

**IMPLEMENTASI FUZZY TIME SERIES UNTUK MEMPREDIKSI  
JUMLAH KEMUNCULAN TITIK API**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Rizki Agung Pambudi

NIM: 145150201111003



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

## PENGESAHAN

IMPLEMENTASI FUZZY TIME SERIES UNTUK MEMPREDIKSI JUMLAH  
KEMUNCULAN TITIK API

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :  
Rizki Agung Pambudi  
NIM: 145150201111003

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
18 Mei 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Satrio Hadi Wijoyo, S.Si., S.Pd., M.Kom  
NIK: 2016098909101001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D  
NIP: 197105182003121001

## 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 pustaka.

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, 14 Januari 2018



Rizki Agung Pambudi

NIM: 145150201111003

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala rahmat dan karuniaNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Teknik Informatika / Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.

Skripsi yang disusun berjudul “Implementasi Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Jumlah Kemunculan Titik Api”. Penulis mengangkat topik jumlah kemunculan titik api di Pulau Jawa dengan tujuan untuk meningkatkan kewaspadaan terhadap bencana kebakaran yang diakibatkan oleh kemunculan titik api.

Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, karena itu tanpa keterlibatan dan sumbangsih dari berbagai pihak, sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu dengan segenap kerendahan hati patutlah penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Budi Darma Setiawan, S.Kom, M.Cs selaku pembimbing I dan Satrio Hadi Wijoyo, S.Si., S.Pd., M.Kom selaku pembimbing II atas semua waktu, bimbingan dan nasehat yang telah diberikan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
2. Orang tua penulis, Bapak Muhtar dan Ibu Tetrawati yang selalu memberikan doa, kasih sayang, motivasi berupa moral maupun materi dan membantu kelancaran pengerjaan skripsi.
3. Kakak penulis, Robby Teja Mukti Nugrahanto yang membantu membiayai kuliah dan memberi motivasi.
4. Seluruh bapak dan ibu dosen dan staff pada Fakultas Ilmu Komputer yang telah membantu dan membimbing penulis baik selama masa studi hingga terselesaikannya tugas skripsi ini.
5. Mahasiswa bimbingan Pak Budi yang selama ini telah saling bertukar ilmu, kritik dan saran.
6. Teman-teman angkatan 2014 dan kakak-kakak angkatan program studi Teknik Informatika Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan bantuan selama masa studi hingga penyelesaian skripsi ini.
7. Youtube yang telah memberikan hiburan berupa video dan lagu menarik di sela-sela waktu pengerjaan skripsi
8. Semua pihak lain yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diperlukan untuk memperbaiki

mutu penulisan selanjutnya. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Malang, 14 Januari 2018

Penulis

rizzuuki@gmail.com



## ABSTRAK

Salah satu bentuk bencana adalah kebakaran. Kebakaran hutan dan lahan sering menyebabkan bencana asap yang dapat mengganggu aktivitas dan kesehatan masyarakat sekitar. Kebakaran hutan dan lahan dapat disebabkan oleh faktor alami atau perbuatan manusia. Kebakaran hutan dan lahan memberikan dampak yang merugikan di bidang biologi, kesehatan, ekonomi, dan iklim. Kebakaran di Indonesia termasuk masalah umum yang perlu diperhatikan karena terjadi setiap tahun. Kebakaran dapat dipantau lewat satelit dengan cara mendeteksi kemunculan titik api pada permukaan Bumi. Tingkat kebakaran yang terus meningkat dari tahun ke tahun ini perlu diwaspadai dan dicegah. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian untuk memprediksi jumlah kemunculan titik api sebagai identifikasi adanya kebakaran. Penelitian ini mengusulkan dan membuat program untuk memprediksi jumlah kemunculan api di Pulau Jawa menggunakan Fuzzy Time Series. Data yang digunakan adalah data titik api di Pulau Jawa dari awal tahun 2012 sampai akhir tahun 2016. Alasan dipilihnya Pulau Jawa adalah titik api di Pulau Jawa lebih mudah diawasi karena banyaknya penduduk dan sedikitnya hutan. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini ada dua, yaitu pengujian interval (serta perbandingan prediksi) dan pengujian variasi data latih. Pengujian dilakukan untuk mengetahui dan mencari akurasi paling baik dari prediksi jumlah kemunculan titik api periode bulanan dan 10 hari. Prediksi jumlah kemunculan titik api bulanan terbaik menghasilkan MAPE = 37,128% dengan parameter banyak data latih = 80%, banyak data uji = 100%, dan banyak interval = 22. Hasil prediksi jumlah kemunculan titik api bulanan termasuk prediksi yang layak karena nilai MAPE berada pada rentang 20%-50%. Prediksi jumlah kemunculan titik api periode 10 hari terbaik menghasilkan MAPE = 64,4429% dengan parameter banyak data latih = 80%, banyak data uji = 100%, dan banyak interval = 6. Prediksi jumlah kemunculan titik api periode 10 termasuk prediksi yang kurang akurat. Maka dari itu, penelitian lebih dapat dilanjutkan untuk memperbaiki tingkat *error*.

Kata kunci: kebakaran, titik api, prediksi, logika fuzzy, *fuzzy time series*

## ABSTRACT

One of the form of disaster is fire. Forest and land fire gives many negative effects in various fields such as biology, health, economy, and climate. Fire in Indonesia is one of the general problem which need to be noticed because it happens in every year. Fire can be observed through satellite by detecting hotspot on Earth surface. Fire occurrence rates which keep increasing every year need to be observed and prevented. That's why, there is a need for research to predict the number of hotspot which identify fire disaster in a certain time. This research proposes and creates program to predict the number of hotspot occurred in Java Island using Fuzzy Time Series. The data used is hotspot data in Java island from the beginning of 2012 to the end of 2016. The reason why Java island is chosen is because hotspots in Java island is easier to be observed because there are more civilian and lesser forests than other islands. There are two testing method in this research, they are interval testing (and prediction comparison) and training data variation testing. Testing is done to know and find the most accurate of the number of hotspot prediction in monthly and 10 days period. The best monthly hotspot prediction has MAPE value of 37,128% with the parameter of training data = 80%, testing data = 100%, and the number of interval = 22. The result of number of monthly hotspot prediction is categorized as reasonable, as the MAPE value is in the range of 20%-50%. The best 10 days period hotspot prediction has MAPE value of 64,4429% with the parameter of training data = 100%, testing data = 20%, and the number of interval = 6. The result of number of 10 days period hotspot prediction is categorized as inaccurate, as the MAPE value is more than 50%. That's why, further research can be done to minimize the error rate.

Keyword: Fire, hotspot, prediction, fuzzy logic, fuzzy time series

## DAFTAR ISI

PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan masalah .....	3
1.6 Sistematika pembahasan.....	4
<b>BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN .....</b>	<b>5</b>
2.1 Kajian pustaka .....	5
2.2 Dasar teori.....	7
2.2.1 Kecerdasan buatan.....	7
2.2.2 Logika fuzzy .....	8
2.2.3 Peramalan .....	11
2.2.4 Data Time Series.....	11
2.2.5 <i>Fuzzy Time Series</i> .....	12
2.2.6 Perhitungan error Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ....	18
<b>BAB 3 METODOLOGI .....</b>	<b>19</b>
3.1 Studi literatur .....	19
3.2 Pengumpulan data.....	20
3.3 Data <i>preprocessing</i> .....	20
3.4 Analisis kebutuhan.....	21





3.5 Perancangan dan implementasi .....	21
3.6 Pengujian dan analisis.....	22
3.7 Penarikan kesimpulan.....	23
<b>BAB 4 PERANCANGAN.....</b>	<b>24</b>
4.1 Analisis kebutuhan sistem .....	24
4.1.1 Analisis kebutuhan masukan.....	24
4.1.2 Analisis kebutuhan proses .....	25
4.1.3 Analisis kebutuhan keluaran .....	40
4.2 Perancangan sistem .....	40
4.2.1 Pengolahan data .....	40
4.2.2 Perhitungan manual.....	41
4.3 Perancangan antarmuka.....	46
4.3.1 Data .....	46
4.3.2 Input ketentuan prediksi.....	47
4.3.3 Himpunan semesta .....	48
4.3.4 Partisi interval .....	49
4.3.5 Himpunan fuzzy.....	50
4.3.6 Fuzzifikasi .....	51
4.3.7 FLR .....	52
4.3.8 FLRG .....	53
4.3.9 Defuzzifikasi.....	53
4.3.10 Perhitungan error MAPE .....	54
<b>BAB 5 IMPLEMENTASI .....</b>	<b>56</b>
5.1 Implementasi antarmuka.....	56
5.1.1 Penampilan data .....	56
5.1.2 Input data.....	57
5.1.3 Himpunan semesta .....	57
5.1.4 Partisi Interval .....	58
5.1.5 Himpunan Fuzzy .....	58
5.1.6 Fuzzifikasi .....	59
5.1.7 Fuzzy Logic Relationship (FLR).....	59
5.1.8 Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG) .....	60



5.1.9 Defuzzifikasi.....	60
5.1.10 Perhitungan Error.....	61
5.2 Implementasi Program .....	62
5.2.1 Source code pembacaan data.....	62
5.2.2 Source code untuk menampilkan data .....	63
5.2.3 Source code menentukan himpunan semesta .....	64
5.2.4 Source code partisi interval .....	66
5.2.5 Source code himpunan fuzzy .....	67
5.2.6 Source code fuzzifikasi .....	68
5.2.7 Source code FLR .....	71
5.2.8 Source code FLRG.....	72
5.2.9 Source code defuzzifikasi .....	73
5.2.10 Source code prediksi .....	74
5.2.11 Source code perhitungan MAPE .....	75
<b>BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....</b>	<b>77</b>
6.1 Pengujian interval dan perbandingan jenis prediksi .....	77
6.1.1 Pengujian interval pada prediksi titik api periode bulanan .....	77
6.1.2 Pengujian interval pada prediksi titik api periode 10 hari.....	82
6.1.3 Perbandingan jenis prediksi.....	87
6.2 Pengujian variasi data latih.....	89
6.2.1 Pengujian variasi data data latih untuk prediksi bulanan.....	89
6.2.2 Pengujian variasi data data latih untuk prediksi 10 hari.....	90
6.3 Analisis hasil prediksi terbaik.....	91
6.3.1 Analisis hasil prediksi titik api periode bulanan.....	91
6.3.2 Analisis hasil prediksi titik api periode 10 hari.....	93
6.3.3 Analisis hasil prediksi jumlah kemunculan titik api secara keseluruhan.....	97
<b>BAB 7 PENUTUP .....</b>	<b>99</b>
7.1 Kesimpulan.....	99
7.2 Saran .....	99
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>101</b>
<b>LAMPIRAN A POTONGAN DATA ASLI TITIK API SEBELUM DIOLAH .....</b>	<b>103</b>



LAMPIRAN B DATA JUMLAH KEMUNCULAN TITIK API DALAM RENTANG SATU BULAN ..... 104

LAMPIRAN C DATA JUMLAH KEMUNCULAN TITIK API DALAM RENTANG SEPULUH HARI..... 106

LAMPIRAN D DATA LATIH PREDIKSI TITIK API PERIODE BULANAN..... 112

LAMPIRAN E DATA LATIH PREDIKSI TITIK API PERIODE 10 HARI ..... 115



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka .....	5
Tabel 2.2 Definisi dan karakteristik AI.....	7
Tabel 2.3 Tindakan pengemudi dalam logika fuzzy .....	9
Tabel 2.4 Data time series enrollment Universitas Alabarma .....	13
Tabel 2.5 Hasil fuzzyfikasi selisih data.....	15
Tabel 2.6 Hasil FLR.....	16
Tabel 2.7 Hasil FLRG .....	16
Tabel 2.8 Nilai MAPE dan interpretasi .....	18
Tabel 3.1 Jenis pengujian .....	23
Tabel 4.1 Analisis kebutuhan masukan.....	24
Tabel 4.2 Potongan data jumlah kemunculan titik api dengan interval sepuluh hari .....	40
Tabel 4.3 Potongan data jumlah kemunculan titik api dengan interval satu bulan .....	41
Tabel 4.4 Data titik api bulanan 20% .....	41
Tabel 4.5 Hasil pembagian himpunan semesta menjadi lima interval .....	42
Tabel 4.6 Hasil fuzzifikasi.....	43
Tabel 4.7 Hasil FLR.....	44
Tabel 4.8 Hasil FLRG .....	44
Tabel 4.9 Hasil peramalan dan error rate .....	45
Tabel 6.1 Hasil pengujian interval kelipatan 10 pada data titik api bulanan.....	77
Tabel 6.2 Hasil pengujian interval kelipatan 100 pada data titik api bulanan.....	78
Tabel 6.3 Hasil pengujian interval antara 10 dan 30 pada data titik api bulanan	80
Tabel 6.4 Hasil pengujian interval antara 700 dan 800 pada data titik api bulanan .....	81
Tabel 6.5 Hasil pengujian interval kelipatan 10 pada data titik api 10 hari.....	82
Tabel 6.6 Hasil pengujian interval kelipatan 100 pada data titik api bulanan.....	83
Tabel 6.7 Hasil pengujian interval antara 5 dan 20 pada data titik 10 hari.....	84
Tabel 6.8 Hasil pengujian interval antara 90 dan 200 pada data titik 10 hari.....	86
Tabel 6.9 Hasil perbandingan pengujian interval kelipatan .....	87
Tabel 6.10 Hasil perbandingan pengujian interval kelipatan 100 .....	88

Tabel 6.11 Hasil pengujian variasi data latih untuk prediksi bulanan .....	89
Tabel 6.12 Hasil pengujian variasi data latih untuk prediksi 10 hari .....	90
Tabel 6.13 Data latih prediksi titik api periode bulanan .....	92
Tabel 6.14 Data uji dan hasil prediksi titik api periode bulanan .....	93
Tabel 6.15 Data latih prediksi titik api periode 10 hari .....	94
Tabel 6.16 Data uji dan hasil prediksi titik api periode 10 hari .....	95



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Himpunan Fuzzy dan Himpunan Klasik .....	9
Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan .....	10
Gambar 2.3 Sifat-sifat fungsi keanggotaan .....	10
Gambar 2.4 Jenis data time series .....	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi penelitian .....	19
Gambar 3.2 Pemotongan data titik api untuk wilayah pulau Jawa .....	20
Gambar 3.3 Model Perancangan Sistem .....	22
Gambar 4.1 Alur proses prediksi .....	25
Gambar 4.2 Alur penentuan himpunan semesta .....	28
Gambar 4.3 Alur partisi himpunan semesta .....	29
Gambar 4.4 Alur penentuan himpunan fuzzy .....	30
Gambar 4.5 Alur fuzzifikasi .....	32
Gambar 4.6 Alur penentuan FLR .....	34
Gambar 4.7 Alur penentuan FLRG .....	35
Gambar 4.8 Alur defuzzifikasi .....	37
Gambar 4.9 Alur proses prediksi .....	38
Gambar 4.10 Alur perhitungan MAPE .....	39
Gambar 4.11 Sketsa penampilan data .....	47
Gambar 4.12 Sketsa input ketentuan prediksi .....	48
Gambar 4.13 Sketsa himpunan semesta .....	49
Gambar 4.14 Sketsa partisi interval .....	50
Gambar 4.15 Sketsa himpunan fuzzy .....	51
Gambar 4.16 Sketsa fuzzifikasi .....	51
Gambar 4.17 Sketsa FLR .....	52
Gambar 4.18 Sketsa FLRG .....	53
Gambar 4.19 Sketsa defuzzifikasi .....	54
Gambar 4.20 Sketsa perhitungan error .....	55
Gambar 5.1 Antarmuka penampilan data .....	56
Gambar 5.2 Antarmuka input data .....	57
Gambar 5.3 Antarmuka himpunan semesta .....	57



Gambar 5.4 Antarmuka partisi interval .....	58
Gambar 5.5 Antarmuka himpunan fuzzy .....	58
Gambar 5.6 Antarmuka fuzzifikasi .....	59
Gambar 5.7 Antarmuka FLR .....	59
Gambar 5.8 Antarmuka FLRG.....	60
Gambar 5.9 Antarmuka defuzzifikasi .....	60
Gambar 5.10 Antarmuka perhitungan error.....	61
Gambar 5.11 Antarmuka MAPE .....	61
Gambar 6.1 Grafik pengujian interval kelipatan 10 pada prediksi jumlah titik api bulanan.....	78
Gambar 6.2 Grafik pengujian interval kelipatan 100 pada prediksi jumlah titik api bulanan.....	79
Gambar 6.3 Grafik pengujian interval antara 10 dan 30 pada prediksi jumlah titik api bulanan.....	81
Gambar 6.4 Grafik pengujian interval antara 700 dan 800 pada prediksi jumlah titik api bulanan.....	82
Gambar 6.5 Grafik pengujian interval kelipatan 10 pada prediksi jumlah kemunculan titik api periode 10 hari .....	83
Gambar 6.6 Grafik pengujian interval kelipatan 100 pada prediksi jumlah titik api periode 10 hari .....	84
Gambar 6.7 Grafik pengujian interval antara 5 dan 20 pada prediksi jumlah titik api periode 10 hari.....	85
Gambar 6.7 Grafik pengujian interval antara 90 dan 200 pada prediksi jumlah titik api periode 10 hari .....	86
Gambar 6.8 Grafik perbandingan jenis prediksi untuk interval kelipatan 10.....	87
Gambar 6.9 Grafik perbandingan jenis prediksi untuk interval kelipatan 100.....	88
Gambar 6.10 Grafik pengujian variasi data latih dari prediksi bulanan .....	90
Gambar 6.11 Grafik pengujian variasi data latih dari prediksi 10 hari .....	91
Gambar 6.12 Grafik jumlah kemunculan titik api untuk periode bulanan .....	98
Gambar 6.13 Grafik jumlah kemunculan titik api untuk periode 10 hari .....	98



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A POTONGAN DATA ASLI TITIK API SEBELUM DIOLAH .....	103
LAMPIRAN B DATA JUMLAH KEMUNCULAN TITIK API DALAM RENTANG SATU BULAN .....	104
LAMPIRAN C DATA JUMLAH KEMUNCULAN TITIK API DALAM RENTANG SEPULUH HARI.....	106
LAMPIRAN D DATA LATIH PREDIKSI TITIK API PERIODE BULANAN.....	112
LAMPIRAN E DATA LATIH PREDIKSI TITIK API PERIODE 10 HARI .....	115





## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Bencana adalah peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam, faktor nonalam, atau faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor (UU RI No. 24 Tahun 2007).

Salah satu wujud bencana adalah kebakaran. Kebakaran adalah situasi dimana bangunan pada suatu tempat seperti rumah atau pemukiman, pabrik, pasar, gedung dan lain-lain dilanda api yang menimbulkan korban dan kerugian. Kebakaran hutan dan lahan adalah suatu keadaan di mana hutan dan lahan dilanda api, sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan lahan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan atau nilai lingkungan. Kebakaran hutan dan lahan seringkali menyebabkan bencana asap yang dapat mengganggu aktivitas dan kesehatan masyarakat sekitar (UU RI No. 24 Tahun 2007).

Kebakaran hutan dapat disebabkan oleh faktor alami atau perbuatan manusia. Salah satu faktor alami penyebab terjadinya kebakaran adalah cuaca terik pada musim kemarau yang panjang. Sedangkan faktor buatan akibat ulah manusia yang menyebabkan terjadinya kebakaran antara lain pembukaan lahan, penebangan, dan pembakaran liar (Harrison, et al., 2009).

Kebakaran hutan memberikan dampak yang merugikan di bidang biologi, kesehatan, ekonomi, dan iklim. Dampak pada bidang biologi yaitu musnahnya flora dan fauna pada lokasi kebakaran. Dampak pada kesehatan yaitu menyebabkan masalah pernapasan, memperburuk kesehatan, bahkan menyebabkan kematian. Dampak pada bidang ekonomi yaitu menurunnya pendapatan yang dihasilkan oleh daerah pedesaan di sekitar hutan. Dampak pada iklim yaitu menyebabkan terjadi global warming dan menurunkan suhu akibat sinar matahari tertutup oleh asap kebakaran (Harrison, et al., 2009).

Kebakaran di Indonesia termasuk masalah umum yang perlu diperhatikan karena terjadi di setiap tahun (Harrison, et al., 2009). Tingkat kebakaran yang terus meningkat dari tahun ke tahun ini membuktikan bahwa masyarakat kurang peduli terhadap bencana kebakaran. Bencana kebakaran perlu diwaspadai dan dicegah karena memberikan dampak yang buruk di berbagai bidang kehidupan. Kebakaran dapat diidentifikasi dengan adanya kemunculan titik api dengan menggunakan satelit. Akan tetapi, sistem yang dapat melakukan deteksi titik api ini masih belum banyak diketahui. Titik api (*hotspot*) adalah indikator kebakaran hutan yang mendeteksi suatu lokasi yang memiliki suhu relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu disekitarnya (Peraturan Menteri Kehutanan No. 12/Menhut-II/2009). Jumlah kemunculan titik api yang banyak pada suatu waktu menandakan bahwa kebakaran juga banyak terjadi pada saat itu.

Penelitian dilakukan oleh Handayani pada tahun 2014 yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebakaran hutan gambut dengan teknologi penginderaan jauh. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan kanal 31 dan 32 pada citra satelit Terra MODIS dapat digunakan untuk mengidentifikasi kemunculan titik api. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, kejadian kebakaran dapat dipantau dengan mendeteksi kemunculan titik api melalui satelit. Kekurangan dari algoritma Coll, Caselles dan Schmugge yang digunakan pada penelitian tersebut adalah algoritma tersebut hanya bisa digunakan untuk mengukur suhu permukaan tanah untuk mengidentifikasi kemunculan titik api pada tanggal yang diketahui saja dan tidak bisa digunakan untuk melakukan prediksi, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kemunculan titik api (Handayani, Santoso, & Dwiandiyanta, 2014).

Beberapa penelitian untuk melakukan prediksi telah dilakukan sebelumnya. Penelitian dilakukan oleh Sah dan Degtiarev pada tahun 2005 yang bertujuan untuk memprediksi jumlah mahasiswa yang masuk di Universitas Alabama pada setiap tahunnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prediksi memberikan hasil yang sangat baik dengan tingkat error kurang dari 3% (Sah & Degtiarev, 2005). Penelitian juga dilakukan oleh Elfajar pada tahun 2017 yang bertujuan untuk memprediksi jumlah kunjungan wisatawan kota Batu menggunakan *Time Invariant Fuzzy Time Series*. Hasil penelitian menunjukkan tingkat error AFER 0,0056% sehingga hasil prediksi tergolong sangat baik. Metode yang digunakan pada kedua penelitian tersebut adalah *Fuzzy Time Series* yang merupakan bagian dari Logika Fuzzy (Elfajar, Setiawan, & Dewi, 2017).

Logika fuzzy adalah salah satu bentuk logika dimana nilai kebenaran dari variabel bisa berupa bilangan asli antara 0 dan 1. Logika fuzzy digunakan untuk mengatasi konsep kebenaran sebagian, dimana nilai kebenaran bisa diantara nilai benar total atau salah total (Novak, Perfilieva, & Mockor, 1999). Keunggulan dari logika fuzzy adalah adanya sistem fuzzifikasi. Fuzzifikasi mengubah nilai angka menjadi variabel linguistik, seperti sangat berkurang, berkurang, tetap, bertambah, sangat bertambah, dll.

Dalam logika fuzzy, ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk melakukan peramalan. Peramalan adalah prediksi pada peristiwa terjadi di masa depan. Salah satu metode untuk melakukan prediksi adalah *Fuzzy Time Series*. Keunggulan *Fuzzy Time Series* adalah metode tersebut dapat memprediksi suatu nilai pada waktu yang akan datang berdasarkan data historis yang diketahui.

Beberapa permasalahan sering muncul ketika menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Permasalahan yang pertama berkaitan tentang banyak data yang akan digunakan sebagai data latih. Permasalahan yang kedua berkaitan tentang salah satu langkah pada metode *Fuzzy Time Series*, yaitu tentang pembagian himpunan semesta menjadi beberapa interval. Kedua permasalahan tersebut sering menjadi penentu hasil akurasi prediksi.

Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian untuk memprediksi jumlah kemunculan titik api. Data yang digunakan

adalah data titik api di Pulau Jawa. Alasan dipilihnya Pulau Jawa adalah titik api di Pulau Jawa lebih mudah diawasi karena banyaknya penduduk dan lebih sedikitnya hutan. Metode *Fuzzy Time Series* digunakan karena peneliti ingin mengetahui apakah data jumlah kemunculan titik api dan metode *Fuzzy Time Series* cocok sehingga menghasilkan prediksi yang baik. Oleh karena itu, penulis mengusulkan skripsi dengan judul Implementasi *Fuzzy Time Series* untuk Memprediksi Jumlah Kemunculan Titik Api.

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang terbentuk dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana performa metode *Fuzzy Time Series* dalam memprediksi jumlah kemunculan titik api.
2. Bagaimana pengaruh banyak data latih dan pembagian interval dalam memprediksi jumlah titik api dengan *Fuzzy Time Series*.
3. Bagaimana nilai *error* metode *Fuzzy Time Series* dalam peramalan titik api.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu tujuan umum dan tujuan khusus. Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performa metode *Fuzzy Time Series* untuk memprediksi jumlah kemunculan titik api. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh banyak data latih, pembagian interval, dan mengetahui akurasi metode *Fuzzy Time Series* dalam peramalan jumlah kemunculan titik api.

## 1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini bagi penulis dan masyarakat adalah sebagai alat prediksi untuk meningkatkan rasa kewaspadaan masyarakat dan pemerintah tentang kemunculan titik api sebagai pertanda kebakaran.

## 1.5 Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode Logika Fuzzy yang digunakan adalah *Fuzzy Time Series*.
2. Implementasi metode ini digunakan untuk memprediksi jumlah kemunculan titik api.
3. Sistem prediksi diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Java.
4. Data yang digunakan adalah data kemunculan titik api yang terjadi dari awal tahun 2012 sampai akhir tahun 2016 di Pulau Jawa.

## 1.6 Sistematika pembahasan

### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari subbab latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika pembahasan dari implementasi *Fuzzy Time Series* untuk memprediksi jumlah kemunculan titik api.

### BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini berisi teori-teori pendukung yang menunjang perancangan dan pembangunan sistem. Bab ini terdiri dari subbab kajian pustaka dan dasar teori. Dasar teori terdiri dari subbab kecerdasan buatan, Logika Fuzzy, peramalan, data time series, *Fuzzy Time Series*, dan perhitungan error MAPE.

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi metode dan langkah kerja yang digunakan selama penelitian agar bisa meramalkan jumlah kemunculan titik api dengan metode *Fuzzy Time Series*. Bab ini terdiri dari studi literatur, pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan dan implementasi, pengujian dan analisis, dan penarikan kesimpulan.

### BAB 4 PERANCANGAN

Bab ini berisi perancangan yang menjadi dasar untuk tahap implementasi dan pengujian sistem. Bab ini terdiri dari analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, dan perancangan antarmuka untuk memprediksi jumlah kemunculan titik api dengan metode *Fuzzy Time Series*.

### BAB 5 IMPLEMENTASI

Bab ini berisi implementasi metode dan pembahasan metode *Fuzzy Time Series* untuk meramalkan titik api. Bab ini terdiri dari implementasi antarmuka dan implementasi program.

### BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi tentang pengujian dan analisis dari hasil peramalan yang telah diimplementasikan. Pengujian terdiri dari dua mekanisme, yaitu pengujian interval beserta perbandingan jenis prediksi dan pengujian variasi data latih.

### BAB 7 PENUTUP

Bab penutup terdiri atas subbab kesimpulan dan saran. Subbab kesimpulan menjelaskan tentang hasil akhir dari penelitian. Subbab saran menjelaskan tentang kekurangan dari penelitian agar bisa diperbaiki di penelitian selanjutnya.

## BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab landasan kepustakaan terdiri dari kajian pustaka dan dasar teori. Kajian pustaka pada penelitian ini membandingkan penelitian yang diusulkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Dasar teori membahas tentang teori-teori yang diperlukan untuk menyusun penelitian yang diusulkan.

### 2.1 Kajian pustaka

Kajian pustaka yang digunakan sebagai referensi berupa penelitian yang berkaitan dengan titik api atau penelitian yang menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Penelitian-penelitian yang dikaji berisi perbandingan input, proses, dan output. Perbandingan dari setiap kajian pustaka dapat dijelaskan dengan Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No	Judul	Input	Proses	Output
1	Pemanfaatan Data Terra MODIS Untuk Identifikasi Titik Api Pada Kebakaran Hutan Gambut (Studi Kasus Kota Dumai Provinsi Riau) (Handayani, Santoso, & Dwiandiyanta, 2014)	Data citra satelit Terra MODIS pada tanggal 19 Juni 2010 dan peta Administrasi Indonesia	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Input data</li> <li>2. Koreksi geometrik</li> <li>3. Pemotongan citra</li> <li>4. Konversi nilai menjadi <i>brightness temperature</i></li> <li>5. Penerapan algoritma Coll, Caselles, &amp; Schmugge</li> <li>6. Citra suhu permukaan</li> </ol>	Citra suhu permukaan yang menampilkan daerah yang terdapat titik api
2	Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode <i>Time Invariant Fuzzy Time Series</i> (Elfajar, Setiawan, & Dewi, 2017)	Data kunjungan wisatawan kota Batu dari bulan Agustus 2010 sampai September 2013	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menentukan variasi dan <i>universe of discourse</i></li> <li>2. Menentukan <i>average-based interval</i></li> <li>3. Mendefinisikan himpunan fuzzy</li> <li>4. Memfuzzifikasikan data historis</li> <li>5. Menentukan FLR dan FLRG</li> <li>6. Defuzzifikasi</li> </ol>	Hasil peramalan jumlah kunjungan wisatawan Kota Batu
3	<i>Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series - part II</i> (Song, Q., dan Chissom, S. 1994)	Data mahasiswa yang masuk Universitas Alabarma dari tahun 1971 sampai 1992	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tentukan <i>universe of discourse</i> U</li> <li>2. Partisi U menjadi beberapa interval sama panjang</li> <li>3. Menentukan himpunan fuzzy U dan melakukan fuzzifikasi</li> <li>5. Menentukan model basis w, menghitung operator peramalan <math>R^w(t, t-1)</math> dan peramalan</li> <li>6. Defuzzifikasi output</li> </ol>	Hasil peramalan jumlah mahasiswa yang diterima di Universitas Alabarma

Tabel 2.1 Kajian Pustaka (lanjutan)

No	Judul	Input	Proses	Output
4	<i>Forecasting enrollments based on fuzzy time series</i> (Chen, 1996)	Data mahasiswa yang masuk Universitas Alabarma dari tahun 1971 sampai 1992	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Partisi <i>universe of discourse</i> U menjadi beberapa interval sama panjang</li> <li>2. Tentukan himpunan fuzzy Ak dimana k adalah banyaknya variabel lingustik</li> <li>3. Tentukan FLR dan FLRG</li> <li>4. Hitung output hasil peramalan</li> </ol>	Hasil peramalan jumlah mahasiswa yang diterima di Universitas Alabarma
5	<i>Forecasting Enrollment Model Based on First-Order Fuzzy Time Series</i> (Sah, dan Degtiarev, 2005)	Data mahasiswa yang masuk Universitas Alabarma dari tahun 1971 sampai 1992	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tentukan <i>universe of discourse</i> U yang didapat dari variasi enrollment dari setiap tahun</li> <li>2. Partisi U menjadi beberapa interval sama panjang</li> <li>3. Tentukan himpunan fuzzy <math>A_i</math></li> <li>4. Fuzzifikasi variasi data <i>enrollment</i></li> <li>5. Tentukan FLR</li> <li>6. Kelompokkan FLR yang memiliki sisi kiri sama sehingga terbentuk FLRG</li> <li>7. Lakukan defuzzifikasi output</li> <li>8. Hitung hasil peramalan <i>enrollment</i></li> </ol>	Hasil peramalan jumlah mahasiswa yang diterima di Universitas Alabarma

Penelitian dilakukan oleh Handayani pada tahun 2014 yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebakaran hutan gambut dengan teknologi penginderaan jauh. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan kanal 31 dan 32 pada citra satelit Terra MODIS dapat digunakan untuk mendeteksi titik api. Penelitian tersebut dikaji karena memberikan gambaran umum tentang titik api, bencana kebakaran, dan identifikasinya. Kekurangan dari penelitian tersebut adalah titik api hanya bisa diidentifikasi menggunakan gambar pada tanggal yang diketahui saja dan tidak bisa memprediksi kemunculan titik api pada waktu yang akan datang (Handayani, Santoso, & Dwiandiyanta, 2014).

Penelitian dilakukan oleh Elfajar pada tahun 2017 yang bertujuan untuk memprediksi jumlah kunjungan wisatawan kota Batu menggunakan *Time Invariant Fuzzy Time Series*. Hasil penelitian menunjukkan tingkat *error* AFER 0,0056% sehingga hasil prediksi tergolong sangat baik. Penelitian tersebut dikaji karena memberikan informasi tentang langkah-langkah implementasi *Fuzzy Time Series* dalam Bahasa Indonesia (Elfajar, Setiawan, & Dewi, 2017).

Penelitian dilakukan Song dan Chissom pada tahun 1993 yang bertujuan untuk memprediksi jumlah mahasiswa yang masuk di Universitas Alabarma pada setiap tahunnya. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut adalah *Time Variant Fuzzy Time Series*. Hasil penelitian menunjukkan tingkat *error* prediksi yang kecil,



yaitu 4,37%. Penelitian tersebut dikaji karena memberikan pengetahuan dasar tentang metode *Fuzzy Time Series*.

Penelitian dilakukan Chen pada tahun 1996 yang bertujuan untuk memprediksi jumlah mahasiswa yang masuk di Universitas Alabarma pada setiap tahunnya. Penelitian ini mengembangkan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993. Pengembangan dilakukan pada tahap defuzzifikasi dengan menggunakan operasi aritmatika sederhana. Hasil penelitian menunjukkan prediksi yang lebih efisien dibandingkan hasil penelitian Song dan Chissom. Penelitian tersebut dikaji karena memberikan pengetahuan lebih lanjut tentang tahap defuzzifikasi dari metode *Fuzzy Time Series*.

Penelitian dilakukan oleh Sah dan Degtiarev pada tahun 2005 yang bertujuan untuk memprediksi jumlah mahasiswa yang masuk di Universitas Alabarma pada setiap tahunnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prediksi memberikan hasil yang sangat baik dengan tingkat error kurang dari 3%. Penelitian tersebut dikaji karena memberikan informasi untuk memprediksi selisih antar data pada setiap periode menggunakan *First Order Fuzzy Time Series* (Sah & Degtiarev, 2005).

## 2.2 Dasar teori

### 2.2.1 Kecerdasan buatan

Kecerdasan buatan atau Artificial Intelligence (AI) adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan yang memanfaatkan sistem atau mesin agar dapat melakukan pekerjaan manusia. Kecerdasan buatan memiliki empat kategori, antara lain *thinking humanly*, *thinking rationally*, *acting humanly*, dan *acting rationally*. Definisi kecerdasan buatan menurut para ahli dan karakteristiknya dapat dijelaskan oleh Tabel 2.2. Istilah *thinking humanly* dan *thinking rationally* berkaitan dengan proses berpikir dan penalaran, sedangkan *acting humanly* dan *acting rationally* berkaitan dengan tingkah laku. Istilah *thinking humanly* dan *acting humanly* berkaitan dengan kesesuaian sistem atau mesin terhadap manusia, sedangkan *thinking rationally* dan *acting rationally* berkaitan dengan kinerja ideal atau rasionalitas. Suatu sistem dikatakan rasional jika ia melakukan sesuatu yang benar sesuai yang ia tahu (Russell & Norvig, 2010).

