-indocement-stop-produksi-di-3-pabrik>> [Diakses 29 Agustus 2018 ].
- PT. Semen Indonesia, 2019. *Laporan Penjualan*. [Online] Tersedia di: <<https://semenindonesia.com/laporan-penjualan/>> [Diakses 12 Juni 2019].
- Raharjo, B., 2016. *Pemrograman GUI dengan Python dan PyQt*. Bandung: Informatika.
- Sah, M. & Degtiarev, K., 2005. Forecasting Enrollment Model Based on First-Order Fuzzy Time Series. *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology Volume 1 January 2005*.
- Warta Ekonomi, 2017. *Menperin: Industri Semen Andalan Ekonomi Nasional*. [Online] Tersedia di: <<https://www.wartaekonomi.co.id/read152428/menperin-industri-semen-andalan-ekonomi-nasional.html>> [Diakses 29 Agustus 2018].



## LAMPIRAN A DATA KONSUMSI SEMEN DI INDONESIA

Tahun	Bulan	Konsumsi (ton)
2006	Januari	2.243.182
2006	Februari	2.219.312
2006	Maret	2.505.406
2006	April	2.364.224
2006	Mei	2.587.371
2006	Juni	2.631.874
2006	Juli	2.791.415
2006	Agustus	3.062.498
2006	September	3.197.457
2006	Oktober	2.250.538
2006	November	3.233.416
2006	Desember	2.969.577
2007	Januari	2.634.942
2007	Februari	2.290.998
2007	Maret	2.593.025
2007	April	2.400.191
2007	Mei	2.910.198
2007	Juni	2.767.822
2007	Juli	3.083.646
2007	Agustus	3.413.113
2007	September	3.111.082
2007	Oktober	2.496.237
2007	November	3.345.849
2007	Desember	3.127.649

Tahun	Bulan	Konsumsi (ton)
2008	Januari	3.119.917
2008	Februari	2.700.716
2008	Maret	2.992.443
2008	April	3.077.812
2008	Mei	3.568.489
2008	Juni	3.465.071
2008	Juli	3.414.369
2008	Agustus	3.317.430
2008	September	2.970.466
2008	Oktober	3.105.503
2008	November	3.265.221
2008	Desember	3.125.173
2009	Januari	2.968.859
2009	Februari	2.636.672
2009	Maret	2.667.435
2009	April	2.850.306
2009	Mei	3.052.917
2009	Juni	3.395.717
2009	Juli	3.510.282
2009	Agustus	3.565.167
2009	September	2.545.120
2009	Oktober	3.908.728
2009	November	3.542.132
2009	Desember	3.873.870





Tahun	Bulan	Konsumsi (ton)
2010	Januari	3.362.322
2010	Februari	2.989.762
2010	Maret	3.386.321
2010	April	3.188.802
2010	Mei	3.272.427
2010	Juni	3.396.890
2010	Juli	3.746.114
2010	Agustus	3.615.800
2010	September	2.592.129
2010	Oktober	3.832.148
2010	November	3.531.969
2010	Desember	3.906.776
2011	Januari	3.525.392
2011	Februari	3.279.386
2011	Maret	3.769.437
2011	April	3.734.202
2011	Mei	4.082.890
2011	Juni	4.101.104
2011	Juli	4.376.898
2011	Agustus	3.603.234
2011	September	3.842.978
2011	Oktober	4.667.772
2011	November	4.460.456
2011	Desember	4.556.598

Tahun	Bulan	Konsumsi (ton)
2012	Januari	4.059.711
2012	Februari	4.062.514
2012	Maret	4.379.022
2012	April	4.182.793
2012	Mei	4.718.797
2012	Juni	4.488.689
2012	Juli	4.811.416
2012	Agustus	3.601.257
2012	September	5.163.621
2012	Oktober	5.168.681
2012	November	5.216.534
2012	Desember	5.111.372
2013	Januari	4.648.607
2013	Februari	4.396.703
2013	Maret	4.421.453
2013	April	4.540.895
2013	Mei	4.817.570
2013	Juni	4.900.412
2013	Juli	5.022.174
2013	Agustus	3.392.603
2013	September	5.329.454
2013	Oktober	5.579.143
2013	November	5.565.916
2013	Desember	5.280.850



Tahun	Bulan	Konsumsi (ton)
2014	Januari	4.639.049
2014	Februari	4.523.223
2014	Maret	4.913.772
2014	April	4.521.486
2014	Mei	5.187.335
2014	Juni	5.158.852
2014	Juli	3.755.832
2014	Agustus	4.661.807
2014	September	5.632.064
2014	Oktober	5.758.762
2014	November	5.785.661
2014	Desember	5.371.658
2015	Januari	4.861.928
2015	Februari	4.306.667
2015	Maret	4.670.868
2015	April	4.537.237
2015	Mei	4.834.265
2015	Juni	4.907.472
2015	Juli	4.316.934
2015	Agustus	5.371.732
2015	September	5.677.881
2015	Oktober	6.348.447
2015	November	6.061.206
2015	Desember	5.447.666

Tahun	Bulan	Konsumsi (ton)
2016	Januari	5.294.522
2016	Februari	4.532.468
2016	Maret	4.848.630
2016	April	4.561.357
2016	Mei	5.133.863
2016	Juni	5.114.066
2016	Juli	3.614.581
2016	Agustus	5.971.330
2016	September	5.633.478
2016	Oktober	6.062.829
2016	November	5.737.245
2016	Desember	5.503.160
2017	Januari	5.172.287
2017	Februari	4.554.653
2017	Maret	5.027.788
2017	April	5.033.066
2017	Mei	5.475.102
2017	Juni	3.731.358
2017	Juli	5.638.695
2017	Agustus	6.495.831
2017	September	6.303.276
2017	Oktober	6.754.075
2017	November	6.365.491
2017	Desember	5.798.323





Tahun	Bulan	Konsumsi (ton)
2018	Januari	5.695.748
2018	Februari	4.821.262
2018	Maret	5.204.852
2018	April	5.337.491
2018	Mei	5.658.361
2018	Juni	3.317.328
2018	Juli	6.348.961
2018	Agustus	6.531.776
2018	September	6.770.712
2018	Oktober	7.187.897
2018	November	6.531.986
2018	Desember	6.084.550