**Tabel 2.2 Definisi dan karakteristik AI**

<i>Thinking Humanly</i>	<i>Thinking Rationally</i>
<p>“Usaha baru yang menarik untuk membuat komputer berpikir ... mesin dengan akal, dalam arti yang sebenarnya”. (Haugeland, 1985)</p> <p>“[Otomatiasi] tindakan yang berkaitan dengan pemikiran manusia, aktivitas seperti pembuatan keputusan, penyelesaian masalah, pembelajaran ...” (Bellman, 1978)</p>	<p>“Pembelajaran kemampuan mental melalui penggunaan model komputasi.” (Charniak dan McDermott, 1985)</p> <p>“Pembelajaran komputasi yang memungkinkan sesuatu untuk mengetahui, bernalar, dan bertindak.” (Winston, 1992)</p>



Tabel 2.2 Definisi dan karakteristik AI (lanjutan)

<i>Acting Humanly</i>	<i>Acting Rationally</i>
<p>“Senin membuat mesin yang melakukan pekerjaan yang memerlukan kecerdasan saat dilakukan manusia.” (Kurzweil, 1990)</p> <p>“Pembelajaran tentang bagaimana membuat komputer melakukan sesuatu yang mana saat ini dapat dilakukan lebih baik oleh manusia.” (Rich and Knight, 1991)</p>	<p>“Kecerdasan Komputasi adalah pembelajaran desain agen cerdas.” (Poole dkk, 1998)</p>

Kecerdasan buatan dikembangkan mulai pertengahan abad ke-20. Pekerjaan pertama yang sekarang diakui sebagai AI dilakukan oleh Warren McCulloch dan Waller Pitts pada tahun 1943. Mereka menggunakan tiga sumber: pengetahuan tentang fisiologi dasar dan fungsi neuron di otak, analisis formal pada logika proposisi oleh Russel dan Whitehead, dan teori Turing tentang komputasi. Mereka mengusulkan model neuron buatan dimana setiap neuron dikarakteristikan on atau off. Mereka menunjukkan bahwa setiap fungsi yang dapat dihitung oleh jaringan yang terdiri dari hubungan antar neuron. Pada tahun 1950, dua mahasiswa Harvard, yaitu Marvin Minsky dan Dean Edmonds, membangun jaringan syaraf komputer pertama. Mereka membuat SNARC yang menggunakan 3000 tabung vakum dan mekanisme kendali otomatis untuk mensimulasi jaringan dari 40 neuron. Semenjak saat itu, penelitian tentang AI terus dilakukan (Russell & Norvig, 2010).

Saat ini, kecerdasan buatan telah dimanfaatkan di berbagai macam kegiatan dan dalam berbagai macam bidang. Pemanfaatan tersebut antara lain:

1. *Robotic vehicle* atau kendaraan tanpa pengemudi.
2. *Speech recognition*.
3. Perencanaan dan penjadwalan otomatis.
4. *Game*.
5. *Spam fighting*.
6. Perencanaan logistik.
7. Robotik.
8. *Machine Translation*, dan masih banyak lagi.

### 2.2.2 Logika fuzzy

Logika fuzzy adalah salah satu bentuk logika dengan banyak nilai dimana nilai kebenaran dari variabel bisa berupa bilangan asli antara 0 dan 1. Logika fuzzy digunakan untuk mengatasi konsep kebenaran sebagian, dimana nilai kebenaran bisa diantara nilai benar total atau salah total (Novak, Perfilieva, & Mockor, 1999).



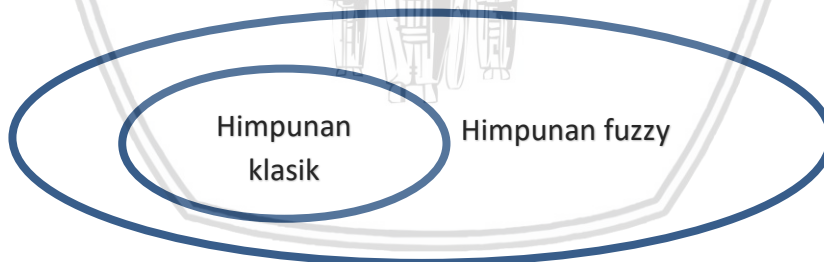
Salah satu keuntungan Logika Fuzzy dalam memformalkan penalaran manusia adalah aturannya ditetapkan dengan bahasa natural atau alami. Misalnya, terdapat aturan tindakan yang dipatuhi oleh pengemudi agar dia tidak mau kehilangan SIM. Aturan-aturan tersebut dapat dijelaskan oleh Tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Tindakan pengemudi dalam logika fuzzy**

Jika lampu merah	Jika kecepatan saya tinggi	Dan jika rambu-rambu sudah dekat	Maka saya mengerem dengan keras
Jika lampu merah	Jika kecepatan saya rendah	Dan jika rambu-rambu masih jauh	Maka saya menjaga kecepatan saya
Jika lampu oranye	Jika kecepatan saya sedang	Dan jika rambu-rambu masih jauh	Maka saya mengerem pelan-pelan
Jika lampu hijau	Jika kecepatan saya rendah	Dan jika rambu-rambu sudah dekat	Maka saya meningkatkan kecepatan

### 2.2.2.1 Himpunan fuzzy

Logika Fuzzy didasarkan pada teori Himpunan Fuzzy, yang merupakan generalisasi dari teori himpunan klasik. Himpunan Fuzzy adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek dapat menjadi anggota dari beberapa himpunan dengan nilai keanggotaan ( $\mu$ ) yang berbeda. Himpunan klasik merupakan himpunan bagian dari teori himpunan fuzzy (Dernoncourt, 2013). Dapat diilustrasikan dengan Gambar 2.1:

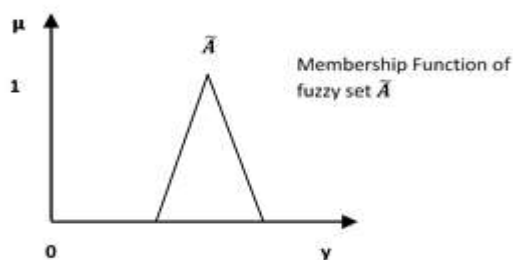


**Gambar 2.1 Himpunan Fuzzy dan Himpunan Klasik**

### 2.2.2.2 Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lofti A. Zadeh dalam paper penelitian pertamanya yang berjudul *Fuzzy Sets*. Fungsi keanggotaan menyatakan tingkat kekaburan atau *fuzziness* elemen-elemen di dalam himpunan fuzzy berupa nilai diskrit atau kontinu (Tutorialspoint, 2017). Fungsi keanggotaan bisa dinyatakan dalam bentuk grafik yang dapat diilustrasikan oleh Gambar 2.2.





**Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan**

Sumber: (Tutorialspoint, 2017)

Fungsi keanggotaan dalam Logika Fuzzy memiliki sifat-sifat tertentu yang dapat diilustrasikan dengan Gambar 2.3. Berikut ini sifat-sifat dari fungsi keanggotaan:

1. *Core*

Untuk setiap Himpunan Fuzzy A, *core* dari suatu fungsi keanggotaan adalah daerah dari semesta yang memiliki nilai keanggotaan penuh dalam himpunan.

$$\mu_A(y) = 1$$

2. *Support*

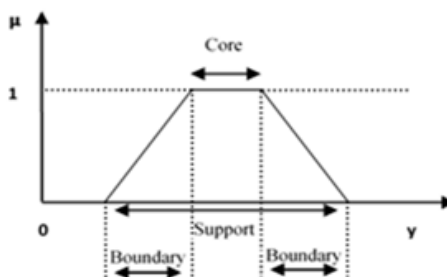
Untuk setiap Himpunan Fuzzy A, *support* dari suatu fungsi keanggotaan adalah daerah dari semesta yang memiliki nilai keanggotaan bukan nol dalam himpunan.

$$\mu_A(y) > 0$$

3. *Boundary*

Untuk setiap Himpunan Fuzzy A, *boundary* dari suatu fungsi keanggotaan adalah daerah dari semesta yang memiliki nilai keanggotaan bukan nol dan tidak memiliki nilai keanggotaan penuh dalam himpunan.

$$1 > \mu_A(y) > 0$$



**Gambar 2.3 Sifat-sifat fungsi keanggotaan**

Sumber: (Tutorialspoint, 2017)

### 2.2.3 Peramalan

Peramalan adalah prediksi pada peristiwa terjadi di masa depan. Peramalan adalah masalah penting yang membentang di berbagai bidang termasuk bisnis dan industri, pemerintahan, ekonomi, ilmu alam, ilmu sosial, obat, politik, dan keuangan. Masalah peramalan sering diklasifikasi menjadi jangka pendek, jangka sedang, dan jangka panjang. Peramalan jangka pendek melibatkan prediksi peristiwa yang terjadi pada beberapa hari, minggu, atau bulan mendatang. Peramalan jangka sedang dilakukan pada peristiwa yang terjadi satu atau dua tahun mendatang. Peramalan jangka panjang dilakukan pada peristiwa sampai beberapa tahun mendatang. Sebagian besar masalah peramalan melibatkan penggunaan data *Time Series*. Alasan mengapa peramalan sangat penting adalah prediksi peristiwa di masa depan menjadi penting bagi berbagai jenis perencanaan dan proses pengambilan keputusan (Montgomery, Jennings, & Kulahci, 2008).

Ada dua jenis umum teknik peramalan, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Teknik peramalan kualitatif sering bersifat subjektif dan memerlukan pertimbangan dari para ahli. Peramalan kualitatif sering digunakan pada situasi dimana hanya ada sedikit atau bahkan tidak ada riwayat data sama sekali. Salah satu contohnya adalah pengenalan produk baru, dimana tidak ada data riwayat yang relevan. Pada situasi ini, perusahaan memerlukan pertimbangan dari divisi *sales* dan *marketing* untuk memperkirakan penjualan produk. Salah satu metode peramalan kualitatif paling formal dan diketahui secara luas adalah Metode Delphi. Sementara itu, teknik peramalan kuantitatif menggunakan data historis dan model peramalan. Tiga model peramalan yang paling sering digunakan adalah model regresi, metode *smoothing*, dan model *time series* secara umum. Model regresi memanfaatkan hubungan antar variabel yang akan diprediksi dan satu atau lebih variabel prediktor. Terkadang model regresi juga disebut sebagai peramalan kausal. Model *smoothing* secara khusus menggunakan fungsi sederhana dari observasi sebelumnya untuk melakukan prediksi pada suatu variabel. Model *time series* menggunakan data historis dari data untuk menentukan model dan memperkirakan parameter yang tidak diketahui dari model ini (Montgomery, Jennings, & Kulahci, 2008).

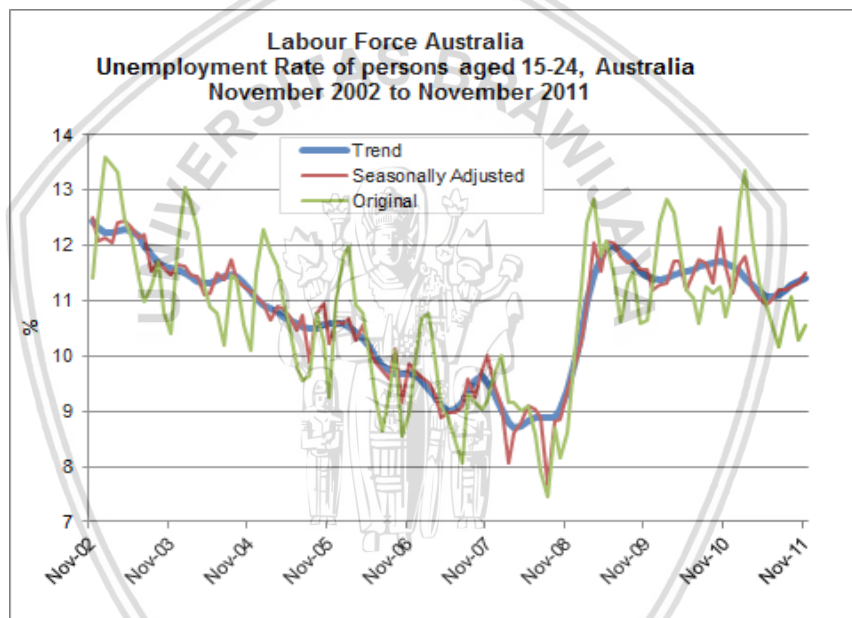
### 2.2.4 Data Time Series

Data *time series* memungkinkan seseorang untuk bisa mengidentifikasi perubahan tiap waktu secara berkala. Time series bisa diklasifikasikan menjadi dua tipe, yaitu *stock* dan *flow*. *Stock series* adalah pengukuran dari suatu atribut pada suatu titik waktu. Misalnya adalah data ABS *Prisoners in Australia* yang menghitung banyaknya orang yang ditahan pada tanggal 30 Juni tiap tahun. *Flow series* adalah pengukuran dari suatu aktivitas pada periode yang diketahui. Misalnya adalah ABS *Corrective Service Australia* yang banyaknya tahanan pada tiap dalam satu bulan yang dijumlahkan lalu dibagi dengan banyaknya hari pada

repository.ub.ac.id

bulan itu untuk mencari rata-rata harian tahanan (Australian Bureau of Statistics, 2013).

Sebuah *original time series* menunjukkan pergerakan aktual data secara berkala. *Original time series* termasuk peristiwa *cyclical*, *seasonal*, dan *irregular* yang dapat diilustrasikan oleh Gambar 2.4. Efek *cyclical* adalah setiap gejolak atau fluktuasi pada suatu hari, minggu, atau bulan tertentu. Misalnya adalah banyaknya pengguna transportasi umum yang memiliki puncak tertentu pada tiap hari dalam satu minggu, tergantung pada waktu di hari tersebut. Efek *seasonal* adalah variasi pada data karena efek yang berkaitan dengan peristiwa di kalender. Misalnya adalah meningkatnya banyak pegawai di Australia pada saat natal atau tahun baru. Efek *irregular* adalah setiap pergerakan yang berkaitan dengan tren dan terjadi pada waktu yang spesifik, tapi tidak ada kaitannya dengan musim atau siklus. Contohnya adalah bencana alam. Ketiga efek tersebut diilustrasikan oleh Gambar 2.4 (Australian Bureau of Statistics, 2013).



Gambar 2.4 Jenis data time series

Sumber: (Australian Bureau of Statistics, 2013)

### 2.2.5 Fuzzy Time Series

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

*Fuzzy time series* dikembangkan untuk mengatasi kekurangan dari metode *time series* klasik. Pada tahun 1993, Song dan Chissom memperkenalkan *fuzzy time series* dan modelnya (Song & Chissom, 1993). Pada tahun 2001, Huang

menggunakan metode *Fuzzy Time Series* untuk melakukan peramalan pada penerimaan mahasiswa di Universitas Alabarma menggunakan model heuristik (Huang, 2001). Pada tahun 2004, Chen dan Hsu memperkenalkan metode baru dari *Fuzzy Time Series* untuk meramalkan penerimaan mahasiswa di Universitas Alabarma (Chen & Hsu, 2004). Pada tahun 2005, Melike dan Konstantin menggunakan *First-Order Fuzzy Time Series* untuk melakukan permalan pada peramalan. Metode *fuzzy time series* terus dikembangkan sampai sekarang.

Berikut ini adalah langkah-langkah dari metode *fuzzy time series*:

1. Tentukan himpunan semesta U dari selisih data historis.

$$U = [V_{min} - V_1, V_{max} + V_2] \tag{2.1}$$

Keterangan:

$V_{min}$  : selisih minimum dari data time series

$V_{max}$  : selisih maksimum dari data time series

$V_1$  dan  $V_2$ : bilangan bulat positif

Misalkan terdapat data *enrollment* seperti Tabel 2.4.

**Tabel 2.4 Data time series enrollment Universitas Alabarma**

Tahun	Banyak enrollment	Selisih
1971	13055	
1972	13563	+508
1973	13867	+304
1974	14696	+829
1975	15460	+764
1976	15311	-149
1977	15603	+292
1978	15861	+258
1979	16807	+946
1980	16919	+112
1981	16388	-531
1982	15433	-955
1983	15497	+64
1984	15145	-352
1985	15163	+18
1986	15984	+82
1987	16859	+875
1988	18150	+1291
1989	18970	+820



**Tabel 2.4 Data time series enrollment Universitas Alabarma (lanjutan)**

Tahun	Banyak enrollment	Selisih
1990	19328	+358
1991	19337	+9

Dari Tabel 2.4, didapatkan nilai minimum  $V_{min} = -955$  dan nilai maksimum  $V_{max} = 1291$ . Himpunan semesta  $U$  harus mencakup nilai minimum dan maksimum. Dengan  $V_1 = 45$  dan  $V_2 = 109$  didapatkan  $U = [-1000, 1400]$

2. Partisi  $U$  menjadi beberapa interval sama panjang

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \tag{2.2}$$

$$b = \frac{u_{max} - u_{min}}{n} \tag{2.3}$$

$$U_i = [U_{i_b}, U_{i_a}] \tag{2.4}$$

$$U_{i_a} = U_{i_b} + b \tag{2.5}$$

$$U_{(i+1)_b} = U_{i_a} \tag{2.6}$$

Keterangan:

$n$ : banyak partisi

$b$ : beda atau selisih antar data untuk menentukan batas bawah dan batas atas dari setiap sub interval

$U_{min}$  = nilai batas bawah dari himpunan semesta  $U$

$U_{max}$  = nilai batas atas dari himpunan semesta  $U$

$U_i$  = sub interval ke- $i$

$U_{i_b}$  = nilai batas bawah sub interval ke- $i$

$U_{i_a}$  = nilai batas atas sub interval ke- $i$

Misalkan  $U$  dipartisi menjadi 6 himpunan fuzzy dengan interval sama panjang. Nilai  $b$  yang didapatkan adalah 400. Sehingga hasil partisi interval adalah  $u_1 = [-1000, -600]$ ,  $u_2 = [-600, -200]$ ,  $u_3 = [-200, 200]$ ,  $u_4 = [200, 600]$ ,  $u_5 = [600, 1000]$ ,  $u_6 = [1000, 1400]$

3. Tentukan himpunan fuzzy  $A$

$$A = \frac{f_A(u_1)}{u_1} + \frac{f_A(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_A(u_n)}{u_n} \tag{2.7}$$

Keterangan:

$f_A$ : fungsi keanggotaan  $A$ ,  $f_A:U \rightarrow [0,1]$

$f_A(u_i)$ : derajat keanggotaan  $u_i$  di himpunan fuzzy  $A$ ,  $f_A(u_i) \in [0,1]$ ,  $1 \leq i \leq n$



n: banyak partisi

Asumsikan variabel linguistik dari selisih *enrollment*. Misalkan  $A_1$  (berkurang banyak),  $A_2$  (berkurang),  $A_3$  (tidak berubah),  $A_4$  (meningkat),  $A_5$  (meningkat banyak),  $A_6$  (meningkat sangat banyak), yang dapat dinyatakan dengan:

$$A_1 = \{ 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 \}$$

$$A_2 = \{ 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 \}$$

$$A_3 = \{ 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 \}$$

$$A_4 = \{ 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 \}$$

$$A_5 = \{ 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 \}$$

$$A_6 = \{ 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6 \}$$

4. Lakukan fuzzifikasi pada selisih data enrollment dari tahun t-1 dan t

Jika selisih dari tahun t masuk ke rentang  $u_i$ , maka hasil fuzzyfikasi adalah  $A_i$ . Misalkan selisih enrollment dari tahun 1971 dan 1972 adalah +508, dimana selisih tersebut masuk rentang  $u_4 = [200, 600]$ , maka hasil fuzzyfikasi adalah  $A_4$ . Hasil fuzzyfikasi dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5 Hasil fuzzyfikasi selisih data**

Tahun	Selisih	Fuzzifikasi selisih
1971		
1972	+508	$A_4$
1973	+304	$A_4$
1974	+829	$A_5$
1975	+764	$A_5$
1976	-149	$A_3$
1977	+292	$A_4$
1978	+258	$A_4$
1979	+946	$A_5$
1980	+112	$A_3$
1981	-531	$A_2$
1982	-955	$A_1$
1983	+64	$A_3$
1984	-352	$A_2$
1985	+18	$A_3$
1986	+82	$A_5$



**Tabel 2.5 Hasil fuzzyfikasi selisih data (lanjutan)**

Tahun	Selisih	Fuzzifikasi selisih
1987	+875	A <sub>5</sub>
1988	+1291	A <sub>6</sub>
1989	+820	A <sub>5</sub>
1990	+358	A <sub>4</sub>
1991	+9	A <sub>3</sub>

5. Tentukan fuzzy logical relationship (FLR)  $A_i \rightarrow A_j$

$$A_i \rightarrow A_j \tag{2.8}$$

Hasil FLR untuk kasus sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6 Hasil FLR**

$A_4 \rightarrow A_4$	$A_1 \rightarrow A_3$
$A_4 \rightarrow A_5$	$A_2 \rightarrow A_3$
$A_5 \rightarrow A_5$	$A_3 \rightarrow A_5$
$A_5 \rightarrow A_3$	$A_5 \rightarrow A_6$
$A_3 \rightarrow A_4$	$A_6 \rightarrow A_5$
$A_3 \rightarrow A_2$	$A_5 \rightarrow A_4$
$A_2 \rightarrow A_1$	$A_4 \rightarrow A_3$

6. Buat FLRG

$$\left. \begin{array}{l} A_i \rightarrow A_{j1} \\ A_i \rightarrow A_{j2} \\ \dots \end{array} \right\} \Rightarrow A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots \tag{2.9}$$

Kelompokkan FLR yang mempunyai sisi kiri yang sama sehingga terbentuk *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) sehingga terbentuk seperti Tabel 2.7.

**Tabel 2.7 Hasil FLRG**

$A_1 \rightarrow A_3$
$A_2 \rightarrow A_1, A_3$
$A_3 \rightarrow A_2, A_4, A_5$
$A_4 \rightarrow A_3, A_4, A_5$
$A_5 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6$
$A_6 \rightarrow A_5$





7. Lakukan peramalan dan defuzzifikasi output peramalan

Peramalan yang dilakukan adalah peramalan pada selisih data antara tahun  $t$  dan  $t-1$ . Berikut ini adalah aturan-aturan defuzzifikasi:

- a. Jika semua nilai keanggotaan memiliki *output* 0, maka prediksi selisih juga 0
- b. Jika *output* keanggotaan memiliki tepat satu nilai maksimum, maka titik tengah dari interval tersebut adalah hasil prediksi selisih
- c. Jika *output* keanggotaan memiliki dua atau lebih nilai maksimum yang berurutan, maka titik tengah dari interval-interval tersebut diambil sebagai hasil prediksi selisih
- d. Untuk kasus selain 3 kondisi diatas, gunakan metode centroid untuk melakukan perhitungan pada fuzzy output dan titik tengah setiap interval.

$$z = \frac{\sum S_i M_i}{\sum S_i} \tag{2.10}$$

Keterangan:

$z$  = hasil prediksi selisih

$S_i$  = derajat keanggotaan ke- $i$  dari union himpunan fuzzy

$M_i$  = nilai tengah dari sub interval ke  $i$

Misalnya akan diprediksi banyak enrollment pada tahun 1973. Lihat fuzifikasi dan FLRG pada tahun 1972. Didapatkan FLRG yaitu:

$$A_4 \rightarrow A_3, A_4, A_5$$

Himpunan fuzzy:

$$A_3 = \{ 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 \}$$

$$A_4 = \{ 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 \}$$

$$A_5 = \{ 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 \}$$

Hasil union:

$$A_3 \cup A_4 \cup A_5 = \{ 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 1/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 \}$$

Hasil prediksi selisih ( $z$ ):

$$z = \frac{0 * 800 + 0,5 * (-400) + 1 * 0 + 1 * 400 + 1 * 800 + 0,5 * 1200}{0 + 0,5 + 1 + 1 + 1 + 0,5}$$

$$z = \frac{0 - 200 + 0 + 400 + 800 + 600}{4} = \frac{1600}{4} = 400$$

8. Hitung hasil peramalan

Hasil peramalan tahun  $t$  didapatkan dari menjumlahkan prediksi selisih ( $z$ ) dan data asli enrollment tahun  $t-1$ . Misalkan banyak enrollment pada



tahun 1972 adalah 13.563 dan prediksi selisih (z) adalah 400. Maka hasil peramalan adalah  $13.563 + 400 = 13.963$

### 2.2.6 Perhitungan error Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Perhitungan error yang digunakan adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MSE tidak digunakan karena lebih sensitif terhadap outlier. Perhitungan kuadrat pada MSE dapat menyebabkan error semakin membengkak. MAPE menghitung besarnya error dalam bentuk persen (Render, Stair, & Hanna. 2012). Perhitungan error MAPE dapat dilakukan sesuai Persamaan 2.11.

$$MAPE = \left( \frac{1}{n} \sum \frac{|x-y|}{|x|} \right) * 100 \quad (2.11)$$

Keterangan:

n = banyak data

x = nilai aktual

y = nilai prediksi

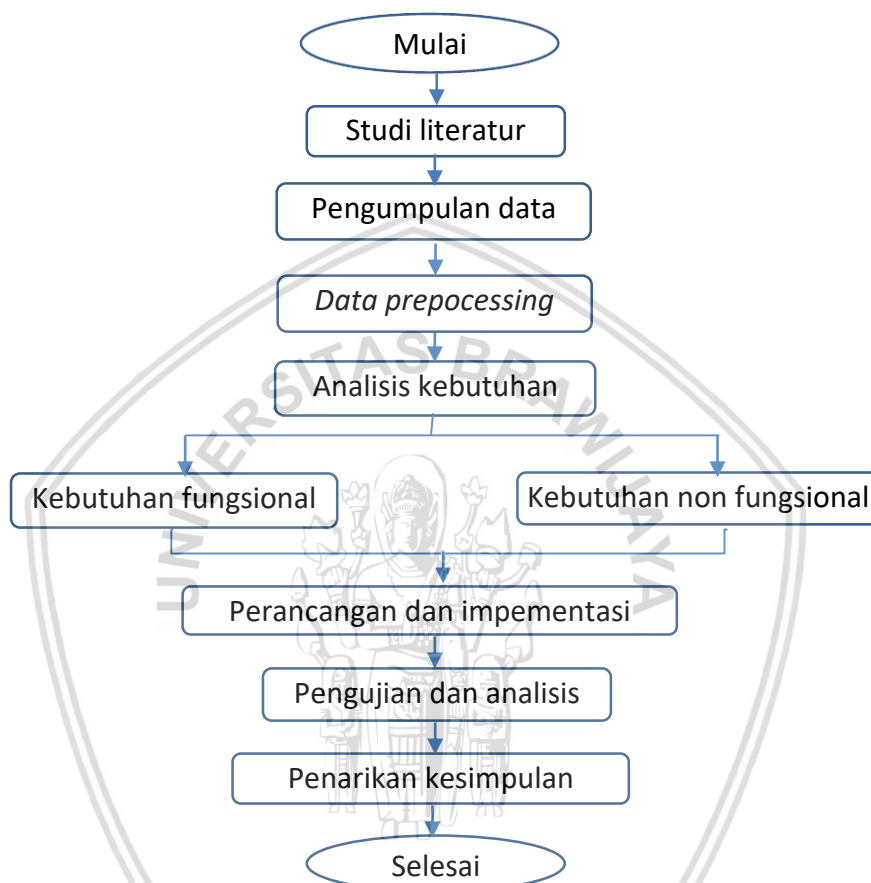
Hasil interpretasi nilai MAPE terdiri dari 4 kategori (Lewis, 1982). Empat kategori MAPE tersebut dapat dijelaskan oleh Tabel 2.8.

**Tabel 2.8 Nilai MAPE dan interpretasi**

Nilai MAPE	Interpretasi
<10	Peramalan sangat akurat
10-20	Peramalan baik
20-50	Peramalan layak
>50	Peramalan kurang akurat

## BAB 3 METODOLOGI

Metodologi merupakan langkah atau prosedur kegiatan yang dilakukan oleh peneliti untuk memperoleh data dan informasi yang dibutuhkan dalam proses penelitian. Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap, tahapan penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi penelitian

### 3.1 Studi literatur

Tahap ini dilakukan dengan cara mempelajari literatur atau pustaka dari bidang-bidang ilmu yang berhubungan dengan penelitian ini. Studi literatur pada penelitian ini berguna sebagai dasar teori dalam mengimplementasikan metode *fuzzy time series* untuk memprediksi jumlah titik api. Teori dan pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini adalah:

1. Peramalan: untuk memahami apa itu peramalan dan cara kerjanya
2. Logika Fuzzy: sebagai dasar sebelum memahami *fuzzy time series*
3. Algoritma *Fuzzy Time Series*: metode untuk melakukan peramalan
4. Perhitungan error: untuk mengetahui tingkat *error* atau akurasi prediksi

Literatur diperoleh dari jurnal, e-book, buku, skripsi, konferensi, penelitian sebelumnya, dan artikel-artikel dari internet yang dipandang layak dan berhubungan dengan tema penelitian.

### 3.2 Pengumpulan data

Data yang digunakan adalah data titik api. Data titik api didapatkan dari web resmi NASA, yaitu <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/download/request.php> dengan melakukan *request* ke *web* tersebut. Data titik api yang diambil adalah data untuk pulau Jawa dengan melakukan *cropping* pada poligon sesuai pada Gambar 3.2. Data titik api dimulai dari tanggal 01 Januari 2012 sampai dengan 31 Desember 2016 dengan sumber data dari instrumen *ilmiah Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer Collection 6* (MODIS C6). Data dikirim oleh NASA FIRMS ke email yang melakukan *request* dalam format yang dipilih, dalam penelitian ini menggunakan format *.csv*. Data titik api berupa data *time series* yang berisikan informasi dengan total data sebanyak 9.589 baris dengan parameter *latitude*, *longitude*, *brightness*, *scan*, *track*, *acq\_date*, *acq\_time*, *satellite*, *instrument*, *confidence*, *version*, *bright\_t31*, dan *frp*. Potongan data asli terdapat pada Lampiran A.



Gambar 3.2 Pemotongan data titik api untuk wilayah pulau Jawa

### 3.3 Data *preprocessing*

Data *preprocessing* adalah proses pengolahan data sebelum data bisa digunakan untuk penelitian. Data kemunculan titik api yang tersedia pada Lampiran A diolah lagi sehingga terbentuk data *time series* jumlah kemunculan titik api pada setiap periode. Tahap pertama yang dilakukan adalah menghilangkan parameter data selain *acq\_date*, karena *acq\_date* melambangkan tanggal kemunculan titik. Tahap selanjutnya adalah menghitung jumlah kemunculan titik api secara manual untuk setiap bulan dan setiap 10 hari. Hasil *data preprocessing* ditunjukkan oleh Lampiran B dan Lampiran C.

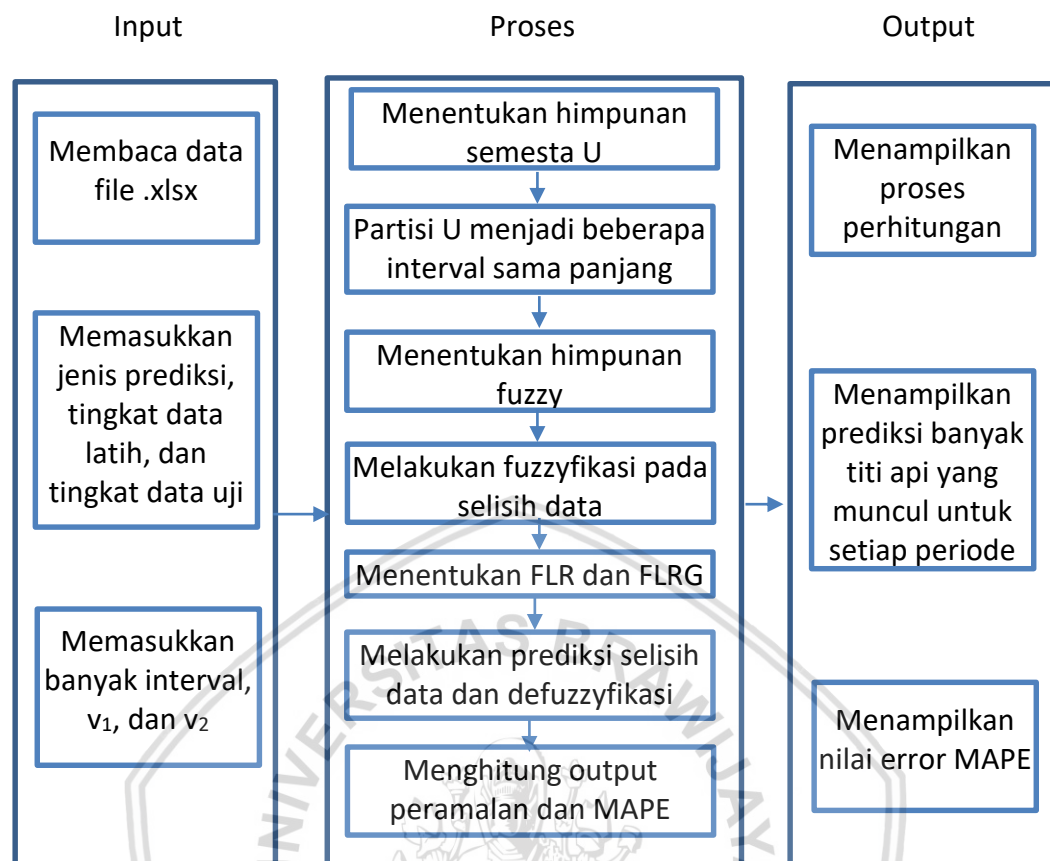
### 3.4 Analisis kebutuhan

Analisa kebutuhan adalah tahapan yang dilakukan untuk menganalisa kebutuhan pembangunan sistem. Analisis kebutuhan terdiri dari kebutuhan fungsional dan kebutuhan non fungsional. Berikut ini adalah detail analisis kebutuhan:

1. Kebutuhan fungsional:
  - a. Sistem dapat membaca data latih berupa file .xlsx
  - b. Sistem dapat menerima input jenis prediksi bulanan atau prediksi 10 hari
  - c. Sistem dapat menerima input tingkat variasi data latih dan data uji
  - d. Sistem dapat menerima input pembagian banyak interval,  $v_1$ , dan  $v_2$
  - e. Sistem dapat memprediksi banyak titik api untuk setiap periode
  - f. Sistem dapat menampilkan proses perhitungan sesuai algoritma *Fuzzy Time Series*
  - g. Sistem dapat menampilkan tingkat error prediksi MAPE
2. Kebutuhan non fungsional:
  - a) *Responsiveness*: sistem diharapkan memiliki respon yang cepat dari hasil tindakan *user*.
  - b) *Familiarity*: sistem memiliki desain yang cukup dikenali dan sudah umum ditemui oleh *user*
  - c) *Consistency*: sistem memiliki tampilan menu yang konsisten atau tetap untuk setiap proses yang mirip.

### 3.5 Perancangan dan implementasi

Sistem Prediksi Titik Api di Pulau Jawa dapat meningkatkan kewaspadaan terhadap terjadinya bencana kebakaran. Sistem akan memperkirakan jumlah titik api yang muncul pada suatu waktu. Model perancangan sistem menjelaskan tentang langkah kerja secara terstruktur mulai dari masukan hingga keluaran sistem. Diagram model perancangan sistem dapat dijelaskan pada Gambar 3.3. Sistem prediksi ini memiliki beberapa fitur antara lain: membaca data yang berupa file .xlsx, memasukkan tanggal prediksi, menampilkan proses perhitungan, hasil prediksi jumlah dan lokasi titik api pada suatu waktu, dan perhitungan error. Perancangan sistem dapat dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Model Perancangan Sistem

Implementasi merupakan tahap pembentukan sistem sesuai hasil dari perancangan. Implementasi terdiri dari implementasi antarmuka dan implementasi program. Implementasi antarmuka terdiri *screenshot* desain program dengan menggunakan bahasa pemrograman Java. Implementasi program berisi *source code* dari setiap proses prediksi *Fuzzy Time Series*.

### 3.6 Pengujian dan analisis

Pengujian dan analisis bertujuan untuk menganalisa apakah sistem telah berjalan sesuai yang diharapkan dan untuk memperoleh parameter untuk prediksi yang paling akurat dengan error MAPE kecil. Pengujian dilakukan dengan empat tahap yaitu pengujian perbandingan hasil perhitungan manual dan sistem, pengujian interval, pengujian data latih dan perbandingan prediksi, dan pengujian variasi data uji. Detail pengujian dapat dijelaskan dengan Tabel 3.1.

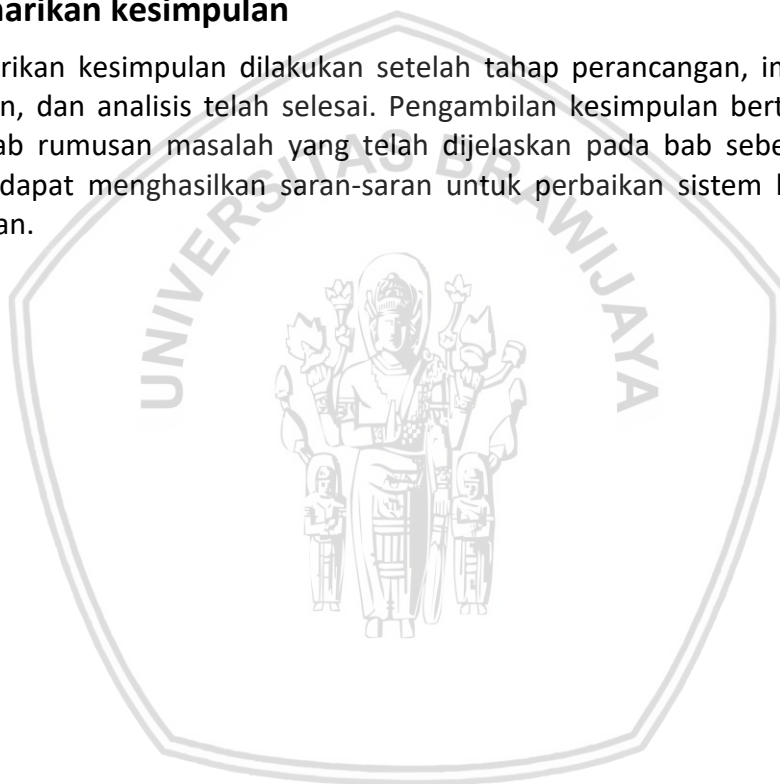


Tabel 3.1 Jenis pengujian

Jenis pengujian	Keterangan
Pengujian interval dan perbandingan jenis prediksi	Mengetahui pengaruh banyak partisi interval terhadap akurasi prediksi. Kemudian, MAPE akan dibandingkan untuk prediksi bulanan dan 10 hari untuk setiap interval yang sama.
Pengujian variasi data latih	Mengetahui pengaruh banyak data latih dengan tingkat 20%, 40%, 60%, dan 80% terhadap akurasi prediksi. Sisa dari data latih akan digunakan sebagai data uji.

### 3.7 Penarikan kesimpulan

Penarikan kesimpulan dilakukan setelah tahap perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis telah selesai. Pengambilan kesimpulan bertujuan untuk menjawab rumusan masalah yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya dan peneliti dapat menghasilkan saran-saran untuk perbaikan sistem kedepan jika diperlukan.



## BAB 4 PERANCANGAN

Bab perancangan menjelaskan tentang tahap perancangan “Implementasi *Fuzzy Time Series* untuk Memprediksi Jumlah Kemunculan Titik Api”. Perancangan dibagi menjadi menjadi tiga tahap, yaitu analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, dan perancangan antarmuka. Analisis kebutuhan sistem menjelaskan tentang analisis kebutuhan masukan, analisis kebutuhan proses, dan analisis kebutuhan keluaran. Perancangan sistem menjelaskan tentang pengolahan data titik api dan perhitungan manual. Perancangan antarmuka menjelaskan tentang desain antarmuka dari program yang akan dibuat.

### 4.1 Analisis kebutuhan sistem

Analisis kebutuhan sistem terdiri dari analisis kebutuhan masukan, analisis kebutuhan proses, dan analisis kebutuhan keluaran.

#### 4.1.1 Analisis kebutuhan masukan

Analisis kebutuhan masukan menjelaskan apa saja yang menjadi *input* atau masukan dari *user*. Masukan dari *user* dapat dijelaskan oleh Tabel 4.1.

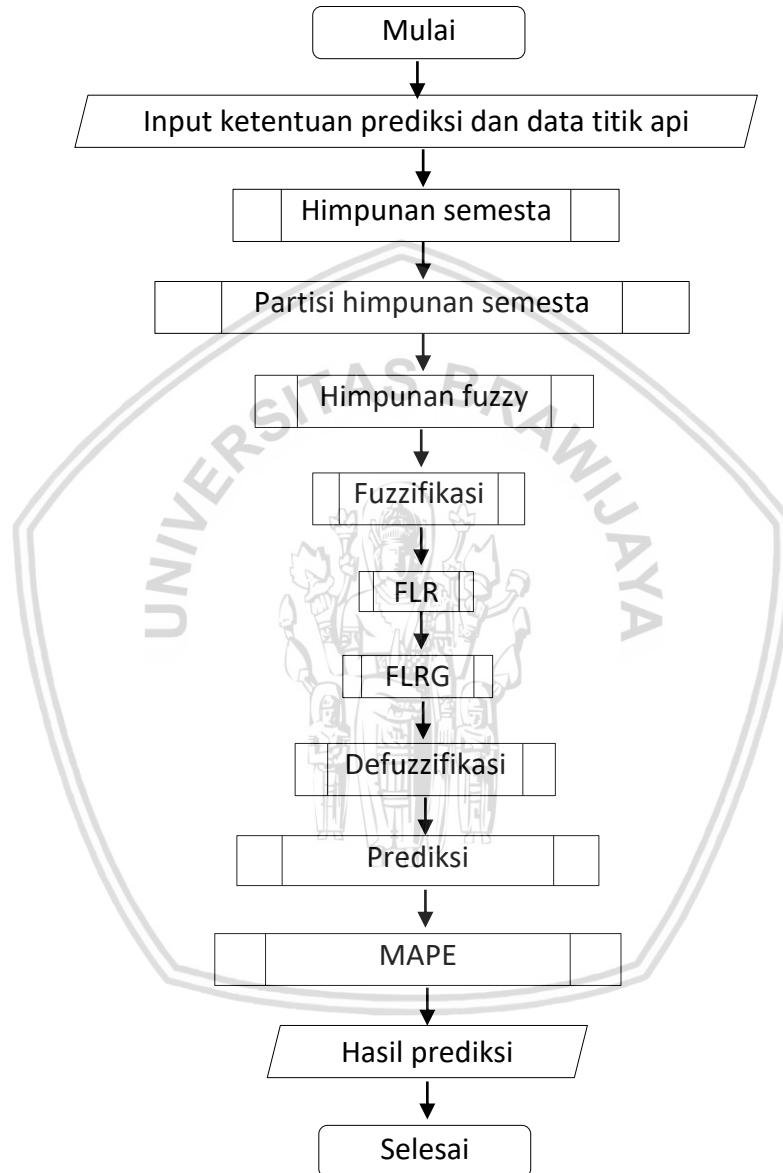
Tabel 4.1 Analisis kebutuhan masukan

Nama masukan	Keterangan
Jenis prediksi	Jenis prediksi ada 2, yaitu prediksi titik api untuk 10 hari atau bulanan yang dapat dipilih dengan radio button.
Banyak data latih	Banyak data latih ada empat, yaitu 20%, 40%, 60%, dan 80%. Banyak data maksimum yang bisa dijadikan data latih adalah 80%, sedangkan sisa data akan digunakan sebagai data uji.
Banyak data uji	Banyak data uji ada empat, yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100% yang didapat dari total data dikurangi banyak data latih.
Banyak interval	Banyak interval adalah pembagian himpunan semesta menjadi beberapa interval sama panjang (minimum 5).
$V_1$	$V_1$ adalah bilangan bulat positif yang akan digunakan untuk menentukan nilai minimum dari himpunan semesta
$V_2$	$V_2$ adalah bilangan bulat positif yang akan digunakan untuk menentukan nilai maksimum dari himpunan semesta



#### 4.1.2 Analisis kebutuhan proses

Analisis kebutuhan proses menjelaskan proses prediksi yang terjadi pada sistem. Proses prediksi jumlah kemunculan titik api dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* yang dapat dijelaskan oleh Gambar 4.1.



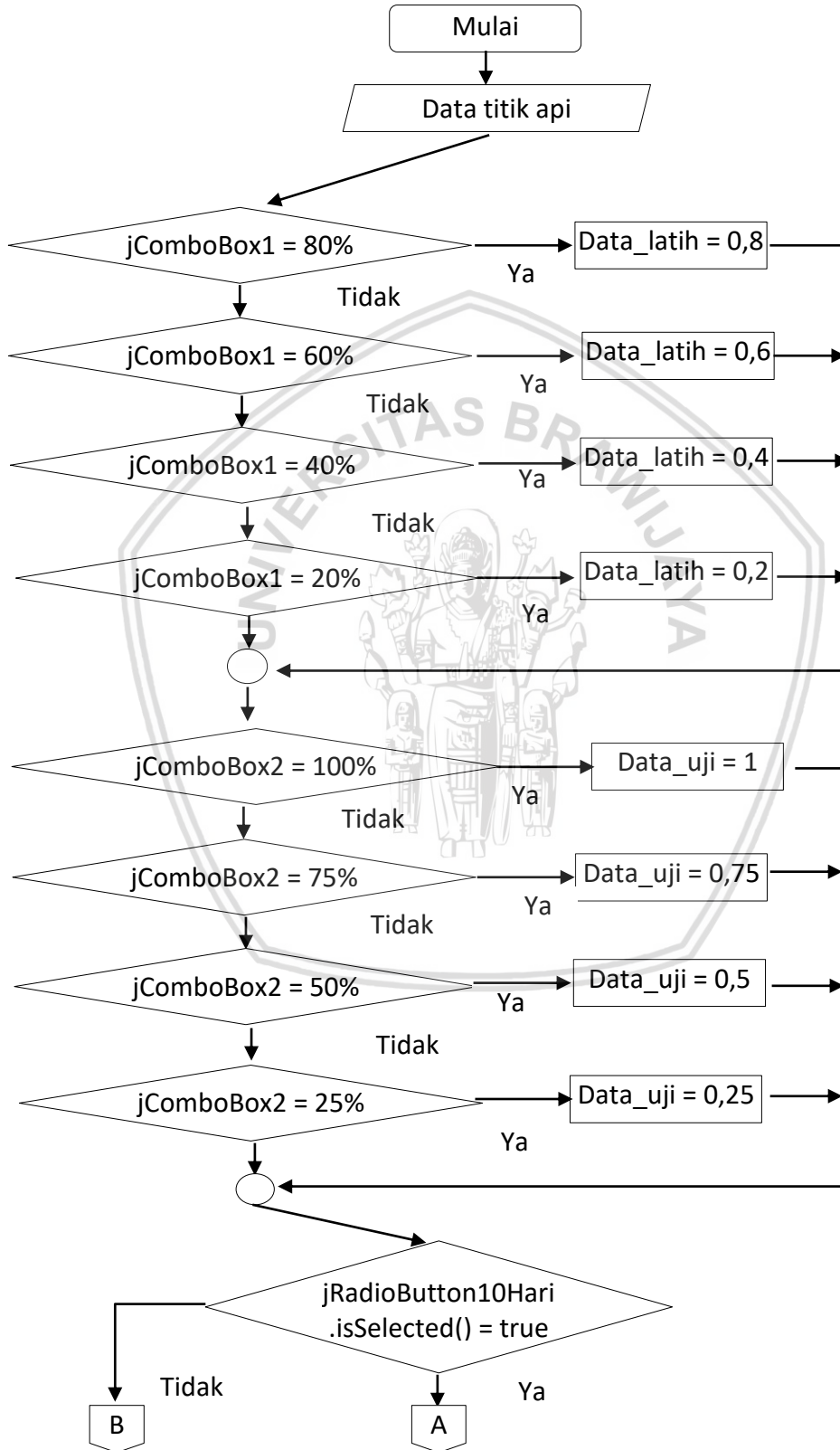
**Gambar 4.1 Alur proses prediksi**

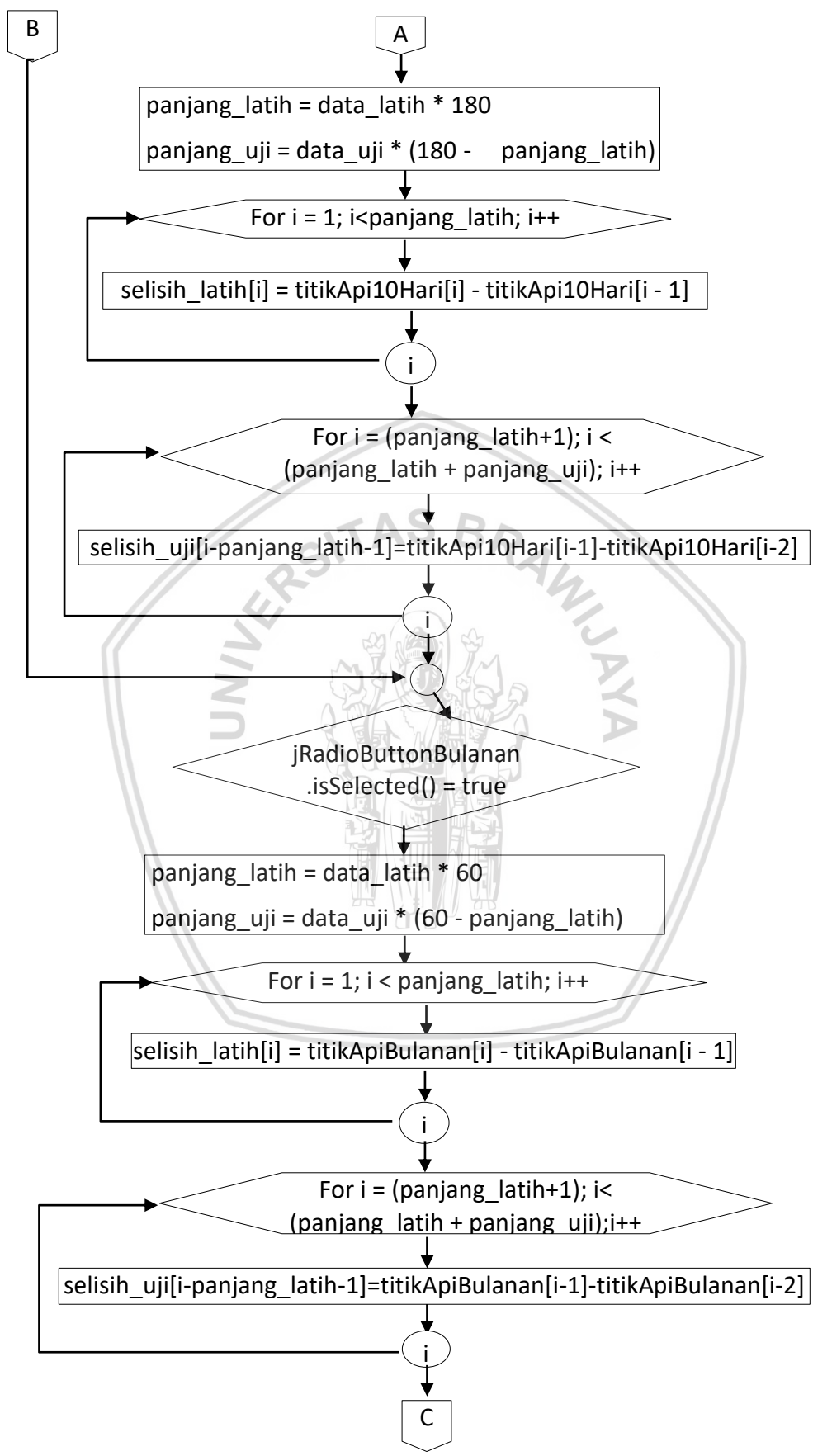
Gambar 4.1 menjelaskan alur dari proses prediksi. Proses prediksi dimulai dari input ketentuan prediksi dan pengambilan data latih. Setelah itu, dilakukan penentuan himpunan semesta, partisi himpunan semesta, penentuan himpunan fuzzy, fuzzifikasi, FLR, FLRG, defuzzifikasi, prediksi, dan perhitungan error MAPE. Hasil yang ditampilkan berupa proses prediksi, hasil prediksi, dan tingkat error

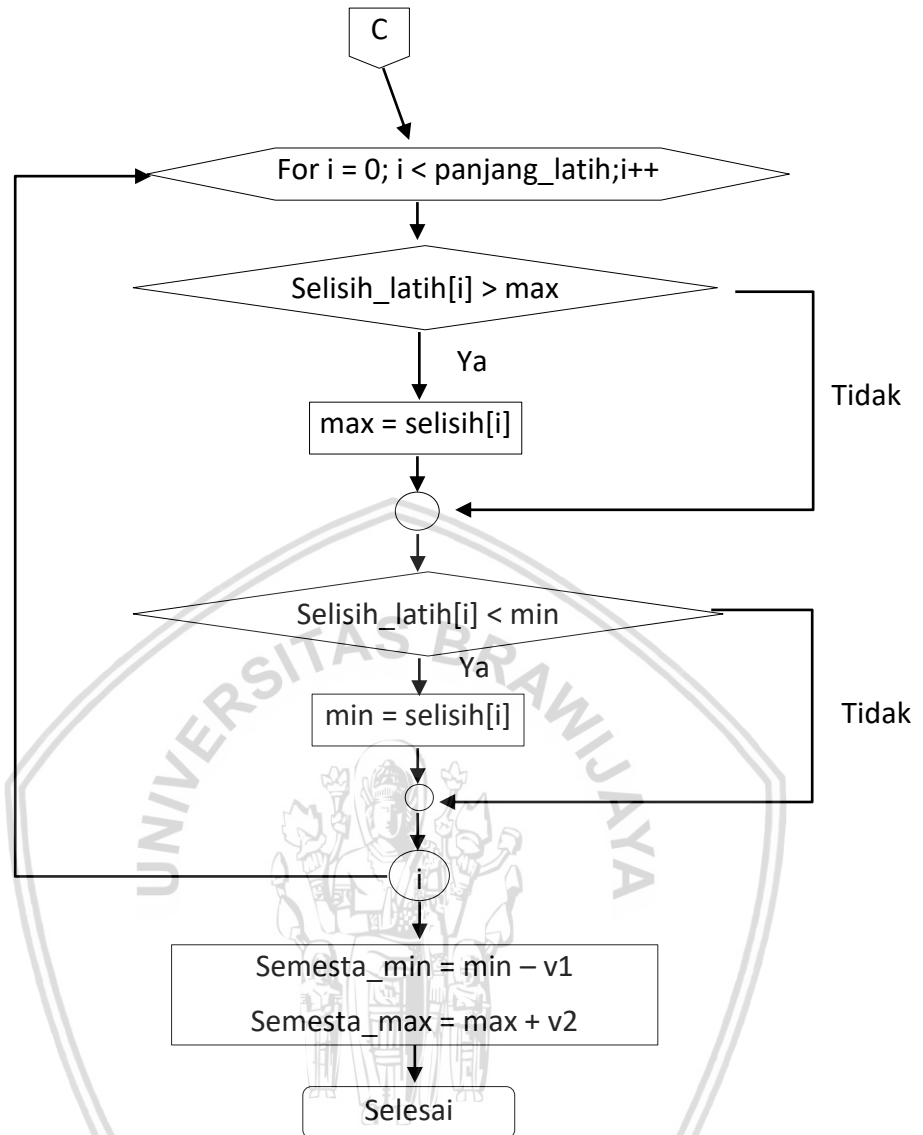


MAPE. Masing-masing sub proses akan dijelaskan lebih lanjut pada halaman berikutnya.

Himpunan semesta
------------------

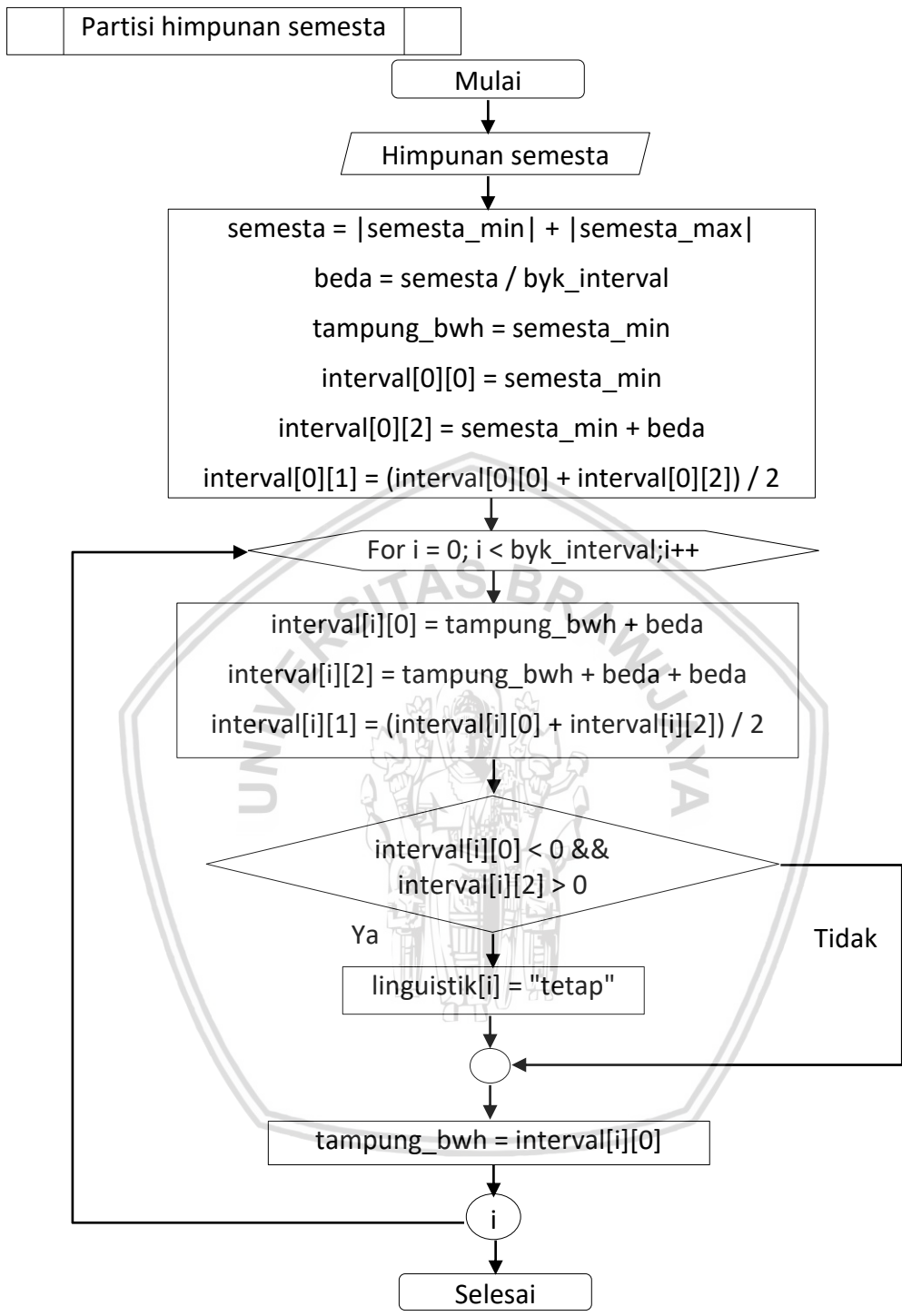






**Gambar 4.2 Alur penentuan himpunan semesta**

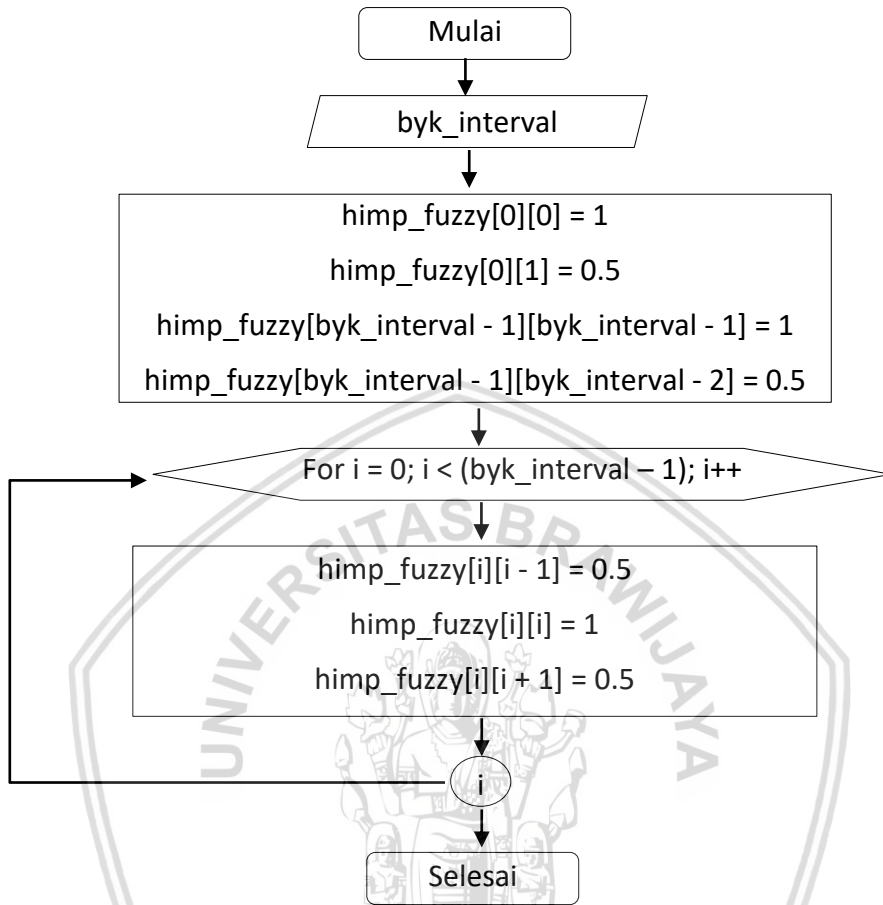
Gambar 4.2 menjelaskan alur penentuan himpunan semesta. Penentuan himpunan semesta dimulai dari pembacaan data latihan dari file tes.xlsx. Setelah itu, dicari nilai selisih titik api terendah dan tertinggi untuk setiap periode. Nilai himpunan semesta minimum dan maksimum didapatkan dari persamaan 2.1.



**Gambar 4.3 Alur partisi himpunan semesta**

Gambar 4.3 menjelaskan alur partisi himpunan semesta menjadi beberapa interval yang sama panjang. Untuk membagi ke beberapa interval sama panjang, perlu ditentukan beda dari setiap interval sesuai persamaan 2.3. Variabel  $interval[i][0]$  menyatakan batas bawah dari suatu interval, variabel  $interval[i][2]$  menyatakan batas atas dari suatu interval, dan variabel  $interval[i][1]$  menyatakan nilai tengah dari suatu interval.

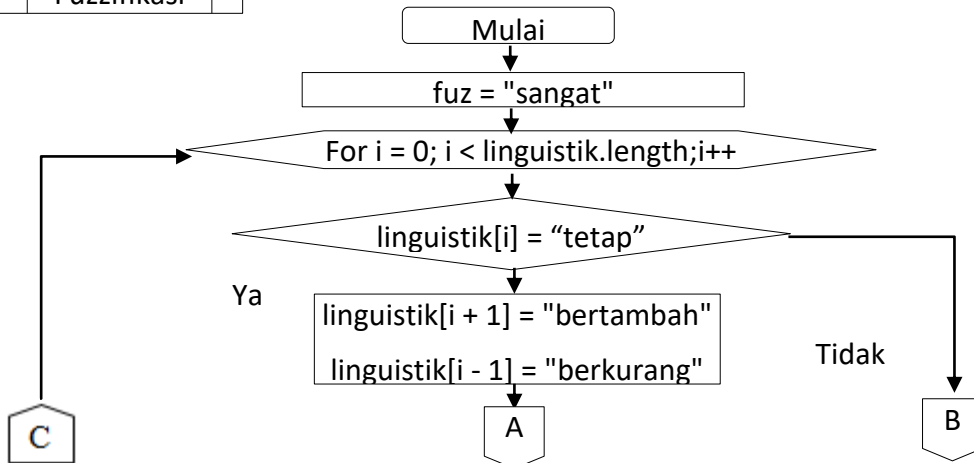
Himpunan fuzzy

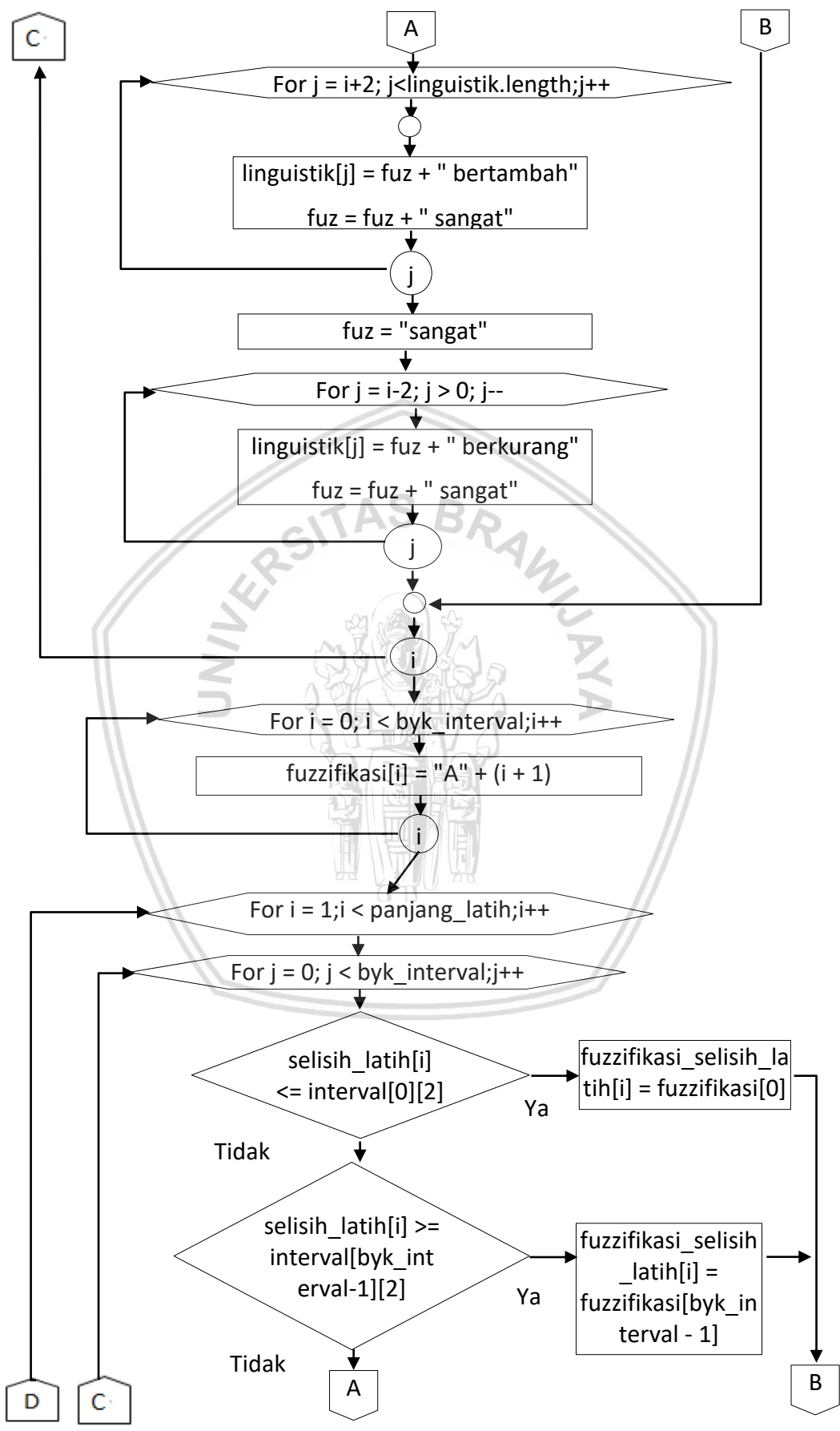


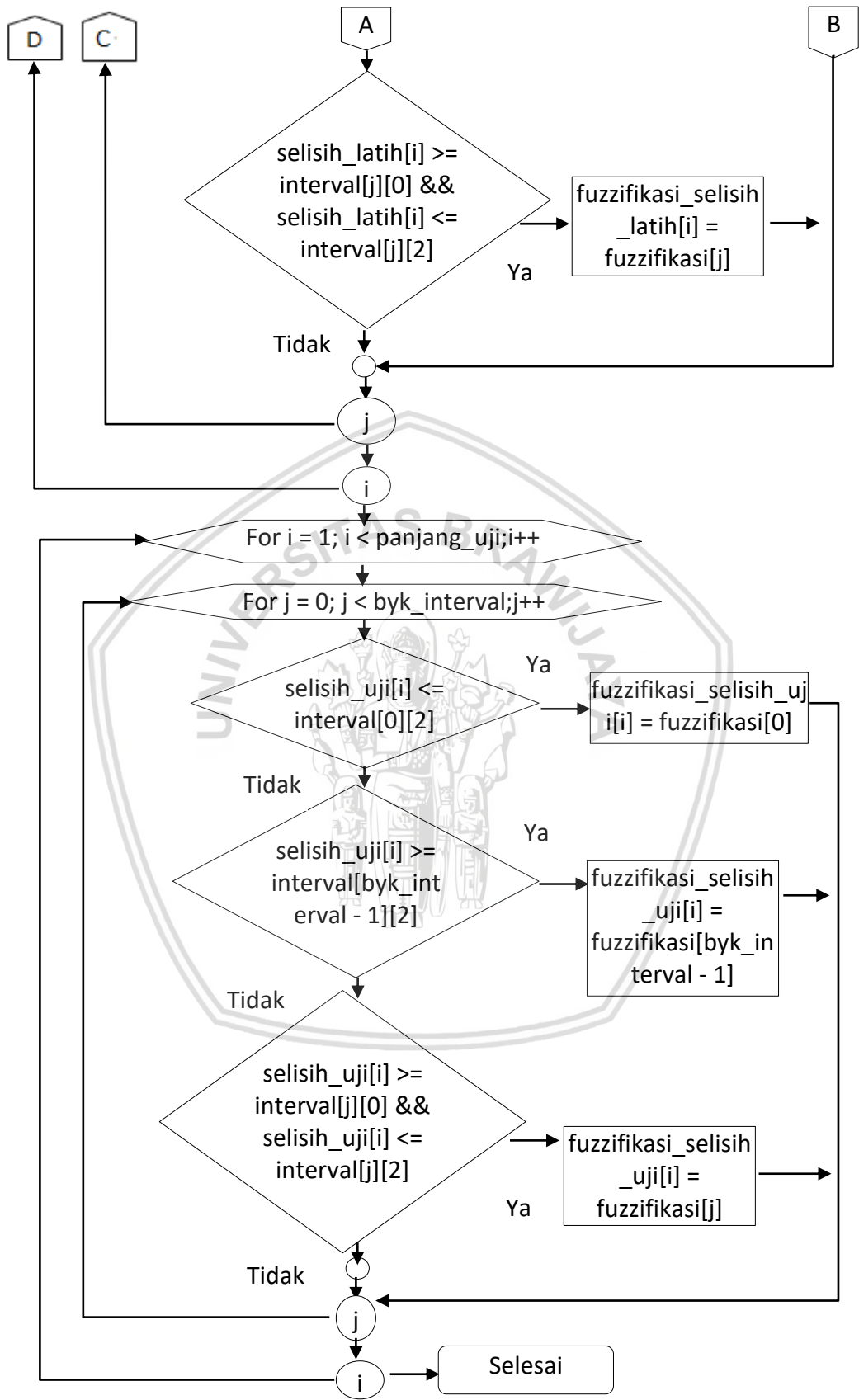
Gambar 4.4 Alur penentuan himpunan fuzzy

Gambar 4.4 menjelaskan alur penentuan himpunan fuzzy. Banyak himpunan fuzzy ditentukan oleh banyak interval yang berasal dari masukan user. Himpunan fuzzy dinyatakan oleh urutan bilangan dengan rentang 0-1 sesuai persamaan 2.7.

Fuzzifikasi



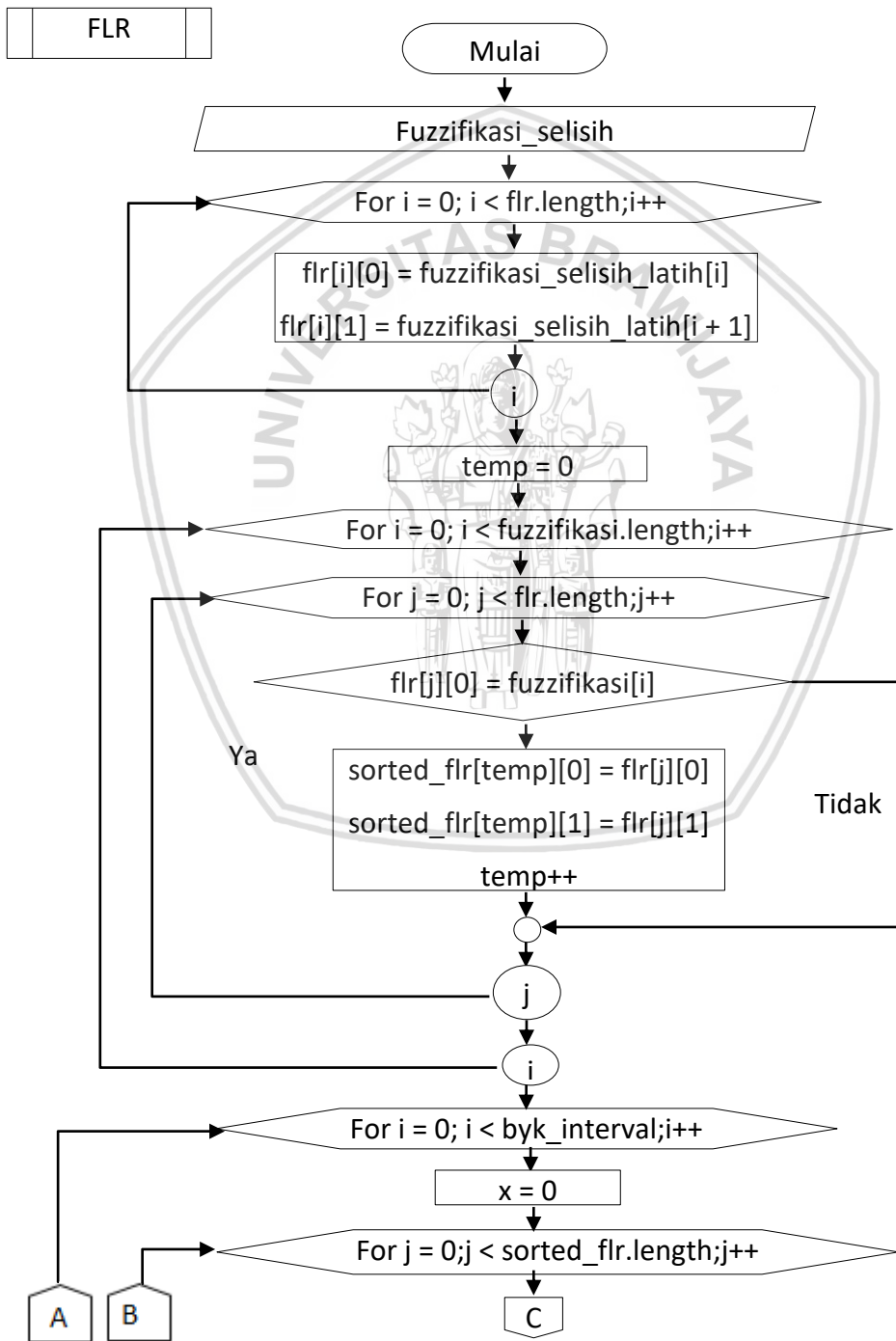


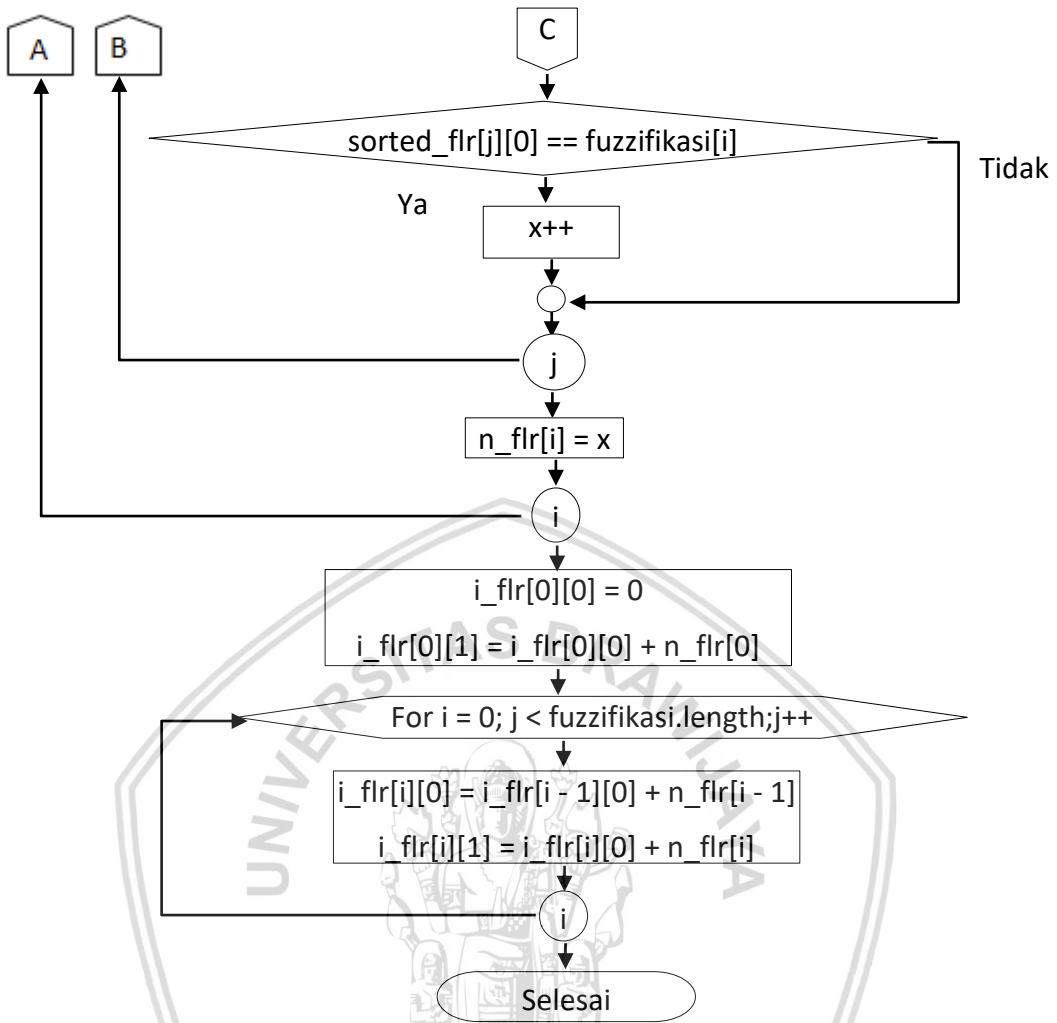


Gambar 4.5 Alur fuzzifikasi



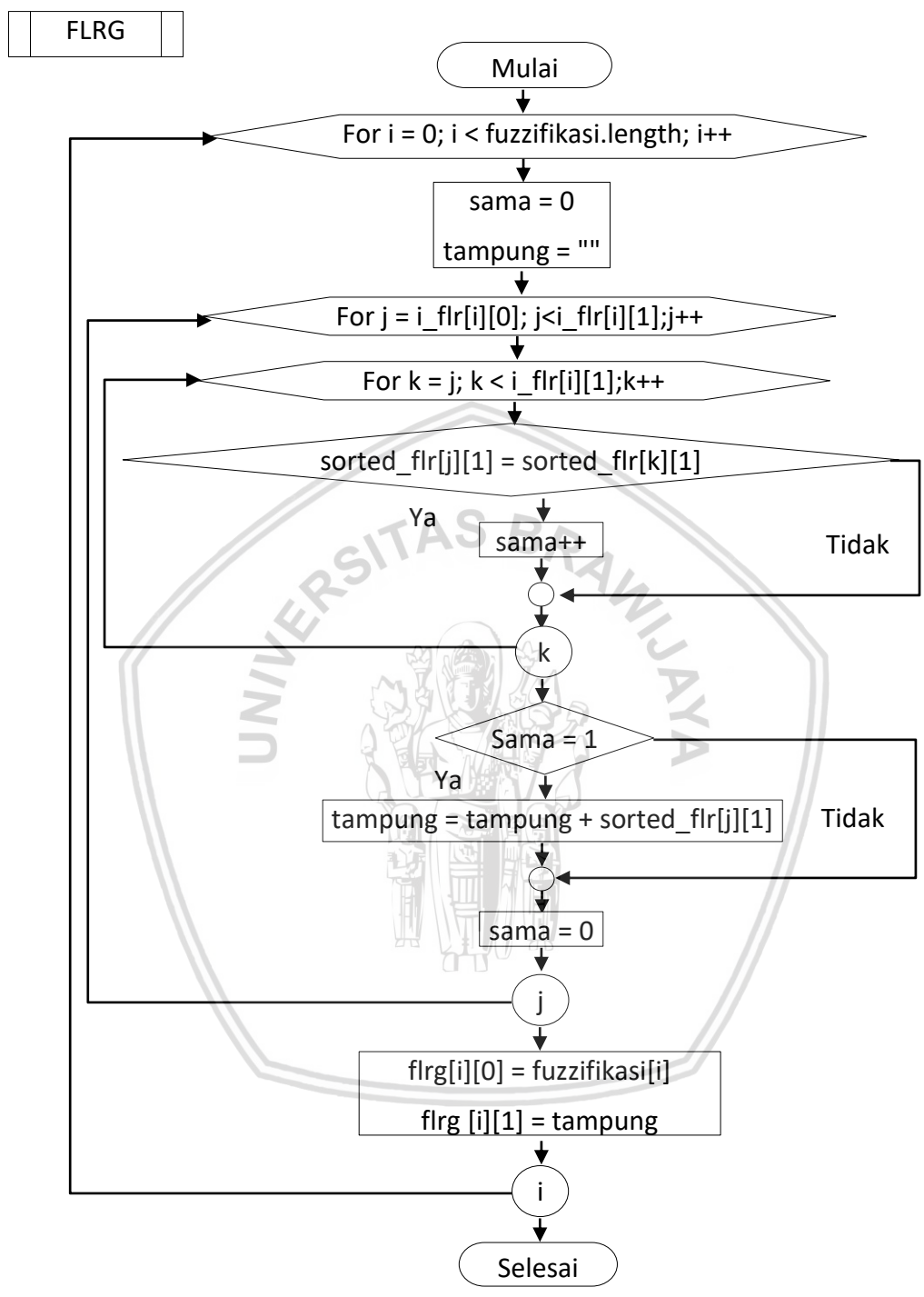
Gambar 4.5 menjelaskan alur dari proses fuzzifikasi. Variabel linguistik[] digunakan untuk menyatakan nilai variabel linguistik dari kenaikan atau penurunan titik api untuk setiap periode. Variabel fuzzifikasi[] memiliki panjang sesuai jumlah interval mulai dari  $A_i$  sampai  $A_n$ . Variabel fuzzifikasi\_selisih[] menyatakan hasil fuzzifikasi untuk setiap selisih jumlah kemunculan titik api dari setiap periode. Banyak partisi interval minimum untuk fuzzifikasi adalah 5, mulai dari “sangat berkurang”, “berkurang”, “tetap”, “bertambah”, dan “sangat bertambah”. Untuk fuzzifikasi lebih dari 5, maka kata “sangat” akan ditambahkan.





**Gambar 4.6 Alur penentuan FLR**

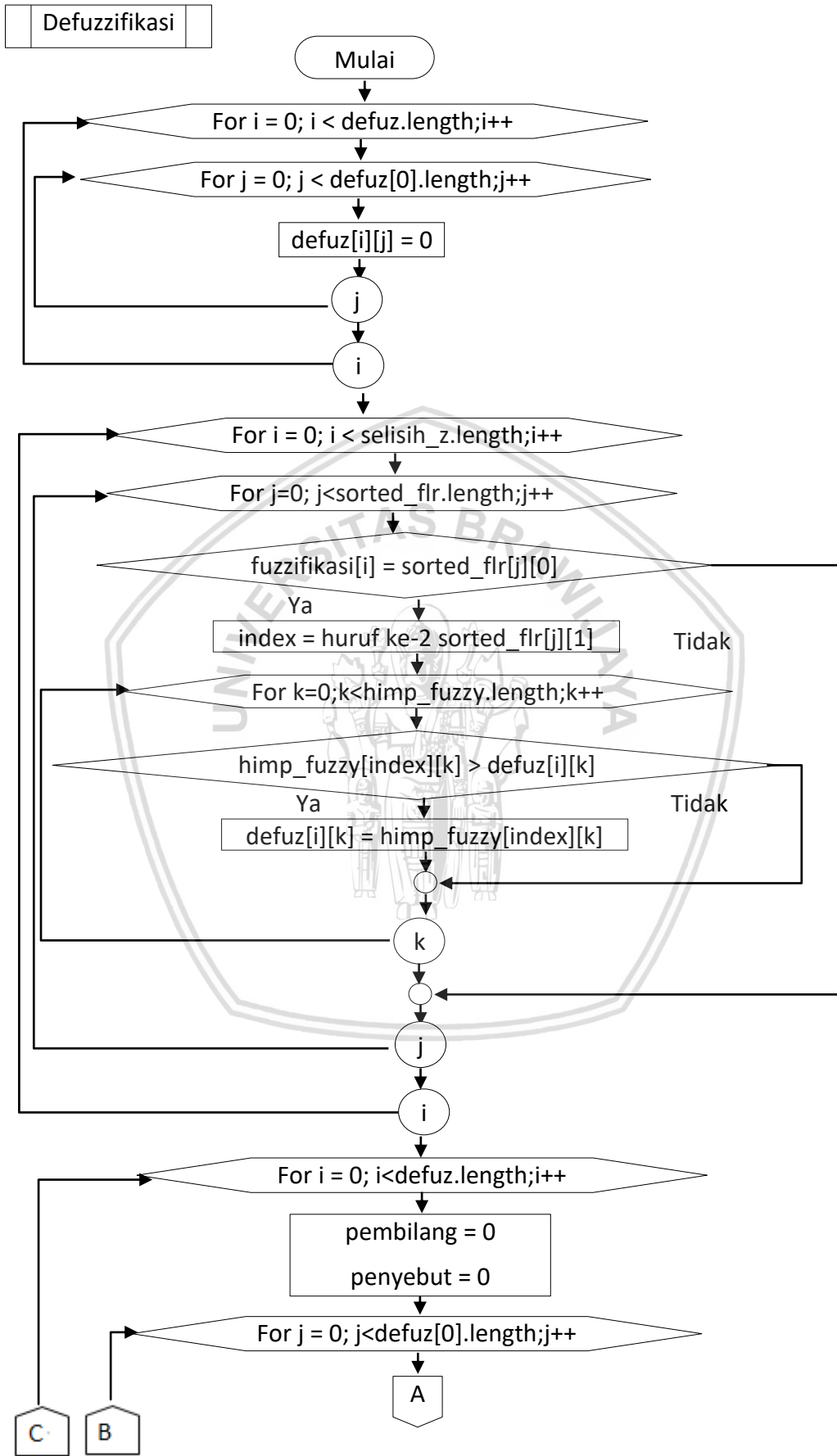
Gambar 4.6 menjelaskan alur dari proses penentuan FLR sesuai persamaan 2.8. Input yang dibutuhkan adalah hasil fuzzifikasi setiap periode. Variabel  $flr[][0]$  menyatakan hasil FLR untuk  $A(t-1)$  dan  $flr[][1]$  menyatakan hasil FLR untuk  $A(t)$ . Variabel  $sorted\_flr$  menyatakan hasil FLR yang telah diurutkan mulai dari  $A_1$  sampai  $A_n$ . Variabel  $x$  digunakan untuk menampung banyak FLR sementara. Variabel  $n\_flr$  menyatakan banyaknya FLR untuk setiap  $A(t-1)$  yang sama. Variabel  $i\_flr$  menyatakan indeks awal dan akhir FLR untuk setiap  $A(t-1)$ . Variabel  $n\_flr$  dan  $i\_flr$  digunakan untuk menentukan hasil pengelompokan FLR sehingga terbentuk FLRG.

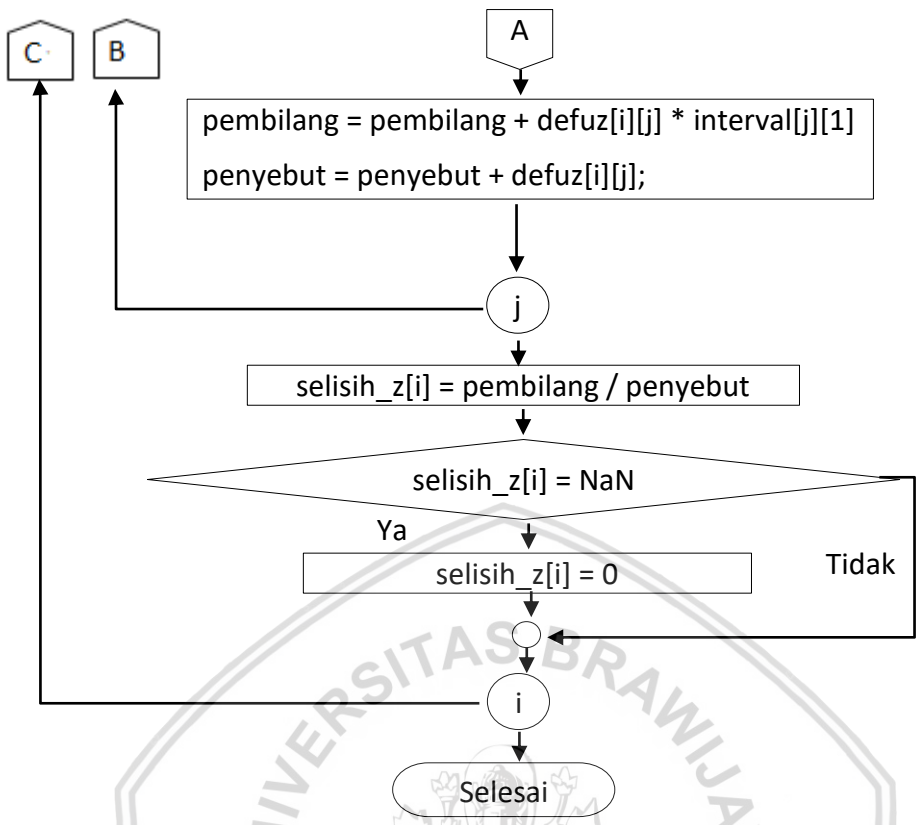


**Gambar 4.7 Alur penentuan FLRG**

Gambar 4.7 menjelaskan alur dari proses penentuan FLRG sesuai persamaan 2.9. Inti dari proses FLRG adalah dengan mencari kesamaan untuk setiap  $A(t)$ . Jika ada dua atau lebih  $A(t)$  yang sama untuk setiap  $A(t-1)$ , maka hanya akan diambil satu  $A(t)$  saja. Variabel  $flrg[][]$  menyatakan hasil FLRG.



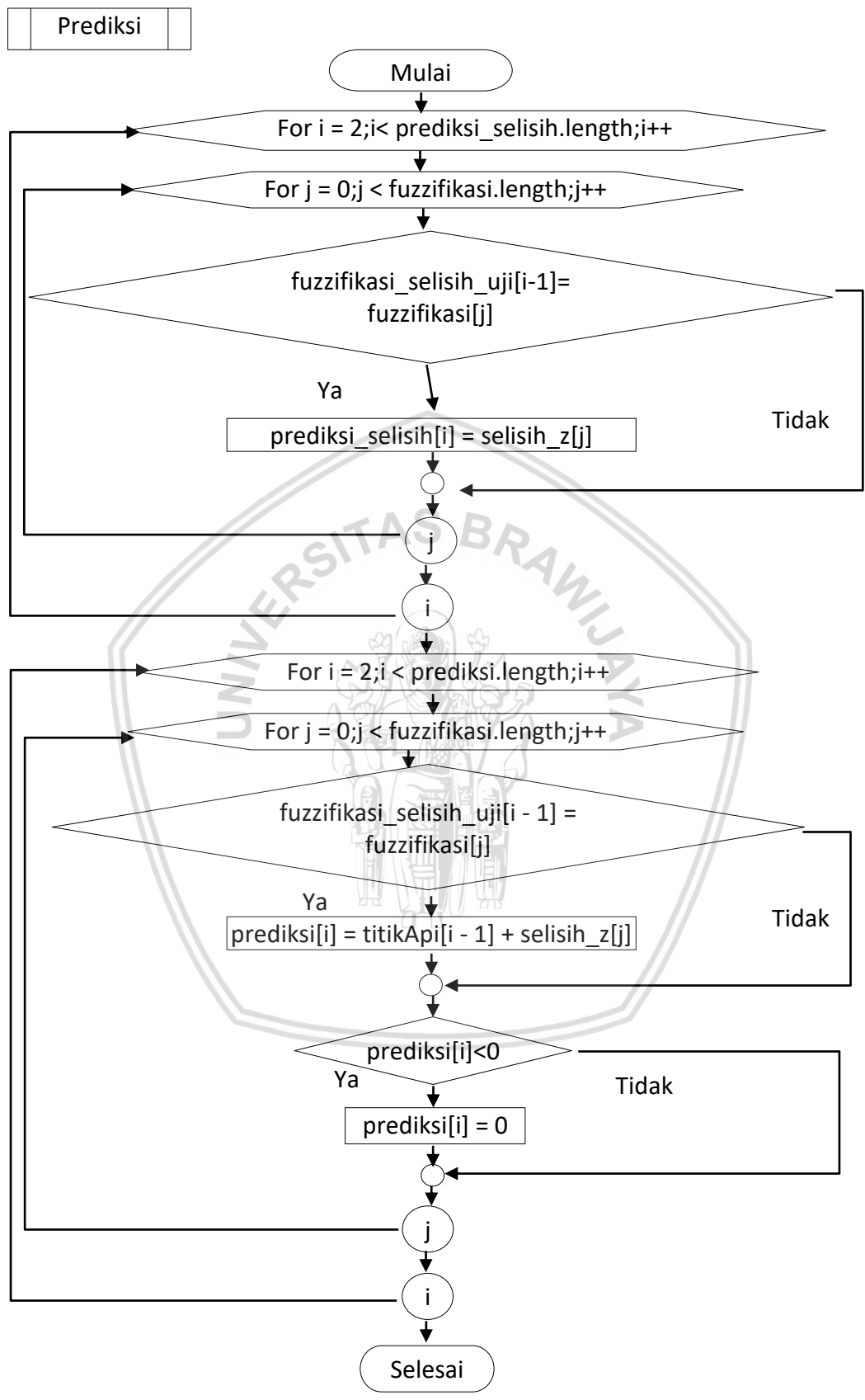




**Gambar 4.8 Alur defuzzifikasi**

Gambar 4.8 menjelaskan alur dari proses defuzzifikasi sesuai persamaan 2.10. Variabel  $defuz[][]$  menyatakan nilai keanggotaan untuk setiap hasil union dari FLRG. Hal pertama yang dilakukan adalah dengan memberikan nilai 0 untuk setiap himpunan fuzzy agar bisa dilakukan perhitungan nilai maksimum. Setelah itu dilakukan operasi *union* atau pencarian nilai maksimum dari sekumpulan himpunan fuzzy. Variabel  $selisih\_z[]$  menyatakan hasil defuzzifikasi atau hasil prediksi selisih jumlah kemunculan titik api untuk setiap  $A(t)$ .



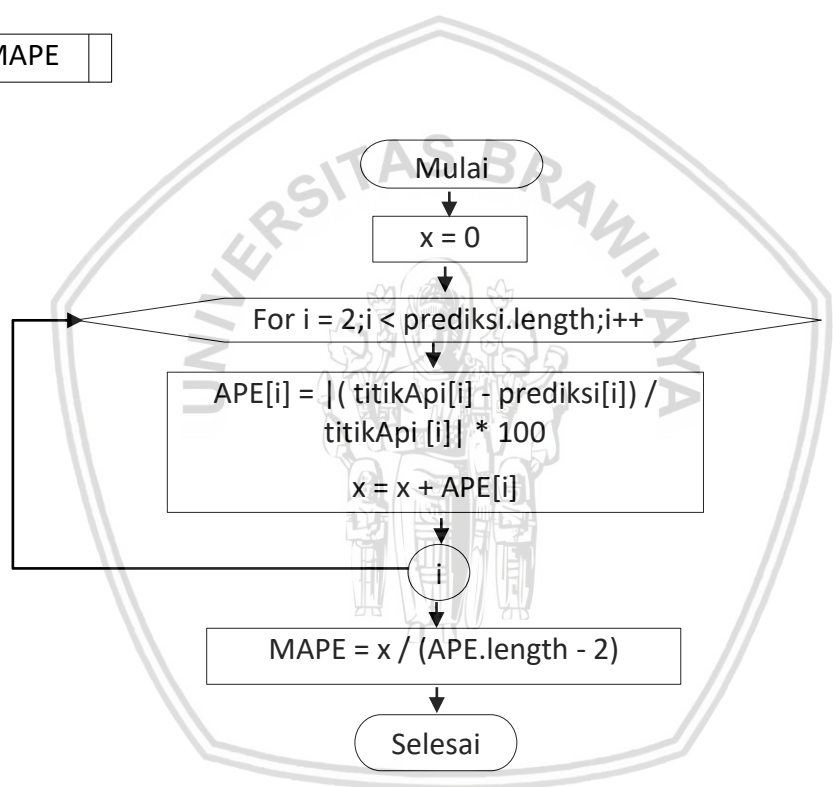


Gambar 4.9 Alur proses prediksi



Gambar 4.9 menjelaskan alur dari proses prediksi. Variabel prediksi\_selisih[] menyatakan hasil prediksi selisih dari setiap fuzzifikasi data titik api. Perulangan dilakukan dari i=2 karena prediksi hanya dapat dimulai setelah data kedua, karena data pertama dan kedua digunakan untuk menghitung selisih jumlah kemunculan titik api dan melakukan fuzzifikasi. Variabel prediksi[] menyatakan hasil prediksi jumlah kemunculan titik api pada suatu prediksi, didapatkan dengan menjumlahkan hasil prediksi selisih dengan jumlah kemunculan titik api pada periode sebelumnya. Jika prediksi banyak titik api nilainya kurang dari nol, maka banyak titik api akan dinolkan karena jumlah kemunculan titik api tidak mungkin negatif. Jika prediksi banyak titik api bukanlah bilangan bulat atau memiliki angka di belakang koma, maka hasil prediksi akan dibulatkan.

MAPE



**Gambar 4.10 Alur perhitungan MAPE**

Gambar 4.10 menjelaskan alur dari proses perhitungan MAPE sesuai persamaan 2.11. Variabel APE[] menyatakan tingkat error prediksi pada suatu periode, sedangkan hasil MAPE untuk seluruh periode dinyatakan oleh variabel MAPE. Hasil MAPE didapatkan dengan membagi jumlah error untuk setiap periode dengan banyaknya hasil prediksi.



### 4.1.3 Analisis kebutuhan keluaran

Analisis kebutuhan keluaran menjelaskan tentang apa saja hasil luaran sistem. Berikut ini adalah hasil luaran sistem:

1. Menampilkan hasil prediksi jumlah kemunculan titik sesuai banyaknya masukan periode
2. Menampilkan proses prediksi menggunakan *Fuzzy Time Series*
3. Menampilkan hasil perhitungan error MAPE

## 4.2 Perancangan sistem

Perancangan sistem menjelaskan tentang pengolahan data titik api dan perhitungan manual.

### 4.2.1 Pengolahan data

Data titik api yang diambil dari *web* resmi NASA masih belum bisa langsung dipakai. Data titik api masih harus diproses lagi dengan cara menghitung jumlah kemunculan titik api untuk setiap sepuluh hari dan satu bulan. Hasil pengolahan data menghasilkan data *time series* dengan panjang 180 data untuk titik api dengan interval sepuluh hari dan 60 data untuk titik api dengan interval satu bulan. Hasil pengolahan data jumlah kemunculan titik api dapat dijelaskan oleh Tabel 4.2 dan Tabel 4.3. Data lengkap jumlah kemunculan titik api dijelaskan oleh Lampiran B dan Lampiran C.

**Tabel 4.2 Potongan data jumlah kemunculan titik api dengan interval sepuluh hari**

Periode	Banyak titik api	Selisih
1-10 Januari 2012	4	0
11-20 Januari 2012	9	5
21-31 Januari 2012	2	-7
1-10 Februari 2012	21	19
11-20 Februari 2012	36	15
21-29 Februari 2012	28	-8
...	...	...
...	...	...
21-31 Desember 2016	10	7



**Tabel 4.3 Potongan data jumlah kemunculan titik api dengan interval satu bulan**

Periode	Banyak titik api	Selisih
Januari 2012	15	0
Februari 2012	85	70
Maret 2012	60	-25
April 2012	90	30
Mei 2012	110	20
Juni 2012	118	8
Juli 2012	282	164
...	...	...
...	...	...
Desember 2016	20	-8

#### 4.2.2 Perhitungan manual

Perhitungan manual menjelaskan langkah-langkah prediksi jumlah kemunculan titik api dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series*. Perhitungan manual dilakukan dengan menggunakan Microsoft Office Excel 2016. Berikut ini adalah hasil perhitungan manual untuk memprediksi jumlah kemunculan titik api dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series*:

##### 1. Penentuan himpunan semesta

Penentuan himpunan semesta dilakukan dengan mencari nilai terendah dan tertinggi dari himpunan semesta. Nilai terendah didapatkan dengan cara mengurangi kemunculan titik api paling sedikit dikurangi dengan  $V_1$ . Nilai tertinggi didapatkan dengan cara menjumlahkan kemunculan titik api terbanyak ditambah dengan  $V_2$ .  $V_1$  dan  $V_2$  adalah bilangan bulat positif yang berasal dari masukan user. Misalkan prediksi yang dilakukan adalah prediksi bulanan dengan data latih 20% seperti yang terdapat pada Tabel 4.4., dengan nilai  $V_1 = 4$ , dan  $V_2 = 5$ .

**Tabel 4.4 Data titik api bulanan 20%**

Bulan	Banyak titik api	Selisih
Jan-12	15	
Feb-12	85	70
Mar-12	60	-25

Tabel 4.4 Data titik api bulanan 20% (lanjutan)

Bulan	Banyak titik api	Selisih
Apr-12	90	30
Mei-12	110	20
Jun-12	118	8
Jul-12	282	164
Agu-12	517	235
Sep-12	694	177
Okt-12	218	-476
Nov-12	57	-161
Des-12	40	-17

Perhitungan himpunan semesta dilakukan sesuai dengan persamaan 2.1. Hasil himpunan semesta dari data pada Tabel 4.4 adalah sebagai berikut:

$$\text{Min} = -476, \text{Max} = 235, U = [-480, 240]$$

2. Partisi himpunan semesta menjadi beberapa interval yang sama panjang

Proses memecah himpunan semesta dilakukan sesuai dengan persamaan 2.2 sampai persamaan 2.6. Misalkan banyak interval adalah 5, sehingga menghasilkan selisih = 144. Hasil partisi interval ditunjukkan oleh Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pembagian himpunan semesta menjadi lima interval

Nama interval	Titik terendah	Titik tertinggi	Nilai tengah
u1	-480	-336	-408
u2	-336	-192	-264
u3	-192	-48	-120
u4	-48	96	24
u5	96	240	168

3. Penentuan himpunan fuzzy

Berdasarkan hasil pembagian himpunan semesta dari Tabel 4.5, ditentukan himpunan fuzzy sesuai persamaan 2.7 sehingga menghasilkan himpunan fuzzy berikut:

$$A1 = \{1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5\}$$

$$A2 = \{0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5\}$$

$$A3 = \{0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5\}$$

$$A4 = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5\}$$

$$A5 = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5\}$$

Dimana A1, A2, A3, A4, dan A5 merupakan variabel linguistik dengan keterangan sebagai berikut:

A1 = sangat sangat berkurang

A2 = sangat berkurang

A3 = berkurang

A4 = tetap

A5 = bertambah

#### 4. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi dilakukan terhadap setiap selisih jumlah kemunculan titik api. Jika selisih dari tahun t masuk ke rentang  $u_i$ , maka hasil fuzzifikasi adalah  $A_i$ . Hasil fuzzifikasi ditunjukkan oleh Tabel 4.6.

**Tabel 4.6 Hasil fuzzifikasi**

Bulan	Banyak titik api	Selisih	Fuzzifikasi
Jan-12	15		
Feb-12	85	70	A4
Mar-12	60	-25	A4
Apr-12	90	30	A4
Mei-12	110	20	A4
Jun-12	118	8	A4
Jul-12	282	164	A5
Agu-12	517	235	A5
Sep-12	694	177	A5
Okt-12	218	-476	A1

#### 5. Penentuan Fuzzy Logic Relationship (FLR)

FLR didapatkan dengan mencari hubungan untuk setiap  $A(t-1)$  dan  $A(t)$  sesuai persamaan 2.8. Hasil FLR ditunjukkan oleh Tabel 4.7.



**Tabel 4.7 Hasil FLR**

A(t-1)	A(t)
A4	A4
A4	A5
A5	A5
A5	A1
A1	A3

6. Penentuan Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)

FLRG didapatkan dengan cara mengelompokkan setiap A(t) untuk setiap A(t-1) yang memiliki sisi kiri sama sesuai persamaan 2.9. Hasil FLRG ditunjukkan oleh Tabel 4.8.

**Tabel 4.8 Hasil FLRG**

A(t-1)	A(t)
A1	A3
A2	
A3	A4
A4	A4, A5
A5	A1, A5

7. Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi dilakukan sesuai dengan persamaan 2.10. Misalkan akan dilakukan prediksi pada bulan Desember 2016. Maka perlu dilihat hasil fuzzifikasi bulan November 2016. Hasil fuzzifikasi bulan November 2016 adalah A13, sehingga FLRG yang didapat adalah A13 -> A10, A12, A13, A14, A18. Dari hasil FLRG tersebut, defuzzifikasi yang didapat adalah:

A1 -> A3

$$A3 = \{0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5\}$$

$$U = \{0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5\}$$

$$z = -120$$

A2 -> -

$$z = 0$$



A3 -> A4

$$A4 = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5\}$$

$$U = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5\}$$

$$z = 24$$

A4 -> A4, A5

$$A4 = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5\}$$

$$A5 = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5\}$$

$$U = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 1/u_5\}$$

$$z = 66$$

A5 -> A1, A5

$$A1 = \{1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5\}$$

$$A5 = \{0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5\}$$

$$U = \{1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5\}$$

$$z = -120$$

### 8. Perhitungan hasil peramalan dan perhitungan MAPE

Hasil peramalan pada bulan t didapatkan dengan menjumlahkan banyak titik api pada bulan t-1 dan z. Perhitungan error MAPE didapatkan dengan melakukan perhitungan sesuai persamaan 2.11. Hasil peramalan dan error rate ditunjukkan oleh Tabel 4.9.

**Tabel 4.9 Hasil peramalan dan error rate**

Bulan	Banyak titik api	Selisih	Fuzzifikasi	Prediksi selisih	Prediksi	APE (Average Percentage Error)
Jan-12	15					
Feb-12	85	70	A4			
Mar-12	60	-25	A4	66	151	151,6666667
Apr-12	90	30	A4	66	126	40



Tabel 4.9. Hasil peramalan dan error rate (lanjutan)

Bulan	Banyak titik api	Selisih	Fuzzifikasi	Prediksi selisih	Prediksi	APE (Average Percentage Error)
Mei-12	110	20	A4	66	156	41,81818182
Jun-12	118	8	A4	66	176	49,15254237
Jul-12	282	164	A5	66	184	34,75177305
Agu-12	517	235	A5	-120	162	68,66537718
Sep-12	694	177	A5	-120	397	42,79538905
Okt-12	218	-476	A1	-120	574	163,3027523
Nov-12	57	-161	A3	-120	98	71,92982456
Des-12	40	-17	A4	24	81	102,5

Nilai MAPE didapatkan dengan melakukan rata-rata untuk setiap *error rate* (APE). Nilai MAPE yang didapatkan adalah 76,65825%

#### 9. Prediksi mendatang

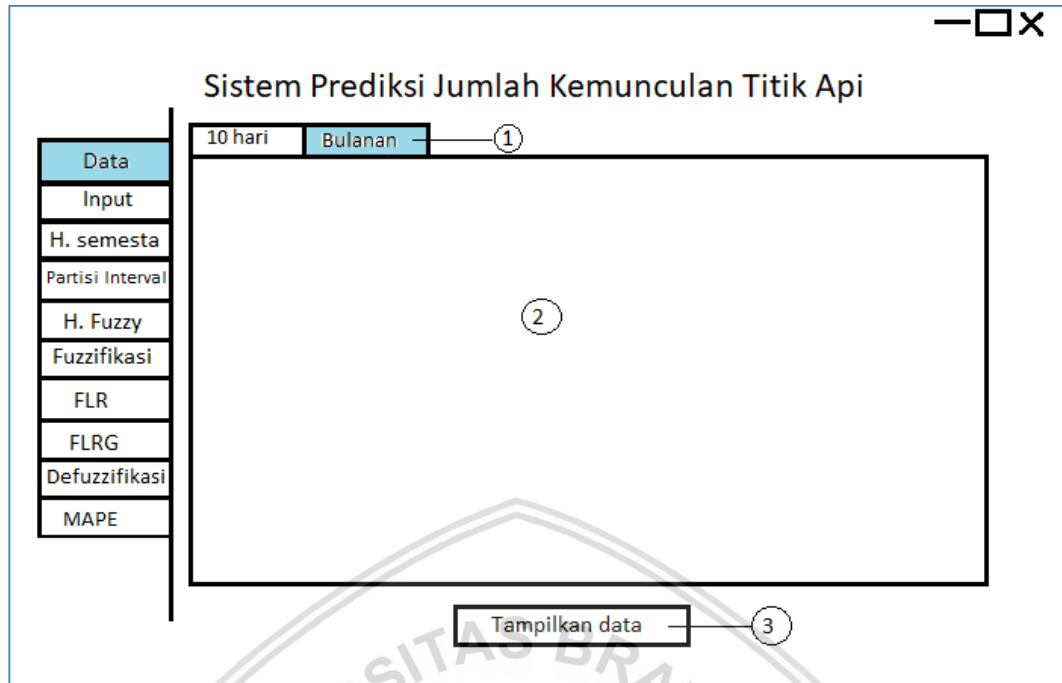
Misalkan akan dilakukan prediksi pada bulan Januari 2013. Maka perlu dilihat hasil fuzzifikasi bulan Desember 2012. Hasil fuzzifikasi bulan Desember 2012 adalah A4, sehingga FLRG yang didapat adalah A4 -> A4, A5 yang menghasilkan prediksi selisih  $z = 66$ . Maka prediksi jumlah kemunculan titik api yang didapat pada bulan Januari 2013 adalah  $40 + 66 = 147$ .

### 4.3 Perancangan antarmuka

Perancangan antarmuka berisi antarmuka atau desain dari program. Program dibuat dengan menggunakan Netbeans IDE, bahasa pemrograman Java, dan Java Swing.

#### 4.3.1 Data

Halaman data berisi dua tabel tentang data titik api periode bulanan atau 10 hari. Data disajikan ke dalam tabel yang memiliki dua kolom, dimana kolom pertama menyatakan nama periode dan kolom kedua menyatakan banyak titik api yang muncul pada periode tersebut. Perancangan halaman data ditunjukkan oleh Gambar 4.11.



**Gambar 4.11 Sketsa penampilan data**

Keterangan:

1. Tab aktif untuk menampilkan data titik api bulanan atau 10 hari
2. Tabel yang berisi nama periode dan jumlah kemunculan titik api pada periode tersebut
3. Tombol untuk menampilkan data

### 4.3.2 Input ketentuan prediksi

Halaman input berguna untuk menerima masukan dari user tentang ketentuan prediksi seperti jenis prediksi, banyak data latih, banyak interval,  $v_1$ ,  $v_2$ , dan waktu prediksi mendatang. Perancangan halaman input ditunjukkan oleh Gambar 4.12.

Gambar 4.12 Sketsa input ketentuan prediksi

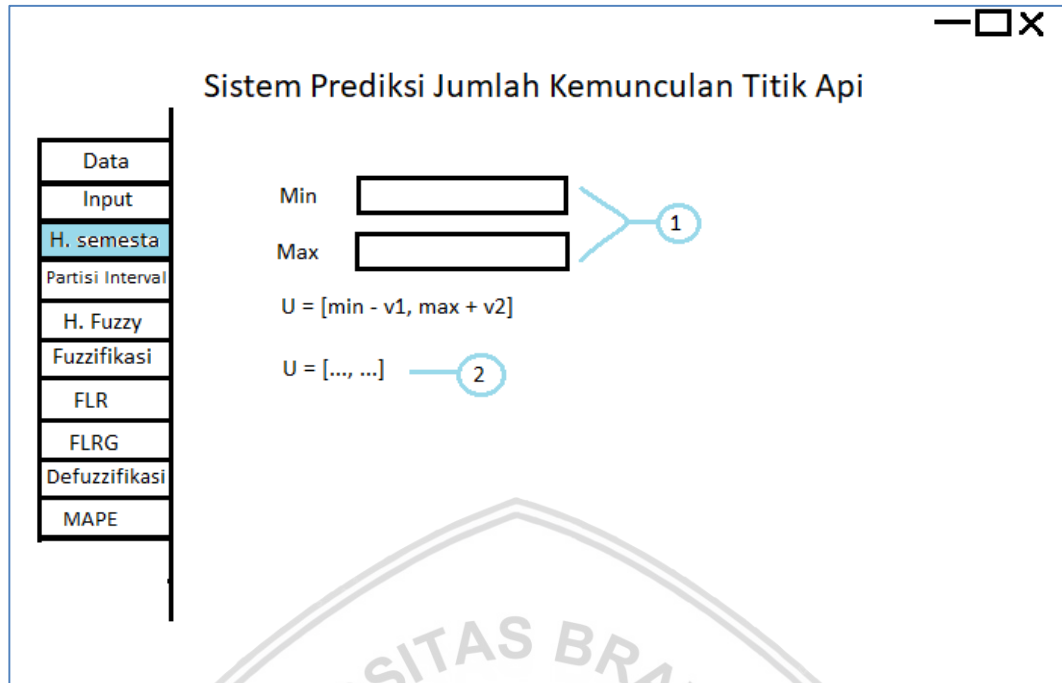
Keterangan:

1. *Radio button* untuk memilih jenis prediksi
2. Menu *dropdown* untuk menentukan banyaknya data latih dan data uji. Banyak data latih memiliki empat pilihan, yaitu 20%, 40%, 60%, dan 80%. Banyak data uji juga memiliki empat pilihan, yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%.
3. *Textfield* untuk memasukkan parameter *fuzzy time series*
4. Tombol untuk melakukan proses perhitungan

### 4.3.3 Himpunan semesta

Halaman himpunan semesta berisi nilai terkecil dan nilai terbesar dari selisih titik api untuk semua periode dan batas bawah dan batas atas untuk himpunan semesta. Perancangan halaman himpunan semesta ditunjukkan oleh Gambar 4.13.





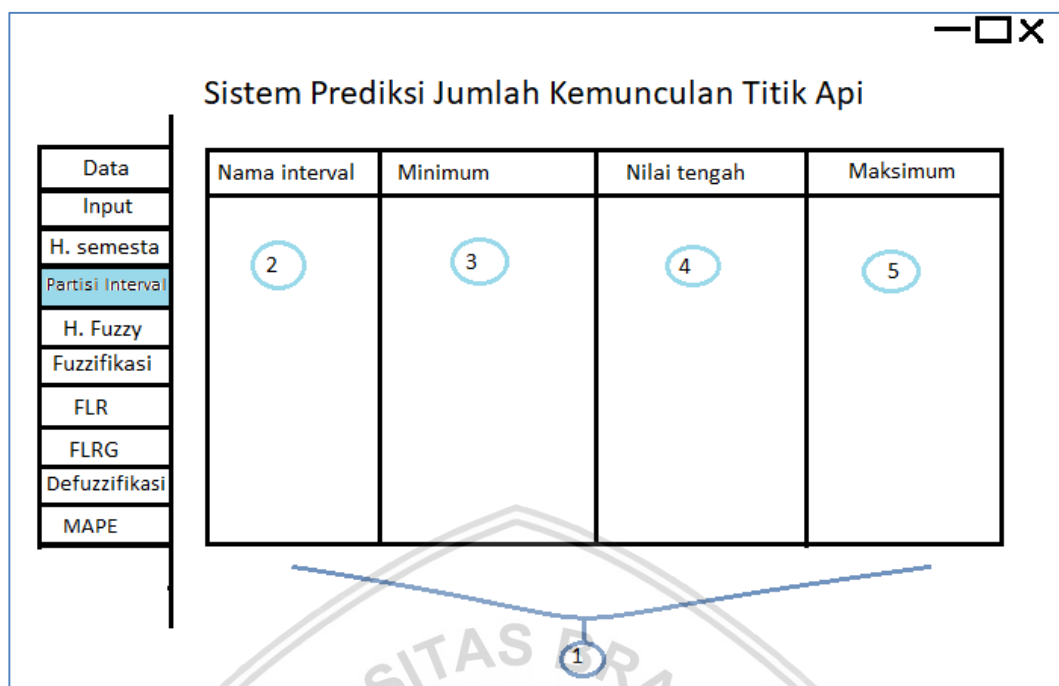
**Gambar 4.13** Sketsa himpunan semesta

Keterangan:

1. *Textfield* yang berisi selisih terkecil dan terbesar dari titik api untuk semua periode
2. Label yang berisi nilai batas bawah dan batas bawah dari himpunan semesta

#### 4.3.4 Partisi interval

Halaman partisi interval berisi tabel yang memiliki empat kolom. Banyak partisi interval sesuai dengan masukan dari user. Perancangan halaman partisi interval ditunjukkan oleh Gambar 4.14.



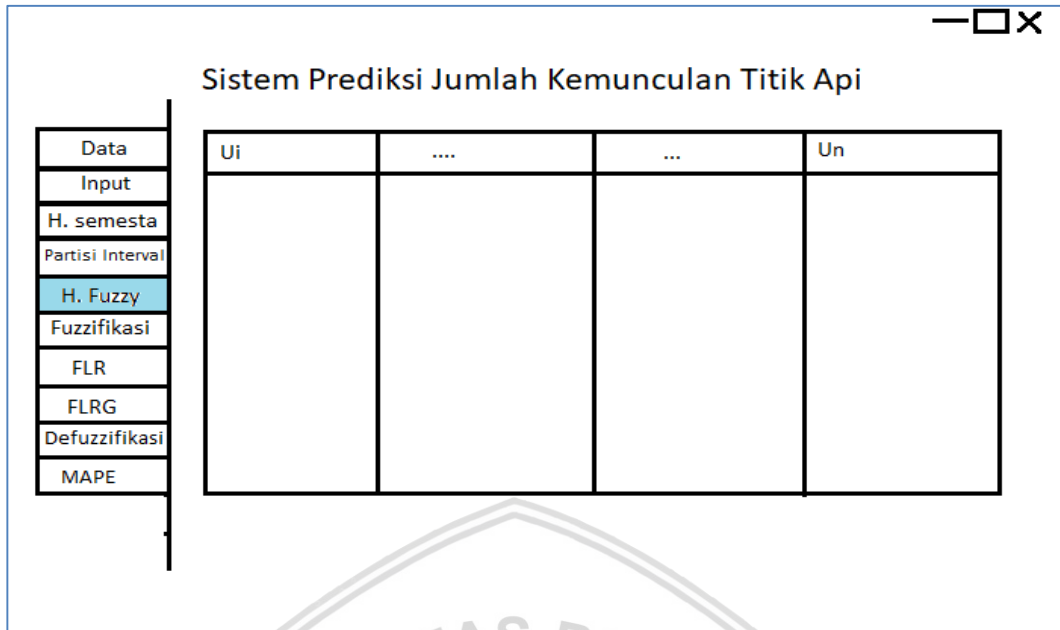
**Gambar 4.14 Sketsa partisi interval**

Keterangan:

1. Tabel untuk menampilkan hasil partisi interval
2. Kolom yang berisi nama interval
3. Kolom yang berisi nilai minimum dari suatu interval
4. Kolom yang berisi nilai tengah dari suatu interval
5. Kolom yang berisi nilai maksimum dari suatu interval

#### 4.3.5 Himpunan fuzzy

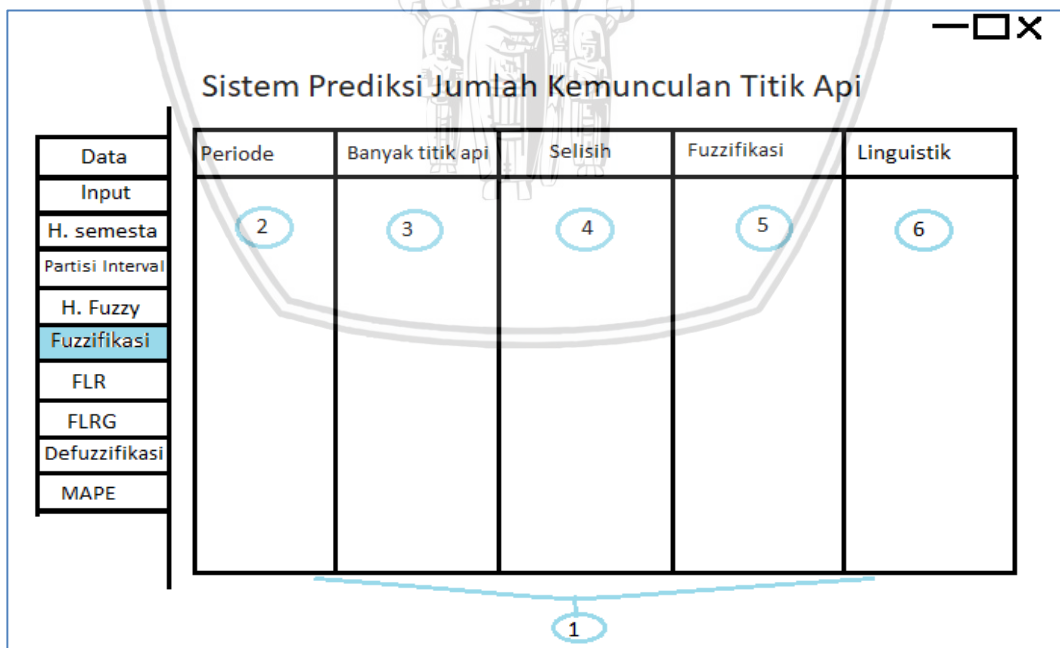
Halaman himpunan fuzzy berisi tabel dengan banyak baris dan kolom sesuai dengan masukan banyak interval. Pada tabel himpunan fuzzy, terdapat nilai fungsi keanggotaan mulai dari  $u_i$  sampai  $u_n$  untuk setiap fuzzifikasi selisih data titik api. Perancangan halaman himpunan fuzzy ditunjukkan oleh Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Sketsa himpunan fuzzy

### 4.3.6 Fuzzifikasi

Halaman fuzzifikasi berisi tabel hasil fuzzifikasi selisih banyaknya titik api untuk setiap periode. Perancangan halaman fuzzifikasi ditunjukkan oleh Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Sketsa fuzzifikasi

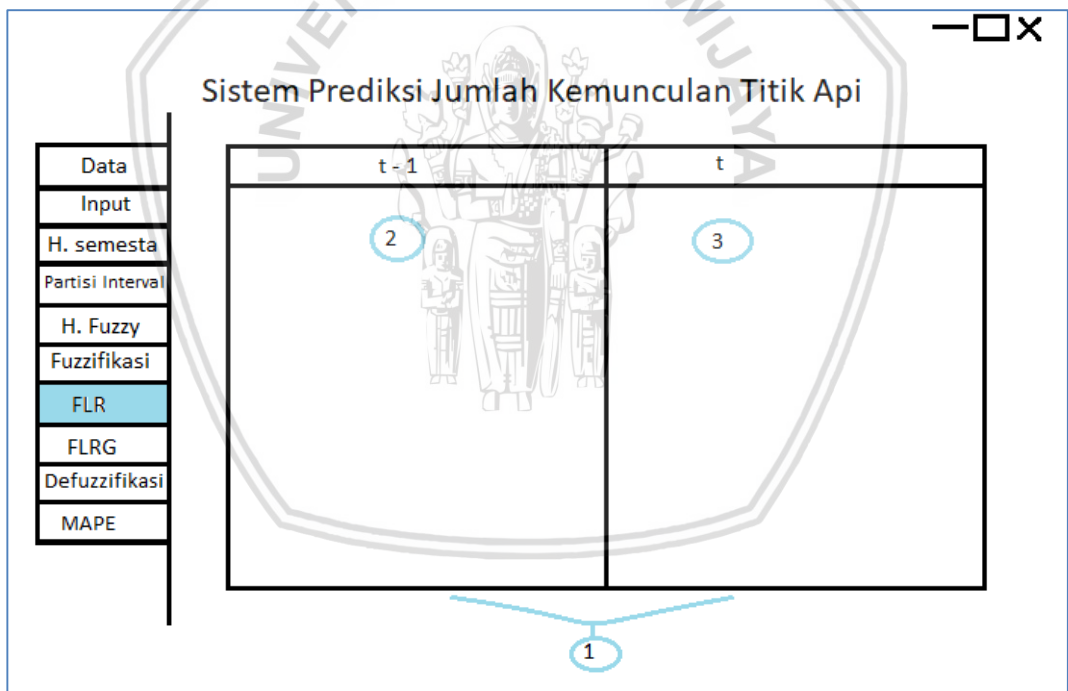
Keterangan:

1. Tabel untuk menampilkan hasil fuzzifikasi data titik api

2. Kolom yang berisi nama periode. Nama periode bisa dalam bentuk bulanan (contoh: Januari 2012) atau 10 hari (contoh: 1-10 Januari 2012)
3. Kolom yang berisi banyak titik api yang muncul pada suatu periode
4. Kolom yang berisi selisih banyaknya titik api dari suatu periode dengan periode sebelumnya
5. Kolom yang berisi hasil fuzzifikasi selisih banyak titik api dari suatu periode. Contoh: A1, A2, atau A3
6. Kolom yang berisi variabel linguistik dari suatu fuzzifikasi. Misalnya A1 menyatakan “sangat sangat sangat berkurang”.

**4.3.7 FLR**

Halaman FLR berisi tabel yang menjelaskan hubungan logika fuzzy atau *fuzzy logic relationship* (FLR) dari  $A(t-1)$  ke  $A(t)$ . Perancangan halaman FLR ditunjukkan oleh Gambar 4.17.



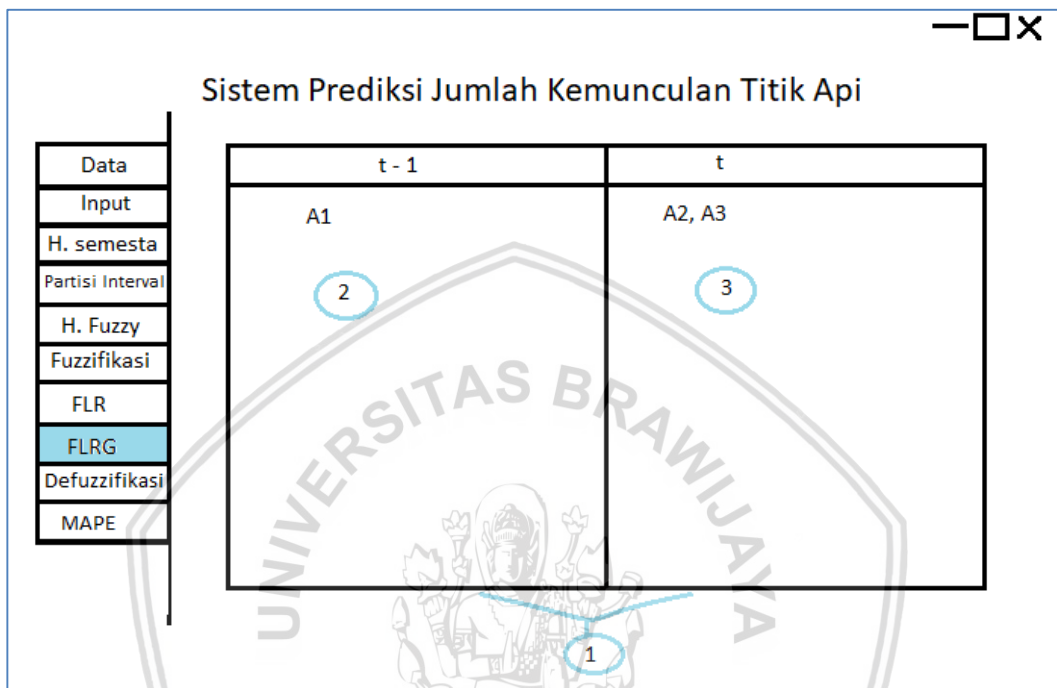
**Gambar 4.17 Sketsa FLR**

Keterangan:

1. Tabel untuk menampilkan hasil FLR data titik api
2. Kolom yang berisi fuzzifikasi untuk  $A(t-1)$  dengan banyak baris sesuai panjang data
3. Kolom yang berisi fuzzifikasi untuk  $A(t)$

### 4.3.8 FLRG

Halaman FLRG berisi tabel yang mengelompokkan setiap  $A(t)$  untuk setiap  $A(t-1)$  yang sama. Banyak baris sesuai dengan banyak interval. Perancangan halaman FLRG ditunjukkan oleh Gambar 4.18.



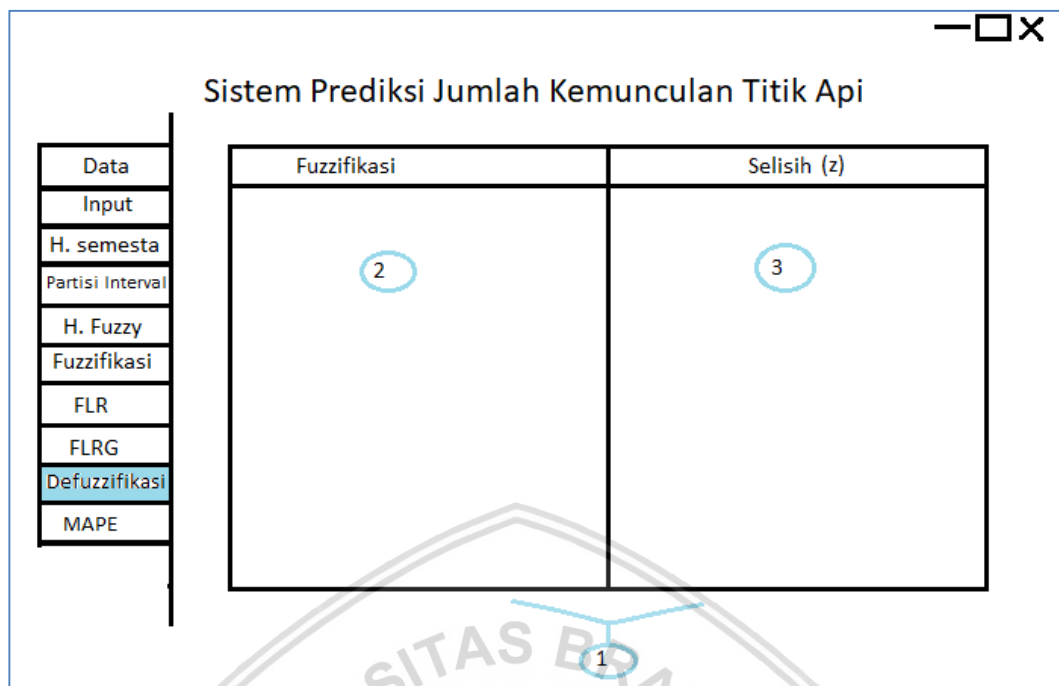
Gambar 4.18 Sketsa FLRG

Keterangan:

1. Tabel untuk menampilkan hasil FLRG data titik api
2. Kolom yang berisi fuzzifikasi untuk  $A(t-1)$  dengan banyak baris sesuai banyak interval
3. Kolom yang berisi fuzzifikasi untuk  $A(t)$  yang telah dikelompokkan. Jika kolom  $A(t)$  kosong, maka tidak ada rule FLRG antara  $A(t-1)$  dan  $A(t)$  sehingga hasil defuzzifikasi  $A(t-1)$  akan menghasilkan 0.

### 4.3.9 Defuzzifikasi

Halaman defuzzifikasi menjelaskan tabel yang berisi fuzzifikasi dan hasil defuzzifikasi untuk setiap  $A_i$  sampai  $A_n$  dari data titik api. Hasil defuzzifikasi berupa angka yang menyatakan prediksi selisih titik api. Perancangan halaman defuzzifikasi ditunjukkan oleh Gambar 4.19.



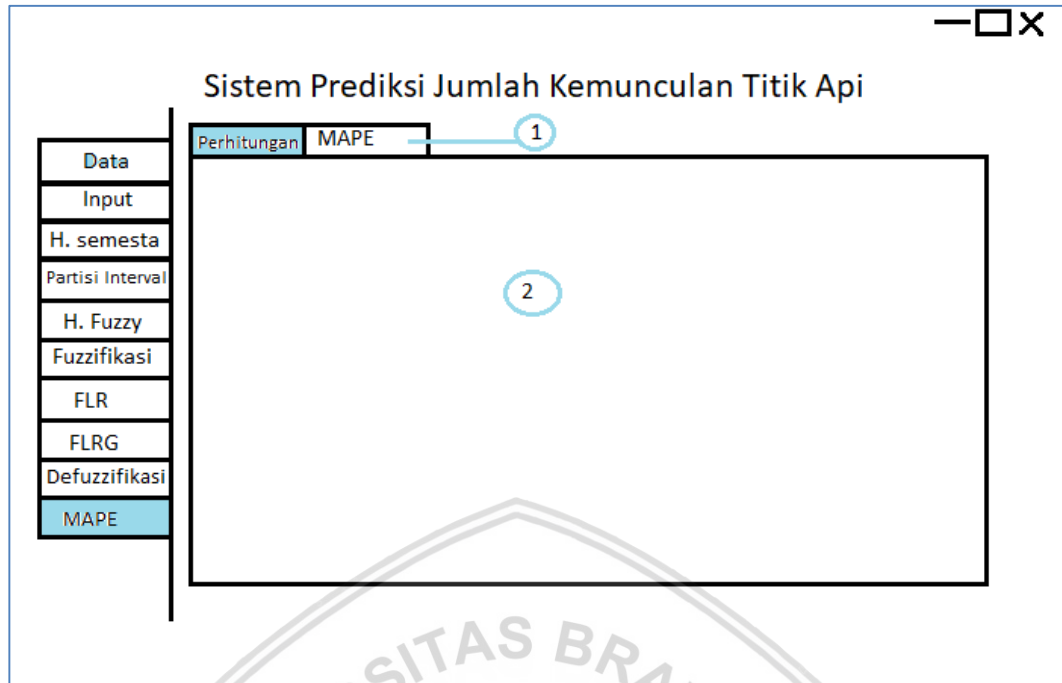
Gambar 4.19 Sketsa defuzzifikasi

Keterangan:

1. Tabel untuk menampilkan hasil FLRG data titik api
2. Kolom yang berisi fuzzifikasi untuk  $A(t-1)$  dengan banyak baris sesuai banyak interval
3. Kolom yang berisi fuzzifikasi untuk  $A(t)$  yang telah dikelompokkan

#### 4.3.10 Perhitungan error MAPE

Halaman MAPE menjelaskan proses perhitungan MAPE yang dibagi menjadi dua tahap. Tahap perhitungan pertama dihitung pada tab pertama, yaitu tab Perhitungan yang menghitung hasil prediksi dan *error rate* untuk setiap prediksi. Tab Perhitungan disajikan dalam bentuk tabel. Tab yang kedua, MAPE, menampilkan hasil perhitungan MAPE dari *error rate* sebelumnya yang telah dirata-rata. Perancangan halaman MAPE ditunjukkan oleh Gambar 4.20.



**Gambar 4.20** Sketsa perhitungan error

Keterangan:

1. Tab aktif untuk menampilkan proses perhitungan MAPE atau hasil akhir MAPE
2. Jika tab yang terpilih adalah tab pertama, maka akan menampilkan tabel yang menampilkan proses perhitungan *error rate* hasil prediksi. Jika tab kedua yang terpilih, maka akan menampilkan label dan *textfield* yang berisi hasil MAPE.

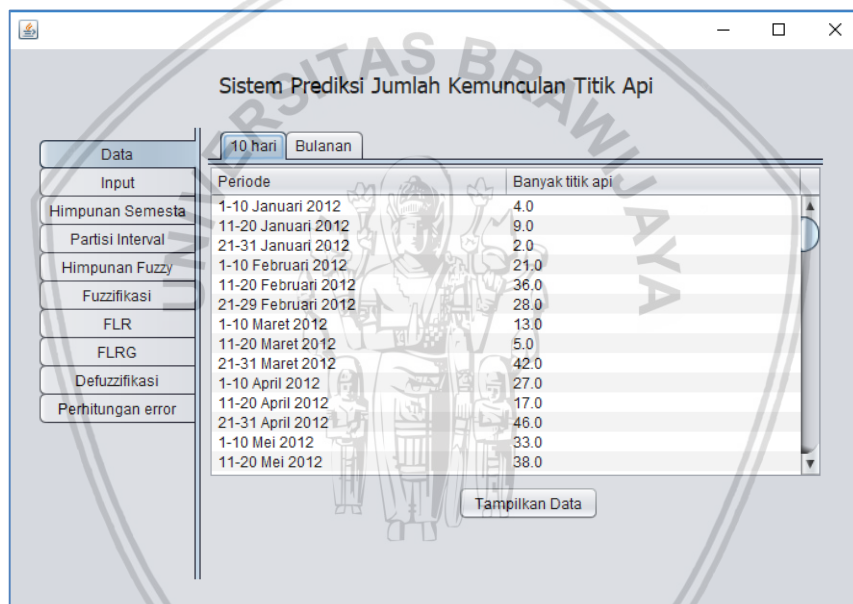
## BAB 5 IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tentang implementasi program dengan bahasa pemrograman Java yang disertai penjelasan. Implementasi akan dibagi menjadi dua tahap, yaitu implementasi antarmuka dan implementasi program. Implementasi antarmuka menjelaskan tentang antarmuka yang telah berisi perhitungan prediksi *Fuzzy Time Series*. Implementasi program berisi tentang *source code* dan penjelasan dari setiap proses.

### 5.1 Implementasi antarmuka

Implementasi antarmuka menjelaskan tentang antarmuka yang telah berisi perhitungan prediksi *Fuzzy Time Series*.

#### 5.1.1 Penampilan data



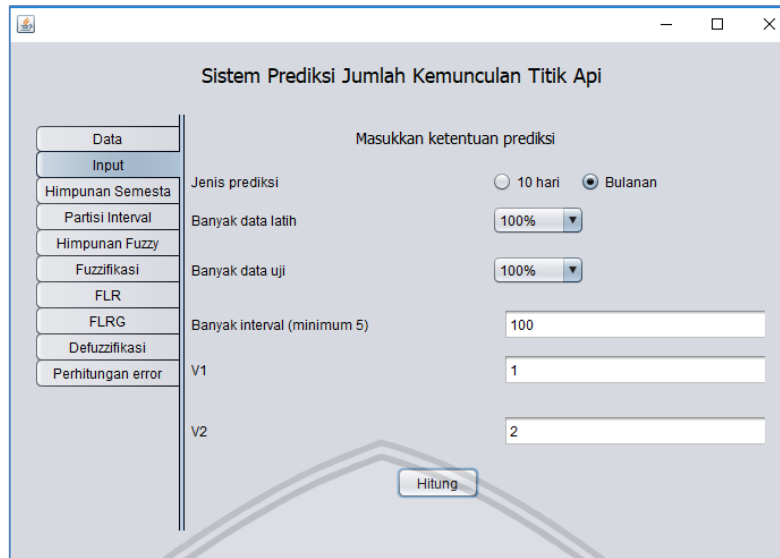
Gambar 5.1 Antarmuka penampilan data

Gambar 5.1 mengilustrasikan antarmuka penampilan data. Tombol “Tampilkan Data” berguna untuk menampilkan data titik api dengan rentang 10 hari dan 1 bulan. Data berisi nama periode dan banyaknya titik api yang muncul pada periode tersebut.





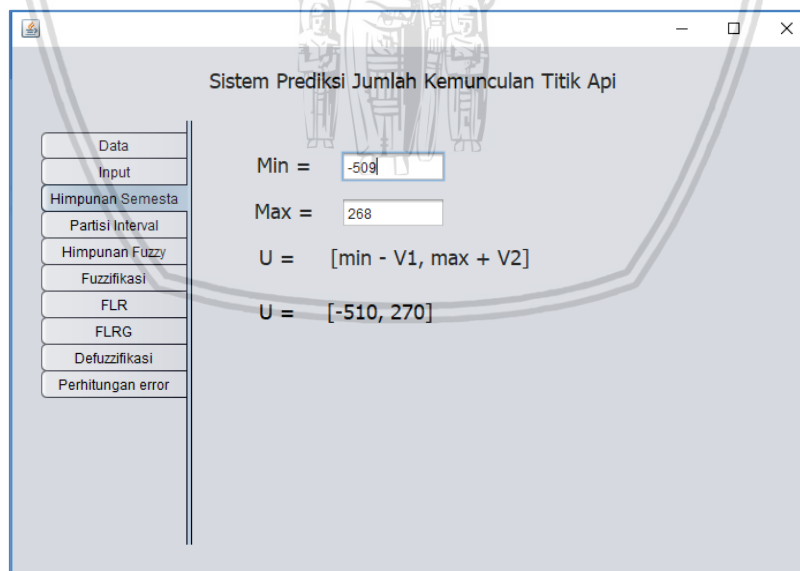
### 5.1.2 Input data



**Gambar 5.2 Antarmuka input data**

Gambar 5.2 mengilustrasikan antarmuka input data. Input data terdiri jenis prediksi, banyak data latih dan data uji dalam persen, banyak interval,  $v_1$ , dan  $v_2$ . Tombol “Hitung” berguna untuk memproses perhitungan prediksi.

### 5.1.3 Himpunan semesta



**Gambar 5.3 Antarmuka himpunan semesta**

Gambar 5.3 mengilustrasikan antarmuka himpunan semesta. Himpunan semesta terdiri dari nilai selisih maksimum, nilai selisih minimum, batas bawah himpunan semesta, dan batas atas himpunan semesta.

### 5.1.4 Partisi Interval

Nama Interval	Minimum	Nilai Tengah	Maksimum
U1	-510.0	-506.1	-502.2
U2	-502.2	-498.299999999...	-494.4
U3	-494.4	-490.5	-486.599999999...
U4	-486.599999999...	-482.699999999...	-478.799999999...
U5	-478.799999999...	-474.9	-470.999999999...
U6	-470.999999999...	-467.099999999...	-463.199999999...
U7	-463.199999999...	-459.299999999...	-455.399999999...
U8	-455.399999999...	-451.499999999...	-447.599999999...
U9	-447.599999999...	-443.699999999...	-439.799999999...
U10	-439.799999999...	-435.899999999...	-431.999999999...
U11	-431.999999999...	-428.099999999...	-424.199999999...
U12	-424.199999999...	-420.299999999...	-416.399999999...
U13	-416.399999999...	-412.499999999...	-408.599999999...
U14	-408.599999999...	-404.699999999...	-400.799999999...
U15	-400.799999999...	-396.899999999...	-392.999999999...
U16	-392.999999999...	-389.099999999...	-385.199999999...
U17	-385.199999999...	-381.299999999...	-377.399999999...

Gambar 5.4 Antarmuka partisi interval

Gambar 5.4 mengilustrasikan antarmuka partisi interval. Antarmuka partisi interval berisi tabel yang memiliki empat kolom. Kolom pertama mewakili nama interval, kolom kedua mewakili nilai minimum, kolom kedua mewakili nilai tengah, dan kolom ketiga mewakili nilai maksimum dari suatu interval.

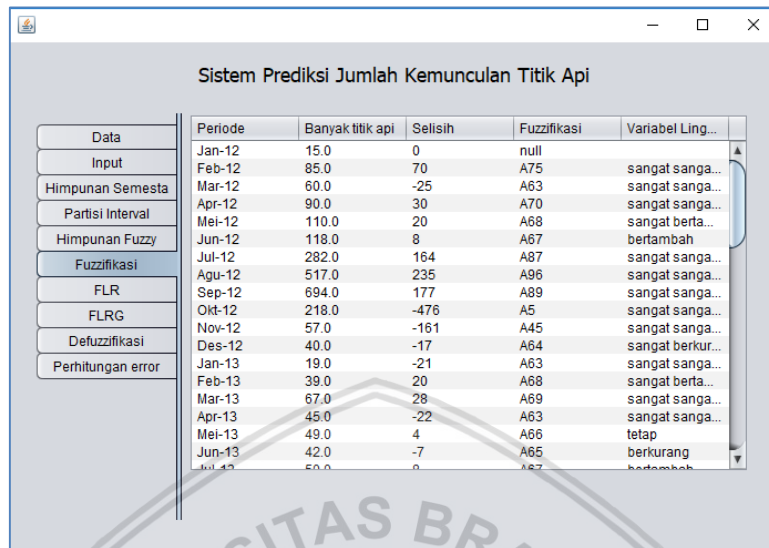
### 5.1.5 Himpunan Fuzzy

	u1	u2	u3	u4	u5	u6	u7
u1	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
u2	0.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
u3	0.0	0.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0
u4	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.0	0.0
u5	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.0
u6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5
u7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0
u8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5

Gambar 5.5 Antarmuka himpunan fuzzy

Gambar 5.5 mengilustrasikan antarmuka himpunan fuzzy. Antarmuka himpunan fuzzy berisi sekumpulan nilai fungsi keanggotaan sesuai banyak interval yang ditentukan.

### 5.1.6 Fuzzifikasi

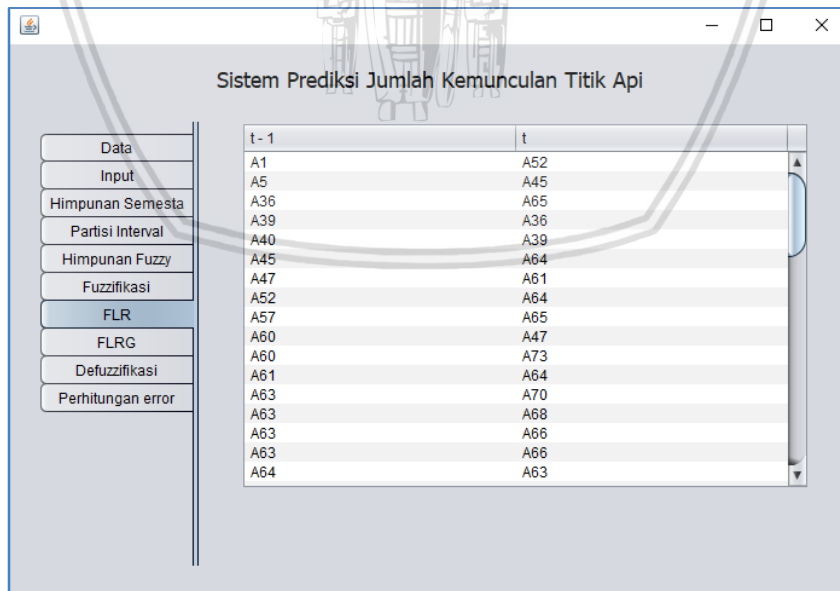


Periode	Banyak titik api	Selisih	Fuzzifikasi	Variabel Ling...
Jan-12	15.0	0	null	
Feb-12	85.0	70	A75	sangat sanga...
Mar-12	60.0	-25	A63	sangat sanga...
Apr-12	90.0	30	A70	sangat sanga...
Mei-12	110.0	20	A68	sangat berta...
Jun-12	118.0	8	A67	bertambah
Jul-12	282.0	164	A87	sangat sanga...
Agu-12	517.0	235	A96	sangat sanga...
Sep-12	694.0	177	A89	sangat berta...
Okt-12	218.0	-476	A5	sangat sanga...
Nov-12	57.0	-161	A45	sangat sanga...
Des-12	40.0	-17	A64	sangat berkur...
Jan-13	19.0	-21	A63	sangat sanga...
Feb-13	39.0	20	A68	sangat berta...
Mar-13	67.0	28	A69	sangat sanga...
Apr-13	45.0	-22	A63	sangat sanga...
Mei-13	49.0	4	A66	tetap
Jun-13	42.0	-7	A65	berkurang
Jul-13	50.0	0	A67	bertambah

Gambar 5.6 Antarmuka fuzzifikasi

Gambar 5.6 mengilustrasikan antarmuka fuzzifikasi. Antarmuka fuzzifikasi berisi tabel yang menjelaskan proses fuzzifikasi dimulai dari periode, banyak titik api, selisih banyak titik api, hasil fuzzifikasi, dan variabel linguistik.

### 5.1.7 Fuzzy Logic Relationship (FLR)

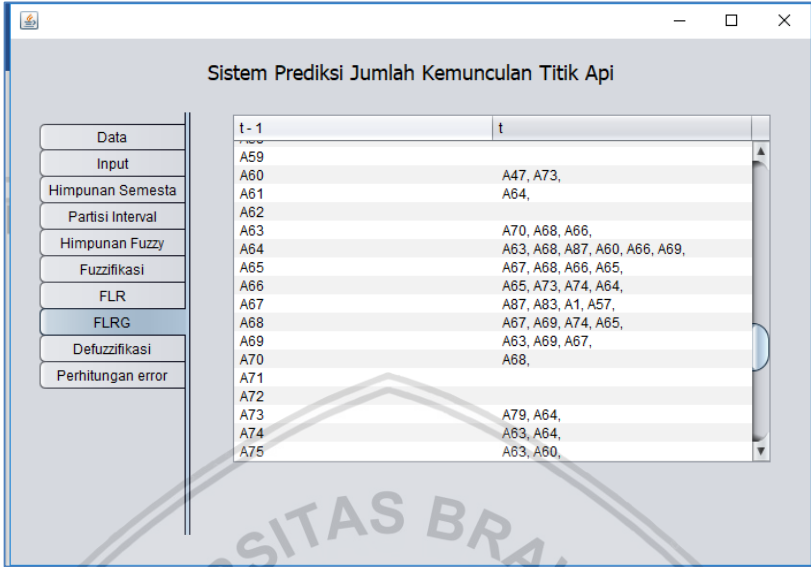


t - 1	t
A1	A52
A5	A45
A36	A65
A39	A36
A40	A39
A45	A64
A47	A61
A52	A64
A57	A65
A60	A47
A60	A73
A61	A64
A63	A70
A63	A68
A63	A66
A63	A66
A64	A63

Gambar 5.7 Antarmuka FLR

Gambar 5.7 mengilustrasikan antarmuka FLR. Antarmuka FLR berisi tabel yang memiliki dua kolom. Kolom pertama mewakili  $A(t-1)$  dan kolom kedua mewakili  $A(t)$ .

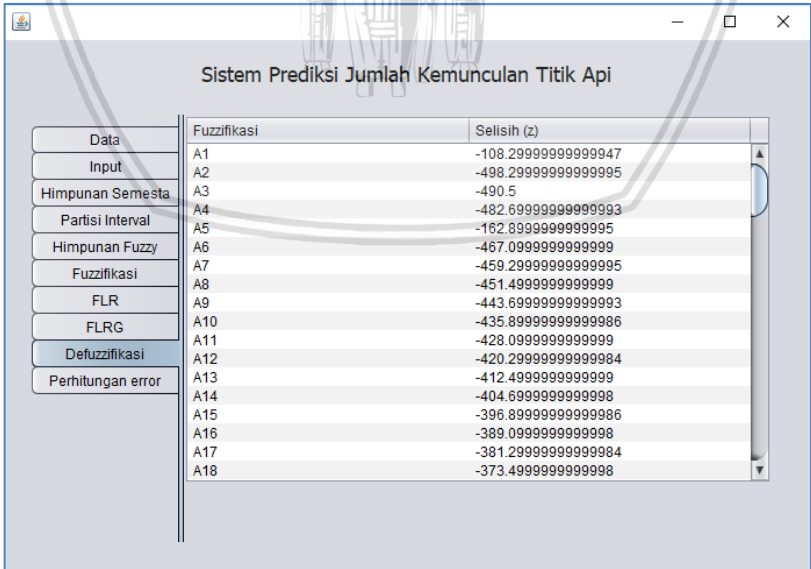
5.1.8 Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)



Gambar 5.8 Antarmuka FLRG

Gambar 5.8 mengilustrasikan antarmuka FLRG. Antarmuka FLRG berisi tabel yang memiliki dua kolom. Kolom pertama mewakili  $A(t-1)$  dan kolom kedua mewakili sekelompok  $A(t)$  yang telah disatukan.

5.1.9 Defuzzifikasi



Gambar 5.9 Antarmuka defuzzifikasi

Gambar 5.9 mengilustrasikan antarmuka defuzzifikasi. Antarmuka defuzzifikasi berisi tabel yang memiliki dua kolom. Kolom pertama mewakili fuzzifikasi untuk setiap interval dan kolom kedua mewakili prediksi selisih untuk interval tersebut.



### 5.1.10 Perhitungan Error

Periode	Banyak ti...	Selisih	Fuzzifikasi	Prediksi ...	Prediksi ...	APE
Jan-12	15.0	0	null	0.0	0	0.0
Feb-12	85.0	70	A75	0.0	0	0.0
Mar-12	60.0	-25	A63	-34.1999...	51	15.3333...
Apr-12	90.0	30	A70	16.5000...	77	14.9999...
Mei-12	110.0	20	A68	16.5000...	107	3.18181...
Jun-12	118.0	8	A67	24.3000...	134	13.8135...
Jul-12	282.0	164	A87	-39.6599...	78	72.2198...
Agu-12	517.0	235	A96	211.500...	494	4.54545...
Sep-12	694.0	177	A89	180.300...	697	0.47550...
Okt-12	218.0	-476	A5	-474.9	219	0.50458...
Nov-12	57.0	-161	A45	-162.899...	55	3.33333...
Des-12	40.0	-17	A64	-14.6999...	42	5.75000...
Jan-13	19.0	-21	A63	23.9285...	64	236.466...
Feb-13	39.0	20	A68	16.5000...	36	8.97435...
Mar-13	67.0	28	A69	24.3000...	63	5.52238...
Apr-13	45.0	-22	A63	2.31818...	69	54.0404...
Mei-13	49.0	4	A66	16.5000...	62	25.5102...

Gambar 5.10 Antarmuka perhitungan error

Gambar 5.10 mengilustrasikan antarmuka perhitungan error. Antarmuka perhitungan error berisi tabel yang berisi periode, banyak titik api, selisih banyak titik api, fuzzifikasi selisih, prediksi selisih banyak titik api, prediksi banyak titik api yang telah dibulatkan, dan rata-rata persentase error dari periode tersebut.

MAPE =	37.173475084402206
--------	--------------------

Gambar 5.11 Antarmuka MAPE

Gambar 5.11 mengilustrasikan antarmuka MAPE. Antarmuka MAPE berisi label dan *textfield* hasil perhitungan error MAPE.

## 5.2 Implementasi Program

Program diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman Java. Implementasi program terdiri atas proses pengambilan data, penentuan himpunan semesta, partisi interval, himpunan fuzzy, fuzzifikasi, FLR, FLRG, defuzzifikasi, prediksi, dan perhitungan error MAPE.

### 5.2.1 Source code pembacaan data

```

1 public static void getData() throws
2 FileNotFoundException, IOException {
3     FileInputStream fis = new FileInputStream(new
4     File("tes.xlsx"));
5
6     //membuat instan workbook ke .xls
7     XSSFWorkbook wb = new XSSFWorkbook(fis);
8
9     //mengevaluasi tipe cell
10    FormulaEvaluator fe =
11    wb.getCreationHelper().createFormulaEvaluator();
12
13    double selisih[] = new double[60];
14    selisih[0] = 0;
15
16    //get data bulanan
17    for (int i = 1; i < 61; i++) {
18        if
19        (fe.evaluateInCell(wb.getSheetAt(0).getRow(i).getCell(1
20        9)).getCellType() == Cell.CELL_TYPE_NUMERIC) {
21            titikApiBulanan[i - 1] =
22            wb.getSheetAt(0).getRow(i).getCell(19).getNumericCellVa
23            lue();
24        }
25    }
26
27    //get data 10 hari
28    for (int i = 1; i < 181; i++) {
29        if
30        (fe.evaluateInCell(wb.getSheetAt(0).getRow(i).getCell(1
31        4)).getCellType() == Cell.CELL_TYPE_STRING) {
32            periode[i - 1] =
33            wb.getSheetAt(0).getRow(i).getCell(14).getStringCellVal
34            ue();
35        }
36        if
37        (fe.evaluateInCell(wb.getSheetAt(0).getRow(i).getCell(1
38        5)).getCellType() == Cell.CELL_TYPE_NUMERIC) {
39            titikApi10Hari[i - 1] =
40            wb.getSheetAt(0).getRow(i).getCell(15).getNumericCellVa
41            lue();
42        }
43    }
44 }

```

Penjelasan:

1. Baris 3-14 melakukan instansiasi dan inialisasi. Data berasal dari file tes.xlsx. Pembacaan data memanfaatkan library tambahan Apache POI.
2. Baris 17-25 melakukan pengambilan data titik api rentang bulanan
3. Baris 28-43 melakukan pengambilan data titik api rentang 10 hari

## 5.2.2 Source code untuk menampilkan data

```

1 private void
2 jButtonGetDataActionPerformed(java.awt.event.ActionEven
3 t evt) {
4
5     for (int i = 0; i < 60; i++) {
6         for (int j = 0; j < 2; j++) {
7             if (j == 0) {
8                 rowBulan[i][j] = bulan[i];
9             } else if (j == 1) {
10                rowBulan[i][j] =
11 String.valueOf(titikApiBulanan[i]);
12            }
13        }
14    }
15
16    for (int i = 0; i < 180; i++) {
17        for (int j = 0; j < 2; j++) {
18            if (j == 0) {
19                row10Hari[i][j] = periode[i];
20            } else if (j == 1) {
21                row10Hari[i][j] =
22 String.valueOf(titikApi10Hari[i]);
23            }
24        }
25    }
26
27    Object columnNames2[] = {"Periode", "Banyak
28 titik api"};
29    DefaultTableModel modelBulanan = new
30 DefaultTableModel(columnNames2, 0);
31    for (int i = 0; i < 60; i++) {
32        modelBulanan.addRow(rowBulan[i]);
33    }
34    jTableBulanan.setModel(modelBulanan);
35
36    DefaultTableModel model_10_hari = new
37 DefaultTableModel(columnNames2, 0);
38    for (int i = 0; i < 180; i++) {
39        model_10_hari.addRow(row10Hari[i]);
40    }
41    jTable10Hari.setModel(model_10_hari);
42    }

```

Penjelasan:

1. Baris 5-14 melakukan penyalinan nama bulan dan banyak titik api ke variabel `rowBulan`
2. Baris 16-25 melakukan penyalinan nama periode untuk data titik api 10 hari dan banyak titik api ke variabel `row10Hari`
3. Baris 27-34 melakukan pengisian data ke tabel `jTabelBulanan`
4. Baris 36-41 melakukan pengisian data ke tabel `jTabel10Hari`

### 5.2.3 Source code menentukan himpunan semesta

```

1      public void himpunan_semesta() {
2          selisih_latih = null;
3          double data_latih = 0;
4          if
5      (String.valueOf(jComboBox1.getSelectedItem()) == "80%")
6      {
7          data_latih = 0.8;
8      } else if
9      (String.valueOf(jComboBox1.getSelectedItem()) == "60%")
10     {
11         data_latih = 0.6;
12     } else if
13     (String.valueOf(jComboBox1.getSelectedItem()) == "40%")
14     {
15         data_latih = 0.4;
16     } else if
17     (String.valueOf(jComboBox1.getSelectedItem()) == "20%")
18     {
19         data_latih = 0.2;
20     }
21     double data_uji = 0;
22     if
23     (String.valueOf(jComboBox2.getSelectedItem()) ==
24     "100%") {
25         data_uji = 1;
26     } else if
27     (String.valueOf(jComboBox2.getSelectedItem()) == "75%")
28     {
29         data_uji = 0.75;
30     } else if
31     (String.valueOf(jComboBox2.getSelectedItem()) == "50%")
32     {
33         data_uji = 0.5;
34     } else if
35     (String.valueOf(jComboBox2.getSelectedItem()) == "25%")
36     {
37         data_uji = 0.25;
38     }
39     if (jRadioButton10Hari.isSelected()) {
40         panjang_latih = (int) (data_latih * 180);
41         panjang_uji = (int) (data_uji * (180 -
42     panjang_latih));

```



```

43         selisih_latih = new int[panjang_latih];
44         selisih_uji = new int[panjang_uji];
45         for (int i = 1; i < panjang_latih; i++) {
46             selisih_latih[i] = (int)
47 (titikApi10Hari[i] - titikApi10Hari[i - 1]);
48         }
49         for (int i = panjang_latih + 1; i <
50 (panjang_latih + panjang_uji); i++) {
51             selisih_uji[i - panjang_latih - 1] =
52 (int) (titikApi10Hari[i - 1] - titikApi10Hari[i - 2]);
53         }
54     } else if (jRadioButtonBulanan.isSelected()) {
55         panjang_latih = (int) (data_latih * 60);
56         panjang_uji = (int) (data_uji * (60 -
57 panjang_latih));
58         selisih_latih = new int[panjang_latih];
59         selisih_uji = new int[panjang_uji];
60         for (int i = 1; i < panjang_latih; i++) {
61             selisih_latih[i] = (int)
62 (titikApiBulanan[i] - titikApiBulanan[i - 1]);
63         }
64         for (int i = panjang_latih + 1; i <
65 (panjang_latih + panjang_uji); i++) {
66             selisih_uji[i - panjang_latih - 1] =
67 (int) (titikApiBulanan[i - 1] - titikApiBulanan[i -
68 2]);
69         }
70     }
71     System.out.println("Data uji:");
72     for (int i = 0; i < selisih_uji.length; i++) {
73         System.out.println(selisih_uji[i]);
74     }
75     System.out.println("Selisih Titik Api:");
76     int max = -9999;
77     int min = 9999;
78     for (int i = 0; i < panjang_latih; i++) {
79         if (selisih_latih[i] > max) {
80             max = selisih_latih[i];
81         }
82         if (selisih_latih[i] < min) {
83             min = selisih_latih[i];
84         }
85         System.out.println(selisih_latih[i]);
86     }
87     jTextFieldMin.setText (String.valueOf (min));
88     jTextFieldMax.setText (String.valueOf (max));
89
90     int v1 =
91 Integer.parseInt (jTextFielddv1.getText ());
92     int v2 =
93 Integer.parseInt (jTextFielddv2.getText ());
94     semesta_min = min - v1;
95     semesta_max = max + v2;
96     jLabelSemesta.setText ("[" +
97 String.valueOf (semesta_min) + ", " +
98 String.valueOf (semesta_max) + "]" );
99     }

```

Penjelasan:

1. Baris 3-20 melakukan perhitungan banyak data latih
2. Baris 21-38 melakukan perhitungan banyak data uji
3. Baris 39-53 melakukan perhitungan selisih banyak titik api rentang 10 hari untuk seluruh periode
4. Baris 54-70 melakukan perhitungan selisih banyak titik api rentang bulanan untuk seluruh periode

Baris 71-99 melakukan perhitungan himpunan semesta sesuai *input*  $v_1$  dan  $v_2$  dari user lalu menampilkan hasil himpunan semesta

#### 5.2.4 Source code partisi interval

```

1 public void partisi_interval() {
2     byk_interval =
3     Integer.parseInt(jTextFieldInterval.getText());
4     interval = new double[byk_interval][3];
5     double semesta = Math.abs(semesta_min) +
6     Math.abs(semesta_max);
7     double beda = semesta / byk_interval;
8     double tampung_bwh = semesta_min;
9     fuzzifikasi = new String[byk_interval];
10    linguistik = new String[byk_interval];
11
12    interval[0][0] = semesta_min;
13    interval[0][2] = semesta_min + beda;
14    interval[0][1] = (interval[0][0] +
15    interval[0][2]) / 2;
16    for (int i = 1; i < byk_interval; i++) {
17        interval[i][0] = tampung_bwh + beda;
18        interval[i][2] = tampung_bwh + beda + beda;
19        interval[i][1] = (interval[i][0] +
20        interval[i][2]) / 2;
21        if (interval[i][0] < 0 && interval[i][2] >
22        0) {
23            linguistik[i] = "tetap";
24        }
25        tampung_bwh = interval[i][0];
26    }
27
28    String str_interval[][] = new
29    String[byk_interval][4];
30    for (int i = 0; i < byk_interval; i++) {
31        str_interval[i][0] = "U" + String.valueOf(i
32        + 1);
33        for (int j = 1; j < str_interval[0].length;
34        j++) {
35            str_interval[i][j] =
36            String.valueOf(interval[i][j - 1]);
37        }
38    }
39

```

```

40     Object columnNamesPartisi[] = {"Nama Interval",
41     "Minimum", "Nilai Tengah", "Maksimum"};
42     DefaultTableModel partisi = new
43     DefaultTableModel(columnNamesPartisi, 0);
44     for (int i = 0; i < byk_interval; i++) {
45         partisi.addRow(str_interval[i]);
46     }
47     jTableInterval.setModel(partisi);
48 }

```

Penjelasan:

1. Variabel `interval[i][0]`, `interval[i][1]`, `interval[i][2]` menyatakan batas bawah, nilai tengah, dan batas atas dari suatu interval berturut-turut.
2. Baris 2-10 melakukan inisialisasi variabel yang dibutuhkan untuk melakukan partisi interval
3. Baris 16-26 melakukan perhitungan batas bawah, nilai tengah, dan batas atas dari setiap sub interval.
4. Baris 28-48 menyalin hasil partisi interval dari yang awalnya bertipe double menjadi String dan menampilkannya ke `jTableInterval`.

### 5.2.5 Source code himpunan fuzzy

```

1     public void himpunan_fuzzy() {
2         //himpunan fuzzy
3         himp_fuzzy = new
4         double[byk_interval][byk_interval];
5         himp_fuzzy[0][0] = 1;
6         himp_fuzzy[0][1] = 0.5;
7         himp_fuzzy[byk_interval - 1][byk_interval - 1]
8         = 1;
9         himp_fuzzy[byk_interval - 1][byk_interval - 2]
10        = 0.5;
11
12        for (int i = 1; i < byk_interval - 1; i++) {
13            himp_fuzzy[i][i - 1] = 0.5;
14            himp_fuzzy[i][i] = 1;
15            himp_fuzzy[i][i + 1] = 0.5;
16        }
17
18        String str_himp_fuzzy[][] = new
19        String[byk_interval][byk_interval];
20        for (int i = 0; i < byk_interval; i++) {
21            for (int j = 0; j < byk_interval; j++) {
22                str_himp_fuzzy[i][j] =
23                String.valueOf(himp_fuzzy[i][j]);
24            }
25        }
26        String hf_head[] = new String[byk_interval];
27        for (int i = 0; i < byk_interval; i++) {
28            hf_head[i] = "u" + String.valueOf(i + 1);
29        }
30        DefaultTableModel hf = new

```

```

31 DefaultTableModel(hf_head, 0);
32     for (int i = 0; i < byk_interval; i++) {
32         hf.addRow(str_himp_fuzzy[i]);
33     }
34     jTableHimpunanFuzzy.setModel(hf);
35     jTableHimpunanFuzzy.setAutoResizeMode(0);
36 }

```

Penjelasan:

1. Baris 3-16 melakukan perhitungan himpunan fuzzy sesuai banyaknya interval
2. Baris 18-36 menyalin hasil perhitungan himpunan fuzzy dari yang awalnya bertipe double menjadi String dan menampilkan ke jTableHimpunanFuzzy.

### 5.2.6 Source code fuzzifikasi

```

1     public void fuzzifikasi() {
2         //Fuzzifikasi
3         String fuz = "sangat";
4         for (int i = 0; i < linguistik.length; i++) {
5             if (linguistik[i] == "tetap") {
6                 linguistik[i + 1] = "bertambah";
7                 linguistik[i - 1] = "berkurang";
8                 for (int j = i + 2; j <
9 linguistik.length; j++) {
10                    linguistik[j] = fuz + " bertambah";
11                    fuz = fuz + " sangat";
12                }
13                fuz = "sangat";
14                for (int j = i - 2; j >= 0; j--) {
15                    linguistik[j] = fuz + " berkurang";
16                    fuz = fuz + " sangat";
17                }
18            }
19        }
20        System.out.println("\nList Fuzzifikasi:");
21        for (int i = 0; i < byk_interval; i++) {
22            fuzzifikasi[i] = "A" + String.valueOf(i +
23 1);
24        }
25
26        fuzzifikasi_selisih_latih = new
27 String[panjang_latih];
28        for (int i = 1; i < panjang_latih; i++) {
29            for (int j = 0; j < byk_interval; j++) {
30                if (selisih_latih[i] <= interval[0][2])
31                {
32                    fuzzifikasi_selisih_latih[i] =
33 fuzzifikasi[0];
34                } else if (selisih_latih[i] >=
35 interval[byk_interval - 1][2]) {
36                    fuzzifikasi_selisih_latih[i] =
37 fuzzifikasi[byk_interval - 1];
38                } else if (selisih_latih[i] >=
39 interval[j][0] && selisih_latih[i] <= interval[j][2]) {
40                    fuzzifikasi selisih latih[i] =

```

```

41 fuzzifikasi[j];
42     }
43     }
44 }
45
46     fuzzifikasi_selisih_uji = new
47 String[panjang_uji];
48     for (int i = 1; i < panjang_uji; i++) {
49         for (int j = 0; j < byk_interval; j++) {
50             if (selisih_uji[i] <= interval[0][2]) {
51                 fuzzifikasi_selisih_uji[i] =
52 fuzzifikasi[0];
53             } else if (selisih_uji[i] >=
54 interval[byk_interval - 1][2]) {
55                 fuzzifikasi_selisih_uji[i] =
56 fuzzifikasi[byk_interval - 1];
57             } else if (selisih_uji[i] >=
58 interval[j][0] && selisih_uji[i] <= interval[j][2]) {
59                 fuzzifikasi_selisih_uji[i] =
60 fuzzifikasi[j];
61             }
62         }
63     }
64
65     fuzzifikasi_latih = new
66 String[panjang_latih][5];
67     for (int i = 0; i < fuzzifikasi_latih.length;
68 i++) {
69         for (int j = 0; j <
70 fuzzifikasi_latih[0].length; j++) {
71             if (j == 0) {
72                 if
73 (jRadioButtonBulanan.isSelected()) {
74                     fuzzifikasi_latih[i][j] =
75 bulan[i];
76                 } else if
77 (jRadioButton10Hari.isSelected()) {
78                     fuzzifikasi_latih[i][j] =
79 periode[i];
80                 }
81             } else if (j == 1) {
82                 if
83 (jRadioButtonBulanan.isSelected()) {
84                     fuzzifikasi_latih[i][j] =
85 String.valueOf(titikApiBulanan[i]);
86                 } else if
87 (jRadioButton10Hari.isSelected()) {
88                     fuzzifikasi_latih[i][j] =
89 String.valueOf(titikApi10Hari[i]);
90                 }
91             } else if (j == 2) {
92                 fuzzifikasi_latih[i][j] =
93 String.valueOf(selisih_latih[i]);
94             } else if (j == 3) {
95                 fuzzifikasi_latih[i][j] =
96 String.valueOf(fuzzifikasi_selisih_latih[i]);
97             } else if (j == 4) {
98                 for (int k = 0; k <
99 fuzzifikasi.length; k++) {

```

```

100         if
101 (fuzzifikasi_selisih_latih[i] == fuzzifikasi[k]) {
102             fuzzifikasi_latih[i][j] =
103 linguistik[k];
104         }
105     }
106 }
107 }
108 }
109 fuzzifikasi_uji = new String[panjang_uji][5];
110 for (int i = 0; i < fuzzifikasi_uji.length;
111 i++) {
112     for (int j = 0; j <
113 fuzzifikasi_uji[0].length; j++) {
114         if (j == 0) {
115             if
116 (jRadioButtonBulanan.isSelected()) {
117                 fuzzifikasi_uji[i][j] =
118 bulan[panjang_latih + i];
119             } else if
120 (jRadioButton10Hari.isSelected()) {
121                 fuzzifikasi_uji[i][j] =
122 periode[panjang_latih + i];
123             }
124             } else if (j == 1) {
125                 if
126 (jRadioButtonBulanan.isSelected()) {
127                     fuzzifikasi_uji[i][j] =
128 String.valueOf(titikApiBulanan[panjang_latih + i]);
129                 } else if
130 (jRadioButton10Hari.isSelected()) {
131                     fuzzifikasi_uji[i][j] =
132 String.valueOf(titikApi10Hari[panjang_latih + i]);
133                 }
134                 } else if (j == 2) {
135                     fuzzifikasi_uji[i][j] =
136 String.valueOf(selisih_uji[i]);
137                 } else if (j == 3) {
138                     fuzzifikasi_uji[i][j] =
139 String.valueOf(fuzzifikasi_selisih_uji[i]);
140                 } else if (j == 4) {
141                     for (int k = 0; k <
142 fuzzifikasi.length; k++) {
143                         if (fuzzifikasi_selisih_uji[i]
144 == fuzzifikasi[k]) {
145                             fuzzifikasi_uji[i][j] =
146 linguistik[k];
147                         }
148                     }
149                 }
150             }
151         }
152         Object header_fuzzifikasi[] = {"Periode",
153 "Banyak titik api", "Selisih", "Fuzzifikasi", "Variabel
154 Linguistik"};
155         DefaultTableModel tabel_fuzzifikasi = new
156 DefaultTableModel(header_fuzzifikasi, 0);
157         for (int i = 0; i < panjang_latih; i++) {
158

```

```

159 tabel_fuzzifikasi.addRow(fuzzifikasi_latih[i]);
160     }
161     jTableFuzzifikasi.setModel(tabel_fuzzifikasi);
162 }

```

Penjelasan:

1. Baris 3-24 melakukan proses perhitungan variabel linguistik sesuai banyak interval
2. Baris 26-44 melakukan fuzzifikasi selisih titik api pada data latih
3. Baris 46-63 melakukan fuzzifikasi selisih titik api pada data uji
4. Baris 65-108 menyalin periode, banyak titik api yang muncul, selisih titik api, fuzzifikasi, dan nilai variabel linguistik dari data latih ke variabel `fuzzifikasi_latih`
5. Baris 109-151 menyalin periode, banyak titik api yang muncul, selisih titik api, fuzzifikasi, dan nilai variabel linguistik dari data uji ke variabel `fuzzifikasi_uji`
6. Baris 152-152 menampilkan hasil fuzzifikasi data latih ke `jTableFuzzifikasi`

### 5.2.7 Source code FLR

```

1     public void FLR() {
2         //FLR
3         flr = new String[panjang_latih - 1][2];
4         for (int i = 0; i < flr.length; i++) {
5             flr[i][0] = fuzzifikasi_selisih_latih[i];
6             flr[i][1] = fuzzifikasi_selisih_latih[i +
7         1];
8         }
9
10        int temp = 0;
11        sorted_flr = new String[flr.length][2];
12        for (int i = 0; i < fuzzifikasi.length; i++) {
13            for (int j = 0; j < flr.length; j++) {
14                if (flr[j][0] == fuzzifikasi[i]) {
15                    sorted_flr[temp][0] = flr[j][0];
16                    sorted_flr[temp][1] = flr[j][1];
17                    temp++;
18                }
19            }
20        }
21
22        int n_flr[] = new int[fuzzifikasi.length];
23        for (int i = 0; i < byk_interval; i++) {
24            int x = 0;
25            for (int j = 0; j < sorted_flr.length; j++)
26        {
27                if (sorted_flr[j][0] == fuzzifikasi[i])
28        {
29                    x++;
30                }
31        }

```

```

32         n_flr[i] = x;
33     }
34     i_flr = new int[fuzzifikasi.length][2];
35     i_flr[0][0] = 0;
36     i_flr[0][1] = i_flr[0][0] + n_flr[0];
37     for (int i = 1; i < fuzzifikasi.length; i++) {
38         i_flr[i][0] = i_flr[i - 1][0] + n_flr[i -
39 1];
40         i_flr[i][1] = i_flr[i][0] + n_flr[i];
41     }
42
43     Object header_flr[] = {"t - 1", "t"};
44     DefaultTableModel tabel_flr = new
45 DefaultTableModel(header_flr, 0);
46     for (int i = 0; i < sorted_flr.length; i++) {
47         tabel_flr.addRow(sorted_flr[i]);
48     }
49     jTableFLR.setModel(tabel_flr);
50 }

```

Penjelasan:

1. Baris 3-8 melakukan perhitungan FLR sesuai hasil fuzzifikasi selisih titik api.
2. Baris 10-20 mengurutkan hasil FLR dari  $A_i$  ke  $A_n$
3. Baris 22-33 melakukan perhitungan banyaknya FLR untuk setiap  $A(t-1)$  agar nantinya bisa dikelompokkan menjadi FLRG
4. Baris 34-41 menentukan indeks FLR untuk setiap  $A(t-1)$  yang akan dikelompokkan
5. Baris 43-50 menampilkan hasil FLR ke `jTableFLR`.

### 5.2.8 Source code FLRG

```

1 public void FLRG() {
2     //FLRG
3     String flrg[][] = new
4 String[fuzzifikasi.length][2];
5     System.out.println("\nFLRG:");
6     for (int i = 0; i < fuzzifikasi.length; i++) {
7         int sama = 0;
8         String tampung = "";
9         for (int j = i_flr[i][0]; j < i_flr[i][1];
10 j++) {
11             for (int k = j; k < i_flr[i][1]; k++) {
12                 if (sorted_flr[j][1] ==
13 sorted_flr[k][1]) {
14                     sama++;
15                 }
16             }
17             if (sama == 1) {
18                 tampung = tampung + " " +
19 sorted_flr[j][1] + ",";
20             }
21             sama = 0;

```



```

22     }
23     flrg[i][0] = fuzzifikasi[i];
24     flrg[i][1] = tampung;
25     System.out.println(flrg[i][0] + " -> " +
26 flrg[i][1]);
27     }
28
29     Object header_flrg[] = {"t - 1", "t"};
30     DefaultTableModel tabel_flrg = new
31 DefaultTableModel(header_flrg, 0);
32     for (int i = 0; i < fuzzifikasi.length; i++) {
33         tabel_flrg.addRow(flrg[i]);
34     }
35     jTableFLRG.setModel(tabel_flrg);
36 }

```

Penjelasan:

1. Baris 3-27 mengelompokkan FLR dari A(t) untuk A(t-1) yang sama sehingga terbentuk FLRG dan menyalin hasil FLRG dari yang awalnya bertipe double menjadi String.
2. Baris 29-36 menampilkan hasil FLRG ke jTableFLRG.

### 5.2.9 Source code defuzzifikasi

```

1     public void Defuzzifikasi() {
2         //Defuzzifikasi
3         selisih_z = new double[fuzzifikasi.length];
4         double defuz[][] = new
5 double[fuzzifikasi.length][fuzzifikasi.length];
6         for (int i = 0; i < defuz.length; i++) {
7             for (int j = 0; j < defuz[0].length; j++) {
8                 defuz[i][j] = 0;
9             }
10        }
11        for (int i = 0; i < selisih_z.length; i++) {
12            for (int j = 0; j < sorted_flr.length; j++)
13        {
14                if (fuzzifikasi[i] == sorted_flr[j][0])
15            {
16                    int index =
17 Integer.parseInt(sorted_flr[j][1].substring(1)) - 1;
18                    for (int k = 0; k <
19 himp_fuzzy.length; k++) {
20                        if (himp_fuzzy[index][k] >
21 defuz[i][k]) {
22                            defuz[i][k] =
23 himp_fuzzy[index][k];
24                        }
25                    }
26                }
27            }
28        }
29        for (int i = 0; i < defuz.length; i++) {
30            double pembilang = 0;
31            double penyebut = 0;

```

```

32         for (int j = 0; j < defuz[0].length; j++) {
33             pembilang = pembilang + defuz[i][j] *
34 interval[j][1];
35             penyebut = penyebut + defuz[i][j];
36         }
37         selisih_z[i] = pembilang / penyebut;
38         if (Double.isNaN(selisih_z[i])) {
39             selisih_z[i] = 0;
40         }
41     }
42
43     String defuz_buat_tabel[][] = new
44 String[fuzzifikasi.length][2];
45     for (int i = 0; i < defuz_buat_tabel.length;
46 i++) {
47         defuz_buat_tabel[i][0] = fuzzifikasi[i];
48         defuz_buat_tabel[i][1] =
49 String.valueOf(selisih_z[i]);
50     }
51
52     Object header_defuz[] = {"Fuzzifikasi",
53 "Selisih (z)"};
54     DefaultTableModel tabel_defuz = new
55 DefaultTableModel(header_defuz, 0);
56     for (int i = 0; i < selisih_z.length; i++) {
57         tabel_defuz.addRow(defuz_buat_tabel[i]);
58     }
59     jTableDefuz.setModel(tabel_defuz);
60 }

```

Penjelasan:

1. Baris 3-10 menginisialisasi himpunan fuzzy dengan nilai 0 sebelum mencari nilai union untuk defuzzifikasi.
2. Baris 11-28 mencari nilai maksimum dari setiap gabungan himpunan fuzzy.
3. Baris 29-41 melakukan defuzzifikasi dimana hasil fuzzifikasi dari setiap  $A_i$  akan diubah menjadi hasil prediksi selisih titik api sesuai persamaan 2.10.
4. Baris 43-50 menyalin hasil defuzzifikasi dari yang awalnya bertipe double menjadi bertipe String.
5. Baris 52-60 menampilkan hasil defuzzifikasi ke jTableDefuz.

### 5.2.10 Source code prediksi

```

1 public void prediksi() {
2     prediksi_selisih = new double[panjang_uji];
3     System.out.println("tes = " +
4 prediksi_selisih.length);
5     for (int i = 2; i < prediksi_selisih.length;
6 i++) {
7         for (int j = 0; j < fuzzifikasi.length;
8 j++) {
9             if (fuzzifikasi_selisih_uji[i - 1] ==
10 fuzzifikasi[j]) {

```

```

11         prediksi_selisih[i] = selisih_z[j];
12     }
13 }
14 }
15     prediksi = new double[panjang_uji];
16     for (int i = 2; i < prediksi.length; i++) {
17         for (int j = 0; j < fuzzifikasi.length;
18 j++) {
19             if (fuzzifikasi_selisih_uji[i - 1] ==
20 fuzzifikasi[j]) {
21                 if
22 (jRadioButtonBulanan.isSelected()) {
23                     prediksi[i] = titikApiBulanan[i
24 + panjang_latih - 1] + selisih_z[j];
25                 } else if
26 (jRadioButton10Hari.isSelected()) {
27                     prediksi[i] = titikApi10Hari[i
28 + panjang_latih - 1] + selisih_z[j];
29                 }
30                 if (prediksi[i] < 0) {
31                     prediksi[i] = 0;
32                 }
33             }
34         }
35     }
36 }

```

Penjelasan:

1. Baris 2-14 melakukan prediksi selisih banyak titik api dari setiap periode.
2. Baris 15-36 melakukan prediksi jumlah kemunculan titik api dengan cara menjumlahkan selisih titik api saat ini dan banyak titik api sebelumnya.

### 5.2.11 Source code perhitungan MAPE

```

1     public void MAPE() {
2         System.out.println("\nMAPE");
3         double x = 0;
4         double APE[] = new double[panjang_uji];
5         for (int i = 2; i < prediksi.length; i++) {
6             if (jRadioButtonBulanan.isSelected()) {
7                 APE[i] = Math.abs((titikApiBulanan[i +
8 panjang_latih] - prediksi[i]) / titikApiBulanan[i +
9 panjang_latih]) * 100;
10            } else if (jRadioButton10Hari.isSelected())
11            {
12                APE[i] = Math.abs((titikApi10Hari[i +
13 panjang_latih] - prediksi[i]) / titikApi10Hari[i +
14 panjang_latih]) * 100;
15            }
16            x = x + APE[i];
17        }
18        double MAPE = x / (APE.length - 2);
19        jTextFieldMape.setText(String.valueOf(MAPE));
20
21        String hitungMAPE[][] = new

```

```

22 String[panjang_uji][7];
23     for (int i = 0; i < hitungMAPE.length; i++) {
24         for (int j = 0; j <
25 fuzzifikasi_uji[0].length; j++) {
26             hitungMAPE[i][j] =
27 fuzzifikasi_uji[i][j];
28         }
29     }
30     for (int i = 0; i < hitungMAPE.length; i++) {
31         hitungMAPE[i][4] =
32 String.valueOf(prediksi_selisih[i]);
33         hitungMAPE[i][5] = String.format("%.0f",
34 prediksi[i]);
35         hitungMAPE[i][6] = String.valueOf(APE[i]);
36     }
37
38     Object header_mape[] = {"Periode", "Banyak
39 titik api", "Selisih", "Fuzzifikasi", "Prediksi
40 Selisih", "Prediksi", "APE"};
41     DefaultTableModel tabel_mape = new
42 DefaultTableModel(header_mape, 0);
43     for (int i = 0; i < hitungMAPE.length; i++) {
44         tabel_mape.addRow(hitungMAPE[i]);
45     }
46     jTableMape.setModel(tabel_mape);
47 }

```

Penjelasan:

1. Baris 2-19 melakukan perhitungan rata-rata error untuk setiap periode, MAPE, dan menampilkan hasilnya ke `jTextFieldMape`.
2. Baris 21-36 menyalin hasil prediksi mulai dari periode, banyak titik api, selisih banyak titik api, fuzzifikasi, prediksi selisih titik api, prediksi titik api, rata-rata error tiap prediksi dari yang awalnya bertipe double menjadi String.
3. Baris 38-47 menampilkan hasil prediksi dan MAPE ke `jTableMape`.

## BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini menjelaskan tentang pengujian dan analisis dari penelitian. Pengujian bertujuan untuk mencari MAPE terkecil dari prediksi jumlah kemunculan titik api dalam satu bulan dan sepuluh hari sehingga hasil prediksi lebih akurat. Analisis bertujuan untuk menjelaskan bagaimana hasil pengujian tercapai. Pengujian akan dibagi menjadi dua tahap, yaitu pengujian interval dan perbandingan jenis prediksi, dan pengujian variasi data latih. Pengujian interval bertujuan untuk mengetahui hasil MAPE terkecil yang diperoleh dengan variasi banyak interval kelipatan 10 dan 100. Kemudian akan dibandingkan hasil MAPE pada interval sama dari prediksi bulanan dan 10 hari. Pengujian variasi data latih bertujuan untuk mengetahui MAPE terkecil yang diperoleh dengan variasi data latih mulai dari 20%, 40%, 60%, dan 80%.

### 6.1 Pengujian interval dan perbandingan jenis prediksi

Pengujian interval bertujuan untuk mengetahui hasil MAPE terkecil yang diperoleh dari variasi banyak interval dengan kelipatan 10 dan 100. Parameter tetap yang digunakan pada pengujian ini adalah banyak data latih, banyak data uji, nilai  $v_1$ , dan nilai  $v_2$ . Banyak data latih yang digunakan adalah 80%, yaitu 144 data untuk data titik api 10 hari dan 48 data untuk data titik bulanan. Sedangkan banyak data uji yang digunakan adalah total data dikurangi banyak data latih, yaitu 36 data untuk data titik api 10 hari dan 12 data untuk data titik bulanan. Nilai  $v_1$  dan  $v_2$  yang digunakan sama, yaitu 0.

#### 6.1.1 Pengujian interval pada prediksi titik api periode bulanan

Pengujian interval pada prediksi titik api periode bulanan terbagi menjadi 4, yaitu prediksi untuk interval kelipatan 10, kelipatan 100, rentang interval tertentu untuk kelipatan 10, dan rentang tertentu untuk kelipatan 100 untuk mencari MAPE paling kecil.

##### 6.1.1.1 Pengujian interval kelipatan 10

Banyak interval yang digunakan adalah kelipatan 10 yang dimulai dari 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, dan 80. Hasil pengujian interval kelipatan 10 ditunjukkan oleh Tabel 6.1.

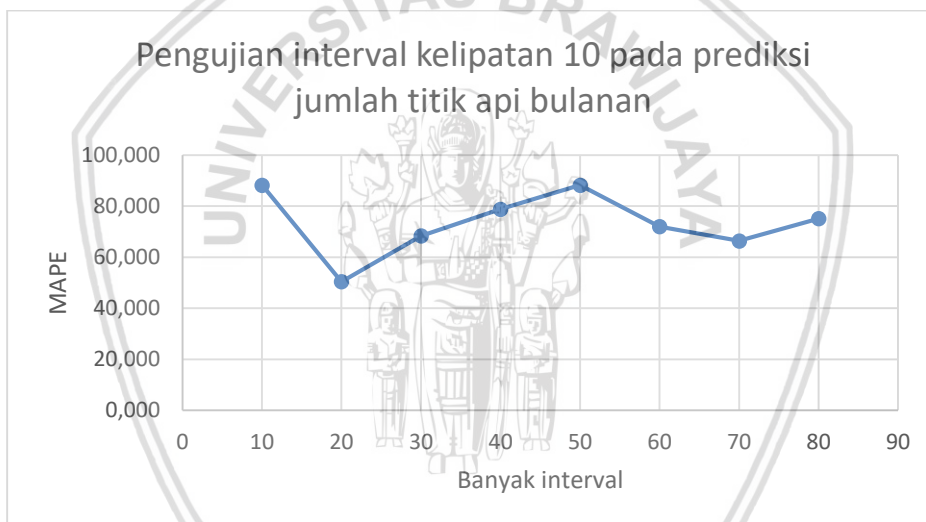
**Tabel 6.1 Hasil pengujian interval kelipatan 10 pada data titik api bulanan**

Banyak interval	MAPE (persen)
10	88,241
20	50,423
30	68,371
40	78,805
50	88,257

**Tabel 6.1 Hasil pengujian interval kelipatan 10 pada data titik api bulanan (lanjutan)**

Banyak interval	MAPE (persen)
60	71,975
70	66,387
80	75,122

Berdasarkan Tabel 6.1, nilai MAPE paling kecil yang dihasilkan adalah 50,423% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 20 dan nilai MAPE paling besar yang dihasilkan adalah 88,257% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 50. Hasil dari pengujian interval kelipatan 10 untuk prediksi titik api bulanan ditunjukkan oleh Gambar 6.1. Berdasarkan Gambar 6.1, MAPE yang didapat mengalami naik turun dan tidak stabil.



**Gambar 6.1 Grafik pengujian interval kelipatan 10 pada prediksi jumlah titik api bulanan**

### 6.1.1.2 Pengujian interval kelipatan 100

Hasil pengujian interval kelipatan 100 pada prediksi jumlah kemunculan titik api bulanan ditunjukkan oleh Tabel 6.2.

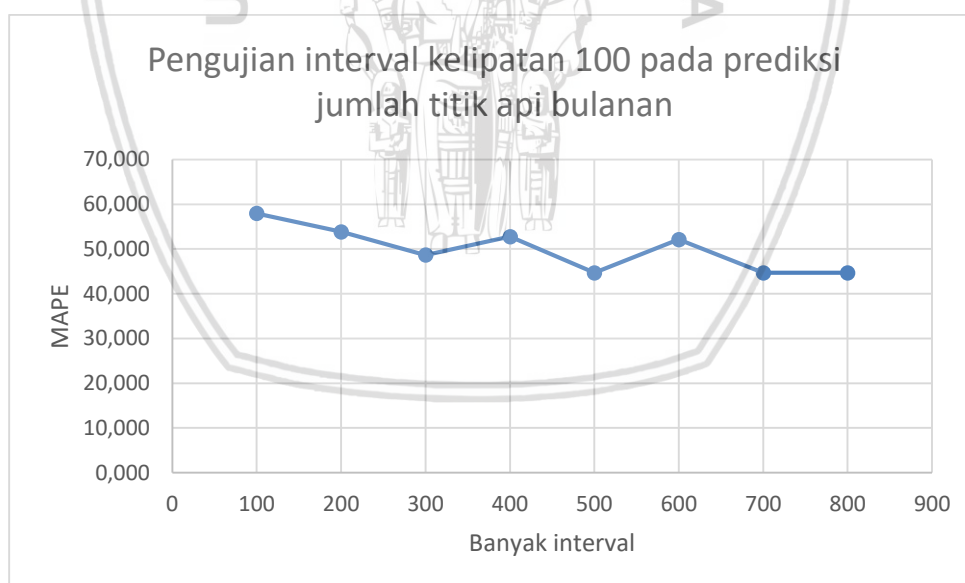
**Tabel 6.2 Hasil pengujian interval kelipatan 100 pada data titik api bulanan**

Banyak interval	MAPE (persen)
100	57,962
200	53,818

**Tabel 6.2 Hasil pengujian interval kelipatan 100 pada data titik api bulanan (lanjutan)**

Banyak interval	MAPE (persen)
300	48,637
400	52,753
500	44,686
600	52,099
700	44,686
800	44,686

Berdasarkan Tabel 6.2, nilai MAPE paling kecil yang dihasilkan adalah 44,686% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 500, 700, dan 800. Nilai MAPE paling besar yang dihasilkan adalah 57,962% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 100. Hasil dari pengujian interval kelipatan 100 untuk prediksi titik api bulanan ditunjukkan oleh Gambar 6.2. Berdasarkan Gambar 6.2, semakin banyak partisi interval yang digunakan maka MAPE yang didapat cenderung menurun dan stabil.



**Gambar 6.2 Grafik pengujian interval kelipatan 100 pada prediksi jumlah titik api bulanan**

### 6.1.1.3 Pengujian interval antara 10 dan 30

Berdasarkan hasil pengujian interval kelipatan 10, didapatkan MAPE terkecil yaitu 50,423%. MAPE tersebut didapat pada partisi interval dengan banyak 20

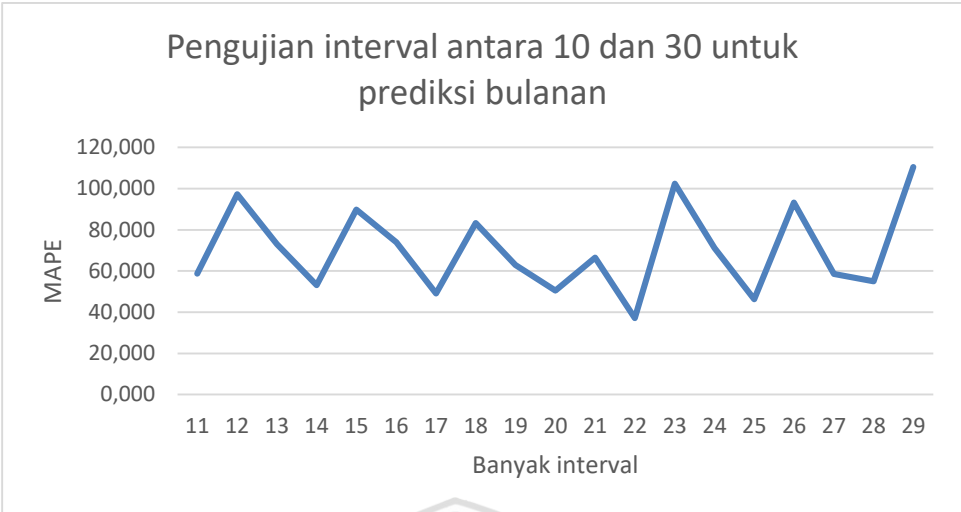
yang merupakan interval antara 10 dan 30. Maka dari itu, perlu diteliti lebih lanjut interval antara 10 dan 30 dengan tujuan untuk mendapatkan MAPE yang lebih kecil lagi. Hasil pengujian interval antara 10 dan 30 pada prediksi jumlah titik api bulanan ditunjukkan oleh Tabel 6.3.

**Tabel 6.3 Hasil pengujian interval antara 10 dan 30 pada data titik api bulanan**

Banyak interval	MAPE (persen)
11	58,726
12	97,332
13	73,079
14	53,132
15	89,878
16	73,998
17	49,133
18	83,285
19	62,884
20	50,423
21	66,473
22	37,128
23	102,327
24	71,111
25	46,263
26	93,234
27	58,620
28	54,987
29	110,485

Berdasarkan Tabel 6.3, nilai MAPE paling kecil yang dihasilkan adalah 37,128% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 22. Nilai MAPE paling besar yang dihasilkan adalah 110,485% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 29. Hasil dari pengujian interval antara 10 dan 30 untuk prediksi titik api bulanan ditunjukkan oleh Gambar 6.3.





**Gambar 6.3** Grafik pengujian interval antara 10 dan 30 pada prediksi jumlah titik api bulanan

**6.1.1.4** Pengujian interval antara 700 dan 800

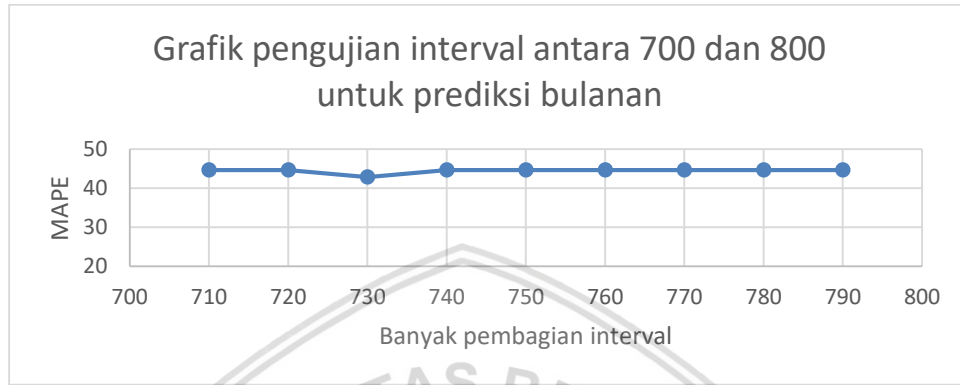
Berdasarkan hasil pengujian interval kelipatan 100, didapatkan MAPE terkecil yaitu 44,686%. MAPE tersebut didapat pada partisi interval dengan banyak 700 dan 800. Maka dari itu, perlu diteliti lebih lanjut interval antara 700 dan 800 dengan tujuan untuk mendapatkan MAPE yang lebih kecil lagi. Hasil pengujian interval antara 700 dan 800 pada prediksi jumlah titik api bulanan ditunjukkan oleh Tabel 6.4.

**Tabel 6.4** Hasil pengujian interval antara 700 dan 800 pada data titik api bulanan

Banyak interval	MAPE (persen)
710	44,685
720	44,685
730	42,862
740	44,685
750	44,685
760	44,685
770	44,685
780	44,685
790	44,685



Berdasarkan Tabel 6.4, nilai MAPE paling kecil yang dihasilkan adalah 42,862% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 730. Nilai MAPE untuk interval lainnya sama, yaitu 44,685%. Hal ini disebabkan karena pembagian interval yang banyak cenderung menghasilkan MAPE yang stabil. Hasil dari pengujian interval antara 700 dan 800 untuk prediksi titik api bulanan ditunjukkan oleh Gambar 6.4.



**Gambar 6.4 Grafik pengujian interval antara 700 dan 800 pada prediksi jumlah titik api bulanan**

### 6.1.2 Pengujian interval pada prediksi titik api periode 10 hari

Pengujian interval pada prediksi titik api periode 10 hari terbagi menjadi 3, yaitu prediksi untuk interval kelipatan 10, kelipatan 100, dan pada rentang interval tertentu untuk mencari MAPE paling kecil.

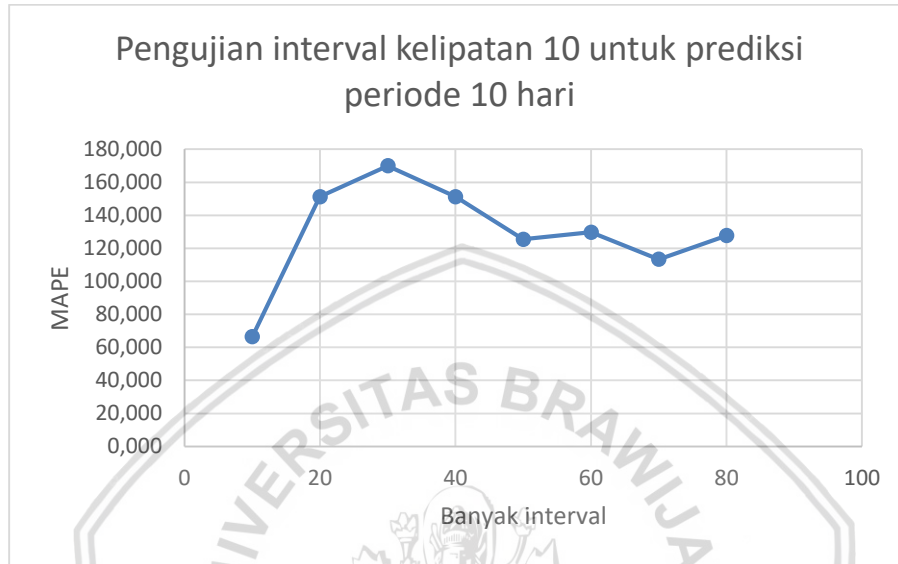
#### 6.1.2.1 Pengujian interval kelipatan 10

Banyak interval yang digunakan adalah kelipatan 10 yang dimulai dari 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, dan 80. Hasil pengujian interval kelipatan 10 pada prediksi titik api periode 10 hari ditunjukkan oleh Tabel 6.5.

**Tabel 6.5 Hasil pengujian interval kelipatan 10 pada data titik api 10 hari**

Banyak interval	MAPE (persen)
10	66,384
20	151,204
30	169,890
40	151,231
50	125,473
60	129,739
70	113,331
80	127,668

Berdasarkan Tabel 6.5, nilai MAPE paling kecil yang dihasilkan adalah 66,384% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 10 dan nilai MAPE paling besar yang dihasilkan adalah 169,890% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 30. Hasil dari pengujian interval kelipatan 10 untuk prediksi titik api periode 10 hari ditunjukkan oleh Gambar 6.5. Berdasarkan Gambar 6.5, MAPE berawal dengan nilai kecil kemudian mengalami naik turun dan tidak stabil.



Gambar 6.5 Grafik pengujian interval kelipatan 10 pada prediksi jumlah kemunculan titik api periode 10 hari

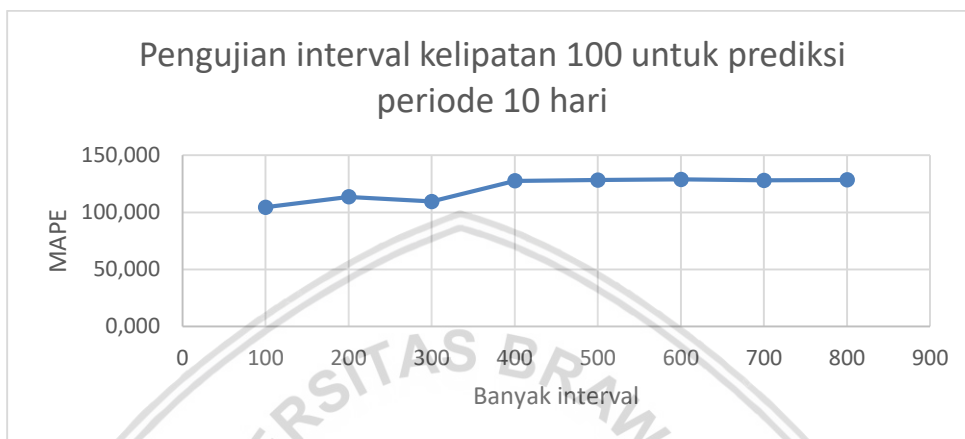
### 6.1.2.2 Pengujian interval kelipatan 100

Hasil pengujian interval kelipatan 100 pada prediksi jumlah kemunculan titik api periode 10 hari ditunjukkan oleh Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Hasil pengujian interval kelipatan 100 pada data titik api bulanan

Banyak interval	MAPE (persen)
100	104,464
200	113,611
300	109,560
400	127,591
500	128,237
600	128,865
700	128,004
800	128,412

Berdasarkan Tabel 6.6, nilai MAPE paling kecil yang dihasilkan adalah 104,464% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 100. Nilai MAPE paling besar yang dihasilkan adalah 128,865% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 600. Hasil dari pengujian interval kelipatan 100 untuk prediksi titik periode 10 hari ditunjukkan oleh Gambar 6.6. Berdasarkan Gambar 6.6, semakin banyak partisi interval yang digunakan maka MAPE yang didapat cenderung naik dan mulai stabil pada interval 400 sampai 800.



**Gambar 6.6** Grafik pengujian interval kelipatan 100 pada prediksi jumlah titik api periode 10 hari

### 6.1.2.3 Pengujian interval antara 5 dan 20

Berdasarkan hasil pengujian interval kelipatan 10, didapatkan MAPE terkecil yaitu 66,384%. MAPE tersebut didapat pada partisi interval dengan banyak 10 yang merupakan interval di bawah 20. Maka dari itu, perlu diteliti lebih lanjut interval antara 5 (interval paling kecil) dan 20 dengan tujuan untuk mendapatkan MAPE yang lebih kecil lagi. Hasil pengujian interval antara 5 dan 20 pada prediksi jumlah titik api periode 10 hari ditunjukkan oleh Tabel 6.7.

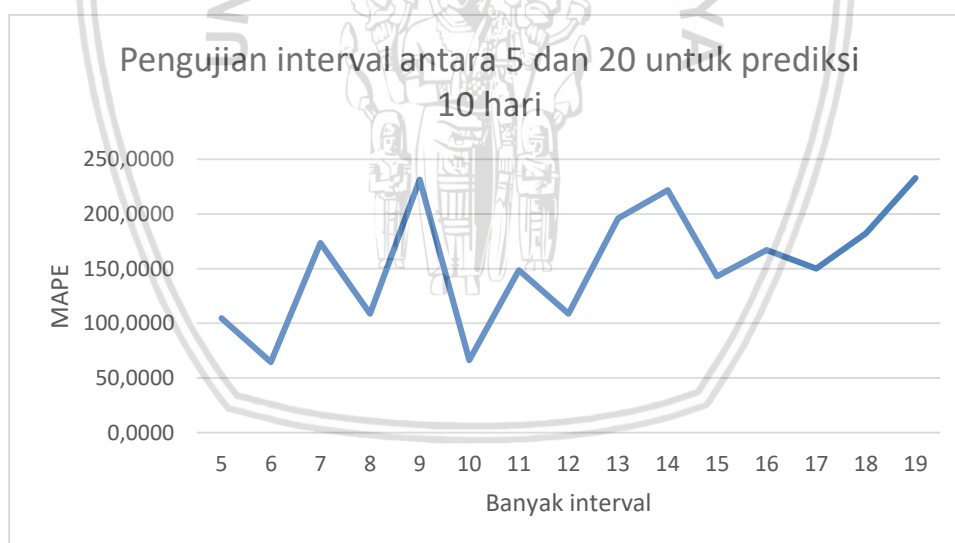
**Tabel 6.7** Hasil pengujian interval antara 5 dan 20 pada data titik 10 hari

Banyak interval	MAPE (persen)
5	104,6616
6	64,4429
7	173,4781
8	108,6185
9	231,5719
10	66,3842
11	148,4606

**Tabel 6.7 Hasil pengujian interval antara 5 dan 20 pada data titik 10 hari (lanjutan)**

Banyak interval	MAPE (persen)
12	108,6185
13	195,9183
14	221,7588
15	143,1316
16	167,0518
17	150,0499
18	182,1728
19	233,0934

Berdasarkan Tabel 6.7, nilai MAPE paling kecil yang dihasilkan adalah 64,4429% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 6. Nilai MAPE paling besar yang dihasilkan adalah 233,0934% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 19. Hasil dari pengujian interval antara 5 dan 20 untuk prediksi titik api periode 10 hari ditunjukkan oleh Gambar 6.7.



**Gambar 6.7 Grafik pengujian interval antara 5 dan 20 pada prediksi jumlah titik api periode 10 hari**

#### 6.1.2.4 Pengujian interval antara 90 dan 200

Berdasarkan hasil pengujian interval kelipatan 100, didapatkan MAPE terkecil yaitu 104,464%. MAPE tersebut didapat pada partisi interval dengan banyak 100 yang merupakan interval di bawah 200. Maka dari itu, perlu diteliti lebih lanjut interval antara 90 (karena interval dengan banyak sudah diuji) dan 200 dengan

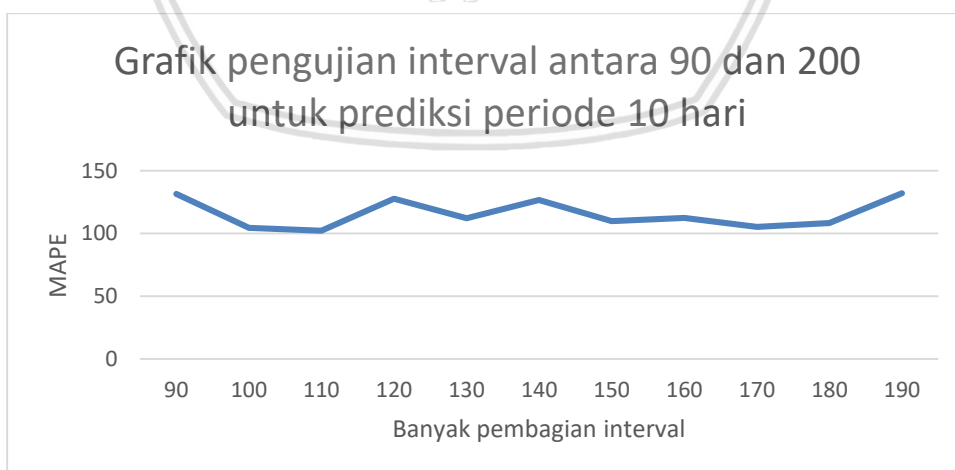


tujuan untuk mendapatkan MAPE yang lebih kecil lagi. Hasil pengujian interval antara 90 dan 200 pada prediksi jumlah titik api periode 10 hari ditunjukkan oleh Tabel 6.8.

**Tabel 6.8 Hasil pengujian interval antara 90 dan 200 pada data titik 10 hari**

Banyak interval	MAPE (persen)
90	131,346
100	104,463
110	102,137
120	127,553
130	112,044
140	126,691
150	109,816
160	112,405
170	105,177
180	108,125
190	132,007

Berdasarkan Tabel 6.8, nilai MAPE paling kecil yang dihasilkan adalah 102,137% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 110. Nilai MAPE paling besar yang dihasilkan adalah 132,007% yang dihasilkan oleh prediksi dengan banyak interval 190. Hasil dari pengujian interval antara 90 dan 200 untuk prediksi titik api periode 10 hari ditunjukkan oleh Gambar 6.7.



**Gambar 6.8 Grafik pengujian interval antara 90 dan 200 pada prediksi jumlah titik api periode 10 hari**



### 6.1.3 Perbandingan jenis prediksi

Perbandingan jenis prediksi dilakukan dengan cara membandingkan hasil MAPE dari prediksi bulanan dan peridiksi 10 hari untuk setiap interval kelipatan 10 dan kelipatan.

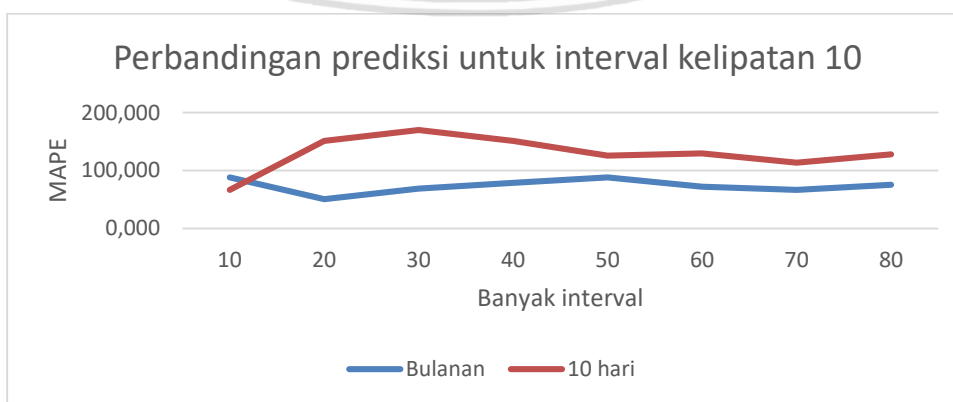
#### 6.1.3.1 Perbandingan pengujian interval kelipatan 10

Hasil perbandingan prediksi titik api periode bulanan dan prediksi titik api periode 10 hari untuk interval kelipatan 10 ditunjukkan oleh Tabel 6.9.

**Tabel 6.9 Hasil perbandingan pengujian interval kelipatan**

Banya intervak	MAPE prediksi periode bulanan	MAPE prediksi periode 10 hari
10	88,241	66,384
20	50,423	151,204
30	68,371	169,890
40	78,805	151,231
50	88,257	125,473
60	71,975	129,739
70	66,387	113,331
80	75,122	127,668

Berdasarkan Tabel 6.9, hampir semua nilai MAPE untuk prediksi jumlah kemunculan titik api untuk periode bulanan lebih kecil daripada prediksi jumlah kemunculan titik api untuk periode 10 hari pada interval yang sama untuk kelipatan 10. Hanya ada 1 pengecualian, yaitu pada interval 10 dimana nilai MAPE untuk prediksi jumlah kemunculan titik api periode 10 hari lebih kecil daripada prediksi jumlah kemunculan titik api periode bulanan. Hasil perbandingan dapat digambarkan oleh Gambar 6.8.



**Gambar 6.9 Grafik perbandingan jenis prediksi untuk interval kelipatan 10**

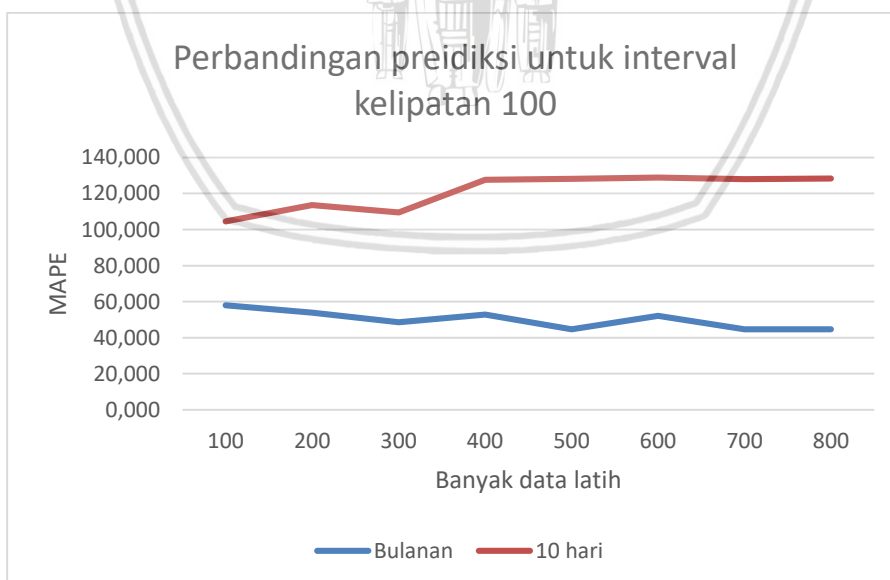
### 6.1.3.2 Perbandingan pengujian interval kelipatan 100

Hasil perbandingan prediksi titik api periode bulanan dan prediksi titik api periode 10 hari untuk interval kelipatan 100 ditunjukkan oleh Tabel 6.10.

**Tabel 6.10 Hasil perbandingan pengujian interval kelipatan 100**

Banya intervak	MAPE prediksi periode bulanan	MAPE prediksi periode 10 hari
100	57,962	104,464
200	53,818	113,611
300	48,637	109,560
400	52,753	127,591
500	44,686	128,237
600	52,099	128,865
700	44,686	128,004
800	44,686	128,412

Berdasarkan Tabel 6.10, semua nilai MAPE untuk prediksi jumlah kemunculan titik api untuk periode bulanan lebih kecil daripada prediksi jumlah kemunculan titik api untuk periode 10 hari pada interval yang sama untuk kelipatan 100. Hasil perbandingan dapat digambarkan oleh Gambar 6.9. Grafik MAPE untuk prediksi 10 hari cenderung naik secara stabil, sedangkan untuk prediksi bulanan cenderung turun secara stabil.



**Gambar 6.10 Grafik perbandingan jenis prediksi untuk interval kelipatan 100**



## 6.2 Pengujian variasi data latih

Pengujian variasi data latih bertujuan untuk mengetahui pengaruh banyak data latih terhadap hasil MAPE. Banyak data latih ada empat, yaitu 20%, 40%, 60%, dan 80% yang diambil dari total data latih mulai dari awal periode. Banyak data latih yang digunakan untuk data titik api 10 hari adalah 36, 72, 108, dan 144 untuk persentase data latih 20%, 40%, 60%, dan 80% berturut-turut. Banyak data latih yang digunakan untuk data titik api bulanan adalah 12, 24, 36, dan 48 untuk persentase 20%, 40%, 60%, dan 80% data latih berturut-turut. Parameter tetap yang digunakan pada pengujian ini adalah banyak interval, banyak data uji, nilai  $v_1$ , dan nilai  $v_2$ . Banyak data uji yang digunakan adalah total data dikurangi banyak data latih.

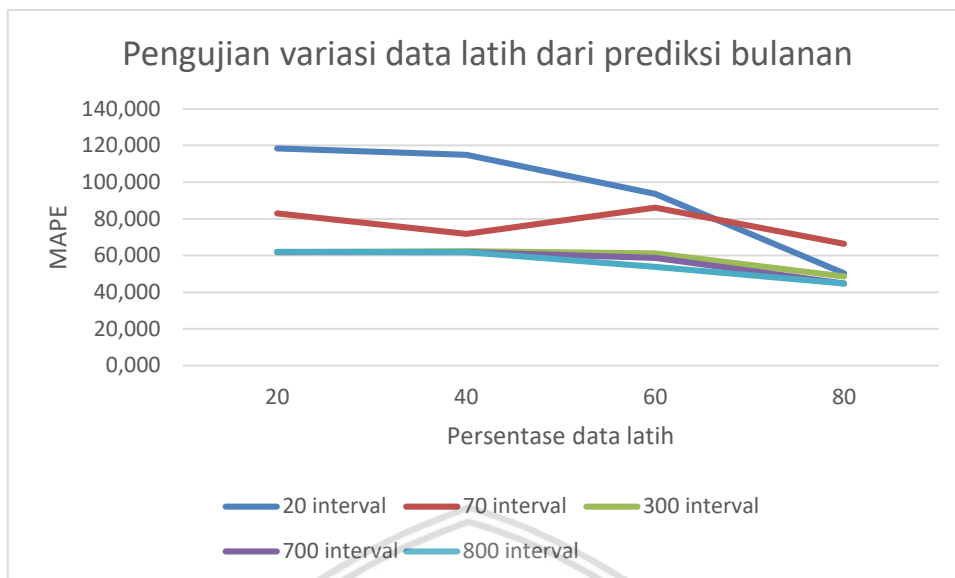
### 6.2.1 Pengujian variasi data data latih untuk prediksi bulanan

Banyak interval yang digunakan pada prediksi bulanan adalah 20, 70, 300, 700, dan 800. Banyak interval 20 dan 70 diambil dari hasil pengujian interval kelipatan 10 karena menghasilkan MAPE paling kecil dari skenario pengujian tersebut. Banyak interval 300 dan 700 diambil dari hasil pengujian interval kelipatan 100 karena menghasilkan MAPE paling kecil dari skenario pengujian tersebut. Banyak interval 800 diambil dari interval paling tinggi karena dianggap MAPE pada interval tinggi sudah stabil. Banyak data uji yang digunakan untuk data titik api bulanan adalah 48, 36, 24, dan 12 data untuk persentase data latih 20%, 40%, 60%, dan 80% berturut-turut. Nilai  $v_1$  dan  $v_2$  yang digunakan adalah sama, yaitu 0. Hasil pengujian variasi data latih untuk prediksi titik api bulanan ditunjukkan oleh Tabel 6.11.

**Tabel 6.11 Hasil pengujian variasi data latih untuk prediksi bulanan**

Banyak data latih (persen)	Banyak data latih	Banyak data uji	MAPE untuk 20 interval	MAPE untuk 70 interval	MAPE untuk 300 interval	MAPE untuk 700 interval	MAPE untuk 800 interval
20	12	48	118,473	82,9659	61,7831	61,9521	61,9578
40	24	36	114,872	71,7825	62,4302	61,8155	61,8266
60	36	24	93,694	86,1709	61,2455	58,6502	53,8292
80	48	12	50,423	66,3870	48,6372	44,6855	44,6855

Berdasarkan hasil pengujian variasi data latih pada Tabel 6.11, banyak data latih mempengaruhi MAPE yang dihasilkan. MAPE yang dihasilkan pada setiap interval cenderung menurun jika banyak data latih yang digunakan semakin banyak. Hampir semua MAPE paling kecil dihasilkan oleh banyak data latih 80%. Hasil pengujian variasi data latih pada prediksi bulanan digambarkan oleh Gambar 6.10.



Gambar 6.11 Grafik pengujian variasi data latih dari prediksi bulanan

### 6.2.2 Pengujian variasi data data latih untuk prediksi 10 hari

Banyak interval yang digunakan pada prediksi 10 hari adalah 10, 70, 100, 300, dan 800. Banyak interval 10 dan 70 diambil dari hasil pengujian interval kelipatan 10 karena menghasilkan MAPE paling kecil dari skenario pengujian tersebut. Banyak interval 100 dan 300 diambil dari hasil pengujian interval kelipatan 100 karena menghasilkan MAPE paling kecil dari skenario pengujian tersebut. Banyak interval 800 diambil dari interval paling tinggi karena dianggap MAPE pada interval tinggi sudah stabil. Banyak data uji yang digunakan untuk data titik api 10 hari adalah 144, 108, 72, dan 36 data untuk persentase data latih 20%, 40%, 60%, dan 80% berturut-turut. Nilai  $v_1$  dan  $v_2$  yang digunakan adalah sama, yaitu 0. Hasil pengujian variasi data latih untuk prediksi titik api bulanan ditunjukkan oleh Tabel 6.12.

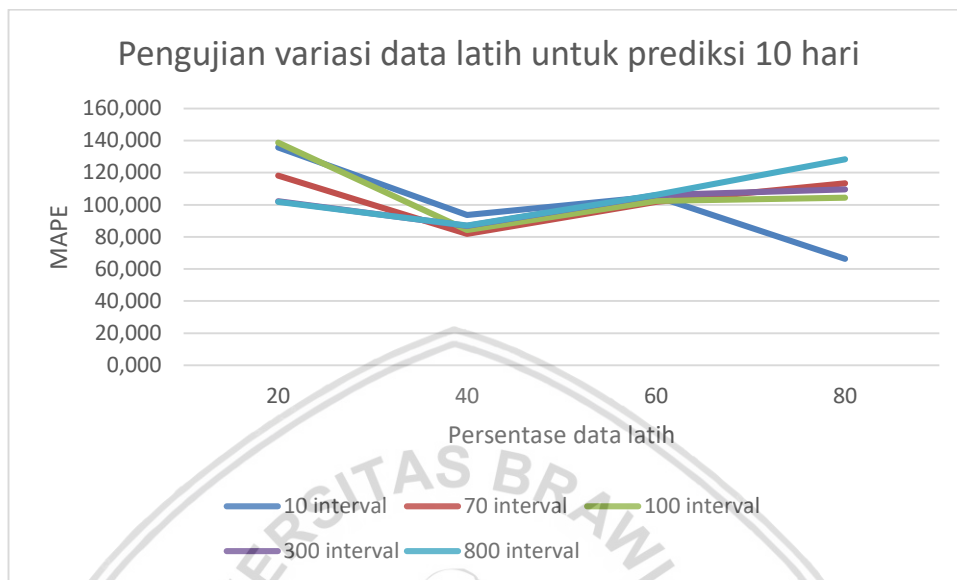
Tabel 6.12 Hasil pengujian variasi data latih untuk prediksi 10 hari

Banyak data latih (persen)	Banyak data latih	Banyak data uji	MAPE untuk 10 interval	MAPE untuk 70 interval	MAPE untuk 100 interval	MAPE untuk 300 interval	MAPE untuk 800 interval
20	36	144	135,65	118,26	138,63	102,11	101,91
40	72	108	93,64	81,82	84,34	86,90	87,09
60	108	72	105,30	101,75	102,31	106,08	106,19
80	144	36	66,38	113,33	104,46	109,55	128,41

Berdasarkan hasil pengujian variasi data latih pada Tabel 6.12, banyak data latih mempengaruhi MAPE yang dihasilkan. MAPE yang dihasilkan mengalami



turun naik pada setiap interval. Hampir semua MAPE paling kecil dihasilkan oleh banyak data latih 40%. Khusus pada interval dengan banyak 10, MAPE paling kecil dihasilkan oleh 80% data latih. Hasil pengujian variasi data latih pada prediksi 10 hari digambarkan oleh Gambar 6.11.



Gambar 6.12 Grafik pengujian variasi data latih dari prediksi 10 hari

### 6.3 Analisis hasil prediksi terbaik

Berdasarkan skenario pengujian interval pada bab 6.1 dan pengujian variasi data latih pada bab 6.2, maka dilakukan analisis pada parameter yang menghasilkan prediksi terbaik.

#### 6.3.1 Analisis hasil prediksi titik api periode bulanan

Prediksi bulanan terbaik menghasilkan MAPE = 37,128% dengan parameter banyak data latih = 80%, banyak data uji = 20% yang didapat dari sisa total data dikurangi data latih, dan banyak interval = 22. Data latih yang digunakan dimulai dari bulan Januari 2012 sampai Desember 2015. Potongan data latih yang digunakan ditunjukkan oleh Tabel 6.13 dan data latih lengkap ditunjukkan oleh Lampiran D. Data uji yang digunakan dimulai dari Januari 2016 sampai Desember 2016 seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 6.14.

Tabel 6.13 Data latih prediksi titik api periode bulanan

Periode	Banyak titik api	Selisih	Fuzzifikasi	Variabel linguistik
Jan-12	15.0			
Feb-12	85.0	70	A17	sangat bertambah
Mar-12	60.0	-25	A14	berkurang
Apr-12	90.0	30	A16	bertambah
Mei-12	110.0	20	A15	tetap
Jun-12	118.0	8	A15	tetap
Jul-12	282.0	164	A20	sangat sangat sangat sangat bertambah
Agu-12	517.0	235	A22	sangat sangat sangat sangat sangat sangat bertambah
Sep-12	694.0	177	A20	sangat sangat sangat sangat bertambah
Okt-12	218.0	-476	A1	sangat sangat sangat sangat sangat sangat sangat sangat sangat sangat berkurang
Nov-12	57.0	-161	A10	sangat sangat sangat sangat berkurang
Des-12	40.0	-17	A14	berkurang
Jan-13	19.0	-21	A14	berkurang
Feb-13	39.0	20	A15	tetap
Mar-13	67.0	28	A16	bertambah
...	...	...	...	...
Nov-15	199.0	-509	A1	sangat sangat sangat sangat sangat sangat sangat sangat sangat sangat berkurang
Des-15	90.0	-109	A12	sangat sangat berkurang

Tabel 6.14 Data uji dan hasil prediksi titik api periode bulanan

Periode	Banyak titik api	Selisih	Fuzzifikasi selisih	Prediksi selisih	Prediksi	Error rate
Jan-16	79.0					
Feb-16	30.0	-49	A14			
Mar-16	86.0	56	A16	11.943	42	51,228
Apr-16	71.0	-15	A14	-14.545	71	0,640
Mei-16	71.0	0	A15	11.943	83	16,821
Jun-16	55.0	-16	A14	-16.752	54	1,368
Jul-16	76.0	21	A16	11.943	67	11,916
Agu-16	98.0	22	A16	-14.545	61	37,291
Sep-16	109.0	11	A15	-14.545	83	23,436
Okt-16	36.0	-73	A13	-16.752	92	156,242
Nov-16	28.0	-8	A15	0.0	36	28,571
Des-16	20.0	0	A15	-16.752	11	43,764

Berdasarkan Tabel 6.14, rata-rata nilai *error* atau MAPE yang didapatkan adalah 37,128%. Hasil prediksi pada bulan April 2016 dan Juni 2016 tergolong sangat akurat karena nilai *error* di bawah 10%. Hasil prediksi pada bulan Mei 2016 dan Juli 2016 tergolong baik karena nilai *error* berada pada rentang 10%-20%. Hasil prediksi pada bulan Agustus 2016, September 2016, November 2016, dan Desember 2016 masih tergolong layak karena nilai *error* berada pada rentang 20%-50%. Akan tetapi, hasil prediksi pada bulan Maret 2016 dan Oktober 2016 tergolong kurang akurat karena nilai *error* lebih dari 50%. Hasil prediksi pada bulan Oktober 2016 yang memiliki tingkat *error* 156,252% menyebabkan nilai MAPE naik pesat. Secara keseluruhan, hasil prediksi masih tergolong layak karena nilai MAPE = 37,128% masih termasuk dalam rentang 20%-50%.

### 6.3.2 Analisis hasil prediksi titik api periode 10 hari

Prediksi 10 hari terbaik menghasilkan MAPE = 64,4429% dengan parameter banyak data latih = 80%, banyak data uji = 20% yang didapat dari sisa total data dikurangi data latih, dan banyak interval = 6. Data latih yang digunakan dimulai dari bulan 1-10 Januari 2012 sampai 21-31 Desember 2015. Potongan data latih yang digunakan ditunjukkan oleh Tabel 6.15 dan data latih lengkap ditunjukkan oleh Lampiran E. Data uji yang digunakan dimulai dari 1-10 Januari 2016 sampai 21-31 Desember 2016 seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 6.16.

Tabel 6.15 Data latih prediksi titik api periode 10 hari

Periode	Banyak titik api	Selisih	Fuzzifikasi selisih	Variabel linguistik
1-10 Januari 2012	4.0			
11-20 Januari 2012	9.0	5	A4	Tetap
21-31 Januari 2012	2.0	-7	A4	tetap
1-10 Februari 2012	21.0	19	A4	tetap
11-20 Februari 2012	36.0	15	A4	tetap
21-29 Februari 2012	28.0	-8	A4	tetap
1-10 Maret 2012	13.0	-15	A4	tetap
11-20 Maret 2012	5.0	-8	A4	tetap
21-31 Maret 2012	42.0	37	A5	bertambah
1-10 April 2012	27.0	-15	A4	tetap
11-20 April 2012	17.0	-10	A4	tetap
21-31 April 2012	46.0	29	A5	bertambah
1-10 Mei 2012	33.0	-13	A4	tetap
11-20 Mei 2012	38.0	5	A4	tetap
21-31 Mei 2012	39.0	1	A4	tetap
1-10 Juni 2012	17.0	-22	A4	tetap
11-20 Juni 2012	42.0	25	A5	bertambah
21-30 Juni 2012	59.0	17	A4	tetap
1-10 Juli 2012	63.0	4	A4	tetap
...	...	...	...	...
21-31 Desember 2015	45.0	38	A5	bertambah

Tabel 6.16 Data uji dan hasil prediksi titik api periode 10 hari

Periode	Banyak titik api	Selisih	Fuzzifikasi selisih	Prediksi selisih	Prediksi	Error rate
1-10 Januari 2016	38.0					
11-20 Januari 2016	29.0	-9	A4			
21-31 Januari 2016	12.0	-17	A4	-8.5	21	70,833
1-10 Februari 2016	7.0	-5	A4	-8.5	4	50,0
11-20 Februari 2016	17.0	10	A4	-8.5	0	100,0
21-28 Februari 2016	6.0	-11	A4	-8.5	9	41,666
1-10 Maret 2016	25.0	19	A4	-8.5	0	100,0
11-20 Maret 2016	28.0	3	A4	-8.5	17	41,071
21-31 Maret 2016	33.0	5	A4	-8.5	20	40,909
1-10 April 2016	35.0	2	A4	-8.5	25	30,0
11-20 April 2016	17.0	-18	A4	-8.5	27	55,882
21-33 April 2016	19.0	2	A4	-8.5	9	55,263
1-10 Mei 2016	10.0	-9	A4	-8.5	11	5,0
11-20 Mei 2016	32.0	22	A4	-8.5	2	95,312
21-31 Mei 2016	29.0	-3	A4	-8.5	24	18,965
1-10 Juni 2016	31.0	2	A4	-8.5	21	33,870
11-20 Juni 2016	9.0	-22	A4	-8.5	23	150,0
21-30 Juni 2016	15.0	6	A4	-8.5	1	96,666
1-10 Juli 2016	30.0	15	A4	-8.5	7	78,333
11-20 Juli 2016	11.0	-19	A4	-8.5	22	95,454
21-31 Juli 2016	35.0	24	A4	-8.5	3	92,857
1-10 Agustus 2016	28.0	-7	A4	-8.5	27	5,357
11-20 Agustus 2016	25.0	-3	A4	-8.5	20	22,0

Tabel 6.16 Data uji dan hasil prediksi titik api periode 10 hari (lanjutan)

Periode	Banyak titik api	Selisih	Fuzzifikasi selisih	Prediksi selisih	Prediksi	Error rate
21-31 Agustus 2016	45.0	20	A4	-8.5	17	63,333
1-10 September 2016	63.0	18	A4	-8.5	37	42,063
11-20 September 2016	33.0	-30	A4	-8.5	55	65,151
21-30 September 2016	13.0	-20	A4	-8.5	25	88,461
1-10 Oktober 2016	10.0	-3	A4	-8.5	5	55
11-20 Oktober 2016	17.0	7	A4	-8.5	2	91,176
21-31 Oktober 2016	9.0	-8	A4	-8.5	9	5,555
1-10 November 2016	9.0	0	A4	-8.5	1	94,444
11-20 November 2016	14.0	5	A4	-8.5	1	96,428
21-30 November 2016	5.0	-9	A4	-8.5	6	10,0
1-10 Desember 2016	7.0	2	A4	-8.5	0	100,0
11-20 Desember 2016	3.0	-4	A4	-8.5	0	100,0
21-31 Desember 2016	10.0	0	A4	-8.5	0	100,0

Berdasarkan Tabel 6.16, rata-rata nilai *error* atau MAPE yang didapatkan adalah 64,4429%. Hasil prediksi pada periode 1-10 Mei 2016, 1-10 Agustus 2016, dan 21-31 Oktober 2016 tergolong sangat akurat karena nilai *error* di bawah 10%. Hasil prediksi pada periode 21-30 November 2016 tergolong baik karena nilai *error* berada pada rentang 10%-20%. Hasil prediksi pada periode 1-10 Februari 2016, 21-28 Februari 2016, 11-20 Maret 2016, 21-31 Maret 2016, 1-10 April 2016, 11-20 Agustus 2016, dan 1-10 September 2016 masih tergolong layak karena nilai *error* berada pada rentang 20%-50%. Akan tetapi, hasil prediksi pada periode 21-31 Januari 2016, 11-20 Februari 2016, 1-10 Maret 2016, 11-20 April 2016, 21-33 April 2016, 11-20 Mei 2016, 11-20 Juni 2016, 21-30 Juni 2016, 1-10 Juli 2016, 11-20 Juli

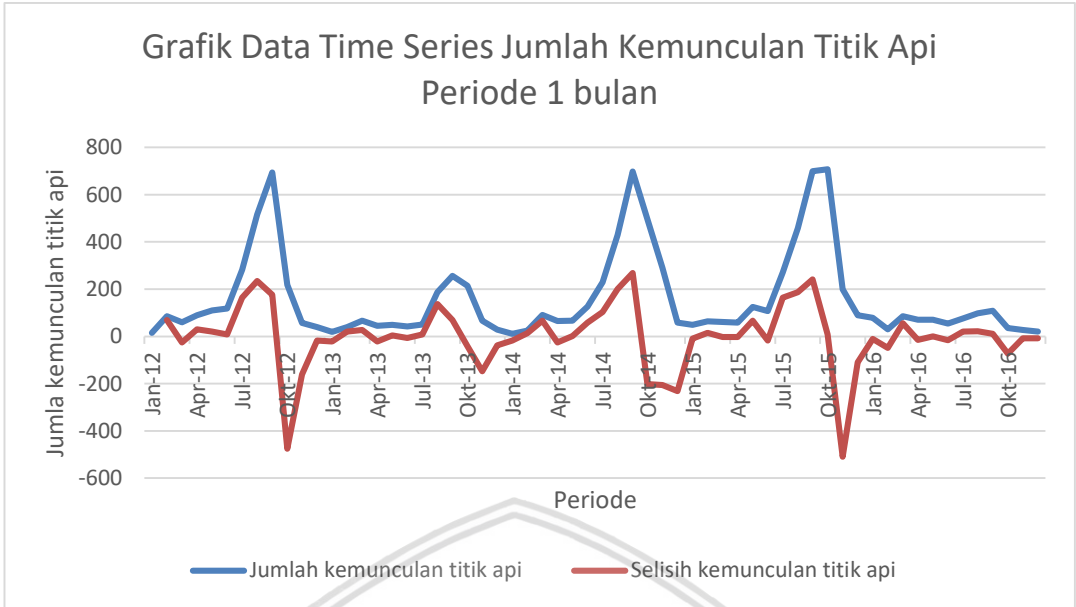


2016, 21-31 Juli 2016, 21-31 Agustus 2016, 11-20 September 2016, 21-30 September 2016, 1-10 Oktober 2016, 11-20 Oktober 2016, 1-10 November 2016, 11-20 November 2016, 1-10 Desember 2016, 11-20 Desember 2016, dan 21-31 Desember 2016 tergolong kurang akurat karena nilai *error* lebih dari 50%. Hasil prediksi kurang akurat yang terlalu banyak ini menyebabkan nilai MAPE mengalami kenaikan yang tinggi. Secara keseluruhan, hasil prediksi dengan nilai MAPE = 64,4429% tergolong kurang akurat karena memiliki nilai MAPE lebih dari 50%.

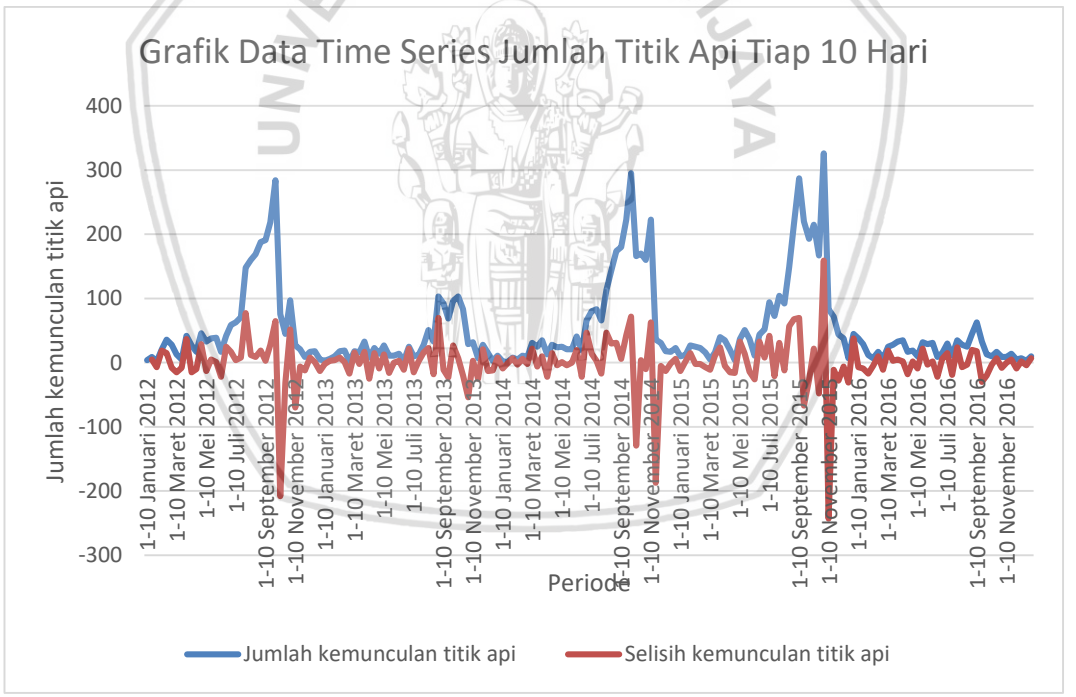
### 6.3.3 Analisis hasil prediksi jumlah kemunculan titik api secara keseluruhan

Berdasarkan hasil prediksi periode bulanan dan periode 10 hari, nilai MAPE terbaik yang didapatkan berturut-berturut adalah 37,128% dan 64,4429%. Hasil prediksi periode bulanan dengan nilai MAPE 37,128% masih tergolong prediksi yang layak. Akan tetapi, hasil prediksi periode 10 hari dengan nilai MAPE 64,4429% tergolong kurang akurat. Hasil prediksi tersebut diakibatkan oleh jumlah kemunculan titik api yang sangat tidak stabil pada setiap periodenya. Jumlah kemunculan titik api mengalami kenaikan pesat pada waktu tertentu saja atau tergantung musim. Hal ini dapat ditunjukkan oleh Gambar 6.12 dan Gambar 6.13. Hasil tersebut mungkin juga dipengaruhi oleh faktor-faktor tidak terduga lainnya sehingga jumlah kemunculan titik api naik pesat pada saat tertentu.

Perbandingan juga dilakukan antara penelitian ini dengan penelitian oleh Sah dan Degtiarev pada tahun 2005. Penelitian tersebut juga memprediksi selisih suatu data time series. Penelitian Sah dan Degtiarev menggunakan data *enrollment* mahasiswa dimana data yang digunakan cenderung stabil. Perbandingan antara data *enrollment* dan selisih *enrollment* tiap periode yang digunakan Sah dan Degtiarev cukup jauh (sekitar 10 banding 0,5) sehingga menghasilkan prediksi yang sangat akurat (Sah & Degtiarev, 2005).



Gambar 6.13 Grafik jumlah kemunculan titik api untuk periode bulanan



Gambar 6.14 Grafik jumlah kemunculan titik api untuk periode 10 hari

## BAB 7 PENUTUP

Bab ini terdiri dari dua bagian, yaitu kesimpulan dan saran. Kesimpulan membahas hasil akhir dari penelitian sedangkan saran membahas kekurangan dan penelitian lebih lanjut yang dapat dilakukan dari penelitian ini.

### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dari *Fuzzy Time Series* untuk memprediksi jumlah kemunculan titik api, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil interpretasi MAPE pada Tabel 2.8, maka hasil prediksi bulanan masih tergolong peramalan layak, akan tetapi hasil prediksi periode 10 hari tergolong prediksi kurang akurat.
2. Penggunaan banyak data latih juga mempengaruhi hasil akurasi prediksi. Pada prediksi titik api periode bulanan, semakin banyak data latih maka MAPE yang dihasilkan cenderung menurun. Pada pengujian variasi data latih untuk memprediksi titik api periode 10 hari, MAPE yang dihasilkan mengalami turun naik.
3. Banyak partisi interval yang digunakan akan mempengaruhi hasil akurasi prediksi. Jika pembagian interval yang digunakan semakin banyak, maka nilai MAPE yang dihasilkan semakin stabil atau nilai MAPE tidak akan terlalu berubah. Prediksi titik api bulanan hampir selalu lebih akurat dibandingkan dengan prediksi titik api 10 hari untuk setiap interval yang sama.
4. Prediksi periode bulanan terbaik menghasilkan MAPE = 37,128% dengan parameter banyak data latih = 80%, banyak data uji = 20% (sisa dari seluruh data setelah dipakai untuk data latih), dan banyak interval = 22.
5. Prediksi periode 10 hari terbaik menghasilkan MAPE = 64,4429% dengan parameter banyak data latih = 80%, banyak data uji = 20% (sisa dari seluruh data setelah dipakai untuk data latih), dan banyak interval = 6.

### 7.2 Saran

Berdasarkan hasil pada kesimpulan, implementasi *Fuzzy Time Series* untuk memprediksi jumlah kemunculan api ini masih memiliki beberapa kekurangan. Saran yang dapat diberikan untuk memperbaiki kekurangan agar akurasi prediksi membaik antara lain:

1. Menambahkan skenario pengujian nilai  $v_1$  dan  $v_2$  pada hasil prediksi yang terbaik
2. Mencoba variasi metode *Fuzzy Time Series* yang lain seperti *Average-based Fuzzy Time Series*, *High-order Fuzzy Time Series*, atau *Fuzzy Time Series* lainnya.

3. Menerapkan metode prediksi lain seperti *Backpropagation* atau *Extreme Learning Machine*.
4. Melakukan optimasi pada parameter *Fuzzy Time Series* menggunakan algoritma seperti *Particle Swarm Optimization (PSO)*, *Algoritma Genetika*, *Ant Colony Optimization (ACO)*, *Artificial Bee Colony (ABC)*, atau algoritma optimasi lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Australian Bureau of Statistic, 2013. *Statistical Language – Time Series Data*. [online] Tersedia di: <<http://www.abs.gov.au/websitedbs/a3121120.nsf/home/statistical+language+-+time+series+data>> [Diakses 07 September 2017]
- Chen, S. M. 1996. *Forecasting enrollments based on fuzzy time series*. *Fuzzy Sets and Systems* 81: 311-319
- Chen, S. M., dan Hsu, C. 2004. A New Method to Forecast Enrollments Using Fuzzy Time Series. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 2(3), p.234-244.
- Dernoncourt, F. 2013. *Introduction to Fuzzy Logic*. Massachusetts: MIT.
- Elfajar, A. B., Setiawan, B. D., dan Dewi, C. 2017. *Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series*. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* Vol. 1, No. 2, Februari 2017, hlm. 85-94
- Handayani, T., Santoso, A. J., dan Dwiandiyanta, Y. 2014. Pemanfaatan Data Terra MODIS Untuk Identifikasi Titik Api Pada Kebakaran Hutan Gambut (Studi Kasus Kota Dumai Provinsi Riau). *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2014*, SENTIKA 2014, p.461-467.
- Hansun, S. 2012. Peramalan Data IHSG Menggunakan Fuzzy Time Series. *IJCCS*, 6(2). p.79-88.
- Harrison, M. E., Page, S. E., dan Limin, S. H. 2009. The global impact of Indonesia forest fire. *Biologist Volume 56 Number 3*.
- Huang, K. 2001. Heuristic models of fuzzy time series for forecasting. *Fuzzy Sets and Systems*, 123: 369-386.
- Lewis, C., D. 1982. *Industrial and business forecasting methods*. London: Butterworths.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., dan Kulahci, M. 2008. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Novak, V., Perfilieva, I, dan Mockor, J. 1999. *Mathematical principles of fuzzy logic*. Dodrecht: Kluwer Academic.
- Peraturan Menteri Kehutanan Nomor: P. 12/Menhut-li/2009 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan. Jakarta: Menteri Kehutanan.
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. 2012. *Quantitative Analysis for Management*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Rusell, S., dan Norvig, P. 2010. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3rd ed. Upper Saddle River: Pearson Education Inc.

- Sah, M., dan Degtiarev, Y. 2005. *Forecasting Enrollment Model Based on First-Order Fuzzy Time Series*. Proceedings Of World Academy Of Science, Engineering And Technology Volume 1 January 2005.
- Song, Q., dan Chissom, S. 1991. *Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series Part I*. Fuzzy Sets and System 54: 1-9.
- Song, Q., dan Chissom, B. S. 1993. *Fuzzy time series and its model*. Fuzzy Sets and Systems, 54: 269-277
- Song, Q., dan Chissom, S. 1994. *Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series Part II*. Fuzzy Sets and System 62: 1-8.
- Tutorialspoint, 2017. *Fuzzy Logic – Membership Function*. [online] Tersedia di: <[https://www.tutorialspoint.com/fuzzy\\_logic/fuzzy\\_logic\\_membership\\_function.htm](https://www.tutorialspoint.com/fuzzy_logic/fuzzy_logic_membership_function.htm)> [Diakses 07 September 2017]
- Undang-undang Republik Indonesia nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.

